

**ФОРУМ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА —
VII ФОРУМ ВУЗОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

2018

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**ФОРУМА ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ
СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА**

22-26 · ОКТЯБРЯ · 2018

ПОСТОЯННЫЙ КОМИТЕТ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белорусский национальный технический университет

Форум проектов программ Союзного государства –
VII Форум вузов инженерно-технологического профиля

Сборник материалов
Форума проектов программ Союзного государства

22–26 октября 2018 г.

Минск
БНТУ
2018

УДК 620.9 (06)
ББК 31я43
Г54

В сборник включены материалы Форума проектов программ Союзного государства – VII Форума вузов инженерно-технологического профиля по направлениям: молодежное инновационное предпринимательство, реализация модели Университет 3.0, актуальные направления развития науки и техники Союзного государства, математические методы в технике и технологиях, Беларусь в условиях глобализации и интеграции.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

МОЛОДЕЖНОЕ ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

Мадаитов А.А., Абдуллаев М.М.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ.....	8
---	---

Попова Т.А.

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА РАЗВИТИЕ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ г. СУРГУТ, ХМАО).....	11
--	----

Тапков К.А., Муравьев В.В.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЛЬСАХ ПРИБОРОМ СЭМА.....	13
--	----

Якушенко К.В.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА В ПРОЦЕССЕ УГЛУБЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ.....	16
--	----

СЕКЦИЯ 2

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УНИВЕРСИТЕТ 3.0

Басалай Г.А., Басалай И.А.

ОПЫТ РАБОТЫ НАУЧНО-ТВОРЧЕСКОГО СТУДЕНЧЕСКОГО БЮРО «ГОРНЯК», КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ «УНИВЕРСИТЕТ 3.0».....	19
--	----

Гогоберидзе Г.Г., Сергеев А.М., Князева М.А., Рыжкова И.В., Румянцева Е.А.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА МУРМАНСКОГО АРКТИЧЕСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА И КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН – НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ХАБ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА.....	21
--	----

Грахов В.П., Кислякова Ю.Г., Симакова У.Ф., Кисляков М.А., Симаков Н.К.

ИНКЛЮЗИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ИЖЕВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ М.Т. КАЛАШНИКОВА.....	24
--	----

Мещерякова Е.В., Усевич В.А.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ И РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....	27
---	----

Новоселов С.Н., Горкуша О.А., Толкачева С.В.

ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ, НЕФОРМАЛИЗАЦИИ И ИНФОРМАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ.....	29
---	----

Савкина Р.В.

ПРОЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ.....	33
---	----

Скопин П.Д.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	36
---	----

СЕКЦИЯ 3 АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

<i>Абикеев Д.Т., Злотников Е.Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ.....	39
<i>Алехнович В.В., Лунтовская Я.А., Нелюбина Т.А., Кремчеев Э.А.</i> АНАЛИЗ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	40
<i>Ашапкина М.С., Алпатов А.В.</i> НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛФК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	43
<i>Бахаев П.К., Васильев Б.Ю.</i> СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА.....	45
<i>Боева А.А., Пишайнен В.Ю.</i> АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК САНКТ-ПЕТЕРБУРГА КАК БЛАГОТВОРНАЯ СРЕДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ.....	49
<i>Булдыско А.Д., Жуковский Ю.Л.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ.....	52
<i>Васенков Е.В., Молодин В.В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА.....	56
<i>Васильев Д.А., Васильев Н.И.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАСШИРИТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА НА СТАНЦИИ «ВОСТОК».....	60
<i>Дарьенков А.Б., Бычков Е.В., Абузьяров Т.Х., Кочеганов Д.М.</i> АВТОНОМНАЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ.....	63
<i>Евдокименко А.О., Злотников Е.Г.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ.....	67
<i>Жуманиязов А.Б., Тухтамуродов Б.Т., Тураходжаев Н.Д.</i> ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА 3D ПРИНТЕРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕЧАТИ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ.....	67
<i>Жуманиязов А.Б., Тухтамуродов Б.Т., Тураходжаев Н.Д.</i> ПРОИЗВОДСТВО РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРОВ И РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ТИПА.....	69
<i>Зеленов П.А., Семашко П.В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПГ ИНДУСТРИИ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	71
<i>Иванов Д.А., Молодин В.В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕРЗЛОМ ОСНОВАНИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ.....	73

<i>Иванов С.С.</i> ДИАГНОСТИКА ПОГРУЖНЫХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.....	77
<i>Изюмова Е.А., Труфанова И.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО СО ДНА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ.....	80
<i>Качанов И.В., Кудин М.В., Ленкевич С.А., Шаталов И.М., Быков К.Ю.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ЗАПОЛНЯЕМОСТЬ МАТРИЧНОЙ ПОЛОСТИ ПРИ ХОЛОДНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС СФЕРОДВИЖНОЙ ШТАМПОВКОЙ В ДВА ПЕРЕХОДА.....	81
<i>Кексин А.И., Дроботухин В.К.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	85
<i>Козлов Е.А.</i> РАЗРАБОТКА МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ.....	87
<i>Колобова З.А., Васильева М.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКИХ НАСОСОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ТАНКЕРАХ.....	90
<i>Колотов А.А.</i> СПЕЦИАЛЬНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ (СТС С ГСУ).....	93
<i>Ле Ван Нгуа</i> БЕСПРОВОДНЫЙ ДАТЧИК КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛАХ.....	94
<i>Матушов С.С., Казаков А.М., Воронов В.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ.....	98
<i>Миронович М.П., Молочко А.С., Сиренко Ю.Г.</i> ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКАХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ».....	102
<i>Пролиско Е.Е., Шуть В.Н.</i> ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСПИЛОТНОГО, ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА.....	104
<i>Прохорова Е.А., Гендлер С.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОХРАНЫ ТРУДА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ СЕКТОРЕ РОССИИ.....	106
<i>Роцупкина Е.В., Степанов А.К., Махараткин П.Н.</i> УМЕНЬШЕНИЕ ИЗНОСА И ПОВЫШЕНИЕ ХОДИМОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН НА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛАХ.....	109
<i>Рядинский Д.Э., Яковлев А.А., Молдован Д.В.</i> К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗРУШЕННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ.....	110

<i>Себин А.С.</i> ЛЕДОКОЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ.....	117
<i>Сиренко Ю.Г.</i> ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ.....	121
<i>Старшая В.В., Коптева А.В.</i> ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ РАДИОИЗОТОПНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА УГЛЕВОДОРОДОВ.....	123
<i>Степанов И.А.</i> РАЗВИТИЕ МАЛОТОННАЖНЫХ СПГ-ЗАВОДОВ.....	127
<i>Татаринович А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, АРМИРОВАННЫХ ВОЛОКНАМИ, ДЛЯ МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ.....	129
<i>Тихонов Е.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДЕРЖАНИЯ САДКОВОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ.....	130
<i>Тульцева А.С., Сокольникова О.Б.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ И В ЕАЭС: АРКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ.....	136
<i>Шалагин М.Д., Малыхин В.А., Терехин Р.Д.</i> ИННОВАЦИИ В МЕТОДАХ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....	139

СЕКЦИЯ 4 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

<i>Абрамов И.А.</i> БУРОВЗРЫВОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СКОРОСТНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК ПО КРЕПКИМ ПОРОДАМ.....	143
<i>Владимирова Д.В.</i> СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ СЕЗОННОСТИ И МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЯДА ФУРЬЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПАССАЖИРОПОТОКА АЭРОПОРТА «ПУЛКОВО».....	145
<i>Дяченко Г.В.</i> АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПЕРЕХОДА К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ.....	149
<i>Кайгермазов А.А., Кудеева Ф.Х., Жемухов А.Х., Хаиххожева Д.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАК – КЕНДРИКА С ГЛОБАЛЬНОЙ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ КАК МОДЕЛЬ ЛЕЙКОЗНОГО КРОВЕТВОРЕНИЯ...	151
<i>Косько А.Н.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИК ОБЛУЧЕНИЯ ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ.....	155
<i>Кудеева Ф.Х., Кайгермазов А.А., Паритов А.Ю., Хаиххожева Д.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧ СО СВОБОДНЫМИ ГРАНИЦАМИ В КРИОМЕДИЦИНЕ...	160

<i>Лазарев А.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ С ОВАЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ И ТРЕЩИНАМИ ПО КОНТУРУ	163
<i>Лантева Е.А., Лантев А.Г.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ В ГРАДИРНЕ..	166
<i>Морозова И.М., Кемеш О.Н.</i> ОЦЕНКА Р-АДИЧЕСКОЙ НОРМЫ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО МНОГОЧЛЕНА НА ЦИЛИНДРЫ Q_p	168
<i>Новик И.А., Ненартович М.В.</i> К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ РИСУНКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ АЛГЕБРЕ СПОСОБОМ НАГЛЯДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	172
<i>Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Хворенков Д.А.</i> РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА.....	175
<i>Ротару Л.Г., Бельский А.А.</i> РАСЧЕТ МОЩНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД МОДУЛЯ СЕТЕВОГО ЛИТИЙ-ИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	180
<i>Сидорович О.В., Лопухов А.В.</i> СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЗАКОНОВ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВЫСОКОМАНЕВРЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	183
<i>Фарахов Т.М., Лантев А.Г.</i> ЗОННО-ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ МАССООБМЕНА В ХАОТИЧНОМ НАСАДОЧНОМ СЛОЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛОНН.....	184
<i>Фарахов Т.М., Лантев А.Г.</i> РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ОБТЕКАЕМЫХ ТЕЛ.....	187

СЕКЦИЯ 5

БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ

<i>Гулягина О.С.</i> БУДУЩЕЕ БЕЛОРУССКОГО ГРУЗОПОТОКА: ПРИБАЛТИЙСКИЕ ИЛИ РОССИЙСКИЕ ПОРТЫ.....	191
<i>Камоцкая Н.И.</i> КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ.....	193
<i>Ламонина А.В., Бровка Г.М.</i> ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	197

СЕКЦИЯ 1

МОЛОДЕЖНОЕ ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

УДК 621.865.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ

Мадаинов А.А.

Научный руководитель: Абдуллаев М.М., к.т.н., доц.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация. В данной статье представлены основные сведения о программах 3D моделирования, имеющих высокий рейтинг по мнению создателей социальных и Web сайтов, пользователей интернет систем Forums, YouTube, Databases и Google, а также сведения о реализованном проекте, с применением инновационных технологий, по разработке 3D моделей роботов, проектированию программно-аппаратного обеспечения систем управления роботами на базе микроконтроллеров, описание действующего макета манипулятора робота, в которых практически решены задачи отбора датчиков чувствления, электродвигателей для исполнительных механизмов и конструирования манипулятора.

Недавние разработки современных технологий привели к резкому увеличению требований к компьютерному оборудованию и его программному обеспечению. При компьютерной графике и трехмерном моделировании она значительно расширилась для создания специальных и ярких визуальных эффектов в разных областях. В настоящее время перед созданием любого продукта его трехмерное моделирование используется для исследования почти всех его функций, внесения необходимых изменений и улучшения его качества.

Подавляющее большинство этих программ являются предметом анализа для выбора соответствующей программы 3D-моделирования. Известно, что большинство мнений в этой области отличаются друг от друга. В данной работе представлена основная информация о 10 программах с наивысшим рейтингом, основанная на мнениях пользователей социальных сетей и создателей Web-сайтов, а также пользователей форумов, YouTube, баз данных и интернет-платформ Google.

В рейтинге создателей социальных сетей AutoCad, Inventor и SolidWorks занимают лидирующие места, а за ними располагаются программы моделирования 3DS Max, Fusion 360, Maya, SketchUp, 123D Design, Cinema 4D и ZBrush.

По рейтингу создателей веб-сайтов лидируют программы Blender, 3DS Max и SketchUp, за ними следуют SolidWorks, AutoCAD, Fusion 360, Maya, Inventor, Cinema 4D и Rhinoceros [2].

Таким образом, согласно этим рейтингам можно заключить, что SolidWorks, 3DS Max и AutoCAD являются ведущими программами моделирования.

Топ-5 участников Forums, You tube, Databases и пользователей Google присоединились к сообществу 3D Printing, их рейтинги представлены ниже:

Рейтинг Forums: 1. Blender, 2. SketchUP, 3. Rhinoceros, 4. AutoCAD и 5. ZBrush.

Рейтинг пользователей Google: 1. Blender, 2. Maya, 3. AutoCAD, 4. 3DS Max, 5. SolidWorks и Inventor.

Рейтинг YouTube: 1. Blender, 2. 3DS Max, 3. SolidWorks, 4. Maya и 5. SketchUP.

Рейтинг Databases: 1. Tinkercad, 2. OpenSCAD, 3. SketchUP, 4. Blender и 5. SolidWorks.

Согласно этим рейтингам программа Blender получила наивысший рейтинг в общем рейтинге программного обеспечения для 3D-моделирования, а программы SolidWorks и SketchUP заняли следующие места. Хотя программное обеспечение Blender является относительно новым для пользователей и требует больше времени для работы с ними, самым большим достижением Blender является наличие множества неограниченных возможностей и удобного для пользователя бесплатного программного обеспечения. Конкурентоспособность Blender с коммерческими приложениями объясняется тем, что в ней имеется возможность создания удобных для пользователей модификаций. Главным достижением Blender является

то, что многие из модулей и плагинов, специфичных для Blender, были созданы и создаются пользователями во время их работы над решением конкретных проблем (рис. 1).



Рисунок 1 – 3D моделирование распределения водных ресурсов по каналам в водохранилище на основе программы Blender

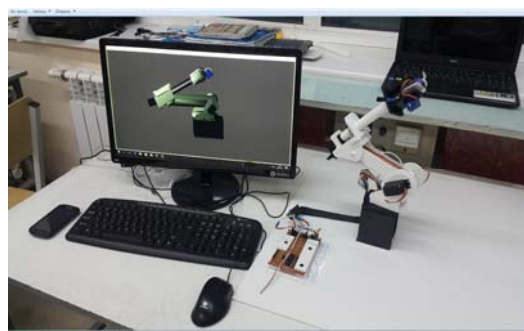


Рисунок 2 – 3D моделирование движения манипулятора робота на основе программы Blender

По мере увеличения сложности элементов 3D-модели, для обеспечения анимации в реальном масштабе времени, требуется увеличение объема быстродействующей оперативной памяти. Для нормальной работы программного обеспечения Blender при создании 3D-анимации относительно сложных процессов как течение воды и дисперсия дыма желательно использовать персональный компьютер с памятью не менее 6 ГБ.

Автоматизированные системы производственных процессов современных предприятий нельзя представить без роботов и мехатронных модулей движения. Программирование роботов в этих системах является самым сложным процессом. Создание программного обеспечения для управления роботами с помощью 3D-моделирования – это самая передовая технология в этой области. Эффективное использование программного обеспечения Blender для ввода надежных поведенческих эффектов, связанных с включением в их 3D-модели сложных вычислений, подтверждает лидерство этой программы (рис. 2).

Программное обеспечение SolidWorks. Группы развертывания и производства оборудования оснащены необходимыми инструментами при совместной работе для решения различных проблем, а запуск аппаратного интерфейса пользователя с движением мыши сыграл решающую роль в решении программы SolidWorks среди других программ 3D-моделирования (рис. 3).

Программное обеспечение 3D-моделирования SketchUP имеет новый простой в использовании интерфейс, а доступность бесплатной версии является одной из основных причин, по которой SketchUP занимает третье место в этой рейтинговой системе (рис. 4).

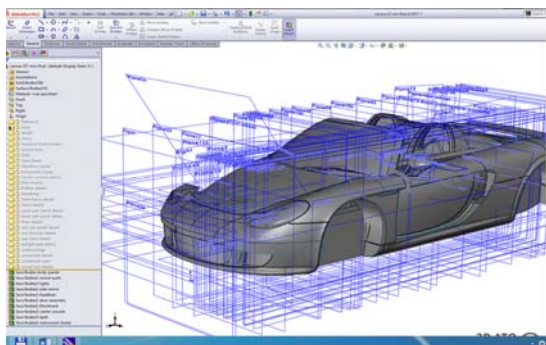


Рисунок 3 – Процесс 3D моделирования автомобиля на основе программы SolidWorks



Рисунок 4 – 3D моделирование на основе программы SketchUP

Программы AutoCAD (рис. 5), Maya и 3DS Max (рис. 6) были высоко оценены разработчиками 3D-проектов, предназначенных для проектирования готовых конструкций из различных архитектурных элементов. Примечательно, что они могут создавать не только трехмерные модели зданий и сооружений, но и их окружение, растения и даже световые эффекты.

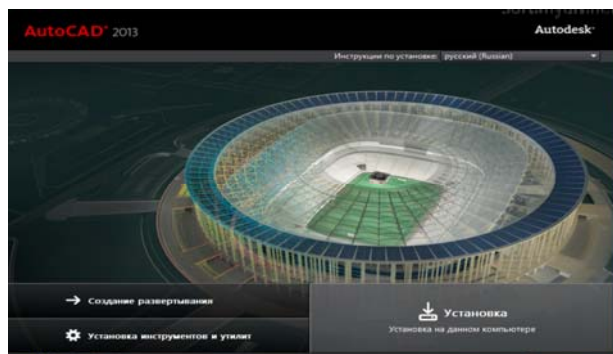


Рисунок 5 – Проект стадиона созданный на с помощью AutoCAD



Рисунок 6 – Создание 3D модели андроида на 3D MAX

Принимая во внимание вышесказанное формируем общий рейтинг программ 3D-моделирования, согласно которого программа Blender имеет самый высокий рейтинг и является лидером, за ним располагается программа SolidWorks, а третье место занимает программа SketchUP.

Проектирование роботов является сложной задачей, требующей от проектировщика знаний в различных предметных областях, таких как проектирование программно-аппаратного обеспечения, проектирование оборудования, сенсорный отбор, проектирование систем управления и механических конструкций [3].

Система управления роботом на основе 3D модели является наиболее перспективным направлением в современной робототехнике. Отличительной особенностью разработанной системы является возможность контроля и управления приводами макета манипулятора робота без составления сложных и трудно настраиваемых программ с множеством различных расчетов.

Данная система управления манипулятором роботом разработана на базе микроконтроллерной платы Arduino и компьютерной программы Blender – пакета для создания трехмерной компьютерной графики, а именно 3D модели манипулятора робота. Анимация с 3D моделью манипулятора робота в дальнейшем преобразуется в управляющую программу для реального макета манипулятора робота с помощью высокоуровневого языка программирования – Python, который ориентирован на повышение производительности разработчика программ и читаемости кодов управления. Полученные коды управления преобразуются в управляющие сигналы приводами роботов с помощью программы Arduino IDE.

В процессе разработки данной системы управления использованы методы расчета прямой и обратной задач кинематики, что определяет угол поворота, скорость движения и координаты позиции для каждой степени движения манипулятора робота.



Рисунок 7 – Система управления роботом на основе 3D моделирования и действующий макет промышленного робота

Дальнейшая работа системы сведена к действиям, приводящим в движение 3D модели манипулятора робота с помощью компьютерной мышки (рис. 7). Все движения 3D модели автоматически преобразуются в программу, которая управляет непосредственно движением реального макета манипулятора робота.

Список использованных источников

1. i.materialise.com
2. <https://sibac.info/studconf/tech/xxxvii/43950>
3. Мохов А.Д., Данг Х.Ф. Автоматизация конструирования моделей мобильных роботов // Молодой ученый, 2010. – №5. – Т.1. – С. 96-98.

УДК 615

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА РАЗВИТИЕ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ Г.СУРГУТ, ХМАО)

Попова Т.А.

Санкт-Петербургский горный университет

***Аннотация.** Сургут – город в России, административный центр Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, крупнейший город округа. Один из немногих российских региональных городов, превосходящих административный центр своего субъекта федерации как по численности населения, так и по промышленному, экономическому и туристическому значению. Что же повлияло на его развитие?*

Сургут как город рождался дважды. В 1593 году, когда на берегах реки Оби московские воеводы Матвей Львов и Михаил Волконский основали русское поселение. И в 1961 году, когда в здешних местах были обнаружены богатые месторождения нефтяного края [4, с.5]. Таким образом, история города началась вовсе не с фонтанирующей мегионской нефти на территории Сургутского района.

Обратимся к этимологии топонима «сургут»: известно, что город был основан на месте поселения хантыйского племени, и за ним сохранилось местное название. «Сор» с древнеюгорского переводится как «заливная пойма реки», слово «кут» означает рыба [4, с.7]. Действительно, обилие рыбы долгое время определяло основную особенность Сургута. Исходя из этого, можно сделать вывод, что название «Сургут» отражает образ жизни народа того времени.

На рыболовстве промысловые занятия местных жителей не ограничивались: тайга вокруг города была богата зверем, особенно соболем и лисой, и сургутские охотники были исправными поставщиками пушнины. Это подтверждает старинный герб Сургута, утвержденный в 1782 году, на котором изображен черно-бурый лис.

Но прогресс не стоит на месте. Идет бурное освоение Сибири. Впервые с научным обоснованием нефтеносности Зауралья выступил в 1932 году выдающийся ученый академик И.М. Губкин. Он твердо заявил: «За Уралом нефть есть» [4, с.59].

Масштабное, по-настоящему промышленное освоение энергетических ресурсов Сургутского Приобья взяло старт только со второй половины 50-х годов, хотя полевые геофизические работы, сыгравшие значительную роль в направлении поисков и разведки нефти и газа, начались в 1937 году. Причина затянувшихся работ – повлиявшая на все сферы жизни Великая Отечественная война.

В апреле 1958 года в Сургуте появилась нефтеразведочная экспедиция под руководством Ф.К. Салманова. Перед геологами раскинулась бескрайняя тайга, где их ждали тяжелые условия труда. Началось активное строительство социальных объектов, жилья. Сургут начал преобразаться, расцветать.словно почитаемый в античном мире минерал халцедон, он образовывался от периферии к центру. Этому во многом способствовали прибывшие геологи, настроенные на тяжелый труд, но уверенные в завтрашнем успехе. На восточной окраине села выросли электростанция, мастерские, магазин. Тогда же, в 1958 году, Сургут получил статус рабочего поселка.

В 1965 году Сургут получил статус города и превратился в гигантскую стройку. Шесть лет город строился без генерального плана, разбросанный на отдельные поселки. Нефтяники, геологи, строители – всякий стремился обустроить свой быт, закрепиться на местности. Журналист А. Нежный в очерке «Города, которые мы строим» в журнале «Новый мир» (1969г.) писал: «Поселки старались ставить там, где поудобнее. Но Сургуту вышло от этого

большое неудобство: его растянули вдоль Оби, и стал он как худосочный подросток, сердце которого не успевает перегонять кровь во все уголки слабого тела» [3, с.65].

К середине 70-х уже был построен аэропорт, из Сургута в Москву летали самолеты ТУ-134, был построен аэропорт, возведена железная дорога, ГРЭС, появились кинотеатр, дома культуры, в Сургут часто приезжали поэты, композиторы, писатели, космонавты. Сургутяне гордятся тем, что Ян Френкель впервые исполнил песню «Русское поле» именно в их городе [1, с.306; 2, с.22-31].

Позже А. Нежин писал: «Сургут долгое время ругали. Ставили в пример, как не надо строить города на Севере. Тут поселочек нефтяников, там – энергетиков, где-то – строителей. Между этими островками – километры. Но скоро в Сургут будут ездить, чтобы посмотреть, как надо строить город на Севере» [3, с. 68].

Бурное развитие нефтяной и газовой промышленности в 80-е годы способствовало организации производственных объединений «Сургуттрансгаз», «Сургутнефтегаз», РЭУ «Тюменьэнерго». Они по сей день вносят вклад в развитие города: при их поддержке строятся спортивные комплексы, которые могут посещать все жители и гости города (ДК «Геолог», ДК «Нефтяник», лыжная база «Снежинка» и т.д.). Ими организуются многие мероприятия городского и районного значения, такие как День нефтяника, Кубок Югры по интеллектуальным играм и другие.

Сургут сегодня – это крупный культурный центр Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Сургутский энергоузел – крупнейший в мире. Здесь открыты государственный университет, педагогический институт, филиалы различных вузов и средних учебных заведений. Работают общеобразовательные школы, гимназии, лицеи, профессиональные училища и учебно-курсовые комбинаты, художественные и музыкальные школы, драматический театр, филармония, дворцы культуры, библиотеки, построены храмы.

Жители города не забывают о труде людей, благодаря которым Сургут разросся, возмужал. Улицы и переулки – живые хранители памяти о тех, кто носил эти имена. Мира и Ленина, Энгельса и Карла Маркса – улицы с такими названиями есть не только в Сургуте, но, наверное, в десятках, если не сотнях городов России. А вот улиц Захарова или Показаньева, Щепеткина больше нигде не найти. Этих людей давно нет среди нас, но их имена увековечены в памяти города. Велико познавательное и воспитательное значение таких названий. В них отражены важнейшие события не только истории Сургута, но и всего государства.

В Сургуте есть Дом-музей Салманова, который часто посещают школьные экскурсии. В мае 2008 открывает свои двери дорогая сердцу гимназия имени Ф.К. Салманова. Она с честью носит имя великого человека труда, сделавшего все, чтобы край богател и развивался.

С открытием нефти связана новая эпоха в истории Сургута. Нефть превратила его в крупный город, главный центр нефтедобычи в масштабах всей страны. Вырвавшись из недр таежного края, она преобразила все вокруг, вызвала к жизни процессы, влияющие на темпы и характер развития края, на стиль жизни и образ мышления его жителей.

Потребовались годы и десятилетия напряженного труда тысяч людей – старожилов и новоселов, чтобы в Западной Сибири появился такой город, который богат не только нефтью и газом, но, прежде всего, людьми. Суровая природа, холодная и продолжительная зима, короткое лето, - все это притягивает к себе людей сильных, целеустремленных, творческих, способных в суровых условиях созидать, открывать, двигать прогресс.

Нефть определила судьбу города. Она способствует его росту и сегодня.

Сургут, дитя всесильных планов
Великой родины моей.
О, журавли подъёмных кранов
Сюда слетели стаей всей!
Зари цветастый полушалок
Взвивался полостью не раз

На табунки нефтекачалок
Вокруг бетонных автотрасс.
И вырос город величавый
Здесь за каких-то тридцать лет.
Здесь я крещён был первой славой
Как литератор и поэт

Сергей Сметанин

Список использованных источников

1. Баранов Н., Бугров Д., Главацкая Е., Горшков С., Древний город на Оби: история Сургута. – Екатеринбург: Издательство «Тезис», 1994. – С.295-298.
2. Захаров И.П. Моя земля. Сургут. – Рекламно-издательский информационный центр «Нефть Приобья» «ОАО Сургутнефтегаз», 1999. – С. 22-31.
3. Мунарев П.А. Так было, так начиналось (записки председателя). – Сургут: ООО «Сургутская типография», 2008. – С.65-90.
4. Петрова Л., Показаньев Ф. Города нашего края. – Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1987. – С.5-105.

УДК 620.179.16

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЛЬСАХ ПРИБОРОМ СЭМА

Тапков К.А., Муравьев В.В., д.т.н., профессор

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Аннотация. Одной из наиболее часто встречающихся причин разрушения рельсов является высокое значение остаточных напряжений. В процессе производства рельсов остаточные напряжения могут возникать в процессе прокатки, термообработки, правке и рихтовке. В настоящее время приемо-сдаточные испытания включают в себя контроль по измерению расхождения паза рельса после прорезания шейки рельса на глубину 600 мм, а также измерение остаточных напряжений в подошве рельса до и после вырезки темплета с наклеенным тензодатчиком.

В данной статье рассматривается возможность применения акустоупругого метода измерения напряжений в рельсах для проведения приемо-сдаточных испытаний и дальнейшего использования для дефектоскопии рельсов в эксплуатации. Приведены результаты исследования напряжённо-деформированного состояния и предложен двусторонний браковочный критерий $\sigma_{int} = -52...-80$ Мпа и затронуты перспективы применения метода для дефектоскопии рельсов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, акустоупругость, рельс, напряжённо-деформированное состояние, моделирование, остаточные напряжения.

Введение. Безопасность эксплуатации железнодорожного транспорта имеет все возрастающую роль вследствие роста скоростей движения, интенсивности грузоперевозок и пассажирского потока. Важное место в обеспечении безопасности движения транспорта занимает надежность железнодорожного пути – рельсов, наличие опасных дефектов в которых может привести к материальному и экологическому ущербу, а также вызвать человеческие жертвы в результате схода подвижного состава.

Одной из наиболее частых причин разрушения многих металлических конструкций, в том числе и рельсов, является высокий уровень остаточных напряжений, который может достигать предела текучести, особенно в области острых трещин [1-4]. Это приводит к концентрации напряжений, ускоренному развитию дефектов и значительно снижает срок службы изделий [5-7]. Таким образом, значение остаточных напряжений в рельсах является важным параметром, от которого зависят время работы изделия и вероятность развития в нем дефектов. Знание этой величины повысит эксплуатационную надежность рельсов и железнодорожного транспорта в целом.

Остаточные напряжения возникают при производстве в процессе прокатки из-за неравномерности охлаждения элементов рельса при термической обработке, деформации рельса при правке и рихтовке, а также перераспределяются во время его эксплуатации. Моделирование температурно-структурного состояния железнодорожного рельса при его закалке позволяет объяснить распределение свойств в поперечном сечении [8-10].

В настоящее время, согласно ГОСТ 51685–2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия», уровень остаточных напряжений в шейке рельса оценивается по косвенным признакам, а именно по расхождению прорезанного в отрезке рельса паза. Пробу длиной 600 мм прорезают в холодном состоянии по нейтральной оси рельса на длину 400 мм, ширина паза 6 мм. В случае, если расхождение паза превысит 2 мм, рельс признается бракованным.

Недостатки данной методики контроля очевидны: расхождение паза – это функция напряжений всех элементов рельса (головки, шейки, подошвы), поэтому данная методика не может дать представление о реальных значениях напряжений в элементах рельса. К этому можно добавить и факт проведения контроля лишь на одном отрезке рельса из партии, хотя уровни напряжений по разным сечениям также могут быть различны. Множество факторов, влияющих на остаточные напряжения в каждом элементе рельса, вызывают необходимость исследования распределения напряжений в сечении и по разным сечениям разных выборок для разработки обоснованного браковочного критерия [11].

Принцип работы прибора СЭМА и явление акустоупругости. Вычисление значений напряжений проводилось согласно формуле (1) [12-14]:

$$\sigma = D \cdot \left(\frac{t_1}{t_2} - 1 \right) \quad (1)$$

где $D=145$ ГПа – коэффициент акустоупругости, определенный экспериментально, t_1 – время распространения волны, поляризованной вдоль главных напряжений, с., t_2 – время распространения волны, поляризованной перпендикулярно оси главных напряжений, с.

Для формирования поперечных волн использована методика на основе электромагнитно-акустического (ЭМА) способа возбуждения и приема волн с помощью прибора СЭМА, структурная схема которого представлена на рис. 1 [9]. Генератор электрических импульсов 2 формирует мощный зондирующий электрический импульс, ЭМА-преобразователь 3 возбуждает и принимает в объекте контроля 1 акустические импульсы, которые поступают на усилитель 4 и плату АЦП 5.

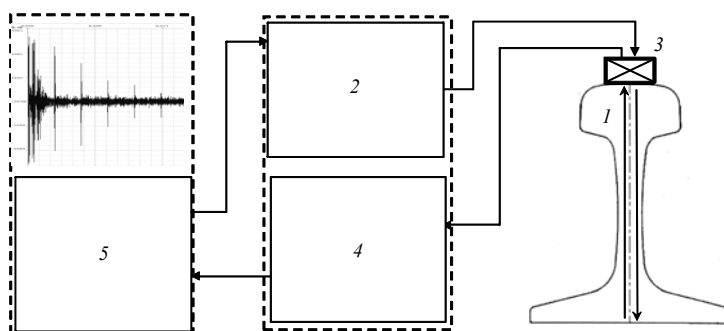


Рисунок 1 – Структурная схема установки: 1 – объект контроля; 2 – генератор; 3 – ЭМА-преобразователь; 4 – усилитель; 5 – ПК с платой АЦП.

Обработка полученных экспериментально эхограмм проводилась в программной среде ПРИНЦ (св-во № 2011614594) [15]. Погрешность измерений составила 3 МПа.

Отметим, что при прозвучивании сечения рельса со стороны головки экспериментальные данные представляют собой интегральную характеристику напряжений по всему сечению рельса. Причиной изменения скорости волн по элементам служит различный уровень напряжений по головке, шейке и подошве, в результате чего для сопоставления фактических напряжений по элементам рельса с экспериментальными появляется необходимость использовать средневзвешенное значение (2).

$$\sigma_{\text{int}} = \frac{\sigma_h \cdot L_h + \sigma_w \cdot L_w + \sigma_b \cdot L_b}{L_h + L_w + L_b} \quad (2)$$

где σ_{int} – значение напряжений, получаемых при прозвучивании со стороны головки рельса, МПа, σ_h , σ_w , σ_b — напряжения соответственно в головке, в шейке и в подошве рельса, МПа, L_h , L_w , L_b – путь, который проходит волна в вертикальном сечении по головке, шейке и подошве рельса соответственно, мм.

Расхождение паза и значения напряжений по элементам рельса были смоделированы в среде COMSOL, значения напряжений в отрезке рельса при прозвучивании со стороны поверхности катания были вычислены аналитически по формуле (2) согласно результатам моделирования.

Результаты исследования напряжённо-деформированного состояния рельсов. Согласно ГОСТ 51585-2013 превышение значения расхождения паза в 2 мм является недопустимым, и рельс признаётся бракованным. По результатам моделирования для дифференцированных термоупрочнённых рельсов это соответствует уровню напряжений -77 ± 3 МПа при измерении прибором СЭМА [16].

В то же время, согласно ГОСТ 51685-2013 регламентируемый уровень остаточных напряжений в поверхностном слое подошвы составляет 250 МПа. По результатам моделирования остаточных напряжений в подошве рельса, критический уровень в 250 МПа в поверхностном слое будет присутствовать при значении измеренных напряжений в -52 ± 3 МПа прибором СЭМА [16].

Заключение

1. Предложен двухсторонний браковочный критерий при приёмо-сдаточных испытаниях рельсов: уровень остаточных напряжений при прозвучивании прибором СЭМА сечения рельса со стороны головки должен лежать в пределах $-49...-80$ МПа с учётом погрешности.

2. Моделирование показало высокую степень корреляции с результатами экспериментального исследования, что позволяет говорить о возможности использования разработанной модели и типа распределения напряжений для дальнейшего исследования напряжённо-деформированного рельсов, уложенных в пути.

3. Проведение дополнительных исследований напряжённо-деформированного состояния для рельсов, уложенных в пути, а также лабораторных исследований, позволяет говорить о создании методики для контроля преддефектного состояния рельсов в составе уже имеющихся вагонов-дефектоскопов.

Список использованных источников

1. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л., Харитонов В.Б., Чаплыгин В.Н. Оценка накопления дефектов при усталости акустическим методом. – Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1994. – № 4. – С. 103-107.
2. Абабков Н.В., Кашубский Н.И., Князьков В.Л., Князьков А.Ф., Козлов Э.В., Конева Н.А., Макаров Н.М., Муравьев В.В., Попова Н.А., Смирнов А.Н., Фольмер С.В. под редакцией А.Н. Смирнова. Диагностика, повреждаемость и ремонт барабанов котлов высокого давления. – М., 2011. – 256 с.
3. Степанова Л.Н., Серьезнов А.Н., Муравьев В.В., Бобров А.Л., Чаплыгин В.Н., Лебедев Е.Ю., Кабанов С.И., Катарушкин С.А., Кожемякин В.Л. Связь спектра сигналов АЭ с процессом усталостного развития трещин в металлических образцах. – Контроль. Диагностика. – 1999. – №2. – С. 5-8.
4. Муравьев В.В. Взаимосвязь скорости ультразвука в сталях с режимами их термической обработки. – Дефектоскопия. – 1989. – №2. – С. 66-68.
5. Муравьев В.В., Волкова Л.В., Громов В.Е., Глезер А.М. Оценка остаточных напряжений в рельсах с использованием электромагнитно-акустического способа ввода-приема волн. – Деформация и разрушение материалов. – 2015. – № 12. – С. 34–37.
6. Покровский А.М., Третьяков Д.Н. Численное моделирование температурно- структурного состояния железнодорожного рельса при его закалке // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2015. – №07. – С. 1–13.
7. Буденков Г.А., Муравьев В.В., Коробейникова О.В. Исследование напряженно-деформированного состояния ободьев цельнокатанных вагонных колес методом акустической тензометрии. – Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2009. – Т. 6. – №3. – С. 111-117.
8. Муравьев В.В., Бояркин Е.В. Неразрушающий контроль структурно-механического состояния рельсов текущего производства по скорости ультразвуковых волн. – Дефектоскопия. – 2003. – №3. – С 24-33.
9. Степанова Л.Н., Бехер С.А., Курбатов А.Н. и др. Исследование напряженного состояния рельса с использованием акустоупругости и тензометрии. – Изв. вузов. Строительство. – 2013. – №7. – С.103-109.
10. Муравьев В.В., Волкова Л.В., Платунов А.В., Булдакова И.В. Оценка напряженно-деформированного состояния рельсов методами конечных элементов и акустоупругости. – Деформация и разрушение материалов. – 2017. – №1. – С. 41-44.

11. Муравьев В.В., Волкова Л.В., Платунов А.В., Куликов В.А. Электромагнитно-акустический метод исследования напряженно-деформированного состояния рельсов. – Дефектоскопия, №7. – 2016. – С. 12-19.
12. Муравьев В.В., Стрижак В.А., Пряхин А.В. Исследование внутренних напряжений в металлоконструкциях методом акустоупругости. – Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2016. – Т. 82, №12. – С. 52-57.
13. Серьезнов А.Н. Муравьев В.В., Степанова Л.Н. и др. Локализация сигналов акустической эмиссии в металлических конструкциях. – Дефектоскопия. – 1997. – №10. – С. 79-84.
14. Муравьев В.В., Волкова Л.В., Лапченко М.А. Ультразвуковой контроль остаточных напряжений в бандажах локомотивных колес при производстве. – Дефектоскопия. – 2015. – №5. – С. 3-16.
15. Стрижак В.А., Пряхин А.В., Обухов С.А., Ефремов А.Б. Информационноизмерительная система возбуждения, приема, регистрации и обработки сигналов электромагнитно-акустических преобразователей. – Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – № 1. – С. 243-250.
16. Муравьев В.В., Волкова Л.В., Платунов А.В., Булдакова И.В. Оценка напряженно-деформированного состояния рельсов методами конечных элементов и акустоупругости. – Деформация и разрушение материалов. – 2017. – №1. – С. 41-44.

УДК 339.924: 316.422.4

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА В ПРОЦЕССЕ УГЛУБЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Якушенко К.В.

Белорусский национальный технический университет

Основная цель интеграционного процесса – поиск форм и методов сотрудничества в рамках регионального или международного масштаба. Развитие интеграции стало закономерным результатом роста производительных сил, которые требовали более надежных контактов, связей и отношений между субъектами и устранения многочисленных препятствий на пути сотрудничества. Союзное государство даже без учета длительной истории тесных экономических взаимоотношений в последние несколько лет активно формируют единую пространственно-временную территорию, на которой реализуют различные варианты взаимовыгодных отношений. Соответственно, при разработке концепции формирования Единого информационного пространства России и Беларуси предлагается взять за основу базовые положения уже существующего единого экономического пространства для двух стран.

Среди зарубежных исследователей обычно выделяют классическую теорию интеграционных этапов Б. Баласса, которая основывается на критериях уменьшения дискриминации компаний на каждом этапе либерализации факторов производства. Однако приведенные Балассом формы интеграции постепенно претерпевают изменения: использование только критерия снятия барьеров для перемещения факторов производства и устранения дискриминации во взаимных отношениях оказывается недостаточным для выявления всего разнообразия возможных форм интеграционного взаимодействия государств, возникает потребность в создании единых программ, механизмов и структур, а также в усилении роли наднациональных институтов, в формировании более скоординированной политики государств и в появлении нового качества в этой координации. И здесь встает вопрос о степени координации политики на каждой стадии интеграционного взаимодействия: политика государств объединения может быть согласованной и включать в себя только *общие* для этих стран элементы, а может быть иная (*единая* для всех стран-участниц политика), более высокая степень согласованности, при которой формируются сильные наднациональные структуры.

В связи с этим, при единой политике обеспечивается более глубокая интеграция стран, ведущая к слиянию различных сфер суверенных экономик и к возникновению нового интеграционного качества – наднациональных правил, политик, структур и механизмов в едином интегрированном пространстве.

Правомерно определить данную логику и на формирование единого информационного пространства интеграционной группировки (ЕИП) и рассмотреть, как на различных этапах интеграции изменяется степень координации политик и уровень достигнутого взаимодействия государств-членов.

При формировании ЕИП этапом, предваряющим интеграцию в рамках таможенного союза (ТС), может выступать этап Трансграничного информационного взаимодействия, под которым подразумевается информационное взаимодействие любого рода между акторами различных правовых полей (юрисдикций). Далее идет I этап – Информационный таможенный союз. Основной задачей формирования ЕИП на данном этапе является обеспечение информационного взаимодействия между участниками ВЭД и государственными органами. Как правило, информационное взаимодействие осуществляется только в рамках общих таможенных процессов, необходимых для осуществления таможенных функций. Возможно создание интегрированной информационной системы внешней и взаимной торговли, налаживание сбора официальной статистической информации. Данный этап ЕИП предполагает разработку общих процессов по передаче информационных сигналов между акторами группировки.

II этап – Единая экономико-информационная политика. Этап предполагает применение наднационального механизма формулирования такой политики, например, отход от процедуры единогласного голосования, повышение роли наднациональных институтов в определении политики и др. При этом возможна ликвидация скрытых барьеров во взаимной торговле товарами и осуществление либерализации движения факторов производства. Но для свободного движения товаров, услуг, капитала и трудовых ресурсов на территории интегрирующихся государств необходима унификация и стандартизация их характеристик (гармонизации таможенных режимов и т.д.). И усиление наднационального механизма играет в этом решающую роль. В отличие от I этапа недостаточно информационного взаимодействия только в рамках процессов, необходимых для осуществления таможенных функций, требуется создание модели открытой информационной интеграции, включающей разработку единых процессов информационного взаимодействия во всех сферах экономики интеграционного объединения на основе обмена не только документами, но и данными.

III этап – Единый информационно-цифровой союз. На данном этапе осуществляется свобода движения информации, которая является одной из основополагающих свобод при трансформации интеграционных процессов, происходит усиление экономического взаимодействия посредством информационных и телекоммуникационных технологий и управление ЕИП посредством наднациональных органов исполнительной, судебной и законодательной власти. Такое пространство позволяет совершить качественный скачок в целом ряде отраслей государств-участниц и создать равные условия для ведения экономической деятельности на территории стран участниц союза. Современные технологии позволяют пользователю сформировать единый комплексный запрос, а системам обработки больших данных рассчитать возможные варианты реализации по заданным временным, экономическим, логистическим и пр. параметрам. Дальнейший этап предполагает совершенствование этапа III и логическое движение группировки к ЕИП, что должно обеспечить снижение транзакционных издержек, оптимизацию организационных бизнес-структур, диверсификацию деятельности, возможность привлечения необходимых финансовых ресурсов для развития приоритетных направлений производства и другие преимущества.

В рамках интеграции при должном развитии ЕИП задачи повышения конкурентоспособности решаются с большей эффективностью.

Целями создания Единого информационного пространства для Союзного государства являются:

- обеспечение равных прав представителей стран-участников на свободный доступ к информации, размещенной в ЕИП;
- формирование и поддержание необходимого для постоянного развития Союзного государства информационного потенциала;

– увеличение степени согласованности межстрановых и внутристрановых решений, которые принимаются в рамках интеграции;

– повышение уровня правовой образованности граждан России и Беларуси путем предоставления им свободного доступа к документам, которые в законодательном плане определяют их права и обязанности;

– возможность контроля со стороны представителей стран за деятельностью органов власти и органов местного самоуправления, чьи решения влияют на существование, работу и развитие интеграционного объединения;

– повышение общественной активности представителей стран-участников ЕАЭС путем предоставления возможностей пользоваться открытой социально-экономической, научно-технической, общественно-политической информацией, а также базами данных сфер образования, культуры и других секторов информационного пространства Союзного государства;

– интеграция Союзного государства с мировым информационным пространством.

Формирование и развитие единого информационного пространства Союзного государства и соответствующих информационных ресурсов является межотраслевой и межрегиональной проблемой, причем в данном случае следует рассматривать вопрос межрегиональности на внутристрановом и межстрановом уровнях. Данная проблема требует решения широкого спектра технико-технологических и организационных вопросов, значительных затрат ресурсов и должна решаться поэтапно.

СЕКЦИЯ 2

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УНИВЕРСИТЕТ 3.0

УДК 378.09

ОПЫТ РАБОТЫ НАУЧНО-ТВОРЧЕСКОГО СТУДЕНЧЕСКОГО БЮРО «ГОРНЯК», КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ «УНИВЕРСИТЕТ 3.0»

Басалай Г.А., Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет

Природа на протяжении многих миллионов лет формировала ресурсы в виде полезных ископаемых, которые жизненно необходимы для успешного развития народного хозяйства нашей республики. Учеба в университете, наоборот, безгранично интересный и очень скоротечный период в жизни каждого из нас. Для занятий научно-исследовательской работой параллельно с освоением базовых и специальных дисциплин могут найти время только истинно увлеченные творческие молодые люди.

Успешное проведение научно-исследовательской работы в студенческом коллективе опирается на большую организаторскую, моральную и материальную поддержку со стороны профильных отделов министерства образования и нашего университета. Благодаря этому нашему коллективу за истекшие четыре года удалось принять участие и выступить с докладами на многих международных научно-технических конференциях и наладить тесные творческие связи с коллегами ведущих профильных вузов России.

Особой строкой в творческой биографии коллектива «Горняк» следует выделить успешное участие в международных форумах-конкурсах «Проблемы недропользования», проводимых в Санкт-Петербургском государственном горном университете, первом Российском высшем учебном заведении. Быть победителями среди участников 67 университетов из 17 стран мира, представляя не только многотысячный коллектив БНТУ, но и Республику Беларусь, очень почетно и ответственно.

Горное дело многогранно как драгоценный минерал. Для организации технологических процессов и управления современными проходческими комплексами требуются квалифицированные специалисты. Проводя аллегорическое сравнение работы руководителей студенческих коллективов со специалистами-маркшейдерами, которые не то, что по небесным светилам, а на основе профессиональных знаний, практического опыта, используя наработанные методики и измерительные приборы, прокладывают оптимальные пути для освоения новых горизонтов и достижения поставленной цели, мы, преподаватели профильных кафедр ФГДЭ, выполняем миссию организаторов и инициаторов творческих идей для молодого поколения.

В нашем ведущем техническом университете созданы хорошие условия для плодотворной научной работы студентов: теоретический анализ можно результативно проводить, используя богатейший фонд научной библиотеки университета; экспериментальные исследования доступно организовать в специализированных лабораториях; моделирование и отработку новых вариантов исполнительных органов машин и оборудования – в компьютерных классах. Принципиально новые разработки проходят экспертную оценку в патентном отделе и оформляются в виде заявок на предполагаемые изобретения.

В своей работе мы широко используем производственные экскурсии на профильные предприятия, научно-исследовательские организации, конструкторские бюро и машиностроительные заводы горного профиля, во время которых проходят тематические беседы с ведущими специалистами, не редко, выпускники нашего вуза.

Как сказал Д.И. Менделеев: «Наука начинается там, где проводятся измерения, т.е. эксперименты». Следуя этому принципу, мы также стараемся найти подтверждение теоретическим расчетам путем наблюдений за режимами работы действующего оборудования, измерений основных параметров, определяющих энергетическую эффективность и производительность машин.

Очень большую роль для успешной работы студенческого коллектива имеет творческая среда. Здесь мы используем сочетание принципов коллективного обсуждения творческих планов и личного вклада каждого автора по определенному направлению в виде научных статей, докладов на конференциях, патентов на изобретения, которые на завершающем этапе представляются на конкурсы научных работ и инновационных проектов.

За отчетный период творческим коллективом студентов и магистрантов проведены и получены значительные научные результаты, отмеченные на республиканском и международном уровне, получившие признание специалистов горного профиля.

Основные направления научной и творческой деятельности коллектива «Горняк» являются:

- машины для подземной разработки месторождений калийных солей;
- машины для разработки месторождений карьерным способом;
- технология и оборудование разработки торфяных месторождений;
- технологическое оборудование обогатительных производств;
- буровые работы, мобильные колтюбинговые установки;
- экологическое обеспечение в горной промышленности.

Среди значимых разработок за период с 2014 - 2018 г.г. можно выделить следующие:

1. Повышение эффективности работы планетарно-дисковых исполнительных органов проходческих комбайнов;
2. Использование отходов льнопереработки в технологическом процессе производства цемента;
3. Повышение эффективности использования топливных ресурсов при производстве энергии. (Международный проект, БНТУ и Санкт-Петербургский горный университет);
4. Использование гироскопического способа ориентирования в маркшейдерских работах;
5. Оценка загрязнения почв на урбанизированных территориях методом биоиндикации;
6. Обоснование параметров новых технологических схем и комплекса машин для добычи кускового топливного торфа;
7. Повышение эффективности технологического процесса разработки торфяных месторождений со сложным гидрогеологическим режимом. (Международный проект, БНТУ и Санкт-Петербургский горный университет);
8. Совершенствование системы электроснабжения рудника, мониторинг оборудования и организационные мероприятия по проведению планово-предупредительных ремонтов;
9. Биологическая рекультивация как метод рационального землепользования в регионе разработки калийных солей;
10. Модернизация комплекса технологических машин белорусских производителей для горной отрасли;
11. Анализ режимов работы микротоннелепроходческих комплексов при прокладке подземных коммуникаций;
12. Обоснование параметров аппаратов для сгущения шламовых и галитовых отходов калийного производства;
13. Повышение эффективности работы очистных комплексов при разработке пластовых месторождений калийных солей;
14. Применение экологически чистых буровых растворов на основе сапропеля при проходке подземных коммуникаций механизированными комплексами;
15. Анализ воздействия асфальтобетонных производств на окружающую среду и основные способы его снижения;
16. Повышение эффективности работы карьерных автосамосвалов;
17. Исследование эффективности использования горючих вторичных энергетических ресурсов в технологическом процессе обжига клинкера при производстве цемента;
18. Совершенствование природоохранных мероприятий при добыче и производстве вареной пищевой соли;

Технические и экологические преимущества представленных разработок состоят в следующем:

- повышение эксплуатационных показателей горных машин;
- повышение производительности труда;
- снижение удельных затрат энергии на единицу выпускаемой продукции или выполняемых технологических операций;
- повышение надежности конструкций исполнительных органов;
- импортозамещение горного оборудования и возможность экспорта;
- импортозамещение бурового раствора и возможность экспорта экологически безопасного продукта для проходческих комплексов;
- энерго- и ресурсосбережение в энергетике и горной отрасли.

По результатам исследования только на республиканских и международных конференциях представлено свыше 120 докладов включенных в программы конференций, опубликовано более 90 научных работ (в т. ч. 7 статей, в изданиях перечня ВАК Республики Беларусь, 40 статей в сборниках научных работ, изданных в РФ), на принципиально новые технические решения получено 22 патента Республики Беларусь, из которых семь находится в стадии разработки конструкторской документации на изделия.

Студенты и магистранты приняли участие в работе 32 международных научных конференций и девяти форумов-конкурсов, проведенных на базе Санкт-Петербургского, Московского, Уральского, Тульского и Тверского государственных университетов.

32 студента бюро «Горняк» отмечены премиями Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов, из которых двадцати одному вручены нагрудные знаки «Лауреат специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов», один студент – в 2011 году стипендиат Международного Алферовского фонда поддержки образования и науки.

За 10-летний период в НТСБ «Горняк» приняли активное участие свыше 80 студентов, из которых 5 в настоящее время – магистранты БНТУ, 9 защитили магистерские диссертации. 23 выпускника работают в ОАО «Беларуськалий», 4 – в ОАО «Белгорхимпром», 4 – РУП «ПО «Белоруснефть», 7 – на предприятиях РУП «Белтопгаз». 2 выпускника – работники БНТУ.

Научные разработки студентов представлены в каталогах научно-технических разработок студентов, магистрантов, аспирантов вузов Беларуси, на выставках научных достижений в виде экспонатов и информационных листов.

Творческие достижения НТСБ «Горняк» пропагандировались в периодической печати: в Республике Беларусь – газеты «Рэспубліка», «Настаўніцкая газета», «Беларуская ніва», «Калійшчык Солигорска», «Шахтер», «Вести БНТУ», в Российской Федерации – «Университетская газета» (ТулГУ, г. Тула), «Хроника. События» (СПбГУ, г. Санкт-Петербург).

Как отмечалось на пленарном заседании VII Форума Союзного государства вузов инженерно-технологического профиля, посвященном реализации программ по формированию развития университета новой формации, Белорусский национальный технический университет успешно реализует концепции «Университет-3.0».

Базовое образование в ведущем техническом университете в сочетании с опытом исследовательской работы в коллективе «Горняк» – хорошая стартовая площадка для дальнейшей творческой деятельности каждого студента.

УДК 332.1 + 658.5

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА МУРМАНСКОГО АРКТИЧЕСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА И КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН – НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ХАБ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

*Гогоберидзе Г.Г., Сергеев А.М., Князева М.А., Рыжкова И.В., Румянцева Е.А.
Мурманский арктический государственный университет*

Вопросы разработки и внедрения инновационных продуктов и технологических решений, обеспечивающих комфортность проживания человека в Арктике, являются одним

из приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. Данная сфера, включающая сельское хозяйство и агрокультуру, морские биоресурсы и аквакультурные хозяйства, строительные материалы, туризм и иные отрасли социально-экономического развития, представляет собой совокупность организаций малого и среднего бизнеса.

С учетом имеющейся высокой потребности хозяйствующих субъектов в разработке и внедрении инновационных технологий и продуктов, а также во внедрении существующих передовых технологий и продуктов, необходимо создание интегрирующих консалтинговых механизмов, включающих совокупность технологических, коммерческих и маркетинговых решений, позволяющих разработать и внедрить инновационные и передовые диверсификационные продукты и технологии, включая организационные и маркетинговые, в организации, осуществляющие свою деятельность в области обеспечения комфортного проживания человека в условиях Крайнего Севера.

Мурманский арктический государственный университет (МАГУ) является опорным университетом Мурманской области и единственным опорным вузом России, расположенным за Полярным кругом. Университет ориентирован прежде всего на поддержку развития Мурманской области, как локомотива всей Арктической зоны Российской Федерации, и распространяет свою деятельность в целом на российскую Арктику. Главными направлениями деятельности университета как опорного вуза региона являются вопросы обеспечения регионального рынка труда высококвалифицированными специалистами, решения актуальных задач региональной экономики и реализация совместно с регионом и его предприятиями образовательных и инновационных проектов. Большую роль при этом играет высокая степень сотрудничества и кооперации сети опорных вузов России, насчитывающая в настоящее время более 30 университетов, а также возможность использования в проектной деятельности интегрированного научно-образовательного и научно-технологического потенциала всех опорных вузов.

Как опорный университет, МАГУ реализует ряд стратегических проектов развития, в том числе проект «МАГУ – научно-технологический хаб региона», сформированный при непосредственной поддержке Правительства Мурманской области. В рамках проекта МАГУ при партнерстве Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии Наук» (ФИЦ КНЦ РАН) создана информационно-аналитическая площадка (ИАП МАГУ-КНЦ), как интегрирующая указанные выше консалтинговые механизмы.

Использование такого подхода представляется важным не только в связи с возможно долгими сроками разработки инновационного продукта и технологии, но и в связи с большими инвестиционными вложениями в его создание, что зачастую не представляется возможным как с точки зрения индустриального партнера, так и с точки зрения Правительства. В этом случае для хозяйствующих субъектов региона более привлекательным является внедрение существующих передовых диверсификационных продуктов и технологий, чтобы, пользуясь уже имеющимся заделом инновационных организаций России, интенсифицировать рост своего экономического потенциала.

Основой деятельности ИАП МАГУ-КНЦ является экспертная информационно-аналитическая деятельность по всем возможным отраслям экономической деятельности в условиях АЗРФ, в том числе в сферах:

- обеспечения комфортного присутствия человека в Арктике;
- обеспечения качественной связи и развития международных транспортно-логистических систем;
- ресурсного обеспечения экономического развития;
- сохранения глобальной экосистемы и противодействие техногенным и биогенным угрозам при освоении Арктической зоны.

На базе ИАП МАГУ-КНЦ консолидируется экспертная деятельность научных и научно-производственных организаций региона, с привлечением экспертного сообщества научных организаций иных регионов АЗРФ и сети опорных вузов России (рис. 1).

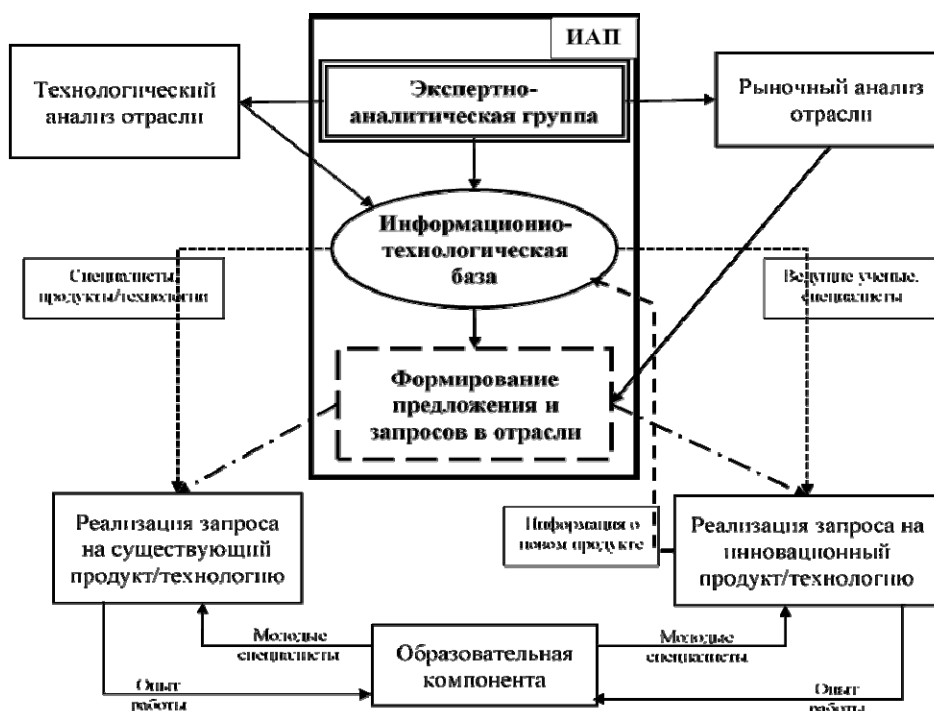


Рисунок 1 – Схема деятельности информационно-аналитической площадки МАГУ-КНЦ

При этом на базе ИАП МАГУ-КНЦ ведется:

- формирование запроса потребностей хозяйствующего субъекта на разработку инновационного продукта и технологии, с последующим формированием т.н. научно-технологического консорциума в целях создания и внедрения инновационного продукта и технологии с привлечением региональных и (по необходимости) внешних научных и научно-производственных организаций, а также реализация инновационного проекта (бизнес-проекта) с использованием указанных выше финансовых и инвестиционных механизмов;
- формирование технологических запросов хозяйствующих субъектов Мурманской области на внедрение существующих передовых диверсификационных технологий и продуктов, включая организационные и маркетинговые технологии и продукты, с привлечением региональных и (по необходимости) внешних научных и научно-производственных организаций, и последующая реализация технологического проекта (бизнес-проекта).

Одной из основных и важнейших видов деятельности ИАП МАГУ-КНЦ является формирование региональной комплексной научно-технологической программы создания инновационных продуктов устойчивого социального-экономического развития АЗРФ (КНТП Арктика-Мурманск). Эта программа является региональной компонентой Комплексной научно-технологической программы «Научный потенциал освоения и использования Арктики» (КНТП Арктика), головным разработчиком которой выступает Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Целью КНТП Арктика-Мурманск является разработка качественно новых инновационных продуктов и технологий ("якорных" продуктов и технологий) для нужд арктического региона, появление которых приведет к существенному повышению качества жизни и эффективности хозяйственной деятельности в ключевых отраслях экономики.

Основным механизмом реализации программы в части инвестиций, направленных на разработку "якорных" инновационных продуктов и технологий, являются инициативные проекты. Данные проекты инициируются т.н. научно-технологическим консорциумом, со-

стоящим из научных и/или научно-производственных организаций (реализующих/создающих "якорный" инновационный продукт) и индустриального партнера – производственных организаций, являющихся, по сути, заказчиками инновационного продукта и осуществляющими внебюджетные инвестиции в реализацию проекта.

Финансовая поддержка консорциумов и их инициативных проектов производится профильными федеральными Министерствами в рамках реализации государственных программ, федеральных целевых программ, а также через грантовую поддержку научных фондов (РФФИ, РФФИ, и др.), международных программ, фондов поддержки развития и т.д.

Важным элементом деятельности ИАП МАГУ-КНЦ, помимо информационно-аналитической, является также образовательная составляющая. В деятельность ИАП МАГУ-КНЦ, равно как и в проектную деятельность по реализации инновационных проектов и проектов по внедрению существующих передовых диверсификационных технологий и продуктов, вовлекаются наиболее активные студенты. Такие молодые специалисты, обладающие компетенциями в области инновационных и диверсификационных решений развития организаций и с опытом инновационной и практической работы в профильных хозяйствующих субъектах, несомненно будут востребованы на региональном рынке.

УДК 376.33

ИНКЛЮЗИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ИЖЕВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ М.Т. КАЛАШНИКОВА

Грахов В.П., Кислякова Ю.Г., Симакова У.Ф., Кисляков М.А., Симаков Н.К.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

В формировании инновационной экономики Российской Федерации и ее конкурентной среды система образования должна обеспечить соответствие получаемых знаний и навыков быстроменяющимся требованиям со стороны общества и экономики, техники и технологий, развитию личной инициативы и адаптируемости человека, благодаря которым расширяются его возможности генерировать идеи и создавать инновационный продукт.

В числе основных приоритетов образовательной политики государства – развитие инклюзивного подхода в образовании, который позволит обеспечить реализацию права граждан на получение качественного образования и социальную интеграцию, что является важным фактором устойчивого развития общества.

Инклюзивное или включенное образование – термин, используемый для описания процесса обучения людей с особыми потребностями в общеобразовательных учебных заведениях, где люди с ограниченными возможностями здоровья включены в общую систему образования и обучаются вместе со своими сверстниками без инвалидности в одном учебном заведении, а не в специальном.

В Удмуртии Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова – первый вуз, который реализует проект инклюзивного образования для слабослышащих студентов в высшей школе.

Данный проект в новых экономических условиях является актуальным и позволяет способствовать решению следующих проблем:

- социальная адаптация и улучшение качества жизни молодых людей с ограниченными возможностями здоровья;
- обеспечение возможности получения юношами и девушками с ограниченными возможностями здоровья инженерно-технического образования в своем регионе;
- обеспечение занятости молодых людей с ограниченными возможностями здоровья;
- подготовка кадрового потенциала для конкретных промышленных предприятий Удмуртской Республики и России в целом.

Цель:

- улучшение условий инклюзивного высшего технического образования для слабослышащих людей;

- повышение качества и эффективности практико-ориентированной подготовки специалистов, углубление связей с организациями-заказчиками кадров;
- вывод юношей и девушек полностью адаптированными к внешней социальной среде, готовыми специалистами в области подготовки «Технология машиностроения».

Проект ИжГТУ по развитию инклюзивного образования для молодых людей с ограниченными возможностями здоровья по слуху нашел поддержку в Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и вышел на международный уровень. ИжГТУ участвует в программе ЮНЕСКО (в области образования девочек и женщин). Мы представляем проект подготовки студентов с ограниченными возможностями здоровья по слуху в области STEM-образования.

Деятельность ЮНЕСКО призвана дать образование всем, на всех уровнях и на протяжении всей жизни, потому что оно играет главную роль в становлении и развитии личности человека и его экономическом росте, а также укреплении социальных связей.

На территории Удмуртской Республики находятся 2 интерната для лиц с отклонениями по слуху в возрасте с 7 до 17 лет. В них обучаются дети, имеющие инвалидность и ограничения по слуху. После обучения в данных интернатах молодые люди имеют слабые навыки адаптации к реальным социальным условиям.

В рамках реализации государственной программы «Доступная среда» в «Ижевском государственном техническом университете имени М.Т. Калашникова» создан «Центр инклюзивного обучения». Инициаторами создания и обучения группы слабослышащих студентов в Ижевском государственном техническом университете имени М.Т. Калашникова стали Удмуртское республиканское отделение общероссийской общественной организации инвалидов «Всероссийское общество глухих», Акционерное Общество «Концерн «Калашников» и сам вуз.

В современных условиях залогом успешного развития инновационных предприятий является конкурентоспособность их продукции – как на российском, так и глобальном рынках.

Для успешного развития таким предприятиям остро требуются специалисты, умеющие создавать конкурентоспособную продукцию самостоятельно, с минимальными временными и материальными затратами.

Для формирования профессиональных компетенций требуется тесное взаимодействие предприятия и вуза посредством практико-ориентированной подготовки, что соответствует внедрению концепции «Университет 3.0», которая предполагает создание внутри университетов интегрированной образовательной, научно-исследовательской и предпринимательской среды.

Совместно с потенциальным работодателем Акционерным Обществом «Концерн «Калашников» преподавателями ИжГТУ был разработан и адаптирован учебный план, по которому обучаются студенты с ограниченными возможностями здоровья по слуху, заключены договоры о сотрудничестве.

Группа слабослышащих студентов начала обучение в ИжГТУ в 2015-2016 учебном году по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», область подготовки «Технология машиностроения».

С 2016 года набор проводится в инициативном порядке при поддержке «Всероссийского общества глухих», «Концерна «Калашников» и других ведущих предприятий Удмуртии.

В настоящее время, по данной программе обучается 50 студентов.

Важную роль в учебном процессе занимает производственная практика, которая проводится непосредственно на предприятии «Концерн «Калашников». Под руководством опытных специалистов студенты получают новые знания и умения, вовлекаются в проведение исследований, создают собственные инновационные проекты, что позволяет им на практике овладеть навыками научной работы, приобщиться к социальной среде предприятия.

ИжГТУ сегодня не только социализирующее, но и социально адаптирующее звено для студентов с нарушениями слуха.

Преподавателями ИжГТУ для слабослышащих студентов были разработаны и активно используются в учебном процессе элементы электронного обучения, мультимедийные курсы.

Для реализации электронного обучения в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова развернут специальный сервер дистанционного обучения (e-learning), работающий на открытой и наиболее популярной в мире платформе создания и проведения дистанционных курсов – Moodle.

Использование электронного сервера позволяет студентам с ограниченными возможностями здоровья получить доступ к учебно-методическим материалам не только в часы аудиторных занятий, но и в любое удобное время независимо от места нахождения, везде, где есть выход в интернет (дома или в общежитии), приобрести необходимые знания, умения и навыки в том же объеме, что получают и обычные студенты.

В сопровождении учебного процесса участвуют 3 сурдопереводчика и тьютор. 15 преподавателей, участвующих в обучении данной категории студентов, прошли курсы повышения квалификации.

Внедрение инклюзивного подхода в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова обусловлено необходимостью совершенствования работы в сфере образования лиц с ограниченными возможностями здоровья, расширения права выбора на место и форму получения образования, создания условий, обеспечивающих равенство получения образования всеми категориями обучающихся и формирования толерантности в системе образования и в обществе в целом.

Всё это требует серьезной подготовки, а соответственно обновления и развития материально-технической базы университета, в том числе с привлечением ресурсов базовых организаций и организаций-заказчиков кадров.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья в ИжГТУ имени М.Т. Калашникова создаются необходимые условия для обеспечения доступности. Так, на входных группах в учебные корпуса установлены пандусы с перилами, тактильные указатели, кнопка вызова сотрудника, ответственного за прием лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Учебные аудитории для слабослышащих студентов оснащены необходимым оборудованием, в том числе индивидуальными FM-системами, системой визуального отображения информации. С 2017 года лекционные аудитории оборудованы индукционной системой.

Учебно-научный центр «Энергомаш», в котором проходят обучение слабослышащие студенты, оборудован мультимедийными аудиториями, которые оснащены персональными компьютерами с выходом в интернет, проекторами, интерактивными досками, соответствующим программным обеспечением, станками с числовым программным управлением (ЧПУ).

Все это требует больших капиталовложений. Университетом в развитие «Центра инклюзивного обучения» уже вложено 12 миллионов рублей из средств ИжГТУ.

Вуз не изолирует «особых» ребят от студенческой жизни, а наоборот активно вовлекает их в эту жизнь.

Слабослышащие студенты наравне со всеми участвуют и в студенческих мероприятиях ИжГТУ. Мы можем видеть их и на сцене Дворца студентов «Интеграл» танцующими и даже поющими. Они принимают участие в спортивных соревнованиях, туристических слетах. А также в Олимпиадах, где занимают призовые места. Например, в конкурсе профмастерства – I-м вузовском отборочном Чемпионате по стандартам Ворлдскиллс (WorldSkills).

Результаты и эффекты проекта:

1. Социальная адаптация слабослышащих студентов. Получение инженерного образования в дальнейшем позволяет этим молодым людям иметь постоянную высокооплачиваемую работу и быть независимым от своих, так называемых, ограниченных возможностей, иметь полную экономическую независимость и самостоятельность.

2. Закрепление молодежи в Удмуртской Республике.

3. Повышение качества и эффективности практико-ориентированной подготовки специалистов, углубление связей с организациями-заказчиками кадров.

4. Подготовка кадрового потенциала для промышленных предприятий региона. В частности, подготовка специалистов в области технологии машиностроения для Акционерного Общества «Концерн «Калашников». Практика показала, что одно из достоинств таких специалистов это преданность своему предприятию.

Выпускники придут на производство и будут работать на нем всю жизнь, при этом поднимаясь по карьерной лестнице. Поэтому промышленные предприятия Удмуртской Республики охотно принимают таких специалистов.

5. Повышение конкурентоспособности вуза в мировом образовательном пространстве, повышение социального статуса университета.

6. Влияние проекта на развитие университета - улучшение материально-технической базы, повышение квалификации профессорско-преподавательского состава, качества обучения.

Таким образом, учебные заведения являются важным жизненным пространством для молодых юношей и девушек с ограниченными возможностями здоровья. И от того, насколько комфортные условия для обучения будут созданы в ВУЗах, зависит успешность каждого студента и тот объем знаний и практических навыков, которые в итоге помогут стать ему полноценной личностью и занять достойное место в современном обществе.

УДК 331.1

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ И РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Мещерякова Е.В., Усевич В.А.

Белорусский государственный технологический университет

Самостоятельная работа студентов (СРС) является одним из видов учебной работы, включающим активные формы и методы обучения. СРС помогает получить навыки формулирования проблемы, анализа путей ее решения, поиска оптимального результата и обоснования его правильности.

Самостоятельная работа студентов – это деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Необходимость воспитания творческой и активной личности, что особенно важно для отработки навыков управления у студентов специальности «Менеджмент», определяет место СРС как не просто важной формы образовательного процесса, а его основы.

Мы переходим от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности. Речь идет о пересмотре всего образовательного процесса, который должен быть направлен на формирование желания получать знания, интерес к творческому процессу саморазвития и повышения собственной ценности, как квалифицированного специалиста.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия: готовность студентов к самостоятельному труду; мотив к получению знаний; наличие и доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала; система регулярного контроля качества выполненной самостоятельной работы; консультационная помощь.

Работа группы при проведении практических занятий с элементами самостоятельной работы подчиняется следующим принципам: принцип активности; принцип творческой позиции; принцип осознания необходимости того или иного поведения; принцип партнерского общения; принцип реалистичности (по мере возможности, ситуации даются такие, какие встречаются в повседневной жизни).

Преподаватель может быть в двух позициях – как центр группы (влияющий, изменяющий за счет личного влияния, умения и навыки студентов) и как равный среди равных (он создает ситуации для изменения позиций членов группы). При этом он должен уметь слушать, быть открытым, доброжелательно ко всем относиться, стимулировать активность участников, уметь заинтересовать при отсутствии навязывания своего мнения, уметь увлечь всех, уметь четко формулировать и говорить понятно для всех, быть способным найти выход

из любой нестандартной ситуации, которая постоянно создается в студенческом коллективе, проявлять находчивость, при необходимости ответить на любой вопрос.

На инженерно-экономическом факультете БГТУ уделяется большое внимание организации самостоятельной работы студентов через решение кейсов, деловые игры, проектную работу, другие виды учебной деятельности, способствующие росту творческой активности и заинтересованности студентов. Профессиональное кредо наших преподавателей, активно занимающихся развитием самостоятельной работы студентов – «Раскрывая потенциал, мы создаем будущее».

На базе научно-исследовательского экономического клуба «EconoMix» совместно с технологическими кафедрами организован бизнес-инкубатор. Бизнес-инкубатор является новой формой организации самостоятельной работы студентов в высшей школе, которая позволяет заинтересовать студентов возможностью решения актуальных для экономики страны проблем при всестороннем развитии их способностей, привлечь внимание представителей деловых кругов к реальным научным разработкам и усилить связь университета и бизнеса.

В рамках развития самостоятельной деятельности студентов проводятся деловые игры. Процесс подготовки к проведению игры осуществляется студентами самостоятельно. На занятиях мы только выбираем директора предприятия, а подбор команды, направление деятельности и алгоритм игры студенты готовят сами. Им приходится смотреть записи, читать литературу, искать информацию на сайтах компаний. Поскольку в деловых играх участвует несколько команд, и с разных курсов, студентов дух соревнований. Подготовка проходит на таком высоком уровне, которого не достичь в привычной им обстановке лекционного обучения.

Деловые игры записываются на видео. При наличии пленки во время обсуждения целесообразно возвращаться к отдельным моментам игры, участники могут наблюдать за своим поведением со стороны и делать выводы. Решается вопрос запоминания деталей каких-либо моментов.

По записи можно отследить невербальный канал передачи информации, который трудно зафиксировать иначе. Участники должны сами проанализировать свое поведение. Некоторые замечания могут сделать наблюдатели, что позволяет привлечь внимание к наиболее существенным моментам.

В процессе проведения деловой игры «Проведение переговоров. Торговая сделка. Реклама», студенты учатся работать в команде и принимать управленческие решения, брать на себя ответственность.

При подготовке к деловым играм выделяются самые активные студенты, проявившие лидерские черты. Именно они организуют других студентов для дальнейшей самостоятельной проектной работы.

Студенты инженерно-экономического факультета осуществляют самостоятельную подготовку к различного формата конкурсам. За один учебный год, как правило, представляется на конкурсах 8-10 проектов. Мы можем разрабатывать продвижение как результатов исследований технологических кафедр, так и работать над собственными идеями, актуальными для молодежи.

Экономический клуб проводит уже несколько лет старт-апы бизнес-идей студентов старших курсов с разработкой рекламных продуктов. В рамках бизнес-инкубатора осуществляется разработка бизнес-планов инновационных проектов развития предприятий лесного комплекса, химической промышленности, промышленности строительных материалов, полиграфии, проведение исследований в области повышения эффективности систем управления маркетингом, логистикой, организации производства.

Есть ряд конкурсов, в которых студенты нашего экономического клуба участвуют наравне со взрослыми специалистами.

Для успешной деятельности экономического клуба в данных направлениях было закуплено соответствующее оборудование, которое позволяет осуществлять ее эффективно и на более высоком профессиональном уровне на средства, выделенные специальным фондом Президента Республики Беларусь по работе с одаренной молодежью.

За последние 5 лет работы на факультете было организовано более 25 деловых игр и внутривузовских конкурсов. Студенты участвовали в 18 конкурсах международного и рес-

публиканского уровня. Было разработано более 40 инвестиционных бизнес-плана и проведена их презентация. По результатам участия получено более 30 дипломов победителей и сертификатов участников; 13 главных призов и кубков.

СРС как вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента, реализуется как в процессе освоения дисциплин специальности, так и за пределами учебного плана, при подготовке к участию в конкурсах различного формата, разработке инвестиционных проектов и их презентаций.

УДК 332.133

ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ, НЕФОРМАЛИЗАЦИИ И ИНФОРМАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

*Новоселов С.Н. *, Горкуша О.А. **, Толкачева С.В. ***

** Московский финансово-юридический университет МФЮА*

*** Московский государственный университет пищевых производств*

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению необходимости более глубокого включения неформального и информального образования в российскую образовательную систему. Оцениваются история становления и перспективы развития неформального и информального образования в России в современных условиях.*

Ключевые слова: *институт (институция), институционализм, трансформация, неформальное образование, информальное образование.*

В современных условиях все большую актуальность приобретает необходимость модернизации российского образования, что обусловлено сменой общецивилизационной знамиевой парадигмы (парадигмы образования на протяжении всей жизни индивидуума) посредством обогащения ранее существовавших форм обучения новыми степенями организации образовательных услуг, в том числе представленных формальным, неформальным и информальным обучением.

Следует отметить, что в данном ключе чрезвычайно важно отработать институциональный аспект рассматриваемой проблемы, поскольку именно конструирование институционального ландшафта из существующих и хорошо зарекомендовавших институций, а также разработка, формирование и апробация новых институций должна стать базовой основой для непрерывного образования взрослых граждан страны.

Следует отметить, что в развитых в данном направлении странах мира система неформального и информального образования охватывает примерно 40% взрослого населения (в возрасте от 25 до 64 лет). При этом аналогичный показатель в государствах Европейского Союза доходит до 11%, а в Российской Федерации – он находится на отметке 8%.

Необходимость диверсификации образовательной траектории (не только и уже даже не столько вглубь, сколько вширь) обусловлена изменившимися требованиями со стороны общества и растущими потребностями самих граждан в образовательных услугах на протяжении всего жизненного цикла человека.

В этой связи актуализируется вопрос трансформации всей образовательной парадигмы взрослых граждан, ключевыми элементами которой являются:

- новые образовательные программы;
- новые образовательные технологии;
- новые методические и дидактические разработки в реализации процесса обучения.

Согласно Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2016-2020 годы, принятой распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года № 2765-р, важнейшей составляющей образования российских граждан в течение всей жизни является создание устойчивого процесса непрерывного образования [4].

Именно поэтому в последние годы возникла острая необходимость создания новых и совершенствования имеющихся институций, ранее обеспечивающих схемы и траектории

традиционного образования как попытки найти адекватный ответ на вызовы современного общества. Ранее существовавшие институты в полной мере не способны, особенно в стратегической перспективе, загрузить требуемым образовательным объемом базовых знаний (в современных условиях, отличающихся чрезвычайно динамическими характеристиками) на период всей жизни человека.

В этой связи магистральным путем становится поиск новых альтернатив существующих институций, и даже в большей степени - дополнительных институциональных образований и их конфигураций, которые смогут на протяжении всей активной жизни индивидуума удовлетворять его профессиональные (трудовые), физические, интеллектуальные, культурные, духовные и психологические потребности.

И в данном случае следует говорить не только о высоких профессиональных результатах, но и уровне удовлетворенности, состоянии здоровья, в том числе духовного, социального, одним словом, именно то, что ВОЗ и понимает под «здоровьем».

Впервые в официальных документах Российской Федерации (вслед за Международной Комиссией ЮНЕСКО) термин неформального/информального образования встречается в письме Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 марта 2008 года № 03-369 «О направлении материалов современной модели общего образования», в котором говорится, что «обучение в течение всей жизни становится необходимым и все более значимым элементом современных образовательных систем. Все большую роль в них играет как неформальное образование (курсы, тренинги, короткие программы, которые могут предлагаться на любом этапе образования или профессиональной карьеры), так и информальное (спонтанное) образование, которое реализуется за счет самообразования граждан в насыщенной культурно-образовательной среде» [2].

Данный документ до сих пор остается базовым при определении стратегии излагаемых направлений в отечественной образовательной системе, продолжая сохранять свою актуальность. В целом же система неформального и информального образования является в современных динамично меняющихся социально-экономических условиях ключевой осью для архитектуры всего древа мирового образования, в том числе и российского).

И доминирующими факторами в данном случае выступает как следование вектору Болонской конвенции, так и адекватная реакция на вызовы чрезвычайно динамичных внешних условий воздействия на индивидуума, бизнес-единицы, экономическую систему и социум в целом.

Пункт 1 статьи 17 федерального закона от 29 декабря 2012г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» гласит о том, что «в Российской Федерации образование может быть получено... вне организаций, осуществляющих образовательную деятельность (в форме семейного образования и самообразования)» [1].

Согласно п. 46 Приказа Минобрнауки России от 19 декабря 2013г. №1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» «высшее образование по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры может быть получено: в организациях, осуществляющих образовательную деятельность...[3].

Таким образом впервые за долгие годы было провозглашен принцип отхода от формальных институций получения образования, хотя при этом и регламентируется процесс сдачи итоговых аттестационных мероприятий в традиционных образовательных учреждениях.

Приказом Минобрнауки России от 19 декабря 2013г. № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» определена процедура сокращения продолжительности освоения образовательных программ для отдельных лиц за счет признания результатов ранее полученного образования (отдельные разделы или модули), в том числе и на основе удостоверения о повышении

квалификации, диплома о профессиональной переподготовке, а также практического опыта, полученного в числе прочих также и по программам дополнительного образования [3].

Впервые в вышеупомянутом документе даны официальные определения тематической терминологии:

1. Формальное обучение – обучение, организованное образовательным учреждением или учреждением дополнительного образования, структурированное (в отношении учебных целей, учебного времени или учебной инфраструктуры), ведущее к сертификации.

Формальное обучение представляет собой целенаправленный процесс по отношению к обучающемуся.

2. Неформальное обучение – обучение, которое не организовано образовательным учреждением или учреждением дополнительного образования и обычно не приводит к сертификации. Однако оно структурировано (в отношении учебных целей, учебного времени или учебной инфраструктуры).

Неформальное обучение представляет собой целенаправленный процесс по отношению к обучающемуся.

3. Информальное обучение – обучение, которое следует из ежедневной деятельности, имеющей отношение к работе, семье или досугу. Оно не структурировано (в отношении учебных целей, учебного времени или учебной инфраструктуры) и обычно не ведет к сертификации.

Информальное обучение может представлять собой целенаправленный процесс по отношению к обучающемуся, однако, как правило, таковым не является (является случайным/спонтанным) [2].

Официальные документы определяют следующие перспективы развития неформального образования в Российской Федерации (временной горизонт очерчен 2020 годом) [4]. Так, планируется, что к этому периоду в Российской Федерации сложится стройная и логичная система неформального образования, которая будет отмечена следующими характерными чертами:

1) полисубъектностью элементов системы – множество субъектов-поставщиков данного вида образовательных услуг;

2) прозрачностью системы квалификации на выходе из системы с доступностью выходной информации для представителей работодателей и иных институций, участвующих в образовательном процессе;

3) процедурой подтверждения результатов неформального образования посредством механизма итоговой аттестации (в виде экзаменов и процедуры сертификации);

4) деятельностью коуч-специалистов, которые наряду с консультированием обучающихся, призваны помогать выстраивать саму образовательную траекторию и лучшим образом ее реализовывать, используя возможности неформального и информального обучения с соотношением с результатами и достижениями обучения, полученного в формальных институциях.

В данном направлении важным трендом является самостоятельное построение гражданами собственной культурно-образовательной среды и соответствующей траектории. Это может быть реализовано посредством существенного роста поддержки инициативного повышения гражданами посещения традиционных культурных и образовательных институтов (театров, музеев, средств массовой информации, телевидения, радио, а также масс-медиа с целью повышения образовательного уровня потенциальной аудитории.

Система своевременного и постоянного повышения квалификации и переподготовки призвана стать базовой основой непрерывного образования граждан на протяжении всей жизни.

Достижение поставленной цели предполагает проведения в Российской Федерации целого комплекса различных мероприятий:

1. Проведение инвентаризации требований к переподготовке и повышению квалификации по различным специальностям ведомствами совместно с объединениями работодателей, с учетом требований соответствующих профессиональных стандартов посредством развития механизмов деятельности автономных учреждений, подушевого финансирования, а также финансово-хозяйственной самостоятельности бюджетных учреждений.

2. Согласование и установление ведомствами совместно с объединениями работодателей, с учетом требований соответствующих профессиональных стандартов норм периодичности повышения квалификации.

3. Разработка таких методов финансирования непрерывного профессионального образования, которые связаны с образовательными запросами конкретных граждан, являющихся потребителями услуг непрерывного образования, что определяет целесообразность развития системы грантовой поддержки самообразования профессорско-преподавательского состава вузов (по перспективным направлениям науки и инноваций) через развитие деятельности соответствующих фондов.

4. Создание на базе служб занятости, постоянно действующих центров по повышению квалификации и переподготовке не только безработных граждан, но и всех желающих, что позволит разработать и внедрить конкурентные подходы развития деятельности служб занятости в части содействие профессиональному совершенствованию граждан, непрерывная переподготовка и обновление квалификации.

5. Проведение трансформации традиционных организаций по повышению квалификации, что позволит создать и внедрить новые коуч-технологии в традиционные институты по формированию и сопровождению образовательной траектории граждан [1].

Традиционно в Российской Федерации институциональная компонента обучения взрослых граждан включала в себя организации и учреждения, оказывающие услуги по повышению квалификации и переквалификации, курсам, тренингам, мастер-классам, семинарам, программам дообразования и другим аналогичным моментам.

Предпринимаемые в последнее время попытки институциональных и контентных трансформаций системы непрерывного образования взрослых направлены преимущественно по следующим векторам воздействия:

- 1) диверсификация имеющихся форм обучения взрослых;
- 2) адаптация под новые реалии организационных структур, катализирующих инновационные траектории развития;
- 3) внедрение индивидуальных траекторий непрерывного образования.

Выводы. Актуальным ответом на вызовы всеобщей информатизации и переходу образования на компетентностную парадигму является декларируемый на всех уровнях и активно реализуемый в нашей стране курс на непрерывность образования на протяжении всей человеческой жизни.

В этой связи традиционное (формальное) образование обогащается и другими формами обучения, такими как неформальное и информальное. Отчасти наша образовательная система знакома с данными понятиями, отчасти ей только предстоит развивать отдельные ее направления в поисках институциональных трансформаций.

Список использованных источников

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ// http://www.base.garant.ru/70291362/2/#block_200#ixzz51XdhBjnu
2. Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 марта 2008 года №03-369 «О направлении материалов современной модели общего образования» // <http://www.base.garant.ru/70291362/#ixzz51XZ3uXPa>
3. Приказ Минобрнауки России от 19.12.2013 № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»// [www/http://base.garant.ru/70603294/](http://www.base.garant.ru/70603294/)
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года № 2765-р Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2016-2020 годы <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70736882/>

ПРОЕКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ*Савкина Р.В., д.э.н., профессор**Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова*

Аннотация. Модернизация профессионального образования может быть успешно осуществлена при использовании проектно-интегрированного подхода в управлении процессом образования. Подготовка инновационно-активного специалиста предусматривает использование в процессе обучения современных методов передачи знаний, их адаптации к конкретным условиям деятельности, формирование навыков поиска, оценки и применения инноваций в практической деятельности. Системность преобразований предполагает поэтапный переход образовательной деятельности вузов на создание интегрированных холдингов, включающих помимо вуза или его подразделений, научные и предпринимательские структуры. Построение учебного процесса по блочно-модульной схеме позволит включить на постоянной основе научные и практические организации.

Ключевые слова: Проект, управление, вуз, инновации, блочно-модульная система.

Модернизация высшего образования, продекларированная в законодательно-нормативных документах, изменяет условия и характер управления, как внутри вуза, так и со стороны учредителя и государства. Эти необходимые преобразования должны быть синхронизированы с переосмыслением места и роли вуза в формировании современных производительных сил страны.

Глубокий экономический кризис в России в 2014-2015 годы (его связывают с санкциями и падением цен на нефть, что не совсем правомерно) еще раз указывает на необходимость определения стратегических целей развития общества с учетом безопасности и устойчивости национальной экономики на базе инноваций. С учетом антикризисных мер, принятых Правительством РФ в 2015 году (в которых, к сожалению, не нашли отражения мероприятия по совершенствованию системы профессионального образования, что, по нашему мнению, не логично), необходимо определить роль вузов в решении поставленных задач. В частности, должны быть переосмыслены и уточнены:

- миссия вузов в переходе национальной экономики на инновационную (цифровую) модель развития;
- условия деятельности вузов, как субъектов экономических отношений, реализующих функцию по качественному воспроизводству рабочей силы путем создания и передачи инновационно-ориентированных знаний, формируемых в процессе обучения;
- нормативно-законодательная база эффективного взаимодействия вузов (государственных) и учредителей, обеспечивающая структурную перестройку образовательного процесса на базе инновационных технологий (при этом новации в образовании должны охватывать как систему управления вузами, так и обучения студентов, с учетом обеспечения накопления новых знаний и их передачу в процессе обучения).

Экономика инновационного типа или «экономика знаний» предъявляет к системе образования новые, более высокие стандарты подготовки инновационно-ориентированного специалиста. В то же время, по оценке Министерства образования и науки РФ, только 10% вузов России могут быть признаны исследовательскими, в которых на базе проводимых научных исследований формируются учебные программы, обеспечивающие опережающее образование.

Проводимое в последние годы реформирование системы образования затрагивает, в основном, или экономико-организационные отношения учебных заведений с учредителями (ФЗ «Об автономных учреждениях», ФЗ от 2 августа 2009 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности»), или систему оценки вузов по достаточно условным критериям (показателям). Неэффективность реформ обсуждается повсеместно, но корректирующие решения не принимаются. Это вызвано отчасти тем, что существу-

ющая система управления вузом носит консервативный, архаичный характер, а ее развитие оценивается и планируется по количественным, давно устаревшим параметрам.

Проблем в системе управления образовательным процессом в вузе достаточно много (о чем свидетельствуют аргументированные публикации и выступления ученых и практиков), основными из которых являются:

- характер формирования учебных планов не предусматривает создание системности в изучаемых дисциплинах, что приводит к формированию локальных знаний, не обеспечивая их комплексности и взаимодополняемости;

- определенная зарегламентированность действий профессорско-преподавательского состава и сложность в модернизации образовательных технологий на основе современных механизмов (идет совершенствование образовательного процесса «сверху-вниз», что предопределяет изменение оболочки управления образованием вместо сущностных характеристик). По сути, не поощряется творчество и инициатива ППС в системе передачи знаний, в обеспечении их инновационности и структурированности под задачи подготовки инновационно-активного специалиста;

- расширение использования проектного обучения в вузах не соответствует слабой разработанности методологии формирования проектного управления образовательным процессом в условиях непрерывного многоуровневого профессионального образования.

В настоящее время в России более 32% рабочей силы имеет высшее образование, тогда как только 5,6% предприятий являются инновационно-активными, а доля инновационных товаров находится в пределах 5-7% (а по некоторым оценкам и того меньше). Как отмечают 19% респондентов-предпринимателей в сфере торговли и услуг основным фактором, ограничивающим деловую активность, является нехватка квалифицированных кадров. При достаточно большой массе дипломированных выпускников вузов, в России сегодня катастрофически мало специалистов, способных предложить стратегию развития предприятия или продукта на несколько лет вперед, сформулировать концепцию развития, определить основные требования к потребительским параметрам нового продукта и, что не менее важно, составить план продвижения продукта на рынке и организацию продаж. Очевидно, что корни проблемы кроются в системе образования, которая готовит либо технических специалистов, либо менеджеров и экономистов, *не затрагивая подготовку на стыке этих двух областей*. Привлечение зарубежных специалистов такой направленности не решает проблемы – даже если технологическая зависимость будет устранена, то возникнет не менее опасная зависимость от иностранных кадров. Необходима *государственная программа подготовки управленческих кадров, ориентированных на разработку проектного обеспечения инновационных изменений, в которой особое внимание будет уделяться организации процесса устранения технологической зависимости*. Применяемые сегодня в вузах западные программы подготовки кадров не годятся, поскольку они во главу угла ставят только получение экономической выгоды. К тому же до конца непонятно существует ли вообще в мире опыт организации работ по устранению технологической зависимости. Решение этой проблемы потребует много времени, и решать ее будут нынешние студенты, поэтому уже сейчас серьезное внимание должно уделяться как организационной составляющей процесса разработки образовательных программ по подготовке инженеров, технологов, менеджеров, маркетологов и т. д., так и вопросам выработки концептуального мышления, позволяющего сформулировать стратегию развития продукта и основные требования к нему. Проблема импортозамещения является прямым следствием утраты *технологической конкурентоспособности экономики России* на мировом рынке. Сегодня *финансовый сектор экономики* является ведущим, доминирующим, по отношению к *реальному сектору экономики*. Развитие реального, по сути ведомого сектора, является для государства вторичной проблемой. Методы и условия решения этой проблемы определяются, а в ряде случаев и диктуются, финансовым сектором экономики России, который встроен в мировую финансовую систему и полностью зависит от неё. Поэтому любые конъюнктурные изменения в мировой финансовой системе оказывают, в большей или меньшей степени, влияние на ведущий финансовый сектор России, что, в свою оче-

редь, приводит к существенным изменениям условий функционирования ведомого реального сектора экономики. В том числе и к изменению политических, экономических и финансовых условий для этого сектора. Как следствие, основным критерием *эффективности предприятий всего реального сектора экономики, оказывается финансовая, а не технологическая конкурентоспособность, то есть реализуется главенство принципа «максимальная прибыль за минимальное время».* Этот подход доминирует и в образовательной деятельности, что приводит к воспроизводству негативных тенденций в национальной экономике.

В соответствии с вышеизложенным, наиболее перспективной моделью, решающей проблемы повышения качества профессионального образования, подготовки инновационно-активного специалиста, обладающего помимо профессиональных знаний умением осуществлять поиск инноваций, их адаптацию к конкретным предприятиям и их нуждам, является проектно-интегрированное управление образовательным процессом.

Междисциплинарный характер проектов предполагает формирование учебных планов с использованием формата объединенных курсов, обеспечивающих разностороннее изложение материала (привлечение к преподаванию разнопрофильных педагогов с обеспечением взаимообусловленности изложения материала).

При этом руководителей проектов, отвечающих за качество подготовки, рекламную кампанию, системность и взаимообусловленность изложения материалов с учетом специфики и инновационности их будущей деятельности, наделять соответствующими полномочиями. Это предполагает целевой характер учебных планов, направленных на обеспечение:

- использования современных технологий передачи знаний на всем протяжении обучения;
- сбалансированности дисциплин и их взаимодополняемости (формирование блоков дисциплин и модулей и определение их методических руководителей, обеспечивающих преемственность дисциплин по блокам и модулям);
- унификации общих дисциплин для всех направлений подготовки;
- структурированности учебных планов и дисциплин в соответствие с потребностями рынка труда в инновационно-активных специалистах.

Подготовка и переподготовка кадров при реализации инновационных проектов предполагает организацию их обучения исключительно на основе реального участия обучающихся в научно-инновационном процессе (научно-исследовательской работе, ее доведения до коммерческого или производственного использования, опытным производстве, экспертизе новшеств и определения эффекта и эффективности от инновации).

Предполагается, что опорные вузы будут сильными региональными университетами, которые объединят научные и производственные лаборатории, центры и будут нацелены на подготовку кадров для экономики региона.

В соответствии с нацпроектом «Вузы как центры пространства инноваций» в 2017 году может появиться 40 таких центров, в 2018 году – 55, в 2019 г. – 70, где будут технопарки, инжиниринговые центры, бизнес-инкубаторы. Сейчас в России 33 опорных вуза на поддержку которых выделено 3 млрд. руб.

Список использованных источников

1. Панасенко С.В. Кейс стадии как интерактивный метод обучения. // Наука и образование в глобальных процессах. – 2016. – №1(3). – С.92-95.
2. Пальчиков А.Н., Громцев А.С. Проблемы высшего образования, пути их решения. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». №2, 2015. – <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-vysshego-obrazovaniya-puti-ih-resheniya>
3. Проектный подход в управлении изменениями и инновациями в региональной системе образования – www.firo.ru.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Скопин П.Д.

Юго-Западный государственный университет

Ежегодно, как в России, так и в Белоруссии, происходит большое количество несчастных случаев, связанных с использованием газового оборудования, предназначенного для отопления, нагрева воды и приготовления пищи. Это связано с тем, что неправильная эксплуатация газоиспользующего оборудования или поломка газопотребляющих устройств может привести к появлению в воздухе как углеводородного газа, поступающего к оборудованию, что чревато пожарами, отравлением и взрывами, так и к появлению ядовитых продуктов сгорания, например, угарного газа [1]. Существующие в настоящий момент на отечественном и зарубежном рынке электронно-бытовые устройства в экономическом сегменте до 10 тысяч рублей решают узкие задачи и не способны изменить статистику несчастных случаев. Например, распространенные отечественные и зарубежные системы отключения газоснабжения при утечке природного газа в кухне не реагируют на угарный газ, а также нецелесообразны в условиях индивидуального жилого строительства, когда кухня и котельная находятся в разных местах помещения. Существующие системы локального и удаленного оповещения о задымлении помещений и пожарах не предотвращают развития катастрофической ситуации, и, следовательно, не способствуют сохранению жизни, здоровья человека и сохранности его имущества.

В данной работе создается multifunctionальная система, в функции которой входит не только обнаружение и оповещение о начале катастрофической ситуации (появление в атмосфере жилища дыма, газа и продуктов его сгорания), но и одновременное предотвращение развития катастрофической ситуации путем отключения электроснабжения и (или) газоснабжения помещения. Разрабатываемый комплекс сможет с вероятностью не менее 90% предотвратить такие катастрофические ситуации как отравление бытовым и угарным газом за счет отключения газоснабжения при срабатывании встроенных или внешних беспроводных датчиков. С вероятностью не менее 90% предотвратить возникновение пожара по вине неисправности бытовой техники и электропроводки за счет отключения электроснабжения при срабатывании внешних стандартных беспроводных датчиков задымления и (или) инфракрасного излучения. Комплекс будет включать в себя основной контроллер, ответственный за управление газоснабжением и контроль параметров воздуха помещения, а также модуль отключения электроснабжения помещения. Оба устройства будут выполнены по беспроводной технологии, позволяющей функционирование устройств при удалении до 100 метров. Функциональная схема основного контроллера приводится на рисунке 1.

Как видно из рисунка, система включает в себя два устройства: основной контроллер и модуль электроснабжения. Контроллер функционирует под управлением микроконтроллера ATMEGA328P выбор которого был сделан в связи с широким распространением данного контроллера, его низкой закупочной стоимостью и широкими функциональными возможностями. Контроллер управляет стандартной запорной арматурой, выполненной в виде электромагнитного клапана газа или в виде электромеханического шарового запорного устройства с напряжением питания 12 вольт. Это позволяет охватить практически весь перечень стандартных газозапорных устройств, выпускаемых в настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью. В состав контроллера также включены сенсоры угарного газа и углеводородов, в качестве которых используются малобюджетные полупроводниковые датчики газов серии MQ. Встроенный в контроллер датчик температуры, выполненный на основе микросборки HTU21D также позволяет регистрировать и относительную влажность воздуха, что дает дополнительную информацию о работе отопительных систем помещений, сигнализируя о таких аварийных ситуациях как остановка циркуляционных насосов, перегрев теплоносителя, аварийный сброс паро-водной смеси через клапан безопасности си-

стемы. Модули WIFI и GSM контроллера позволяют в процессе функционирования системы дистанционно получить информацию о состоянии жилища: его температуре, влажности, уровне загазованности, состоянии внешних беспроводных датчиках. Эта информация предоставляется как по звонку на устройство в виде обратной СМС, так и в реальном масштабе времени через мобильное приложение, которое получает информацию от устройства за счет подключения к мобильному интернет GPRS, или через существующую сеть WIFI. Наличие встроенного в контроллер радиointерфейса, функционирующего на частоте 433 МГц [2] и поддерживающего стандартный протокол обмена низкобюджетных беспроводных устройств позволяет подключать стандартные беспроводные дымовые и газовые извещатели, дополнительно расширяя функционал устройства и расширяя диапазон охвата контролируемой площади помещения. Список регистрируемых контроллером параметров атмосферы: наличие угарного газа, наличие бытового природного газа, температура воздуха, влажность воздуха, индикация наличия электроснабжения жилища. При подключении внешних дымовых извещателей контроллер дополнительно регистрирует на наличие дыма в помещении. При выходе параметров за заранее заданные пределы контроллер производит принятие решения о предотвращении катастрофической ситуации (отключение газа и (или) отключение электроснабжения), SMS оповещение владельца жилища, оповещение через мобильную сеть интернет соответствующих оперативных служб посредством отправки сообщения по протоколу tcp/ip на заранее заданный сервер.

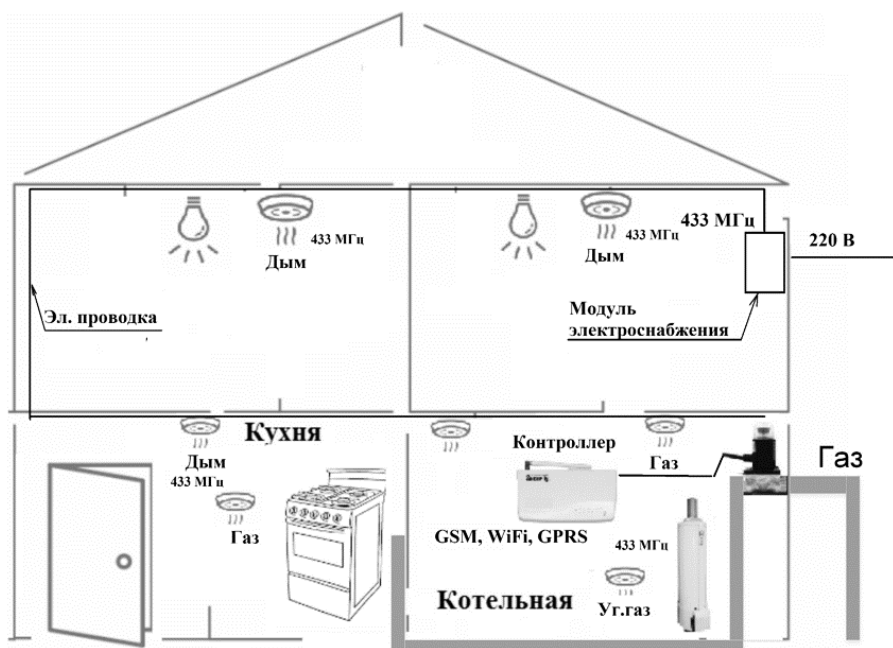


Рисунок 1 – Функциональная схема системы оповещения и предотвращения катастрофических ситуаций

Как известно, к основным причинам всех пожаров (до 99% случаев) относятся неисправность электропроводки и бытовой техники [3]. При этом, до начала возгорания всегда возникает локальное задымление помещения. В связи с этим в состав системы также включен и модуль аварийного отключения электроснабжения, который позволяет автоматически прекратить подачу электроэнергии в помещение при получении сигнала от любого из беспроводных датчиков: датчика дыма, датчика природного газа, датчика утечки воды и т.д. При этом номенклатура датчиков выбирается пользователем самостоятельно, а сами датчики подключаются к контроллеру нажатием кнопки. Так, подключение к модулю беспроводного датчика утечки газа позволит предотвратить взрыв в загазованном помещении, поскольку электроснабжение будет отключено при возникновении малейшей концентрации газа. Под-

ключение к модулю датчика утечки воды позволит избежать поражений электрическим током при затоплении помещения водой из своей или соседской системы водоснабжения.

Из вышесказанного следует, что каждое жилое помещение в стране нуждается в установке устройства для устранения негативных последствий описанных инцидентов. Это означает наличие потенциального спроса на порядка 50 млн. устройств [3]. Вводимые в эксплуатацию вновь построенные только жилые помещения в количестве порядка 1 млн. шт. в год создают дополнительно существенное расширение рынка устройств, т.к. готовность владельца нового жилья обезопасить его от вероятных бед на стадии выполнения первичного ремонта является очень высокой, принимая во внимание пренебрежимо малую стоимость устройства в общей смете ремонта. Таким образом, можно консервативно прогнозировать прирост спроса в натуральном выражении порядка 500 т. шт. в год. Это обстоятельство делает целесообразным вывод на рынок устройства и программного обеспечения (мобильного приложения), с помощью которых владелец жилища может комплексно защитить его от наиболее вероятных бед и контролировать состояние своего дома в реальном масштабе времени, из любой точки мира, где есть покрытие мобильной сети или подключение к сети Интернет.

Несмотря на то, что на сегодняшний день, на рынке представлена широкая номенклатура устройств иностранного или локального производств, каждое из которых выполняет лишь единственную функцию мониторинга или управления подачей воды, газа или обнаружения задымления, на рынке отсутствует устройство, реализующее комплексный подход к защите жилищ от разного типа инцидентов и доступное по цене массовому потребителю. Следовательно, серийное производство предлагаемой системы оповещения и предотвращения катастрофических ситуаций в жилых и производственных помещениях является перспективной, важной и прибыльной задачей.

Список использованных источников

1. Оксид углерода. Российская энциклопедия по охране труда: В 3 тт. – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007.
2. Бойко В.И. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 464 с.
3. Федеральная служба государственной статистики: раздел «Жилищные условия» <http://www.gks.ru>.

СЕКЦИЯ 3

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

УДК 658.512.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Абикеев Д.Т.

Научный руководитель: Злотников Е.Г., к.т.н., доцент

Санкт-Петербургский горный университет

Прототипирование имеет несколько значений, в первую очередь оно предназначено для того, чтобы сделать мысли человека осязаемыми, и для того, чтобы другие люди могли их увидеть. Ведь если сделать модель осязаемой, вы сможете рассмотреть не только то, что вы уже понимаете, а что более важно – те вещи, которые вы не до конца продумали.

Основной задачей быстрого прототипирования является получение прототипа изделия в максимально короткие сроки. Поскольку, на этапе выполнения научно-исследовательской работы необходимо быстро получить модель изделия. На данном этапе крайне важны отработка геометрии детали, проверка собираемости, правильность компоновочных изделий, и оценка эргономичности. Поэтому «быстрое» получение модели детали по «обходной технологии» позволяет существенно сократить сроки на разработку изделия [1].

На данный момент основными аддитивными технологиями, применяющимися при быстром прототипировании являются:

- моделирование методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM));
- стереолитография (SLA или SL);
- выборочное лазерное спекание (SLS).

Все эти технологии обеспечивают определенный уровень качества поверхности модели, основным критерием качества которой является чистота поверхности. После завершения построения модель имеет ступенчатую поверхность, а высота ступени соответствует шагу построения (рис. 1).

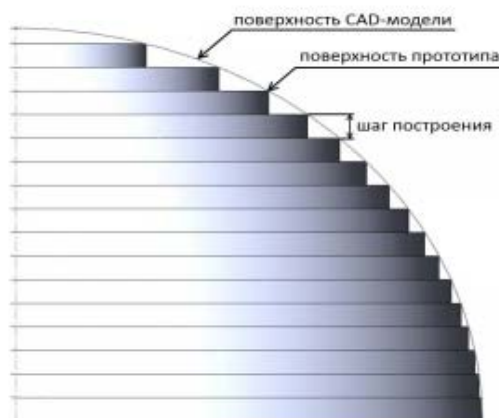


Рисунок 1 – Ступенчатая поверхность модели после завершения построения

Важным параметром, определяющим качество поверхности готовой модели, является качество исходной трехмерной CAD-модели.

Виртуальная модель представляет собой 3-D поверхность в виде замкнутой сетки. Шероховатость поверхности напрямую зависит от качества создания сетки. Так, при использовании трехмерной модели низкого качества макрошероховатость, заложенная в файле, может проявиться при построении физической модели и дать ложное представление об эффективности выбранной технологии [1].

Список использованных источников

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Дробыш // пособие для инженеров. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220с.

УДК: 504.064.36

АНАЛИЗ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Алехнович В.В., Лунтовская Я.А., Нелюбина Т.А.

Научный руководитель: Кремчеев Э.А., доцент, д.т.н.

Санкт-Петербургский горный университет

В настоящее время спрос на применение беспилотных воздушных судов (БВС) в коммерческих и потребительских целях увеличивается. Ведущие позиции мирового рынка занимают производители из стран Азии, Европы и Северной Америки. По данным аналитиков доля продаж БВС России на мировом рынке составляет около 2%.

Известно об опыте проведения экологического мониторинга, биогеографических исследований, а также аэрофотосъемок с использованием БВС. К примеру, при проведении зоогеографической съемки стояла задача исследовать возможности аппаратуры для учета диких животных. Было выявлено, что такой подход применим только для примерной оценки. Еще одним исследованием стал экологический мониторинг устья реки и пляжной зоны на юге России. По полученным с помощью БВС данным были выявлены места скопления несанкционированных мусорных отходов; оценен масштаб загрязнения сточными водами и последствий схода селевых потоков и горных обвалов. Таким образом, при помощи беспилотного воздушного судна можно решить ряд поставленных задач. Однако нерешенными остаются вопросы о методическом и метрологическом обеспечении БВС, а также наличие существенных законодательных ограничений.

С точки зрения законодательства, вопрос о применении беспилотного воздушного судна с полезной нагрузкой и без не урегулирован. Для легального использования БВС необходимо его зарегистрировать. Беспилотные гражданские воздушные суда с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 килограммов, которые были ввезены в Российскую Федерацию или произведены на ее территории, подлежат учету в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Однако, открытого государственного реестра на них не существует. Для БВС более 30 килограмм предусмотрена регистрация в системе Росавиации, так как их учет регулируется Федеральным законом от 30 декабря 2015 года № 462 «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов».

Обеспечение БВС оптическим оборудованием и/или устройством детектирования, СИ накладывает дополнительные ограничения, установленные законом. Относительно совершения негласного визуального наблюдения в УК РФ Статья 138.1. «Незаконный оборот специальных технических средств, предназначенных для негласного получения информации» указано, что незаконное использование специальных технических средств, предназначенных для негласного получения информации, наказываются штрафом или лишением свободы вплоть до указанного законом срока.

Научно-производственное предприятие «Радар ммс» является одним из мировых лидеров в области создания радиоэлектронных систем и комплексов специального и гражданского назначения. В настоящее время компания занимается производством беспилотного вертолета мБПВ-37. Данное БВС предназначен для оперативного мониторинга с воздуха больших площадей.

Для данного типа БВС характерна модульная архитектура, что позволяет при необходимости оперативно менять состав аппаратуры полезной нагрузки и перевозить мониторинговый комплекс в разобранном виде.

В состав блок-модулей системы входят следующие средства измерений:

– газоанализатор многокомпонентный «Поляр-2», предназначенный для измерений содержания определяемых компонентов (кислород, оксид углерода, диоксид углерода, оксид

азота, диоксид азота, диоксида серы, сероводорода, аммиака, метана, пропана или гексана) в воздухе рабочей зоны;

– анализатор пыли DUSTTRAK 8530, DUSTTRAK 8533, предназначенный для измерений массовой концентрации аэрозольных частиц различного происхождения в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны;

– дозиметр гамма-излучения ДБГ-С11Д или устройство детектирования УДМГ-100, предназначенные для непрерывного измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД).

Кроме того, блок-модулем является лазерный течеискатель метана LaserMethaneMini, предназначенный для качественной оценки наличия метана в воздухе в пространстве между течеискателем и отражающей поверхностью.

На данный момент проводятся работы по метрологическому и методическому обеспечению МБПВ-37, с целью внесения в Государственный реестр средств измерений (Госреестр СИ).

Так как БВС – это измерительный комплекс, соответственно выполнялась разработка нормативной документации: протоколы испытаний, описание средства измерений, методика поверки, оформленные в качестве приложения к акту испытаний в целях утверждения типа, на основе информации, предоставляемой организацией и испытательным центром, проводившим испытания в целях утверждения типа СИ на основании поступившей заявки изготовителя «Радар ммс».

В настоящее время, МП (методика поверки) измерительной системы основывается на поверке блока – модуля, базой которого является газоанализатор «Полар-2». Методики на другие СИ, используемые в измерительном комплексе, существуют отдельно. Поверить их в составе исследуемого комплекса и утверждать о правомерности использования в качестве блок-модулей не представляется возможным из-за отсутствия соответствующих разделов в методике поверки БВС.

Существует определённая специфика относительно статических измерений. У БВС нет возможности снимать показания в одной и той же точке. Одним из факторов, влияющих на данное свойство, является перемещение газоздушных масс. Газоанализатор в составе измерительного комплекса (ИК) способен снимать 5-10 показаний и далее усреднять результат. БВС постоянно находится в движении, и измерения проводятся в разных местах, с разной концентрацией. Так как известна скорость, на которой движется воздушное судно (диапазон), соответственно можно связать скорость движения БВС на месте с дискретностью в зоне, по которой будет усредняться информация об измерениях по концентрации. Для того чтобы верно судить о концентрации в данной зоне, необходимо брать в расчет совокупность значений измеряемой величины, так как единичное измерение есть случайная величина. Исходя из этого, усреднение должно идти по некоторому объёму этих точек, а также с учётом дискретности снятия показаний газоанализатора. В качестве значения результата измерения по концентрации придётся принимать среднее по 5-10 показаниям. Соответственно, нельзя говорить об измерении в конкретной точке пространства, можно говорить только об измерении в области пространства.

Методика поверки признается пригодной, если она позволяет проводить измерения с расширенной неопределённостью не более 25%. Сложно подтвердить соответствие этому требованию, так как условия, в которых проводятся измерения, значительно отличаются от тех, в которых определяется основная погрешность, как одна из нормированных метрологических характеристик, указанных в методике поверки. Именно поэтому необходима оценка неопределённости измерений, на основании информации об этих нормированных метрологических характеристиках СИ в составе измерительного комплекса «РДР-2015» и с учетом условий проведения измерений.

Можно выделить следующие источники неопределённостей для газоанализатора модификации «Полар-2» (с указанием обозначений их стандартных неопределённостей):

1. неопределённость, связанная с разбросом показаний (статистическая обработка данных) – (u_{a1});

2. неопределенность, связанная с основной погрешностью газоанализатора – ($u_{п1}$);
3. возможная нестабильность показаний газоанализатора в период между корректировками – ($u_{к1}$);
4. вариация выходного сигнала по измерительным каналам – ($u_{с1}$);
5. влияние изменения температуры окружающей среды в рабочих условиях – ($u_{т1}$);
6. влияние изменения атмосферного давления в рабочих условиях – ($u_{д1}$);
7. влияние изменения относительной влажности окружающей среды в рабочих условиях – ($u_{в1}$);
8. влияние изменения содержания неизмеримых компонентов анализируемой газовой смеси – ($u_{н1}$);
9. влияние изменения расхода анализируемого воздуха, проходящего через газоанализатор – ($u_{р1}$).

Разброс показаний подчиняется нормальному закону распределения вероятностей и оценивается как неопределенность типа A:

$$u_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n \cdot (n-1)}}, \quad (1)$$

где n – количество значений в области измерений; Q_i – значение параметра, зарегистрированное газоанализатором, связанное с i -тым отсчетом; $\bar{Q}$ – значение средней величины среди n -измерений.

Остальные стандартные неопределённости зависят от:

- δ_0 – предела допускаемой основной относительной погрешности газоанализатора, %;
- τ – коэффициента влияния условий окружающей среды на результат, определяется на основе статистических данных, полученных при измерениях;
- принятия гипотезы о равномерном распределении.

Суммарная стандартная неопределенность u_Σ определяется как:

$$u_\Sigma = \sqrt{(u_{ai})^2 + (u_{pi})^2 + (u_{ki})^2 + (u_{ci})^2 + (u_{ti})^2 + (u_{di})^2 + (u_{ei})^2 + (u_{ni})^2 + (u_{ri})^2}. \quad (2)$$

Расширенная неопределенность U получается путем умножения суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата:

$$U = u_\Sigma \cdot k, \quad (3)$$

где для уровня доверия $P = 0,95$ коэффициент охвата k будет равен 2, так как распределение принимается нормальным.

Неопределенности для пылемера и дозиметра рассчитываются аналогично неопределенностям, представленным для газоанализатора, с учетом пределов их допускаемых погрешностей, и статистических данных.

Проанализировав вопросы метрологического обеспечения БВС и рассмотрев нормативно-правовую документацию, можно сделать следующие выводы:

- со стороны законодательства существуют следующие препятствия, такие как, отсутствие единого реестра регистрации БВС, а также отсутствия какой-либо нормативно-правовой документации для применения комплексов БВС с полезной нагрузкой;
- адаптация СИ является смежным вопросом с метрологическим обеспечением, для дальнейшей конструкторской деятельности. В настоящее время существует большое количество СИ, которые можно установить на беспилотное воздушное судно, однако, им нужна адаптация (методическая, конструктивная);

– требования по точности к СИ, входящих в состав измерительного комплекса, должны быть достаточно строгие, так как БВС – это стадия спуска от качественного анализа к количественному;

– существует множество сторонних факторов, оказывающих влияние на измерительные способности комплекса, следовательно, должны быть выдвинуты определённые требования к метрологическим характеристикам. Например, концентрация в начале измерений и в конце может отличаться в разы. С таким подходом, для подобных измерений не нужна точность, которая задается производителями БВС изначально. Таким образом, такая техника как измерительные комплексы на базе БВС (в частности, высокой точности измерений) для прецизионных измерений не предназначены, так как применяется расчет усредненного/приблизительного значения.

УДК 616-71

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛФК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Ашапкина М.С., Алпатов А.В.

Рязанский государственный радиотехнический университет

Большая часть сотрудников предприятий ведет малоподвижный образ жизни, что может привести к различным нарушениям опорно-двигательной системой. Это в свою очередь ухудшает качество жизни, нарушает кровообращение и работу мышц, что ускоряет процесс возникновения других заболеваний на ранних стадиях, таких как сердечно-сосудистые заболевания, инсульт, инфаркт, гипертония, атеросклероз, сахарный диабет 2 типа, ожирение, остеопороз, депрессия. Данные заболевание приводят к экономическим потерям вследствие временной или стойкой утраты трудоспособности, требуют значительных затрат на лечение и реабилитацию [1]. Поэтому каждое предприятие будет заинтересовано в сохранении здоровья сотрудников для повышения эффективности труда и улучшении работоспособности человека. Единственный способ уменьшить риски заболеваний – вести сбалансированный двигательный режим и своевременное занятие естественной физической нагрузкой в виде производственной гимнастики и лечебной физкультуры (ЛФК).

По Приказу Минтруда России от 16.06.2014 № 375н ЛФК отнесли к улучшению условий труда и снижению уровней профессиональных рисков. Каждое предприятие, кроме федеральных учреждений и ГУП, обязано тратить не менее 0,2% суммы, затрачиваемой на производство товаров или услуг, на охрану труда и улучшение условий работы для сотрудников. Теперь траты на организацию различных спортивных и физкультурных мероприятий для коллектива, а также меры по организации спортивного досуга непосредственно на предприятии, засчитываются работодателю в качестве обязательных расходов.

Обязательные расходы, направленные на развитие физической культуры и спорта в трудовых коллективах, состоят из следующих пунктов:

1. наём тренера для проведения ЛФК на предприятии для тех работников, которым врачами рекомендован данный вид оздоровительных упражнений;
2. приглашение тренера для проведения производственной гимнастики;
3. создание на предприятии условий для проведения ЛФК, производственной гимнастики и иных физкультурно-оздоровительных мероприятий, в том числе – оборудование спортзала, спортплощадки, приобретение спортивного инвентаря;
4. оборудование физкультурно-спортивных клубов по месту работы;
5. привлечение на платной основе тренеров и методистов для внедрения на предприятии комплекса ГТО (Готов к труду и обороне), а также мероприятия по сдаче данных норм;
6. оплата работникам абонементов в спортклубы, фитнес-центры, тренажёрные залы, бассейны, спортивные секции [2].

Не каждый работодатель готов тратить такие крупные суммы на платные услуги тренеров и организацию физкультурно-оздоровительных мероприятий. Вместо покупки дорогостоящих абонементов в фитнес-клубы, предприятиям выгоднее проводить производственную гимнастику на рабочем месте без отрыва от производства.

Но у работодателя отсутствует обратная связь о посещаемости занятий производственной гимнастики, а также оценка правильности ее выполнения, т.к. неверное осуществление упражнения может привести к серьезным травмам опорно-двигательного аппарата. Решением данной проблемы предлагается в создании мобильной системы персонального удаленного мониторинга за правильностью выполнения двигательной функции под контролем смартфона или гаджета. Данная система состоит из следующих составляющих: гаджет в виде браслета, онлайн-кабинет специалиста и мобильное приложение с расширенным анализом движений. Данный проект был поддержан программой СТАРТ-1 в рамках Фонда содействия инновациям. Проект называется «НеФитнес со смартфоном», подчеркивая неспортивный характер применения для широкого круга пользователей [3].

В результате создано мобильное приложение с индивидуальным подбором восстановительных упражнений, которое в режиме реального времени отслеживает правильность и регулярность выполнения назначенного комплекса тренировок с помощью встроенных датчиков движения смартфона. Это базовый независимый компонент, который может работать автономно, что дает максимальную доступность для пользователя и упрощает его использование.

Остальные компоненты (гаджет и личный кабинет) расширяют сервис. Легкость крепления гаджета на требуемом суставе позволяет повысить удобство и точность измерения. Через онлайн-кабинет специалист по ЛФК или тренер может удаленно анализировать график выполнения упражнений и динамику процесса тренировок. Это полезно для здоровья людей, которым жизненно необходимо каждый день заниматься лечебной гимнастикой.

Система регистрирует всю жизнедеятельность в течение длительного промежутка времени, т.е. что именно человек делал весь день, сколько он был в движении, а сколько в покое. Ежедневно она отслеживает длительности периодов и правильности чередования режимов физической активности и отдыха. Система позволяет осуществить распознавание полученных данных по типу, а именно: сидит, лежит, стоит, ходит и т.д. Также она фиксирует падение сотрудника или состояние неподвижности.

Вся информация передается на web-сервер, где анализируется и результат представляется в виде гистограммы. По данным гистограммы с помощью специального программного комплекса можно определить основные параметры двигательной активности: частоту, скорость, амплитуду, периодический и хаотический характер движения тела человека, количество пройденных шагов и их качество, параметры походки [4].

Также система будет анализировать особенности походки, и при обнаружении малейших изменений, связанных с ухудшением и возможным развитием рецидива после травмы или операции опорно-двигательного аппарата, система предупредит о необходимости показаться врачу.

Система набирает не просто статистику малоинформативных данных, а анализирует полученную информацию о пользователе и его стиле жизни. Если пользователь ведет неправильный и малоподвижный образ жизни, система выдает индивидуальные рекомендации по коррекции такого стиля жизни. Эти рекомендации разрабатываются группой экспертов в области медицины и спорта и направлены на выполнение естественных упражнений.

Цель экспертной оценки заключается в выдаче рекомендаций на основе соотношений двигательной активности с физиологической информацией, такой как частота сердечного сокращения, насыщение крови кислородом и т.п., что позволит выявить некоторые заболевания на их ранней стадии. Система мотивирует пользователя к минимальным и сбалансированным нагрузкам (прогулки, гимнастика) и контролирует правильность их выполнения и интенсивность.

Для реализации задачи прототипирования виртуальной системы для визуализации обратной связи о выполнении упражнения была выбрана LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) – среда разработки программного обеспечения, представляющая хорошие возможности работы с цифровыми сигналами. Ее использование позволило уменьшить сроки проектирования и приступить к проверке работоспособности программного обеспечения в рамках календарного плана и сроков проекта.

Результат работы программы в виде экрана виртуальной системы показан на рисунке 1. Комплекс фигур белого цвета отображает движения ноги виртуального ассистента. Заданная (шаблонная) кривая движения показана в нижней правой части окна. Цветная фигура управляется по командам с датчика движения смартфона, т.е. повторяет движения пользователя.

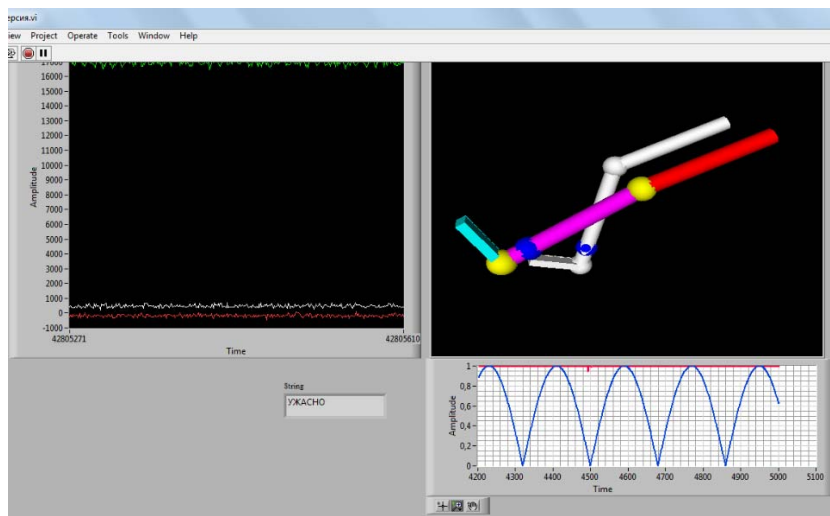


Рисунок 1 – Визуализация движений в режиме обратной связи и данных с датчика движения

Таким образом, быстрое прототипирование в среде Labview позволило в короткие сроки разработать действующий макет для апробации упражнений с обратной связью, где в качестве датчика выступает смартфон. Полученные результаты были интегрированы в прототип мобильного приложения и стали основой для разработки сценариев пользователя и пользовательского интерфейса приложения.

Список использованных источников

1. Федосеев А.В., Алпатов А.В., Ашапкина М.С., Чекушин А.А. Рекомендации по выполнению упражнений для суставов под контролем смартфона в режиме удалённого доступа // Материалы III Международного Конгресса «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. Спортивная медицина», 2017. – С. 129.
2. Ашапкина М.С., Алпатов А.В., Чекушин А.А. Применение метода флуктуационного анализа относительно тренда для сигнала двигательной активности человека // Международный научно-прикладной журнал «Биомедицинская радиоэлектроника». – Вып. 7. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2017. – С. 67-72.
3. НеФитнес [Электронный ресурс] URL: <https://vk.com/nefitnes> (дата обращения 25.10.2017).
4. M.S. Ashapkina, A.V. Alpatov. Fluctuation Analysis of Human Locomotor System// Proceedings 2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2017 – Including ECYPS 2017, Bar, Montenegro, 2017. – Pp. 231-233.

УДК 621.331.5

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Бахаев П.К.

Научный руководитель: Васильев Б.Ю., доцент, к.т.н.

Санкт-Петербургский горный университет

На сегодняшний день, для управления машинами горнотранспортного комплекса (ГТК) (карьерными экскаваторами и самосвалами) открытых горных работ используется операторный способ управления. Данный способ управления подразумевает использование ручного управления ГТК машинистами и операторами. Схема операторного способа управления представлена на рис. 1а. Основной недостаток данного способа заключается в значительном влия-

нии человеческого фактора на производительность и безопасность горных работ и может приводить к снижению их эффективности.

К перспективным способам автоматизации открытых горных работ можно отнести автоматический способ управления машинами ГТК и автоматизированный с дистанционным управлением самосвала. Схемы данных способов автоматизации приведены на рис. 1б и 1в, соответственно. Автоматический способ не требует присутствия человека в карьерном самосвале, следовательно, увеличивается безопасность. Однако возникает сложность постановки самосвала в удобную точку в зоне погрузки. Автоматизированный с дистанционным управлением самосвала способ подразумевает под собой переход карьерного самосвала под управление машиниста в зону погрузки для корректировки его положения. Следуя из этого, можно сделать выводы, что этот способ является наиболее безопасным и обладает наивысшей производительностью.

Передвижения карьерного самосвала осуществляется по маршруту благодаря инфракрасным датчикам и камерам, установленным на нем, и зеркальным маякам.

Преимущества и недостатки

1. Операторный способ:

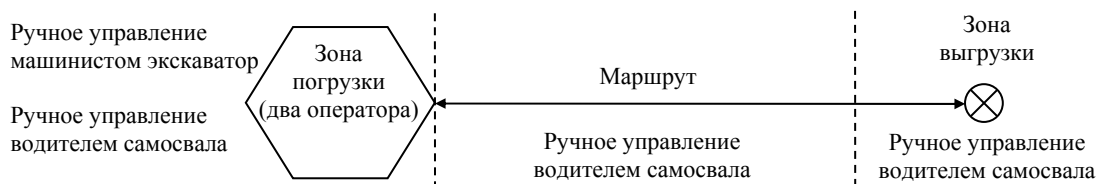
- менее безопасно;
- человеческий фактор;
- меньшая производительность;
- наличие кабины.

2. Автоматический способ:

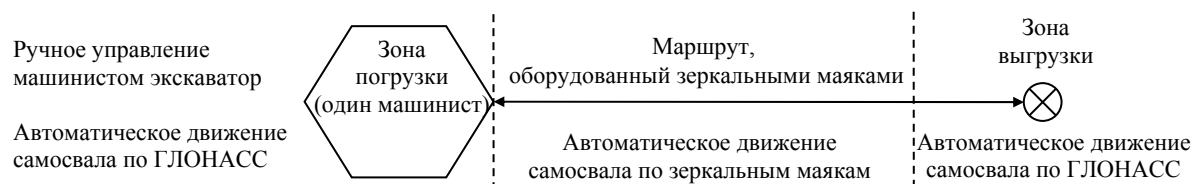
- сложная корректировка положения самосвала в зоне погрузки;
- производительность больше, чем у операторного способа.

3. Автоматизированный с дистанционным управлением самосвала способ:

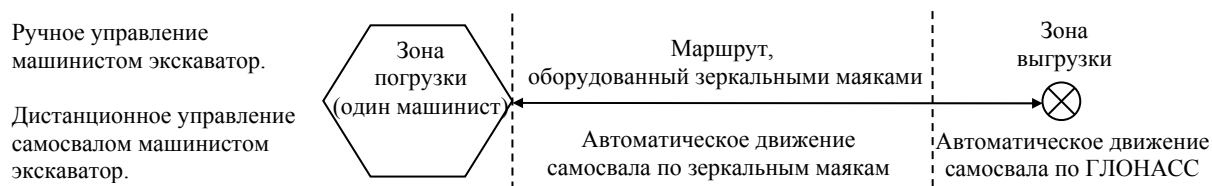
- наибольшая производительность;
- наивысшая безопасность;
- большой контроль движения самосвала.



а) операторный способ управления



б) автоматический способ управления



в) автоматизированный с дистанционным управлением самосвала

Рисунок 1 – Способы автоматизации горно-транспортного комплекса

Рассмотрим подробнее последний способ, и как осуществляется его движение на разных участках маршрута. Движение самосвала по маршруту осуществляется с помощью:

- зеркальных маяков;
- оптоволоконного гироскопа;
- камер;
- инфракрасных датчиков.

1. Зеркальные маяки нужны для соблюдения маршрута самосвалом, если инфракрасные датчики не зафиксируют отражатель, самосвал мгновенно остановится, для большей точности рекомендуется устанавливать зеркальные маяки каждые 150 м.

2. Оптоволоконный гироскоп также нужен для корректировки положения самосвала на маршруте/пространстве, чтобы самосвал не заехал на возвышенность и не перевернулся.

3. Камеры нужны для распознавания обнаружения и идентификации, т.е. создается «компьютерное зрение». Это нужно также для корректировки движения самосвала.

4. Два инфракрасных датчика нужны так же для корректировки маршрута. Один сканирует пространство в радиусе 15 м для внезапно появляющихся помех движению, другой в радиусе 150 м для корректировки скорости движения по маршруту.

Движение в зоне погрузки. В автоматическом способе самосвал занимает постоянную точку в зоне погрузки, занесенную в спутниковую систему. Для изменения этой точки нужно изменить и сам маршрут, что займет продолжительное время. Следовательно, снижается производительность, увеличивается время простоя машин ГТК.

В автоматизированном способе в зоне погрузки движение/местоположение самосвала определяется машинистом экскаватора, потому что экскаватор при погрузке ПИ перемещается по степени его выработки. В данном способе карьерный самосвал переходит под управление машиниста экскаватора. Машинист корректирует его местоположение для своего удобства, также запоминается последняя точка погрузки и уже следующий самосвал приедет на нее, пока сам машинист вновь ее не изменит.

Движение в зоне выгрузки. В зоне выгрузки самосвал следует уже заданному маршруту в навигационной системе, благодаря высокой точности навигационной системы самосвал пройдет уже заданный маршрут в зоне выгрузки без каких-либо отклонений.

Система ГЛОННАС следит за передвижением самосвала в течении всего времени и имеет возможность его корректировки на маршруте движения.

Навигационная система	Ошибка навигационных определений		
	по широте (м.)	по долготе (м.)	по высоте (м.)
ГЛОНАСС	6.2	6.7	14.7
GPS	5.9	5.7	14.9
EGNOS (GPS+ГЛОНАСС)	4.3	4.8	11.2

Встречное движение. Здесь возможно два варианта:

1. если самосвал движется в направлении к зоне выгрузки, то его маршрут будет смещен правее/левее относительно маршрута к зоне погрузки рис. 2а;

2. при встрече самосвалов, с помощью инфракрасных датчиков и системы ГЛОНАСС, они сместятся во избежание столкновения рис. 2б.

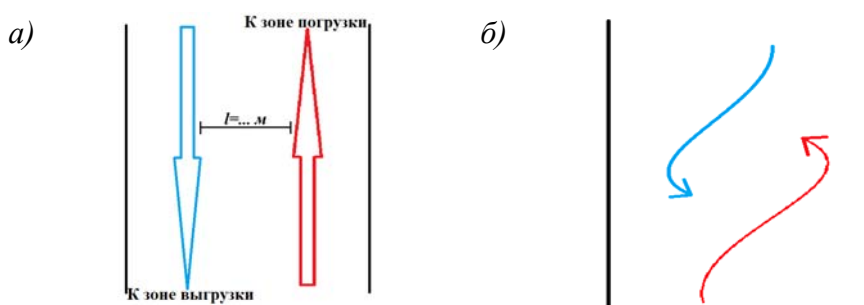


Рисунок 2 – Встречное движение

Система электродвижения самосвала. Для начала рассмотрим систему, которая устанавливается на карьерные самосвалы на сегодняшний день. Система электродвижения состоит из дизель-генератора, преобразователя частоты, мотор-колеса.

Вариант 1 представлен на рисунке 3, используется на сегодняшний день:

- синхронный генератор бесщёточный (СГ);
- двенадцатипульсный выпрямитель (ДВ);
- общий сглаживающий фильтр (СФ);
- два тормозных устройства (ТУ);
- два двухуровневых инвертора (АИ);
- два мотор колеса (состоят из асинхронного двигателя и редуктора).

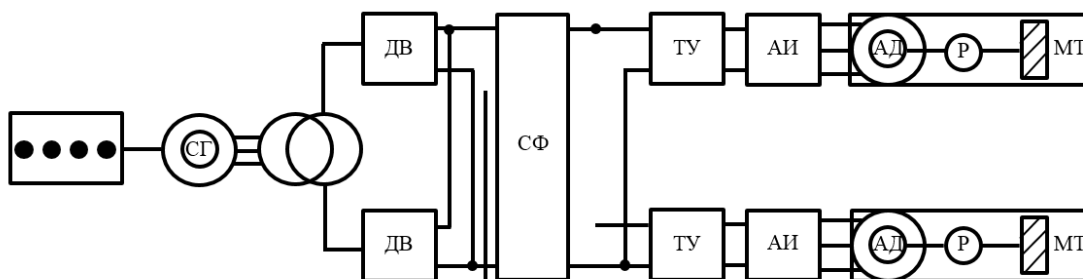


Рисунок 3 – Схема системы электродвижения самосвала (стандартная)

Вариант 2 представлен на рисунке 4, является перспективным:

- асинхронный генератор (АГ);
- трехуровневый активный выпрямитель (АВ);
- общий сглаживающий фильтр (СФ);
- четыре тормозных устройства (ТУ);
- четыре двухуровневых инвертора (АИ);
- четыре мотор колеса (МТ).

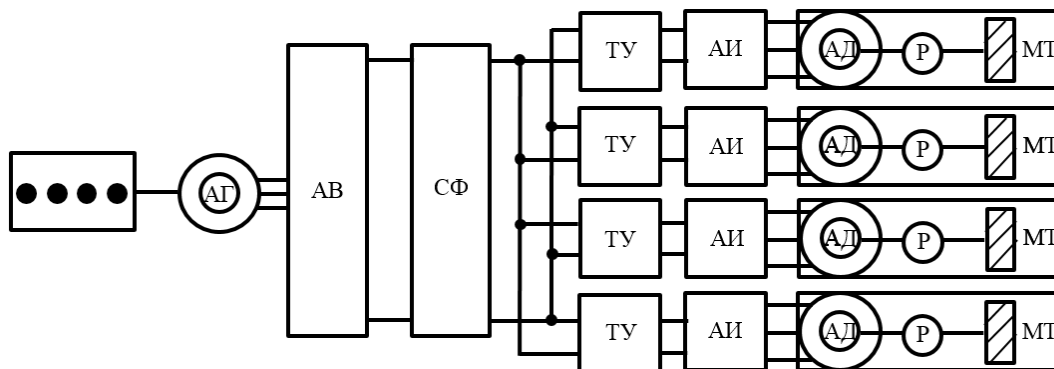
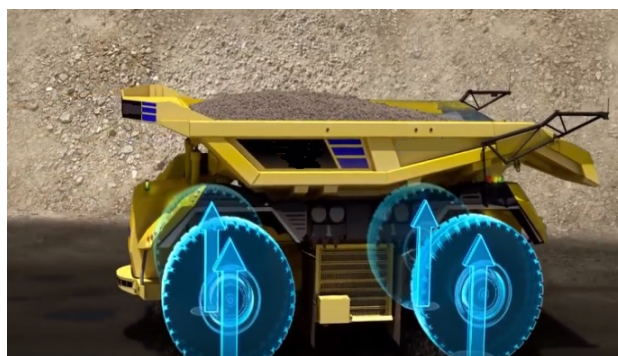


Рисунок 4 – Схема системы электродвижения самосвала (перспективная)

Сравним эти два варианта:

1. В первом варианте два мотор колеса, а во втором четыре. Плюсы четырех мотор колес заключаются в том, что карьерному самосвалу не придется разворачиваться в зоне погрузки/выгрузки, скорость движения 65 км/ч в обе стороны, улучшенное сцепление с грунтом, большая проходимость.

2. Синхронные генераторы менее точны, не имеют высокий КПД. Асинхронные генераторы обеспечивают поддержание напряжения в сети с высокой точностью, асинхронный генератор является значительно более простым устройством, по сравнению с синхронными аналогами. К основным преимуществам асинхронных генераторов можно отнести низкий коэффициент гармоник (клирфактор), являющийся одним из показателей неравномерности вращения и, как следствие, бесполезного нагрева мотора. Так, в частности, если у синхронных генераторов клирфактор может достигать 15%, то у асинхронных аналогов данный показатель очень редко превышает 2%. Помимо этого, данные решения практически не имеют вращающихся обмоток и электронных деталей, которые, как правило, всегда первыми выходят из строя. Благодаря этому асинхронные генераторы отличаются высокой надежностью и длительным сроком службы.



3. Проблемы диодных выпрямителей:

- потребление несинусоидальных напряжений и токов;
- потребление с низким коэффициентом мощности;
- односторонняя проводимость выпрямителя (невозможность рекуперации).

Для решения данных проблем в ПЧ используются активные выпрямители, они обеспечивают следующие функции:

- потребление синусоидальных токов и напряжений;
- регулировка коэффициента мощности ЭД;
- рекуперация;
- регулировка напряжения в шине постоянного тока ПЧ.

УДК 72.01

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК САНКТ-ПЕТЕРБУРГА КАК БЛАГОТВОРНАЯ СРЕДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Боева А.А., Пишайнен В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет

***Аннотация.** Целью настоящей работы является рассмотрение эстетических факторов, влияющих на формирование потребностей человека в образовании и научной деятельности. В качестве*

объекта исследования выбран город Санкт-Петербург, как центра образования и науки. Выявлена прямая зависимость эстетического восприятия города и стремления работать и учиться в нём. Для поддержания высокого уровня и дальнейшего развития системы науки и образования Санкт-Петербурга, а также для привлечения в город ведущих учёных, крайне важно поддерживать и сохранять исторические традиции «северной столицы», в том числе средствами художественной архитектуры.

Ключевые слова: архитектура, архитектурные стили, образование, наука.

Сегодня уровень развития науки и образования имеют определяющее значение для роли государства в современном мироустройстве. Наука – это ключ к будущему, образование – познание настоящего и прошлого. Ни без того, ни без другого человечество не представляет своего существования. Поэтому, чтобы изучать прошлое и настоящее, а в последствии открывать новые границы будущего, необходимы условия, при которых стремление к развитию будет особенно плодотворным и комфортным. На деятельность человека и ее производительность влияет множество факторов. Некоторые, из них очевидны, а некоторые остаются для нас незримыми. Однако, невидимые факторы для сознания не остаются таковыми для подсознания. *Шум – тишина, свет – темнота, стужа – зной* и т.п. – все это внешние факторы, влияющие на нашу деятельность. Но существуют и такие, как *темп жизни, атмосфера города, его архитектура и стилистика*, т.е. можно сказать скрытые, оказывающие не меньшее влияние, чем внешние. Именно на них и обращено внимание в данной работе.

А почему, собственно, они отнесены к скрытым и, казалось бы, малозначимыми? Вероятно, многие думают, что они не оказывают на человека прямого физического воздействия. Но это далеко не так! Обратимся к сфере эстетического восприятия. Очевидно, что некомфортно работать в городе, где архитектура «потрепанная» и нет общей стилистики, где всё в разной и нет никакой гармонии. Восприятие окружающего и готовность активно действовать напрямую зависят от того, где человек находится и что вокруг него происходит.

Архитектура – это искусство и наука строить, проектировать здания и сооружения [1]. Архитектура – это то, что человек созерцает каждый день и имеет постоянный с ней контакт. Архитектурные работы являются не только средством для удовлетворения таких физических потребностей как «крыша над головой», но и воспитывают эстетическое восприятие окружающего мира. Многие сооружения в этой области являются настоящими произведениями искусства, и имена авторов по сей день известны на весь мир. Среди них такие как Растрелли, Росси, Трезини и многие другие.

Архитектура, как и любой вид искусства с течением времени претерпевает изменения. С годами появляются новые формы и способы их выражения. И если в XVII – XVIII веках преобладали и успешно сочетались такие стили, как классицизм, барокко и рококо, то уже начиная с XX века, в городской архитектуре всё более стал себя проявлять модерн, а вскоре, и постмодерн [2]. С этого периода всё более ощутимым становится понимание того, что помимо великих архитекторов, которые превращали города в культурное наследие, есть и те, которые нарушали и портят до настоящего времени их облик и внешний вид. Многие города, и не только в России, лишены общего композиционного решения, что делает их «неудобными» и «не комфортными» для творческого труда и проживания. Архитектура таких городов, как бы давит на творческую личность и вызывает желание уехать.

Санкт-Петербург в этом смысле является исключением (рис. 1), хотя и его облик со времён основания и столичного рассвета значительно преобразился. Что, к счастью, в меньшей степени коснулось его исторического центра. Поэтому до настоящего времени Санкт-Петербург, благодаря своей эстетической привлекательности и традициям, является точкой притяжения творческого потенциала со всей страны. И действительно, город помимо своей пусть и не длительной, но богатой истории, является культурным достоянием России. Со всех уголков страны многие хотят, если не переехать, то хотя бы раз побывать в нём.

Архитектура Санкт-Петербурга – уникальна! Петр I, объездив многие города Европы, возжелал воплотить всё лучшее в северной столице. Он приглашал архитекторов той эпохи

из Франции, Англии, Швейцарии, Германии и других европейских стран. Но помимо строительства уникальных сооружений, которые воспитывают эстетические чувства горожан, Петр I привез из Европы и европейский стиль жизни. Сделал обязательным получение образования дворянскому сословию. Даже был издан специальный указ, запрещающий жениться, пока молодые люди не пройдут курс наук и не овладеют грамотой [3]. Последующие императоры, поддержали идею Петра и начали постепенно делать обязательным образование и для других сословий. Именно поэтому Санкт-Петербург является не только уникальным городом по своей красоте, но и своего рода образовательным центром. И действительно, с момента основания Петербурга, было построено большое количество образовательных учреждений, занимающихся посвящением в науки прошлого и настоящего и научных центров, занимающихся изучением будущего. И можно с уверенностью утверждать, что приезжая в город, у человека появляется желание работать, учиться и творить. Кто-то думает, что это из-за внешних факторов? Отнюдь! Петербург не является самым тихим и светлым городом в России. Тогда почему сюда съезжаются многие молодые люди со всех уголков страны? Думается, ответ прост. Город притягивает к себе своей архитектурой и стилем жизни, атмосферой творческого поиска, который заложил в него Петр I. Старинная архитектура побуждает желание ее изучать, находить способы к сохранению. И желание познавать возникает не только по отношению к искусству. То есть, внешний облик города и его стиль существенно влияет на уклад жизни, во всех его аспектах.

В XXI веке искусство архитектуры и градостроительства претерпевают значительные изменения. А уместны ли эти изменения в Петербурге? Ведь город уникален своими сооружениями именно «старого» характера и люди съезжаются сюда, чтобы посмотреть и впитать атмосферу именно того Санкт-Петербурга, который был заложен Петром изначально. Многие архитекторы, стремясь внедрить новое, забывают про общий стиль города и таким образом создают сооружения, явно выбивающиеся из местного колорита (рис. 2). Хорошо ли это? Нет. Город уникален и производить застройки современного типа в исторической его части, есть ни что иное как оскорбление архитекторов того времени. Да, может здания в стиле модерн и постмодерн более функциональны и комфортабельны, нежели здания, выполненные в стиле барокко, рококо или классицизм, но есть то, что называется духом города. Если смешение «старого» и «нового» выглядит, как «кляксы» на законченной картине, то на подсознательном уровне снижается желание обучаться и трудиться [4]. Конечно нельзя исключать возможность строительства «новых» сооружений, но они непременно должны вписываться в общий вид города, и не нарушить тот стиль, который был заложен изначально.



Рисунок 1 – Неповторимый облик Санкт-Петербурга



Рисунок 2 – Здания жилого комплекса «Финансист» и Товарно-фондовой биржи на Васильевском острове

То есть проблема нашего времени в том, что люди одержимые желанием внедрять «новое», совсем забывают о том, что именно «старое» побуждает их к этому. Ведь когда возникает желание и потребность совершенствоваться, в основном руководствуются не тем, чтобы уничтожить «старое», а тем, что именно то самое «старое» выступает в качестве «му-

зы» и побуждает к образованию и развитию. Тогда почему сегодня современные «архитекторы» зачастую пытаются разрушить то, что побуждало ранее желание и учиться, и изучать, и творить? Думается, они полагают, что «старое» уже не настолько функциональное, как «новое». Хотя именно «старое» мотивирует их самих развиваться и совершенствоваться. Тогда, может, есть смысл поддерживать тот стиль города, который был заложен изначально, для будущего поколения? Смысл определенно есть. Ведь, сохраняя архитектуру, мы передаем последователям дух «старого» Петербурга, а вместе с этим желание учиться и развиваться. Недаром Санкт-Петербург, начиная с момента его зарождения, носит статус культурной столицы России. Статус образовательного города, города молодых ученых. А если задуматься, то все что окружает в нем, все содействует тому, что бы люди развивались и учились. Город и его стиль побуждают к этому. Именно «старый» стиль. Потому что, гуляя по «старому» городу, начинаешь испытывать внутренний подъем, задумываться над общими проблемами, искать решения этих проблем, возникает желание учиться, и мы начинаем искать места, где эти знания можно получить. Недаром Санкт-Петербург насчитывает огромное количество университетов, колледжей и лицеев. Все это показатель того, что город является благотворной средой для развития науки и образования.

Всё вышеперечисленное приводит к выводу, что Санкт-Петербург – это особый город, побуждающий своей архитектурой, стилистикой, темпом жизни, и творческой атмосферой к развитию личности. Побуждает он не благоприятным климатом или погодными условиями, а своим особенным сущностным колоритом. Именно поэтому важнейшей задачей современников является сохранение исторического духа Санкт-Петербурга и передача его будущему поколению в первозданном виде, чтобы для них всегда оставалась мотивация поднимать завету «прошлого» и открывать новые горизонты «будущего».

Список использованных источников

1. Иконников А.В. Большая Советская Энциклопедия [Текст] / А.В. Иконников; гл. ред. А.М. Прохоров – 3-е изд. – М.: Советская Энциклопедия, 1970. – С. 296-302.
2. Citywalls.ru [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург, 2007-2018. – Режим доступа: http://www.citywalls.ru/select_archstyle.html
3. Профкомпетентность учителя [Электронный ресурс]: методическая работа учителя. – Электрон. текстовые дан. – 2012-2018. – Режим доступа: <http://profmetodist.ru/25-obrazovanie-kak-sferagosudarstvennoy-politiki-v-period-petrovskih-reform.html>
4. ЗакС.ру [Электронный ресурс]: политическая жизнь Северо-Запада, 2002-2018. – Режим доступа: <https://www.zaks.ru/new/archive/view/47026>

УДК 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ

*Булдыско А.Д., Жуковский Ю.Л.
Санкт-Петербургский горный университет*

Цель работы. В данной работе рассматривается роль информационных технологий, таких как «цифровой двойник» и «цифровая тень» в промышленности с целью применения их для управления жизненным циклом промышленного оборудования.

Введение. На сегодняшний день задачу повышения производительности сменил фокус на повышение эффективности производства, одним из направлений повышения эффективности является грамотная организация технического обслуживания и ремонта (ТОиР) оборудования [1], и важность создания продуктов и услуг в этой области особенно подчеркивается в указе президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития РФ».

Техническое обслуживание представляет собой комплекс операций по поддержанию работоспособного состояния оборудования и снижению уровня изнашивания изделия. В нефтегазовой и горнодобывающей отраслях для обнаружения дефектов оборудования используются консервативные методы технического обслуживания:

- по времени (межремонтный цикл задан как календарный промежуток; слабо коррелирует с фактическим состоянием ЭМО);
- по наработке (машино-часы, объем продукции, пробег и т.д.);
- по состоянию (очередной ремонт необходим при достижении определенных параметров).

Традиционные методы ТОиР [2], связанные с остановкой процесса, влекут за собой серьезные затраты. Еще больший ущерб наносят аварийные ситуации, связанные с износом оборудования [3]; процент изношенности оборудования в отрасли добычи полезных ископаемых на сегодняшний день составляет 57% [4]. Приведенные минусы, а также стратегия НТИ «Энерджинет» обуславливают переход к диагностике оборудования по фактическому состоянию.

Техническая диагностика электрооборудования в горной или нефтегазовой промышленности носит особый характер; сложность обеспечена спецификой исполнения и режимов работы, а также в ряде случаев отсутствием непосредственного доступа к диагностируемому объекту. Анализ технических и технологических условий возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации технологического оборудования добывающих предприятий показывает, что при разработке основ обеспечения безопасной эксплуатации необходимо учитывать не только техническое состояние, но и нестационарность условий эксплуатации технологического оборудования и эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов [5].

Поэтому необходимо обеспечить надежность диагностики и оценки текущего состояния и остаточного ресурса, что позволит перевести ТОиР в обслуживание по фактическому состоянию. Кроме того, помимо применения систем контроля и защиты, внедрять системы прогнозирования и оценки остаточного ресурса в реальном времени.

Сегодня существуют различные системы, упрощающие обслуживание электромеханического оборудования, также внедряются современные технологические комплексы и системы с высокой степенью автоматизации, так как ERP, EAM, RCM-анализ [6]. В таких системах осуществляется сбор и хранение данных о работе ЭМО в специальной диагностической базе данных. Примером таких систем являются:

- центр прогнозистики и удаленного мониторинга на основе программного продукта «ПРАНА» предназначенного для энергоблоков электростанций [7];
- центр дистанционной диагностики ветроэнергетических установок компании Siemens;
- программно-аналитический комплекс Avantis PRiSM компании Schneider Electric предназначенный для прогнозирования состояния оборудования;
- система интеллектуального контроля состояния машинного оборудования Smart Machinery Health Management компании Emerson;
- Industrial Performance & Reliability Center компании General Electric осуществляющий удаленный мониторинг более четырех тысяч единиц оборудования.

Система обычно обладает функционалом расчётов косвенных параметров на основании данных технологических процессов, состояния ЭМО, диагностики и прочей информации, сохраняемой внутри базы данных. Появляется недостаток локализации информации о работе оборудования и причинах возникновения дефектов. Решением может стать глобализация данных, которая возможна лишь с переходом на новую структурную схему системы сбора и анализа информации для диагностики и оценки остаточного ресурса.

Единая глобальная информационная система – это, система способная к самообучению и адаптации к изменениям различных условий. То есть, система в целом и ее составляющие в частности могут функционировать в различных условиях, агрегировать данные различных частных баз данных, производить и собирать специальные знания в течении жизненного цикла электромеханического оборудования. Появление мощных аналитических инструментов, позволяющих оперировать накопленными данными в режиме, близком к реальному времени, открывает новые возможности в области построения систем ТОиР и управления загрузкой оборудования [8] (рис. 1).

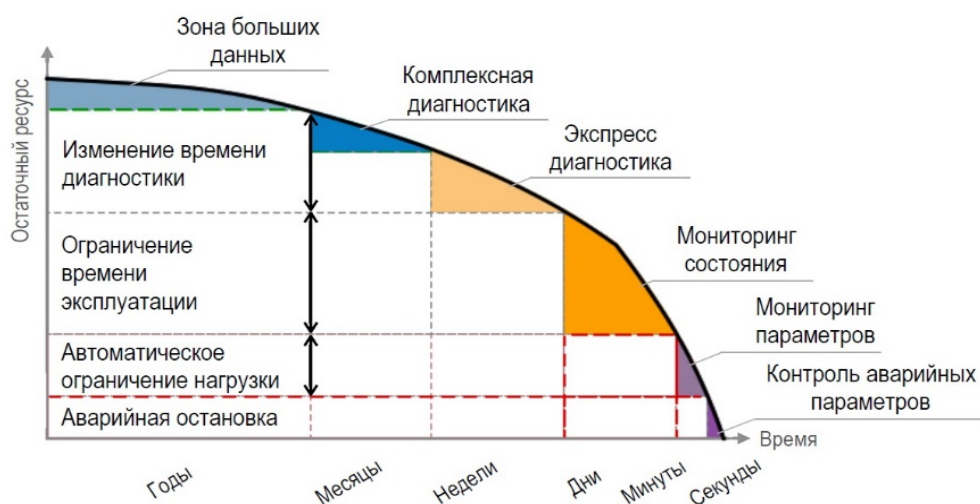


Рисунок 1 – Управление остаточным ресурсом электромеханического оборудования на основе IIoT (Industrial Internet of Things)

На основе исследования данных методов был разработан метод комплексной диагностики позволяющий реализовать прогнозное техническое обслуживание ЭМО, частью которого стали технологии «цифровых двойников» и «цифровых теней» – они позволяют вывести диагностику и мониторинг на новый уровень. Алгоритм программного сервиса SaaS (Software-as-a-Service) представлен на рисунке 2.

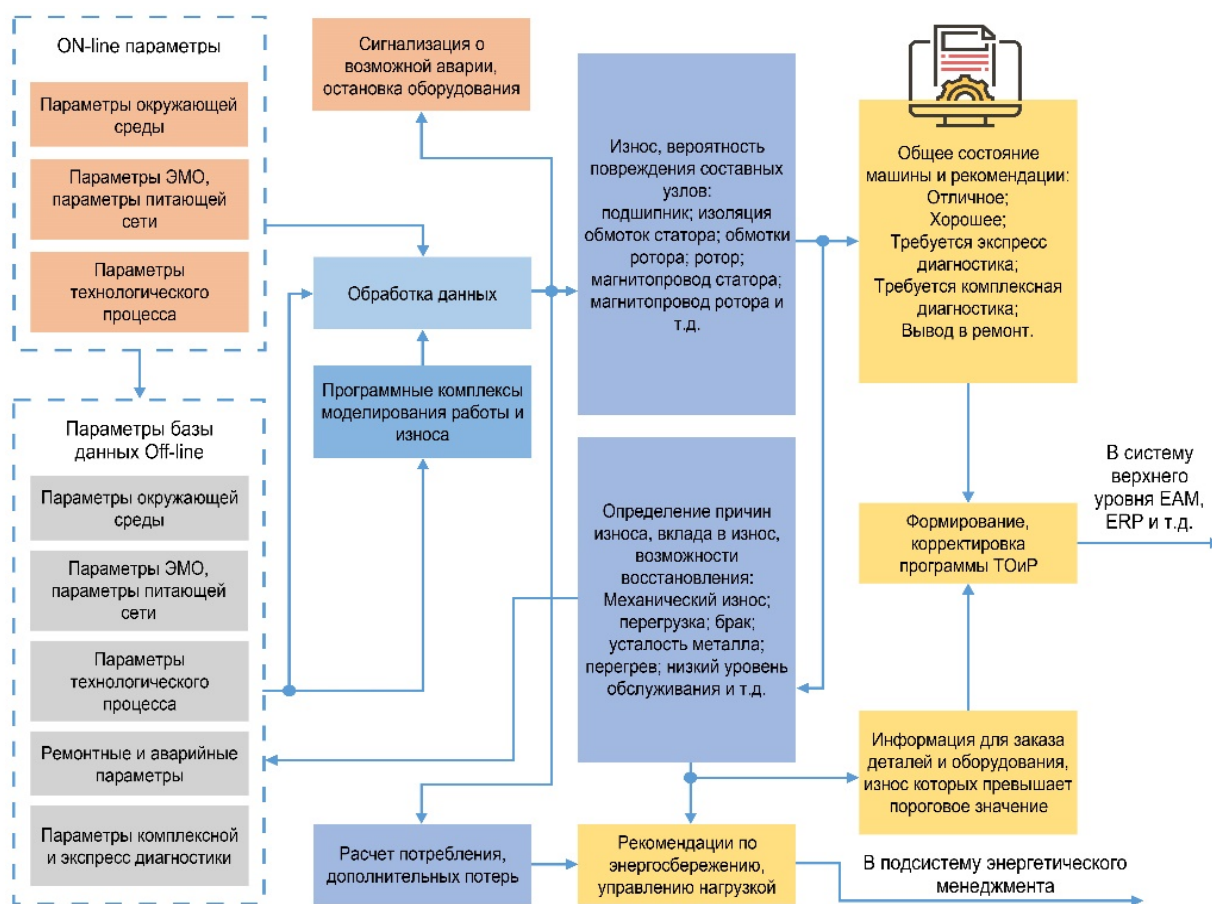


Рисунок 2 – Алгоритм программного сервиса SaaS для управления жизненным циклом электромеханического электрооборудования с блоком моделирования

Результаты. Выработаны рекомендации по созданию интегрированной информационно аналитической системы (ИИАС), ориентированной на исследования процессов, свя-

занных с износом электромеханического оборудования и прогнозом его старения на основе диагностических параметров, а также условий эксплуатации оборудования, и нестационарности эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов [1].

Программный сервис подразумевает формирование отчета об износе отдельных узлов ЭМО и о вероятности выхода их из строя, выявление причин возникновения дефектов, а также рекомендации по управлению нагрузкой и заказе запасных частей, износ которых превышает пороговое значение. Имея полную информацию о выявленных дефектах и о возможном влиянии каждого из них на остаточный ресурс, система определяет объём восстановительных работ, необходимого для доведения ресурса ЭМО до требуемого уровня. Располагая знанием о причинах возникновения каждого дефекта и факторах, влияющих на его развитие, можно путём влияния на причины и факторы приостановить или замедлить развитие наиболее критичных дефектов, сберегая, таким образом, ресурс работоспособности.

Отдельный блок комплекса посвящен моделированию работы системы, осуществляемое технологией «цифровой двойник» (digital twin).

Цифровой двойник – это образ конкретного изделия. Он содержит цифровую модель изделия, спецификацию материалов, руководства и данные по обслуживанию изделия, информацию о поведении изделия в различных условиях.

Цифровое представление становится точной копией физического оборудования, проходя через все этапы его жизненного цикла, отображая реальные процессы и рабочее состояние своего физического двойника. Технология позволяет заранее идентифицировать и проработать нештатные ситуации, автоматизированно подобрать оптимальный режим работы не только изделия, но и всего комплекса, как это было реализовано на одном из дочерних предприятий «Газпрома» [9].

Помимо отображения состояния объекта, также необходимо получение динамических данных в режиме реального времени, что является наиболее сложной и трудоёмкой задачей в управлении электрооборудованием. В комплексе цифрового двойника данную проблему решает «цифровая тень» (digital shadow) – она отображает динамические объекты физического пространства. Таким образом, мы получаем набор гибридных цифровых моделей, способных к самообучению на основе динамически меняющейся информации, даже в случае изменения конфигурации системы [10]. Подобное моделирование позволит установить соответствие между физическим и информационным пространством (рис. 3).

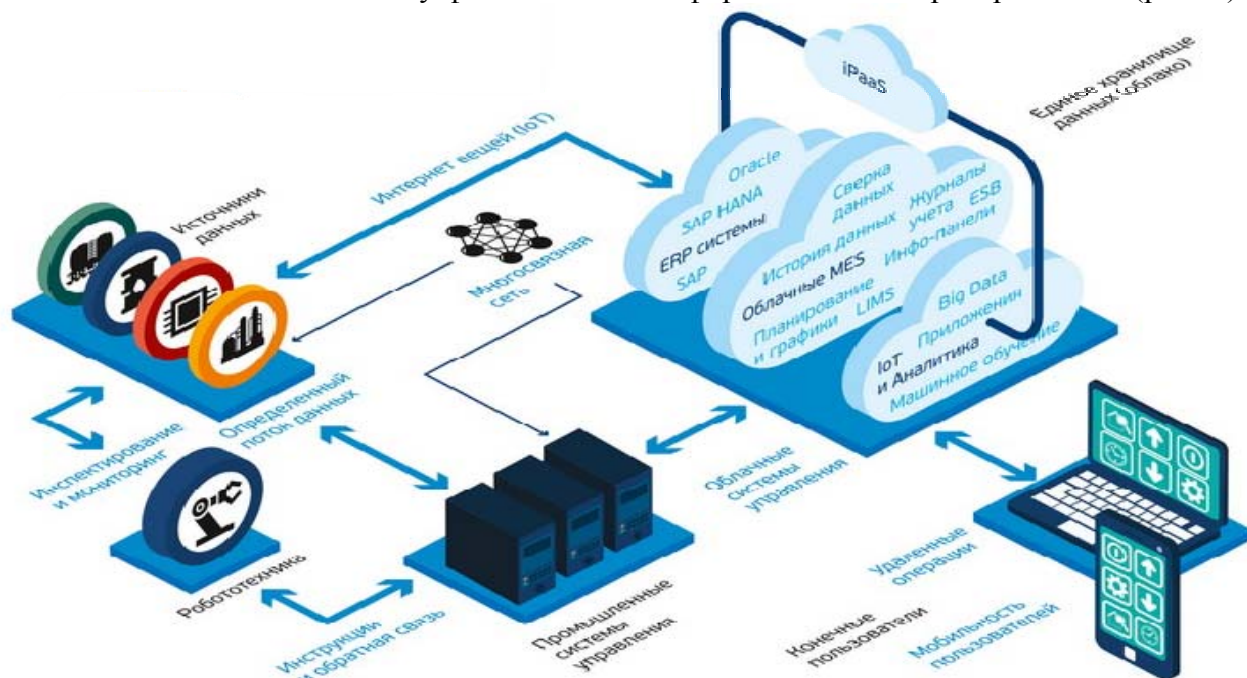


Рисунок 3 – Будущая архитектура автоматизации

Вывод. Таким образом, сформирован подход к созданию системы диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования с применением технологии цифрового двойника. Приведенный комплекс решает проблемы ТОиР в горнодобывающей и нефтегазовой отраслях, а также отвечает требованиям концепции «Индустрия 4.0». На сегодняшний день реализация технологии цифрового двойника возможна с помощью программных комплексов семейства ANSYS, что становится вектором практического развития исследования.

Список использованных источников

1. Жуковский Ю.Л., Котелева Н.И. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы. // Промышленная энергетика. – 2017. – № 7. – С. 14-20.
2. Жуковский Ю.Л., Королёв Н.А., Бабанова И.С. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем. // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2017. – № 6 (133). – С. 20-25.
3. Козярук А. Е., Жуковский Ю. Л. Система обслуживания электромеханического оборудования машин и механизмов по фактическому состоянию // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2014. – № 10. – С. 8-14.
4. Федеральная служба государственной статистики / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
5. Козярук А.Е. Энергоэффективные электромеханические комплексы горнодобывающих и транспортных машин. // Записки Горного института. – СПб. – 2015. – № 218. – С. 261-269.
6. Манчулов Е.М. Современные системы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования для горнодобывающей отрасли. // Научно-информационный издательский центр «Недра-XXI». – М. – 2013. – № 2. – С. 44-48.
7. Индустриальное IoT решение для диагностики и прогноза состояния промышленного оборудования / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prana-system.ru/>
8. Zhukovskiy, Y., Koteleva, N. Automated system for definition of life-cycle resources of electromechanical equipment. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – №177 (1).
9. Зорина С.В. Заоблачные дали: цифровой нефтеперерабатывающий завод будущего. – Сибирская нефть. 2016. № 6/133. – С. 10-16.
10. Цифровой двойник: недостающее звено [Электронный ресурс] – Материалы конференции «Внедрение Интернета вещей как производственной практики современного предприятия».

УДК 6293.542.5

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА

Васенков Е.В., Молодин В.В.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Введение. Актуальной проблемой применения полистиролбетона является неравномерность распределения гранул заполнителя – полистирола вспененного гранулированного (ПВГ). Это происходит вследствие флотации ранее вспененных гранул в процессе перемешивания и при виброобработке. Поверхность представляет собой склеенные цементом гранулы пенополистирола. Это приводит к неоднородности материала по прочности и теплопроводности. Неоднократно предпринимались попытки достичь однородности распределения пенополистирольных гранул по массе растворной составляющей [1,2,3], однако введение различных комплексных добавок и повышение жесткости смеси снижало технологические свойства исходного материала, вызывая увеличение трудоёмкости, стоимости и продолжительности производственного процесса.

На основе технологии предварительного разогрева бетонной смеси [4] предложена одностадийная технология изготовления пенополистирольных изделий и конструкций. Суть способа заключается в том, что гранулированный (бисерный), невспененный полистирол, имеющий плотность 1050 кг/м³, при перемешивании с растворной составляющей, имеющей

тот же порядок плотности - $1800 \div 1900 \text{ кг/м}^3$, равномерно распределяется по объёму смеси. При прохождении электрического тока между погруженными в смесь электродами происходит её быстрый и равномерный нагрев. По достижении температуры $95-105^\circ\text{C}$ гранулы бисерного полистирола вспениваются, увеличиваясь в объёме, и формируют однородные по плотности, прочности и показателям теплопроводности конструкции или изделия с гарантированной точностью геометрических размеров.

Предложенная технология одностадийного полистиролбетона предполагает использование бисерного полистирола, который получают в результате суспензионной полимеризации мономера стирола в водной среде. Данная технология обеспечивает искомые свойства материала: равномерную плотность, теплопроводность и геометрические размеры.

Методика проведения эксперимента. В лаборатории кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин) были проведены серии пробных испытаний предложенной и традиционной технологий. С этой целью были спроектированы и изготовлены две полупромышленные установки для приготовления полистиролбетонных блоков по одностадийной технологии. Ввиду технологических преимуществ была принята форма с размерами в плане $200 \times 100 \text{ мм}$ (рис. 1).

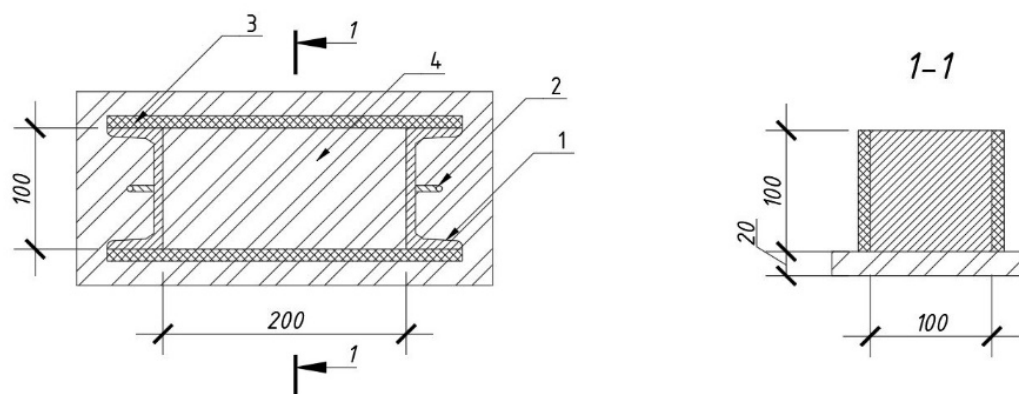


Рисунок 1 – Полупроизводственная установка для изготовления полистиролбетонных блоков по одностадийной технологии: 1 – электроды (швеллеры 10У), 2 – токосъемники, 3 – текстолит 10 мм, 4 – текстолит 20 мм

Экспериментально было подобрано оптимальное напряжение и время прогрева образцов. От прогрева напряжением 380В было принято решение отказаться ввиду резкого подъема силы тока, а также прохождения тока через паровоздушную среду, что вызывало угрозу производству работ. От прогрева напряжениями ниже 220В также отказались, ввиду низкой скорости подъема температуры и недостаточного вспенивания гранул ПНГ. Также экспериментально были подобраны оптимальные пропорции бисерного полистирола, поскольку в нормативной литературе нет рекомендаций по применению ПНГ.

Между электродами укладывали исходную смесь с бисерным полистиролом в качестве заполнителя и формы закрывались крышкой. Сразу, после укладки смеси и ее уплотнения штыкованием, на электроды подавался электрический ток промышленной частоты. Электродоразогрев смеси продолжался $10 \div 12$ минут. За это время исходная смесь нагревалась и бисерный полистирол вспучивался. Были составлены графики зависимости подъема силы тока и температуры. В начальный момент времени температура раствора составляет 20°C . По ходу эксперимента температура смеси повышается пропорционально подъему силы тока, при постоянном напряжении 220В. Через 2 минуты температура была равна 28°C и начала выделяться вода. Через 4-5 минут при $t=75^\circ\text{C}$ интенсивность выделения воды повышается до перехода в паровоздушную смесь с выделением пузырьков. Начинается кипение воды. На 6 минуте обнаружилось, что при данном напряжении ток не растет. Можно заметить, что максимальное значение температуры наблюдалось на 6-7 минуте в центре образцов и составляло

около 100°C. По характеру удаления воды из формы, был сделан вывод, что вода перемещается от центра образца к граням, являющимися электродами, а затем вдоль них во все стороны. Оплавления вспученного полистирола не происходило, так как влажность цементного теста остается достаточной.

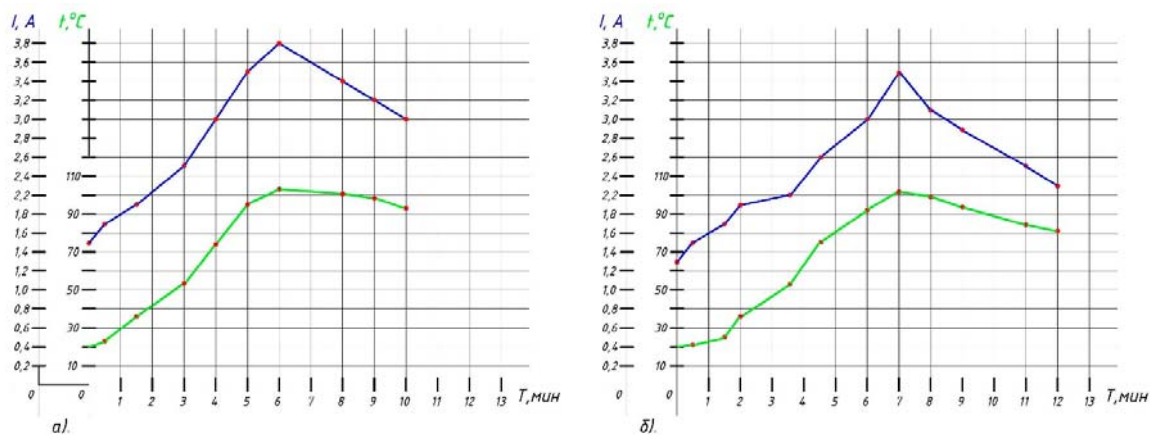


Рисунок 2 – Графики зависимости силы тока и температуры от времени при прогреве током 220 В составов с различным содержанием ПНГ: а) 17,5 кг/м³ ПНГ; б) 22,5 кг/м³ ПНГ

Обсуждение результатов эксперимента. После выдерживания в течении 24 часов при температуре +20°C, образцы вынимались из формы.



Рисунок 3 – Образец после прогрева 380 В

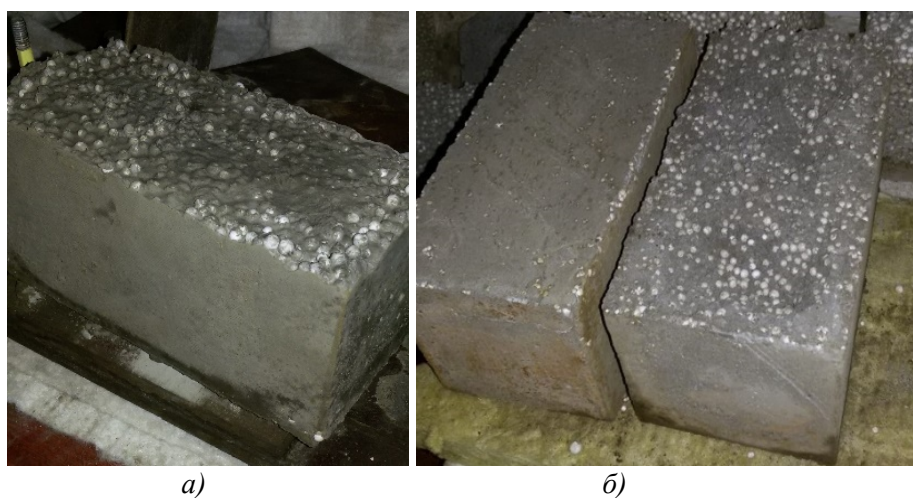


Рисунок 4 – Полученные образцы полистиролбетонных блоков:
а) традиционная технология; б) одностадийная технология.

Пылесосом с поверхностей разреза удалялась пыль и производилась послойная оценка равномерности распределения полистирольных гранул. Оценка выполнялась визуально и при помощи блескомера ФБ-2 по белизне поверхности сравнительным способом.

Исследования однородности с использованием блескомера показали, что степень черноты вертикальных срезов образцов, изготовленных по одностадийной технологии соответствует требованиям строительства. У образцов, выполненных по стандартной технологии даже визуально можно заметить седиментацию растворной части и флотацию гранул, что удалось избежать при введении ПНГ из-за самоуплотнения гранул полистирола в закрытой форме.

Решение проблемы. Результаты экспериментального исследования позволили доказать положительное влияние применения бисерного полистирола и электроразогрева.

В существующей на сегодняшний день производственной практике известен альтернативный и неэффективный способ изготовления полистиролбетонных изделий. Это традиционный метод, заключающийся в предварительном перемешивании гранулированного полистирола с органической добавкой (смола древесная) с последующим смешением с цементом и водой. Недостатками вышеизложенного метода производства полистиролбетонных изделий являются: низкая производительность, высокая трудоемкость, негарантированность точности геометрических параметров изделий, отсутствие полной экологической защиты и утилизации отходов производства.

В отличие от стандартной технологии, разработанное решение позволяет полностью решить проблему флотации гранул вспененного полистирола. Это позволяет формировать однородные по плотности, прочности и показателям теплопроводности конструкции. Преимуществом является возможность получать конструкции с качественными геометрическими характеристиками за счет самоуплотнения раствора в закрытых формах.

Потенциальными потребителями являются строительные компании и частные застройщики. Ежегодный объем рынка конструкционно-теплоизоляционных материалов РФ 49,5 млн м³. Распространение будет проходить в виде технологических регламентов и полу-производственных установок для производства полистиролбетонных блоков различной прочности и теплопроводности. Стоит отметить, что на данное технологическое решение была подана заявка на патент (рег. №2018113361 от 12.04.2018).

Выводы. Результаты экспериментального исследования позволили доказать положительное влияние применения бисерного полистирола и электроразогрева.

Разработанное техническое решение позволяет получать конструкционно-теплоизоляционные материалы с возможностью изменения их свойств и с возможностью их изготовления на площадке строительства в отличие от стандартного решения.

Список использованных источников

1. Пат. 2230717Российская Федерация, МПК C04B 38/08 C04B 38/10. Конструкционно-теплоизоляционный экологически чистый полистиролбетон, способ изготовления из него изделий и способ возведения из них теплоэффективных ограждающих конструкций зданий по системе "ЮНИКОН" / В.А. Рахманов, В.Г. Довжик, В.И. Мелихов, А.И. Козловский, Г.Я. Амханицкий, Ю.В. Росляк, А.И. Воронин, С.К. Казарин, В.В. Карпенко; заявитель и патентообладатель ОАО Технологический институт «ВНИИЖелезобетон» – №20021297773/03; заявл. 10.11.2002; опубл. 20.06.2004, Бюл. №17.
2. Пат. 2090532 Российская Федерация, МПК C04B 28/04 C04B 28/04 C04B 24/04 C04B 16/08. Способ приготовления полистиролбетонной смеси / А.И. Козловский, В.А. Рахманов, Д.Ф. Толорая, В.Н. Россковский, Р.А. Козловский; заявитель и патентообладатель Всероссийский федеральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский технологический институт строительной индустрии «ВНИИЖелезобетон» – №93050896/04; заявл. 11.11.1993; опубл. 20.09.1997.
3. Пат. 2103241 Российская Федерация, МПК C04B 38/08 E04C 1/40. Способ приготовления полистиролбетонной смеси / В.С. Вольфовский, А.В. Вольфовский, Ю.А. Иванов; заявитель и патентообладатель Вольфовский Виталий Семенович – №96116358/03; заявл. 08.08.1996; опубл. 27.01.1998.
4. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования в 2 ч.: учебное пособие для вузов / Б. М. Красновский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 231 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАСШИРИТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЛЕДНИКОВОГО ОЗЕРА НА СТАНЦИИ «ВОСТОК»

*Васильев Д.А., Васильев Н.И., д.т.н.
Санкт-Петербургский горный университет*

Введение. В середине девяностых годов в районе российской станции «Восток», под ледником на глубине примерно 3750 м, российскими учеными было обнаружено уникальное подледниковое озеро, которое является крупнейшим и наиболее изученным из более двухсот подледниковых озер Антарктиды [1]. Согласно полученным геофизическим данным [2, 3], протяженность береговой черты озера Восток составляет 1030 км, включая 70 км, приходящиеся на острова; площадь водного зеркала равна 15,5 тыс. км², исключая 70 км² территории островов.

В 1990 г. был начат проект бурения ледника для выполнения палеоклиматических реконструкций по данным ледяного керна, с целью определения изменчивости климатических характеристик антарктической атмосферы за последние несколько сотен тысяч лет [1]. Проект предполагал бурение сквозь всю толщу льда и получения кернов подледниковых пород. 5 февраля 2012 г. в 20.25 МСК буровой снаряд в глубокой ледяной скважине 5Г-2 на станции Восток вошел в контакт с водным слоем подледникового озера Восток [1]. Изменение конечной задачи буровых работ в связи с открытием озера Восток, в воду которого должна была войти скважина, потребовали внесения серьезных изменений в технологию работ и планы их проведения. Работы по проникновению в озеро велись сотрудниками Санкт-Петербургского государственного горного университета и Арктического и антарктического НИИ.

Основными направлениями дальнейших исследований таких уникальных систем, как озеро Восток являются [1]:

- изучение биоразнообразия флоры и фауны, обитающих в подобных природных объектах;
- исследование законов эволюции живых организмов, которые на протяжении нескольких миллионов лет не имели контакта с атмосферой;
- исследование земной коры под ледяным щитом Антарктиды с целью познания ее состава и структуры до начала процесса оледенения южного полярного региона (30–40 млн. лет назад);
- отработка технологий и инженерных решений в земных условиях для их последующего применения в космических исследованиях по поиску живых организмов на других объектах Солнечной системы.

Постановка задач проектирования. Подледниковое озеро Восток является уникальной природной системой, проведение дальнейших исследований которой невозможно без соблюдения ряда важнейших условий: экологической безопасности проведения работ, устойчивости стенок части скважины, заполненной озерной водой и исключения примерзания к ним доставочного снаряда, надежности и безотказности работы всех механизмов и систем устройства доставки научно-исследовательской аппаратуры в озеро.

Для соблюдения указанных условий, под руководством профессора Васильева Н.И., была разработана технология подготовки скважины 5Г-3 для отбора проб озерной воды и донных отложений, состоящая из шести этапов. Второй этап, данной технологии, заключается в расширении нижнего участка скважины до диаметра около 300 мм на высоту 10 метров от забоя скважины. Данную операцию предполагается осуществлять с использованием механического расширителя, монтируемого на механический буровой снаряд [4].

Механический расширитель должен отвечать следующим техническим требованиям: простота конструкции, легкость монтажа и демонтажа на буровой снаряд, диаметр в транспортном положении 127 мм, расширение диаметра скважины до 300 мм, надежный механизм перевода из транспортного положения в рабочее положение и обратно.

Технология ведения работ по расширению скважины предусматривает следующие операции. Буровой снаряд на грузонесущем кабеле опускается до забоя скважины, где расшири-

тель переводится из транспортного положения в рабочее. Расширение скважины происходит при вращении снаряда с одновременным подъемом его вверх. Шлам, образующийся в процессе расширения скважины, потоком заливочной жидкости доставляется до фильтров, установленных в шламособорном отсеке, и осаждается в них. Цикл процесса расширения скважины заканчивается с заполнением фильтров и повторяется вновь после их очистки.

Конструкция механического инерционного расширителя. В соответствии с указанными требованиями и предложенной технологией ведения работ была разработана следующая конструкция механического расширителя, инерционного типа (рисунок 1).

Расширитель связан с колонковой трубой посредством резьбы (резьба трубы К-127 ГОСТ 6238-77). Расширитель состоит из полого корпуса 1 в стенке которого выполнены три сквозных продольных паза 2, расположенными под углом 120° по отношению друг к другу.

Внутри корпуса 1 закреплена опора 3, выполненная в виде диска диаметром 118 мм с центральным квадратным отверстием со стороной 10 мм и четырьмя отверстиями диаметра 30 мм для прохождения шлама, образующегося в процессе расширения скважины. На опоре 3 закреплена вилка 4 с проушинами 5, расположенными под тем же углом, что и пазы 2 корпуса, т. е. под углом 120° . Цапфа 6 вилки 4 имеет форму квадрата со стороной 10 мм, что предотвращает ее проворачивание относительно оси опоры 3.

Резцедержатели 7 шарнирно закреплены в проушинах 5 вилки с возможностью свободного поворота относительно центров шарниров. Для центрирования устройства в скважине расширитель выполнен с тремя резцедержателями 7. Резцедержатели 7 имеют прямоугольное сечение 18x12 мм. Верхние концы 8 резцедержателей 7 расположены под углом 33° относительно нижней части и снабжены регулировочными винтами 9, ограничивающими угол раскрытия резцедержателей 7 при вращении бурового става. На нижних концах рычагов закреплены резцы 10, имеющие две режущие кромки, обеспечивающие вертикальное и боковое резание льда. Для исключения биения инструмента при бурении резцы выполнены с упорами 11.

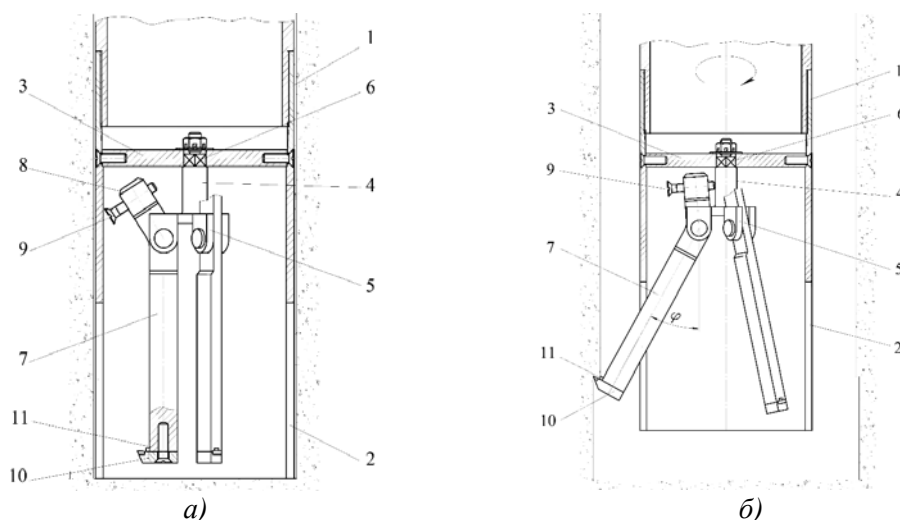


Рисунок 1 – Инерционный расширитель в транспортном (а) и рабочем (б) положениях

Расширение скважины обеспечивается следующим образом. Предварительно устанавливают винты 9 в положение, соответствующее требуемому углу раскрытия резцедержателей 7 с резцами. Расширитель соединяют с колонковой трубой бурового снаряда. В транспортном (исходном) положении (рисунок 1) все резцы находятся внутри корпуса 1.

Буровой снаряд опускают в скважину до касания нижней кромки корпуса 1 забоя и при помощи распорного устройства раскрепляют в стенках скважины. Включают привод вращения бурового става, сообщая инерционному расширителю угловую скорость $\omega = 23 \text{ с}^{-1}$.

Под действием возникающей центробежной силы инерции резцедержатели 7 отклоняются от оси вращения на угол ϕ (рисунок 1б) и через пазы 2 выдвигаются из корпуса 1 до упора резцов 10 в стенки скважины. Расширение скважины начинается при вращении бурового става с одновременным подъемом его вверх.

После завершения процесса расширения скважины отключают привод вращения бурового става. При этом происходит закрытие резцедержателей 7 с резцами под действием их силы тяжести. Буровой снаряд с расширителем может быть извлечен из скважины.

Далее процесс расширения повторяют, регулируя при помощи винтов 9 в каждом цикле требуемый угол раскрытия резцов в соответствии с полученным ранее диаметром скважины.

Модернизация конструкции расширителя. Проведенные в ходе сезонных работ 62 РАЭ испытания механического расширителя показали, что его конструкция эффективно осуществляет расширение скважины, но имеет два недостатка:

1. Неудобный механизм регулировки угла раскрытия резцедержателей, требующий свинчивание расширителя с бурового снаряда перед каждой регулировкой.

2. Отсутствие 100% вероятности прохождения резцедержателей через пазы в корпусе при их раскрытии, если вовнутрь корпуса при опускании снаряда в скважину попали остатки шлама, находящегося в ней.

Для устранения этих недостатков была проведена следующая модернизация конструкции расширителя:

1. Уменьшен диаметр корпуса расширителя со 127 мм до 107 мм, что позволило установить на корпус ограничитель выхода резцедержателей в виде трубы с внутренним диаметром 107 мм наружным диаметром 117 мм (рисунок 2), который фиксируется в нужном положении болтами и регулирует угол раскрытия резцедержателей без снятия расширителя с бурового снаряда.

2. Изменена форма резцедержателей, т.к. отпала необходимость устанавливать на них регулировочные винты.

3. Под новые габаритные размеры корпуса, под новую форму резцедержателей и их направляющей перепроектированы вилка и диск.

4. Спроектирована заглушка на корпус, которая обеспечивает невозможность попадания резцедержателей и их осей в скважину, в случае их случайного отсоединения от вилки.

5. Разработана направляющая для резцедержателей (рисунок 2), позволяющая обеспечить 100% вероятность прохождения резцедержателей через пазы в корпусе при их раскрытии. Направляющая для резцедержателей выполнена в виде цилиндра с тремя пазами сложного профиля, обеспечивающими размещение в них резцедержателей. На рисунке 2 представлен модернизированный механический расширитель в транспортном и рабочем положениях.

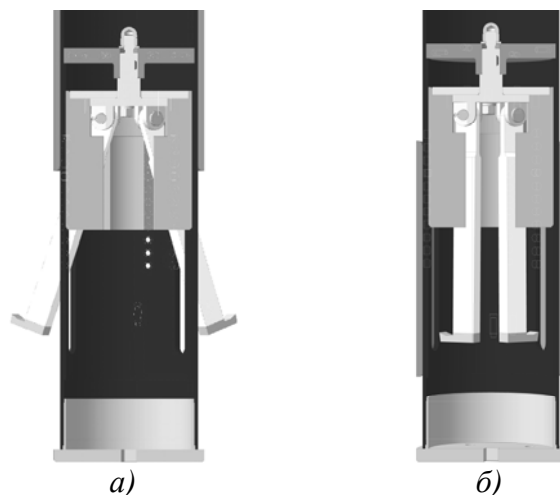


Рисунок 2 – Механический расширитель в транспортном (а) и рабочем (б) положениях

Заключение. Разработанная конструкция механического инерционного расширителя в полной мере удовлетворяет, предъявляемым требованиям:

- простота конструкции;
- легкость монтажа и демонтажа на буровой снаряд;
- диаметр в транспортном положении 127 мм;
- расширение диаметра скважины до 300 мм;

- надежный механизм перевода из транспортного положения в рабочее положение и обратно;
- осуществление быстрой регулировки угла раскрытия резцедержателей без снятия расширителя с бурового снаряда;
- обеспечивается 100% вероятность прохождения резцедержателей через пазы в корпусе при их раскрытии.

По результатам выполненной научно-исследовательской работы был спроектирован механический инерционный расширитель, экспериментальный образец которого изготовлен в мастерских Санкт-Петербургского горного университета и будет испытан на станции «Восток» в скважине 5Г-3в ходе сезонных работ 63 РАЭ.

Список использованных источников

1. Лукин В.В. Путь к изучению вод озера Восток открыт // Проблемы Арктики и Антарктики, 2012. – № 1(91). – С. 5-19.
2. Антарктика. Геоморфологический атлас. – СПб.: Изд-во «Карта», 2011. – 255 с.
3. Масолов В.Н., Попов С.В., Лукин В.В., Попков А.М. Рельеф дна и водное тело подледникового озера Восток, Восточная Антарктида // ДАН, 2010. – Т. 433. – № 5. – С. 693-698.
4. Vasiliev N.I., P.G. Talalay, N.E. Bobin, V.K. Chistyakov, V.M. Zubkov, A.V. Krasilev, A.N. Dmitriev, S.V. Yankilevich, and V.Ya. Lipenkov. Deep drilling at Vostok station, Antarctica: history and last events. Annal. Glaciol, 2007. – №47. – Pp. 10-23.

УДК 621.316.79

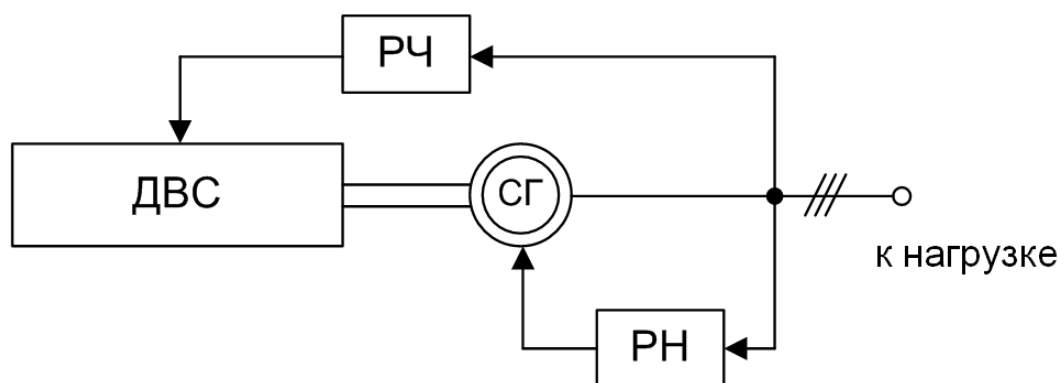
АВТОНОМНАЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Дарьенков А.Б., Бычков Е.В., Абузяров Т.Х., Кочеганов Д.М.

*Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт электроэнергетики*

Значительная часть территории Российской федерации находится вне зоны централизованного электроснабжения. На этой территории проживают более 10 млн. человек и их жизнедеятельность обеспечена в первую очередь автономными источниками электроэнергии.

До 96% объектов малой энергетики представляют собой дизельные электростанции. При этом подавляющее большинство дизель-генераторных установок работают с постоянной угловой скоростью вращения вала вне зависимости от нагрузки. Функциональная схема электростанций такого типа представлена на рисунке 1.



ДВС – двигатель внутреннего сгорания; *РЧ* – регулятор частоты вращения вала;

СГ – синхронный генератор; *РН* – регулятор напряжения

Рисунок 1 – Функциональная схема дизельной электростанции постоянной частоты вращения

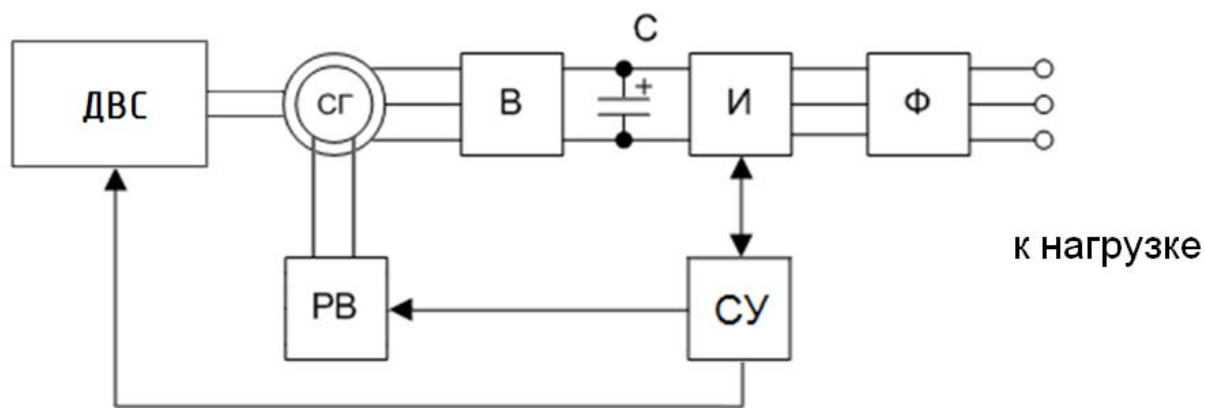
Количество таких электростанций насчитывает около 50 тыс. единиц, а их суммарная мощность составляет порядка 17 млн кВт.

Существуют исследования, указывающие на тот факт, что работа двигателя внутреннего сгорания при постоянной скорости вращения вала и переменной нагрузке является неоптимальной и характеризуется повышенным механическим износом частей силовой установки, а также завышенным удельным расходом топлива. При этом регулирование частоты вращения вала двигателя при изменении нагрузки освобождает установку от указанных недостатков и, кроме того, позволяет добиться оптимального теплового режима работы двигателя внутреннего сгорания.

На данный момент, как в Российских, так и в зарубежных фирмах ведутся исследования в области создания и повышения эффективности дизель-генераторных энергоустановок переменной частоты вращения. Так, такие зарубежные производители дизель-генераторных установок как Fubag, Honda, Kipor, и др. уже применяют подход регулирования частоты вращения вала энергоустановки в своих продуктах. В России в данном направлении ведется исследовательская деятельность во ВНИИЭ, ОАО Сигма (г. Ковров), в ОАО Звезда (г. Санкт-Петербург), ВГУВТ (г. Н. Новгород) а также в ряде других институтов и организаций.

Одним из наиболее широко обсуждаемых направлений повышения энергетической эффективности дизельных электростанций являются исследования и разработка в области так называемых инверторных дизель-генераторных установок и автономных электростанций на их основе [1, с. 64–67; 3, с. 48].

Термин «инверторная» обозначает дизельную электростанцию, работающую на переменной частоте вращения вала. На рисунке 2 приведена функциональная схема такой установки. Синхронный генератор с электромагнитным возбуждением *СГ* раскручивается двигателем внутреннего сгорания (нет на функциональной схеме). Выходное напряжение генератора выпрямляется полупроводниковым выпрямителем *В*, затем фильтруется с помощью реактивных элементов *С*. Инвертор *И* преобразует постоянное напряжение в переменное, заданной системой управления *СУ* амплитуды и частоты. Кроме того, *СУ* также получает информацию о частоте вращения *ДВС* и мощности нагрузки, чтобы иметь возможность подбирать оптимальные параметры работы силовой установки. Выход *И* соединяется с нагрузкой через фильтр низких частот *Ф*.



ДВС – двигатель внутреннего сгорания; *СГ* – синхронный генератор; *РВ* – регулятор возбуждения;
В – выпрямитель; *С* – конденсатор фильтра звена постоянного тока;
И – инвертор; *СУ* – система управления; *Ф* – фильтр

Рисунок 2 – Функциональная схема инверторной генераторной установки

Данное структурное решение позволяет уменьшить расход топлива на 20-40% (рисунок 3), а также значительно увеличить ресурс ДВС благодаря возможности у системы управления регулировать скорость вращения двигателя внутреннего сгорания.

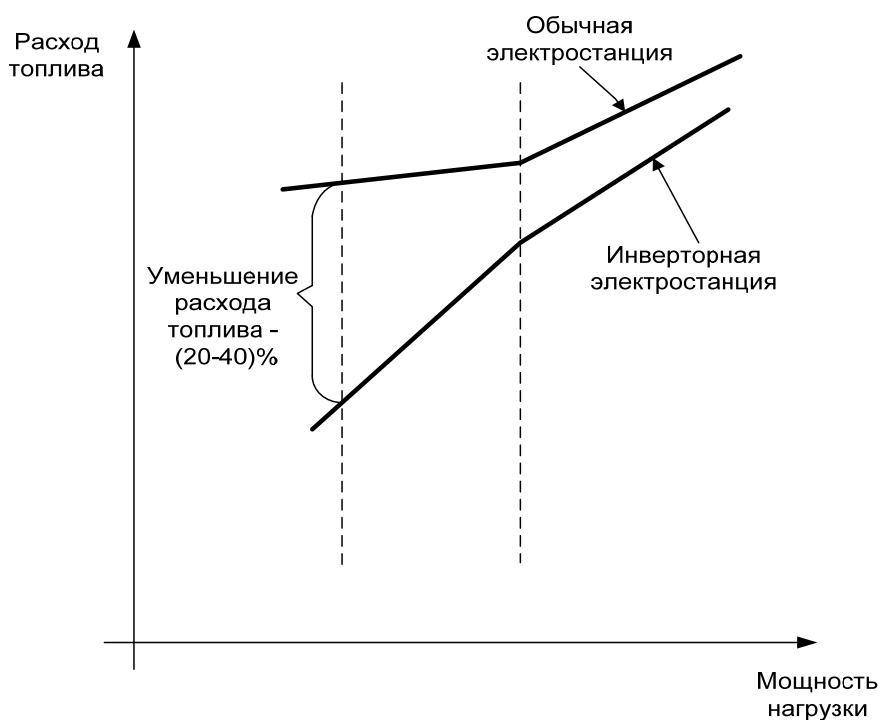


Рисунок 3 – Сравнение расхода топлива в зависимости от мощности нагрузки для инверторной и обычной электростанций

К недостаткам такой схемы можно отнести дополнительное двукратное преобразование энергии (последовательно выпрямитель В и инвертор И) на пути к потребителям переменного тока, что влечет за собой пониженный КПД и, как следствие, увеличенные по сравнению с дизель-генераторными электростанциями постоянной частоты вращения потери при работе с номинальной мощностью нагрузки. Кроме того, общим недостатком автономных дизельных электростанций является их высокая степень зависимости от привозного сгораемого топлива, что отрицательно сказывается на надежности таких систем электроснабжения и стоимости выработанного кВт·ч электроэнергии.

С целью минимизировать указанные недостатки дизельных электростанций переменной частоты вращения в настоящий момент в Институте электроэнергетики Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева ведется разработка автономной гибридной дизель-генераторной электростанции, объединяющей в своем составе как традиционные, так и возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Применение потенциала возобновляемой энергетики позволит сократить количество доставляемого в отдаленные районы дизельного топлива, что в конечном итоге снизит стоимость вырабатываемой электроэнергии, а также повысит надежность автономных систем электроснабжения.

На рисунке 4 представлена функциональная схема разрабатываемой физической модели электротехнического комплекса гибридной электроустановки. Гибридная электростанция состоит из четырех каналов: дизель-генераторной установки (ДГУ), ветроэнергетической установки (ВЭУ), канала солнечного генератора, а также канала накопителя.

Как видно из рисунка, двигатель внутреннего сгорания (ДВС) в канале ДГУ физической модели имитируется связкой «преобразователь частоты (ПЧ1) – асинхронный электродвигатель (АД)». При этом управление ПЧ1 осуществляется с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК), управляющая программа которого имитирует поведение ДВС дизель-генераторной установки (ДГУ). Вал АД соединен с валом трехфазного синхронного генератора СГ. СГ питает матричный преобразователь частоты МПЧ, выходное напряжение которого приложено к шине нагрузки.

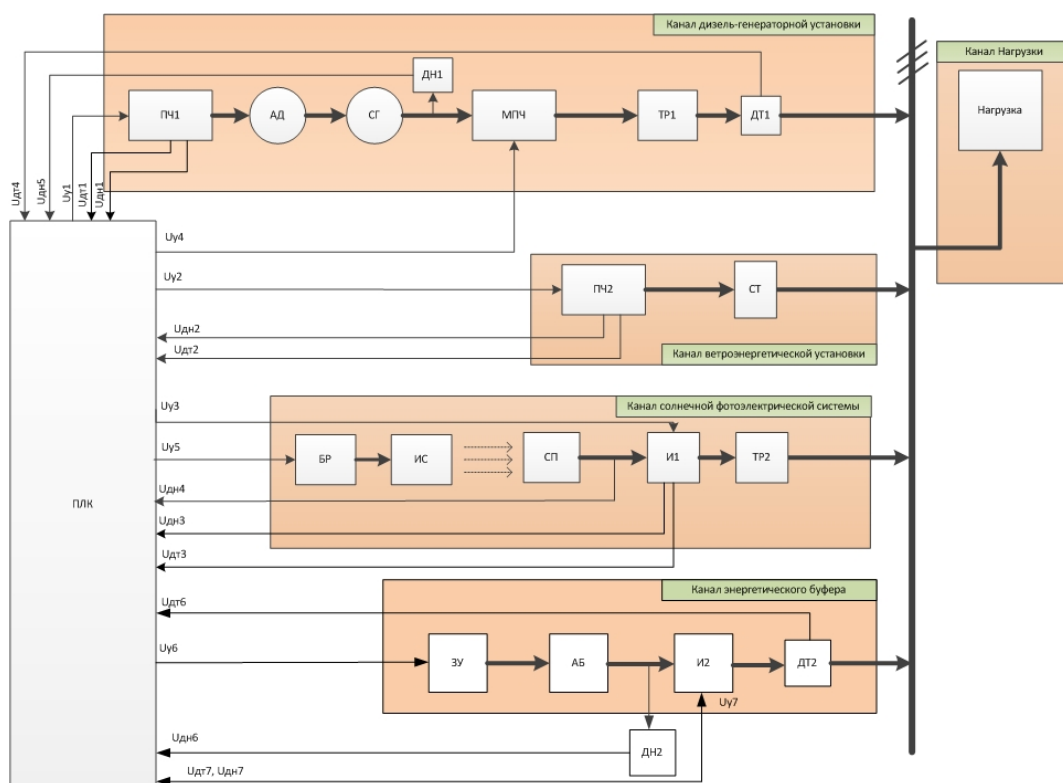


Рисунок 4 – Структура модели электротехнического комплекса гибридной электроустановки

Канал ВЭУ воссоздан без использования синхронного генератора. Его выходное напряжение имитирует ПЧ2, также управляемый посредством ПЛК, управляющая программа которого содержит характеристики работы СГ в различных условиях канала ветрогенератора. На практике амплитуда выходного напряжения СГ в канале ВЭУ может быть недостаточно велика для синхронизированной работы с каналом ДГУ. Для согласования выходного напряжения канала ВЭУ с шиной нагрузкой используется стабилизатор СТ.

Канал солнечного генератора организован посредством линейного регулятора напряжения, питающего источник света ИС, направленный на солнечную панель СП. С помощью инвертора ИН1 энергия постоянного тока преобразуется в энергию переменного тока, а затем с помощью повышающего трансформатора согласуется по напряжению с шиной нагрузки.

Отличительной особенностью данной гибридной электростанции является использование высокоэффективного матричного преобразователя частоты и, как следствие отсутствия в нем звена постоянного тока, суммирование потоков энергии генераторов по шине переменного тока.

Применение матричного преобразователя частоты в канале дизель-генераторной установки обусловлено высокой эффективностью данного типа преобразователей в виду однократного преобразования энергии (в отличие от традиционных преобразователей частоты со звеном постоянного тока), а также отсутствием громоздких реактивных элементов в составе преобразователя.

Данный тип преобразователей по ряду причин не нашел широкого применения в промышленности и серийно почти не выпускается. В связи с этим в НГТУ им. Р.Е. Алексеева был разработан собственный прототип матричного преобразователя частоты. Имитационное моделирование различных алгоритмов работы данного типа преобразователей в среде MATLAB Simulink показало высокую эффективность и, как следствие, способность значительно улучшить показатели работы проектируемой автономной электростанции.

В настоящее время на физической модели электростанции проводятся пусконаладочные работы, отработка алгоритмов управляющей программы ПЛК при имитации различных условий окружающей среды, отработка параллельных режимов работы нескольких энергетических каналов.

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание №13.2078.2017/ПЧ).

Список использованных источников

1. Дарьенков А.Б., Хватов О.С., Юрлов Ф.Ф., Усов Н.В. Определение экономической эффективности дизель-генераторных электростанций с переменной частотой вращения вала. Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – Астрахань: АГТУ, 2014. – №3. – с. 64–67.
2. Дарьенков А.Б., Бычков Е.В., Комраков Д.А., Абузяров Т.Х., Кочеганов Д.М. Физическая модель электротехнического комплекса гибридной электроустановки. Материалы научно-технической конференции «Актуальные проблемы электроэнергетики», – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2017. – с. 39–43.
3. Дураев Н.Н., Обухов С.Г., Плотников И.А. Имитационная модель дизельного двигателя для исследования его рабочих характеристик на переменной частоте вращения. Известия Томского политехнического университета. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – Т.322. – №4. – с. 48–52.
4. Хватов О.С., Дарьенков А.Б., Тарасов И.М. Дизель-генераторная электростанция с переменной частотой вращения вала. Вестник ИГЭУ. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет, 2010. – №2.
5. Дарьенков А.Б., Хватов О.С. Патент RU 2 412 513 С1. Автономная электростанция переменного тока. Дата начала отсчета срока действия патента: 15.01.2010.

УДК 621

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

Евдокименко А.О., Злотников Е.Г.

Санкт-Петербургский горный университет

Блок цилиндров является основной деталью в двигателе внутреннего сгорания (ДВС), на который приходится основное усилие при работе. Опыт эксплуатации и исследования показывают, что производительность и долговечность ДВС зависит от методов и точности обработки поверхностей рабочего органа.

На сегодняшний день существует множество методов и подходов для решения данного вопроса. Наиболее распространенным методом обработки является растачивание блока цилиндра, устанавливая его на нижнюю (базовую) поверхность. Получая таким образом перпендикулярность оси вала и параллельность оси пастели коленвала. В действительности, поверхности блока не всегда параллельны, что приводит к дальнейшим погрешностям и ухудшением эксплуатации ДВС.

Расстачиванием «от скалки» является более точным. В качестве установки блока цилиндра принимается шлифованный стержень (скалка) и две опоры. Главное, выдержать одинаковую высоту опор, это легко достигается их совместной обработкой. Шлифованный стержень, закрепленный в опорах, при установке на стол станка оказывается параллельным столу с точностью в 0,01 мм. Установив блок цилиндров на скалку производить проверку положения блока в продольном направлении уже не нужно, а в поперечном направлении его положение надо следует отрегулировать с помощью индикатора. Приняв центр верхней поверхности цилиндра, возможна дальнейшая обработка.

Такой метод является универсальным, так как она подходит для всех типов блоков, у которых диаметр постели больше диаметра шлифованного стержня. И необходим для высокооборотных форсированных двигателей, в первую очередь – спортивных, для которых данный метод расточки блоков цилиндров от «скалки» является единственно возможным.

УДК 621.43.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА 3D ПРИНТЕРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕЧАТИ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Жуманиязов А.Б., Тухтамуродов Б.Т.

Научный руководитель: Тураходжаев Н.Д., д.т.н.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

На сегодняшний день в развитых странах мира технологии 3D печати постепенно входят в реальность производства, открывая новые возможности в самых разных областях дея-

тельности. 3D печать позволяет создать трехмерную модель любого изделия на компьютере и за короткое время, получить полноценный физический объект, соответствующий заданным параметрам. Преимущества использования современных 3D принтеров очевидны: снижение себестоимости изготовления продукции и сокращение сроков ее появления на рынке, моделирование элементов любой формы и сложности, высокая скорость, точность изготовления, возможность использования разных материалов. В ближайшие годы снижение стоимости 3D принтеров должно открыть новые перспективы для реализации трехмерной печати.

Печать в 3D формате получает самое широкое применение в различных отраслях, где активно применяются трехмерные принтеры. В машиностроении 3D принтеры применяются для создания прототипов. В области промышленного производства для проектирования новой продукции всегда требуется создание моделей – прототипов будущей продукции. Для этих целей применяются такие традиционные способы, как механическая обработка и литье. На изготовление прототипа обычно уходят недели или даже месяцы кропотливой работы. Это весьма дорогостоящий и трудоёмкий этап производства. Трёхмерные принтеры позволяют существенно ускорить весь процесс – можно получать готовые прототипы практически одним нажатием кнопки. В результате, вне зависимости от технических характеристик изделия его можно создать за считанные минуты или часы. Тем самым экономятся ресурсы и время. Особенно это актуально для машиностроения и многих других областей промышленного производства.

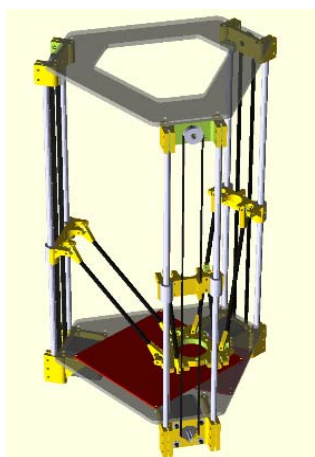
Благодаря использованию трехмерных принтеров сокращается время на конструкторские работы, гораздо более оперативно принимается решение о запуске изделия в серию. Созданный при помощи 3D печати макет помогает обнаружить недочёты в конструкции ещё на этапе разработки. Важно, что принтер даёт возможность изготовить столько макетов или отдельных деталей, сколько необходимо для проектирования, а возможности, представляемые вследствие каких-либо производственных ограничений.

В машиностроении создание штучных прототипов изделий является одной из наиболее сложных задач. Она требует больших усилий и затрат, не только рабочей силы и времени, но и материальных. На сегодняшний день существуют множество совершенно новых технологий изготовления прототипов сложной конструкции, такие как: отверждение на столе (SGC – Solid Ground Curing), послойное наложение термопластов (FDM – Fused Deposition Modeling), распыление (BPM – Ballistic Particle Manufacturing), лазерное спекание порошков (SLS – Selective Laser Sintering), склеивание (LOM – Laminated Object Modeling), многосопельное моделирование (MJM – Multi Jet Modeling).

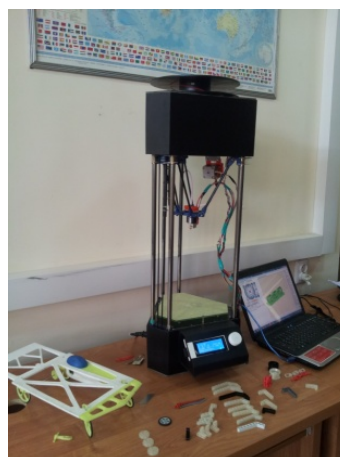
На ряду с этим наибольшей заинтересованностью у отраслей промышленности пользуются изготовление прототипов продукции с помощью FDM технологии. Прототипирование выполняется по технологии FDM (Fused Deposition Modeling) послойного наложения на контур создаваемого изделия восковой или поликарбонатной нити. Проходя через механизм подачи, нить попадает в экструдер, где происходит её нагрев до полурасплавленного состояния. Благодаря этому слои сплавляются между собой, образуя монолитную поверхность. Этот быстрый и экономичный способ изготовления прототипов реализован на конструкции 3D принтеров.

Созданию 3D деталей уделяется большое внимание в развитии и совершенствовании технологии производства. Разнообразные формы, размеров и различного установочного оборудования делает эту технологию широко используемой в отраслях экономики т.е. не только машиностроения. Многие отрасли промышленности очень часто пользуются услугой 3D печати, а в качестве используемого материала для печати может служить: бетонная смесь, металлический порошок, пластиковая ABS нить и многое другое [2].

В Ташкентском государственном техническом университете разработан 3D принтер дельта конструкции с использованием пластмассы как сырья для печатания.



а)



б)

Рисунок 1 – 3D принтер дельта конструкции: а – компьютерный вариант изображения устройства; б – действующая модель устройства

Разработанный в Ташкентском государственном техническом университете 3D принтер дельта конструкции с использованием пластмассы как сырья для печатания, отличается от существующих увеличенной скоростью выполнения операций, низкой себестоимостью аппарата и главная отличительная черта – это способность использовать отходы пластмассы как сырьё для печатания изделий.

Технические характеристики:

- объём печати – 4578 см^3 ;
- диаметр печатания – 18 см;
- высота печати – 18 см.

Также возможно и увеличение габаритов конструкции.

В результате снизились расходы ресурсов, для изготовления детали по сравнению с другими методами их изготовления, увеличение производства 7-8%, а также снизились выбросы в атмосферу на 3-4%.

Список использованных источников

1. Canessa E., Fonda C., Zennaro M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development / E. Canessa [et al.]. – 1st ed. – Italy: ICTP “The Abdus Salam”, 2013. – 192 p. – ISBN92-95003-48-9.
2. Горьков Д. 3D-печать с нуля (подробное руководство по обучению работе на 3D-принтере). – М: 3d-print-nt, 2015. – 400 с.

УДК 004.356

ПРОИЗВОДСТВО РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D ПРИНТЕРОВ И РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ТИПА

Жуманиязов А.Б., Тухтамуродов Б.Т.

Научный руководитель: Тураходжаев Н.Д., д.т.н.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

На сегодняшний день молодые исследователи Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова Тухтамуродов Бехзод Тоирович, Жуманиязов Алибек Балтабаевич, Ньматов Бобурбек Боходирович, Ташпулатов Жавохир Абдуллаевич под руководством доктора технических наук, заведующего кафедрой «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова Тураходжаева Нодира Джахангировича ведут исследования над локализацией и разработкой новых видов расходных материалов для 3D принтеров.

3D печать – технология изготовления модели изделия, построенная на основе метода послойного наращивания объемного объекта, в процессе которой применяются различные расходные материалы.

Номенклатура материалов, пригодных для печати на 3D принтере постоянно увеличивается и на сегодняшний день включает несколько десятков видов. Это пластмассы, нейлон, бумага, древесное волокно, гипс, акрил, фотополимеры, металл и даже пищевые продукты.

С развитием технологии 3D печати, появились наиболее часто используемые расходные материалы для 3D принтеров такие как: ABS, PLA, PVA, нейлон, фотополимеры, металлический порошок и другие.

ABS-пластик – ударопрочный материал, относящийся к инженерным пластикам. Обладает более высокой износостойкостью к ударным нагрузкам. Износостоек. Выдерживает кратковременный нагрев до 90-100°C. Рекомендуются для точного литья. Имеет высокую размерную стабильность. Дает блестящую поверхность. Растворяется в ацетоне, эфире, бензоле, этилхлориде, этиленхлориде, анилине, анизоле. Свойства ABS-пластика можно изменять в широких пределах посредством модификации исходного материала. Объекты, изготовленные из ABS-пластика, отличаются блестящей поверхностью. Сам материал полупрозрачный, с желтым оттенком, а также может быть окрашен в различные цвета. Главные недостатки материала – чувствительность к атмосферным осадкам и ультрафиолету. ABS имеет низкий уровень электроизоляции и практически не поглощает влагу, нетоксичен. Материал доступен, цена практически в два раза ниже чем у главного конкурента – PLA-пластика.

PLA-пластик (полилактид) – самый экологичный пластик для 3D принтера и оптимальный расходный материал. Полилактид изготавливается на основе биологических отходов (силос кукурузы, сахарная свекла). Чаще всего из PLA изготавливают детские игрушки, медицинские принадлежности и пищевой пластик, так как материал обладает минимальным уровнем токсичности, по сравнению с другими материалами.

Фотополимеры имеют большое число разновидностей, однако каждая из них изменяет свою форму под действием солнечных лучей. Фотополимеры могут быть как твердыми, так и жидкими. Объекты, созданные на базе фотополимеров, прочны, устойчивы к влаге и солнечному свету.

PVA – поливинилацетат или всем известный клей ПВА. Главное достоинство данного расходного материала является его отличная растворимость в воде, при этом в других случаях это главный недостаток материала. Предназначение поливинилацетата – поддерживающая роль при изготовлении объектов уникального дизайна и сложной геометрии. PVA пластик также довольно часто используется как разделитель для деталей, напечатанных на 3D-принтере. Одним из недостатков материала является его дороговизна.

Металлический порошок может быть получен из таких металлов как алюминий, медь, золото и серебро, а также сплавы этих металлов. Объекты, изготовленные на основе металлического порошка, отличаются особым металлическим блеском, который не может быть получен при использовании ABS-пластика. Данный материал нашел широкое применение в ювелирном мастерстве и создании драгоценностей. Получаемые модели очень прочны. Стоимость порошка зависит от металла, на базе которого он получен.

Нейлон очень схож по своим свойствам с таким материалом как ABS-пластик, но имеет большую устойчивость к высокой температуре и впитывает влагу.

Существующие расходные материалы не всегда удовлетворяют всем предъявляемым требованиям, по этой причине существует потребность к исследованиям над новыми видами расходных материалов, которые могли бы применяться в нескольких сферах одновременно.

Список использованных источников

1. Canessa E., Fonda C., Zennaro M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development / E. Canessa [et al.]. – 1st ed. – Italy: ICTP “The Abdus Salam”, 2013. – 192 p. – ISBN 92-95003-48-9.
2. Горьков Д. 3D-печать с нуля (подробное руководство по обучению работе на 3D-принтере). – М: 3d-print-nt, 2015. – 400 с.
3. <https://cyberleninka.ru/article/v/novye-tehnologii-v-industrii-pitaniya-3d-pechat>

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПГ ИНДУСТРИИ
В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Зеленов П.А., Семашко П.В.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

По данным Международного Энергетического Агентства (IEA), человечество ежегодно потребляет свыше 3 трлн м³ газа, и спрос на него может вырасти до 4,5 трлн м³ к 2035 году [2]. Импорт СПГ занимаются порядка 30 стран, производством и экспортом около 20 [4]. Россия, которая занимает первое в мире место по разведанным запасам природного газа, занимает среди экспортёров только девятое место. Рынок сжиженного газа непрерывно растёт: за последнее десятилетие его объем вырос более чем вдвое – до 250 миллионов тонн ежегодно. И этот наблюдающийся на настоящий момент в мире рост спроса на сжиженный природный газ [4] заставляет промышленников практически всех газодобывающих стран искать способы повышения своей прибыли, а государства, обладающие запасами природного газа, стараются всеми силами обратить их себе на пользу.

Очевидно, что газовый потенциал России огромен. Тем не менее, зависимость от зарубежных продуктов и технологий долгое время ставила Российскую газовую отрасль в далеко не лучшее положение, ограничивая её возможную конкурентоспособность, делая её уязвимой к изменению политического климата.

Решение этой проблемы способно вывести индустрию на новый уровень, увеличить благосостояние страны. Один из наиболее перспективных способов решения – локализация производства, разработка собственных технологий и развитие технической базы. Здесь мы попытаемся рассмотреть и проанализировать новую разработку отечественных учёных – технологию сжижения газа «Арктический каскад» и то, как современные технологии сжижения газа будут развиваться в России в целом и в Нижегородской области в частности.

Прежде всего, нужно дать определение сжиженному природному газу (СПГ). СПГ – это газ (преимущественно метан, CH₄), искусственно переведённый в жидкую фазу путём его охлаждения до температуры порядка минус 160°C. Газ сжижают, в первую очередь, для удобства хранения – сжиженный газ способен храниться крайне долго, и транспортировки (удельный объём СПГ примерно в 600 раз меньше удельного объёма газа). Когда наступает момент использования СПГ, он преобразуется в газообразное состояние на специальных регазификационных терминалах [3].

21 марта 2018 года, в Москве, ПАО «НОВАТЭК» получает российский патент №2645185 С1 на технологию сжижения природного газа (ПГ) «Арктический каскад» [6]. Для того чтобы понять, в чём преимущество этого метода и чем он выгодно отличается от иностранных аналогов, изучим, в чём заключается процесс. На рис. 1 приведена схема «Арктического каскада».

Итак, это технология, которая основывается на последовательном охлаждении природного газа сначала в охладителе, завязанном на окружающую среду (воздух или воду, которые в Арктике даже летом имеют низкую температуру), затем в пяти промежуточных теплообменниках с использованием азота и этана в качестве хладагентов. Последние этапы охлаждения проходят в многосекционном теплообменнике, где ПГ охлаждается жидким азотом и отпарным газом, а затем дросселируется. Газожидкостная смесь попадает затем в сепаратор, откуда сжиженный газ направится в резервуары хранения, а несжиженный газ – через теплообменник на компрессор для продолжения цикла [1]. Главная особенность цикла и его основное преимущество – максимально рациональное использование условий окружающей среды, причём в отличие от других популярных технологий сжижения газа он лишён таких недостатков как, например, применение смешанных хладагентов (что крайне усложняет конструкцию завода СПГ); высокое давление газа на выходе (из-за этого, как правило, возрастают удельные энергозатраты на сжижение и повышается количество оборудования); необходимость изменения состава хладагентов.

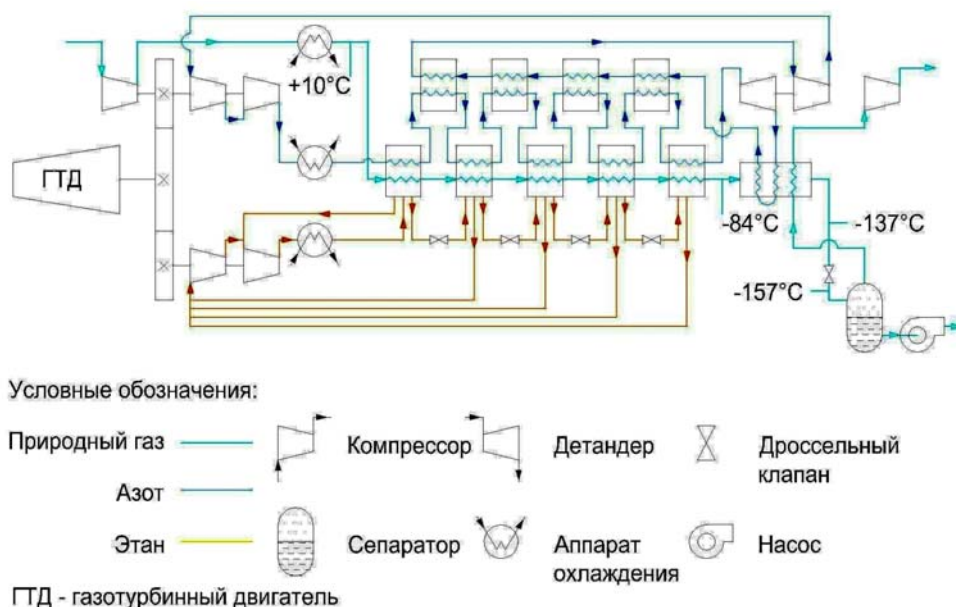


Рисунок 1 – Схема установки, работающей по циклу «Арктический каскад»

Как было отмечено заместителем Председателя Правления «НОВАТЭКа» Александром Фридманом: «Арктический каскад» – это первая запатентованная «НОВАТЭКом» технология сжижения природного газа. Технология рассчитана на использование оборудования российских производителей. Локализация производства оборудования для СПГ-проектов поможет обеспечить снижение капитальных затрат и развитие технологической базы для СПГ-проектов в России» [6]. Это вплотную подводит нас ко второй части данной работы, а именно к развитию СПГ сегмента в Нижегородской области.

Пятого сентября на нижегородском предприятии АО «ОКБМ Африкантов» было проведено совещание, на котором обсуждались планы размещения в области производства оборудования для рассматриваемой нами отрасли. В совещании принимали участие заместитель министра промышленности и торговли РФ Василий Осмаков, генеральный директор Госкорпорации «Росатом», Алексей Лихачев, председатель Правления ПАО «НОВАТЭК» Леонид Михельсон, губернатор Нижегородской области Глеб Никитин, руководители предприятий-изготовителей технологического оборудования. В ходе встречи были озвучены перспективы развития СПГ-проектов в России, текущие и будущие потребности в оборудовании, рассмотрены меры вовлечения и поддержки российских предприятий для обеспечения их технической и коммерческой конкурентоспособности.

Одной из тем совещания стало создание собственной стендово-испытательной базы – криогенного стенда. Это одно из ключевых условий для развития СПГ-проектов на отечественном оборудовании. Он необходим для испытаний основного технологического оборудования, материалов, сертификации, которые будут использоваться на заводах по производству СПГ. На сегодняшний день в мире есть только два подобных испытательных комплекса.

Наличие в России собственного стенда даст, прежде всего, независимость от зарубежных технологий и позволит российским предприятиям обеспечить полноценную локализацию производства соответствующего оборудования. Выполнять задачу по созданию такого испытательного комплекса будет АО «ОКБМ Африкантов» во взаимодействии с администрацией Нижегородской области, Минпромторгом России, заказчиками и изготовителями оборудования [5].

Первое планируемое место внедрения технологии «Арктический каскад» – завод «Арктик СПГ-2». Планируемое время пуска первой линии – 2023...2025 года. На данный момент Российские предприятия и предприятия Нижегородской области в основном только готовятся к реализации столь глобальных и значимых планов, однако накопленный в течение многих лет опыт в сфере разработки и постройки турбин, насосов, арматуры даёт все основания полагать, что

к указанному сроку промышленность уверенно войдёт в новое русло и сможет с успехом воплотить в жизнь отечественные технологии с использованием российского оборудования.

Список использованных источников

1. Патент РФ RU 2645185 C1, 21.03.2017. Способ сжижения природного газа по циклу высокого давления с предохлаждением этаном и переохлаждением азотом "арктический каскад" и установка для его осуществления // Патент России RU 2645185 C1. / Руденко С.В., Васин О.Е., Грицишин Д.Н., Соболев Е.И., Минигулов Р.И.
2. Мещерин И.В. Анализ технологий получения сжиженного природного газа в условиях арктического климата / Мещерин И.В., Настин А.Н. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. – 14 с.
3. Сжиженный природный газ [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. – Сжиженный природный газ. – (Дата обращения 15.10.2018).
4. Сжиженный природный газ в мире и России: текущее состояние и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vostockcapital.com>. – Сжиженный природный газ в мире и России: текущее состояние и перспективы развития. – (Дата обращения 16.10.2018).
5. Пресс-служба АО «ОКБМ Африкантов». На базе АО «ОКБМ Африкантов» обсудили локализацию технологий в Нижегородской области для российских СПГ-проектов. Пресс-релиз. 05.09.2018.
6. Пресс-служба ПАО «Новатэк». «НОВАТЭК» запатентовал собственную технологию сжижения природного газа «Арктический каскад». Пресс-релиз. 21.03.2018.

УДК 693.547.32

ТЕХНОЛОГИЯ БЕТОНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕРЗЛОМ ОСНОВАНИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Иванов Д.А., Молодин В.В.

Новосибирский Государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Введение. На сегодняшний день нормативные и технические документы при проектировании технологии зимнего бетонирования в полной мере не учитывают процессы внутреннего массопереноса в бетоне. Распределение влажности принимается равномерным, без учета возможного появления переувлажненных слоев монолитных конструкций.

Однако возникает противоречие при производстве бетонных работ, когда свежеуложенный бетон примыкает к ранее забетонированным и успевшим промерзнуть конструкциям. В этой ситуации можно наблюдать потемнение переохлажденных слоев бетона, вызванное повышением влажности в связи с возникновением внутреннего массопереноса (рис. 1).



Рисунок 1 – Примеры потемнений переохлажденных слоев бетона, вызванные их переувлажнением

Это объясняется тем, что при возобновлении бетонирования, на контакте «старого» охлажденного бетона с «новым», появляется значительный температурный градиент, под действием которого формируется градиент влажности. Влага мигрирует по порам и капиллярам из теплых в более холодные слои бетона за счет возникновения пониженного парциаль-

ного давления в зонах низких температур [1, 2]. Появление переувлажненных слоев бетона в местах контакта конструкций может привести к опасным последствиям [3, 4].

Методика проведения эксперимента. Для подтверждения теоретических выводов и оценки основных параметров процесса внутреннего массопереноса было проведено экспериментальное бетонирование каркасной конструкции. Конструкция представляла собой стык из фрагментов промерзшего перекрытия и свежееуложенной колонны, которую прогревали греющим проводом (рис. 2).

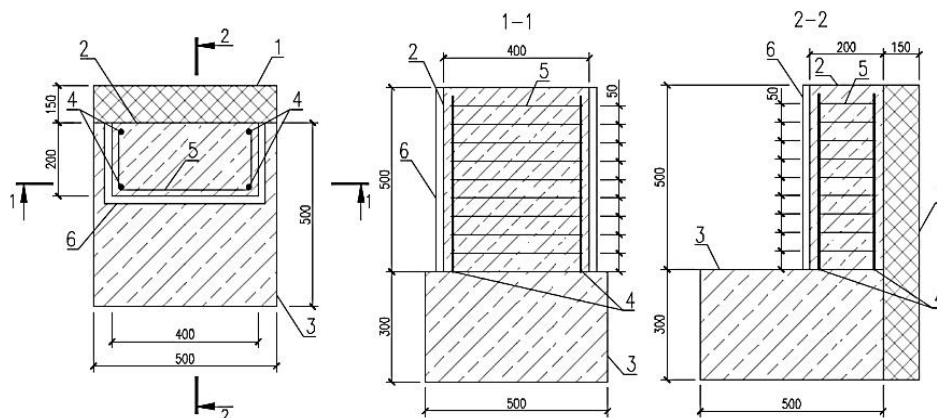


Рисунок 2 – Схема фрагмента колонны и основания: 1 – утеплитель, 2 – колонна, 3 – основание, 4 – арматурные стержни, 5 – греющий провод, 6 – опалубка

Температура воздуха в сертифицированной климатической камере во время охлаждения основания и в процессе выдерживания составляла -30°C . В качестве датчиков температуры использовались хромель-копелевые термопары. Процесс миграции влаги исследовали при помощи ее зависимости от электрического сопротивления бетонной смеси, которое было измерено с помощью датчиков, изготовленных из двухжильного медного провода [5].

Обсуждение результатов эксперимента

1. Начальный период выдерживания. Влажностное поле в бетоне фрагмента колонны в начальный момент времени было относительно равномерно (рис. 3), а именно:

- влажность на стыке, в центре колонны имела наибольшее значение $\approx 3\%$, и незначительно уменьшалась с высотой;
- на расстоянии между 25 и 75 мм от границы стыка $\approx 1\text{--}2\%$;
- влажность среднего слоя $\approx 2\text{--}2,5\%$;
- влажность верхнего слоя $\approx 1,5\text{--}2,5\%$.

2. Период выдерживания. Максимальные значения наблюдались на периферии сечения и в области границы стыка колонны и промерзшего основания, так как процесс внутреннего массопереноса влаги способствовал ее переносу в более холодные области бетона (щиты опалубки и основание).

3. Завершающий период эксперимента. По окончании эксперимента (рис. 3), наибольшие изменения влажности бетона, не считая верхней части фрагмента колонны, наблюдались на высоте колонны от 0 до 75 мм, куда влага за счет массопереноса мигрировала из бетона верхней и средней части. Влага распределилась следующим образом:

- наименьшее значение оказалось в верхней части $\approx 1,5\text{--}2,5\%$;
- влажность среднего слоя $\approx 1,5\text{--}3\%$;
- на высоте колонны от 25 до 75 мм зафиксировано еще большее значение влажности бетона фрагмента колонны $\approx 2,5\text{--}4,5\%$;
- в стыке колонны и основания влажность бетона оказалась максимальной $\approx 6\%$.

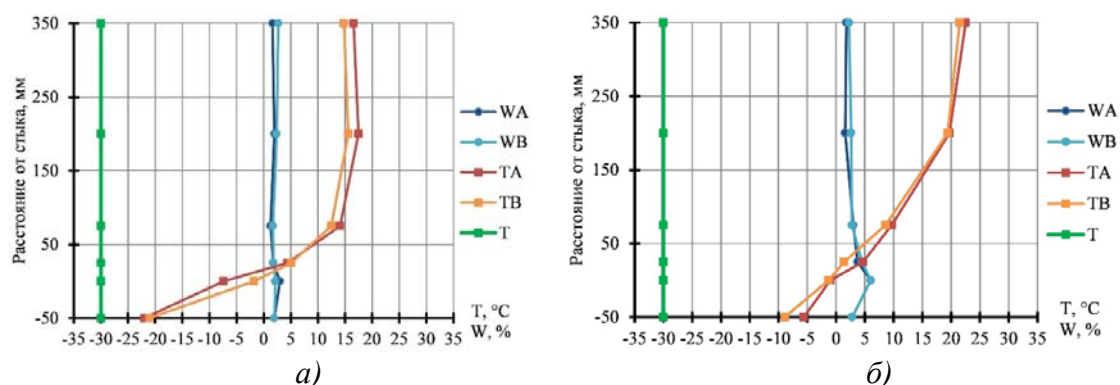


Рисунок 3 – Распределение температуры и влажности по высоте конструкции в начале (а) и в конце (б) эксперимента: *WA*, *TA*, *WB*, *TB* – влажность и температура в центре и на периферии сечения колонны, *T* – температура в климатической камере

4. *Влияние изменения влажности бетона на его прочность.* Гусаков А.М. в своей работе [3] привел зависимость прочности бетона от водоцементного отношения. Из нее следует, что увеличение водоцементного отношения переувлажненных слоев бетона в 1,4 раза, уменьшает их прочность на 30 %. В нашем случае охлажденные слои бетона, переувлажнились в 2 раза в центре и в 2,5 раза в периферии сечения колонны, относительно исходной влажности. Основываясь на [3], выводится пропорция, по которой прочность охлажденного бетона на расстоянии до 25 мм от границы стыка, по высоте колонны, уменьшилась приблизительно на $\approx 45-55$ % по всему сечению, относительно ожидаемой прочности, полученной при бетонировании конструкции без влияния промерзшего основания.

Решение проблемы. Результаты экспериментального исследования процесса внутреннего массопереноса, позволили доказать наличие и оценить основные параметры этого процесса.

В существующей на сегодняшний день производственной практике известен способ решения проблемы переувлажнения промерзших слоев бетона. Это традиционный прогрев греющими проводами, когда каждый тип конструкций прогревается независимой группой проводов: на этапе возведения колонн прогреваются только колонны, при возведении перекрытий – только перекрытия и т.д. Недостатком этого устройства является сток тепла через нижерасположенные конструкции, которые выступают в качестве мостиков холода.

Для решения данной проблемы была разработана более эффективная технология, предназначенная для электропрогрева стыка колонн и перекрытия. В теле перекрытия установлены основной и дополнительный греющий провод. Они формируют независимые друг от друга нагревательные элементы – общий нагревательный элемент, исключая площадь колонн, и нагревательный элемент для прогрева площади перекрытия в створе колонн (рис. 4).

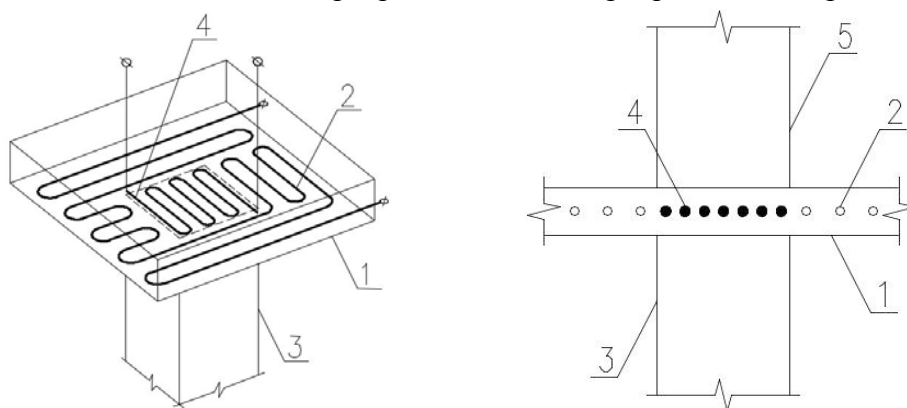


Рисунок 4 – Устройство для электропрогрева стыка колонн и перекрытия: *1* – плита перекрытия, *2* – нагревательный элемент на всю площадь перекрытия, исключая площадь колонны, *3* – нижняя колонна, *4* – нагревательный элемент на площадь колонны, *5* – верхняя колонна

Устройство позволяет в условиях отрицательных температур исключить неравномерное распределение влаги и прочностных характеристик во время прогрева как плиты перекрытия, так и вышерасположенной колонны.

При прогреве плиты перекрытия к электрической сети подключаются оба греющих провода, причём на дополнительный провод подаётся большая электрическая мощность, что позволяет не допустить охлаждения плиты перекрытия через нижерасположенную колонну, которая выступает в качестве мостика холода.

При бетонировании вышерасположенной колонны, одновременно с ее прогревом включается дополнительный греющий провод, который не допускает охлаждения колонны через плиту перекрытия.

В отличие от стандартной технологии, разработанное решение позволяет полностью нейтрализовать сток тепла через нижерасположенные конструкции. Преимуществом при прогреве плиты перекрытия является возможность увеличить мощность тока, подаваемого на дополнительный греющий провод независимо от основного. В свою очередь, преимуществом при прогреве вышерасположенной колонны является снижение потребления электрической энергии, и, следовательно, экономии денежных средств. Так как в отличие от стандартной технологии нет необходимости прогревать всю площадь плиты перекрытия.

Потенциальными потребителями являются все строительные компании, работающие в регионах с низкими отрицательными температурами (включая Арктический регион). Ежегодный объём монолитного строительства в данных регионах РФ достигает 12,5 млн м³. Распространение будет проходить в виде технологических карт с расчётным обоснованием. Каналами распространения будут являться саморегулируемые строительные организации и ассоциации строителей.

Стоит отметить, что на данное технологическое решение была подана заявка на патент (рег. №2018113354 от 12.04.2018), после получения которого планируется выполнить экспериментальную проверку непосредственно на строительном производстве.

Выводы. Результаты экспериментального исследования процесса внутреннего массопереноса, позволили доказать наличие и оценить основные параметры этого процесса. Из полученных данных следует, что процесс внутреннего массопереноса, возникающий при бетонировании строительных конструкций в условиях отрицательных температур, следует учитывать при технологическом проектировании и в процессе выполнения работ.

В свою очередь, разработанное техническое решение обеспечивает гарантированное качество монолитных железобетонных конструкций в регионах с низкими отрицательными температурами в отличие от стандартной технологии.

Список использованных источников

1. Гныря А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2011 – 412 с.
2. Бржанов Р.Т. Проблемы выбора методов зимнего бетонирования / Вестник ПГУ № 2, 2009 – с. 14-33.
3. Гусаков А.М. Процессы внутреннего массопереноса в бетоне на ранней стадии выдерживания в технологии зимнего бетонирования: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук – Томск, 2006.
4. Дажанов Н.Т., Аруова Л.Б. Тепло- и массообмен при различных технологиях гелиотермообработки железобетона / Вестник МГСУ №4, 2011 – с.288-292.
5. Гендин В.Я., Мягков А.Д., Гончаров Л.С. Кондуктометрический метод исследования массопереноса в стыках для выбора вида и количества противоморозной добавки при замоноличивании в зимних условиях. Тепло- и массоперенос в процессах твердения материалов на основе вяжущих веществ: Сборник статей – Томск: ТГУ, 1985. – 129 с.

ДИАГНОСТИКА ПОГРУЖНЫХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Иванов С.С.

Санкт-Петербургский горный университет

Введение. Установки погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) занимают центральное место среди сложных и энергоемких технических объектов нефтегазового комплекса и применяются для извлечения продукции нефтяных скважин. Отказы в режимах функционирования УЭЦН являются основной причиной незапланированных внутрисменных простоев добывающего фонда скважин, что приводит к значительным материальным потерям.

В настоящее время качество и оперативность принимаемого диагностического решения о состоянии УЭЦН, учитывая большую номенклатуру анализируемых параметров и огромные объемы анализируемой информации о режимах функционирования погружных электроцентробежных насосов, недостаточно велики, что повышает вероятность ошибки оценки его состояния и непринятия оператором соответствующего оперативного решения.

В этой связи актуальной выступает задача разработки новых эффективных методов диагностики состояния УЭЦН нефтедобывающих скважин.

Цель работы. Разработка системы оперативной диагностики частотно-регулируемых электроприводов погружных центробежных насосов.

На начальном этапе исследований были изучены текущие способы диагностики УЭЦН, рассмотрены существующие проблемы их диагностирования. Вследствие чего выявлен ряд основных типовых неисправностей УЭЦН, – механические неисправности, такие как: износ подшипников, защитных втулок вала и ступиц направляющих аппаратов, расцентровка и дисбаланс валов, из-за чего происходит пробой статора нижнего или верхнего оснований. Все это приводит к неисправностям электромагнитного характера: эксцентриситет ротора, ослабление прессовки пакетов стали, обрыв провода или замыкания в обмотке статора и др., влекущие за собой изменение потребляемого тока.

На основании этих данных были поставлены и решены следующие научно-технические задачи:

- проведен сравнительный анализ существующих способов диагностики погружных центробежных насосов;
 - выявлены зависимости между наличием характерных гармоник и соответствующими дефектами погружных центробежных насосов на основе проведения вычислительных и натурных экспериментов;
 - на основе полученных зависимостей разработана методика диагностики УЭЦН.
- Выделяют следующие стратегии обслуживания погружных центробежных насосов:
- по срокам планово-предупредительных ремонтов или по отказам оборудования, что экономически неоправданно и является основной причиной простоя производства;
 - ТОиР «по состоянию», путем применения метода распознавания фактического технического состояния оборудования по совокупности диагностических характеристик, выявления имеющихся или развивающихся дефектов и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ.

Мониторинг состояния и техническое диагностирование неисправностей УЭЦН подразумевает оценку теплового состояния оборудования (термодиагностика), измерения вибрации оборудования (вибродиагностика), моделирование и др. [1].

Термодиагностика основана на том, что в месте проявления дефекта электротехнического оборудования повышается температура и, как следствие, повышается интенсивность инфракрасного излучения, которая регистрируется приборами тепловидения.

Моделирование, включающее этап разработки компьютерной модели погружного электроцентробежного насоса, соединенного с двигателем с помощью датчиков. Дает возможность измерить множество рабочих сигналов насоса, которые применяются для решения уравнения состояния во времени. Данный метод реализуется только с непосредственным до-

ступом к электродвигателю и насосу, то есть не обеспечивает дистанционного диагностирования; невысокая точность; сложность необходимых измерений, что иллюстрирует его невозможность применения для диагностики [2].

Вибродиагностика, при которой регистрируют и анализируют сигналы, порождаемые вибрацией электродвигателя. По полученным данным анализируют форму и амплитуду полученного сигнала и, сравнивая с предельными значениями, оценивают возможность дальнейшей эксплуатации агрегата. Однако требуется установка дополнительных датчиков вибрации на корпусе насоса, и дополнительной линии связи для передачи информации о вибрации насоса, что снижает надежность работы всей диагностической системы, и повышает ее стоимость, ограничивая возможность применения данного метода [1].

Однако подобные методы диагностики применимы далеко не во всех ситуациях, и не дают возможности определить точную причину зарождения процесса неисправности. Диагностику всех приведенных выше видов неисправностей можно точно и своевременно осуществлять на основе спектрального анализа тока статора.

Несмотря на то, что предлагаемый метод спектральной диагностики по электрическим параметрам широко используется во многих отраслях промышленности, в нефтедобыче этому вопросу уделяется мало внимания.

Для выявления зависимостей спектрального состава тока электродвигателя и соответствующих видов неисправностей насоса была разработана математическую модель УЭЦН, включающая модели преобразователя частоты, погружного АД, центробежного насоса и гидравлической системы (нагрузки). Динамические переменные моделей составных частей погружного центробежного насоса находятся в глубокой взаимосвязи между собой и оказывают взаимовлияние друг на друга. Кроме того, УЭЦН имеет развитые механическую и гидравлическую подсистемы, которые значительно влияют на динамику всего комплекса [3].

При проведении исследований диагностировался режим работы УЭЦН с обрывом и замыкание фазы статора АД. На рис. 1 представлен спектр тока двигателя в нормальном режиме и при обрыве одной из фаз. На рис. 2 представлен спектр тока при работе в нормальном режиме и при перекосе одной из фаз.

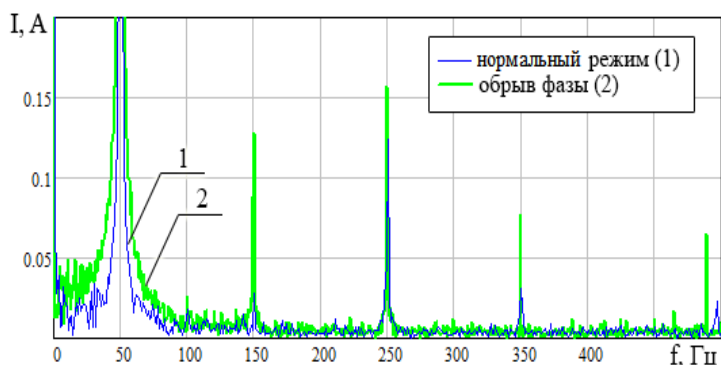


Рисунок 1 – Спектры тока двигателя при работе в нормальном режиме и при обрыве одной из фаз

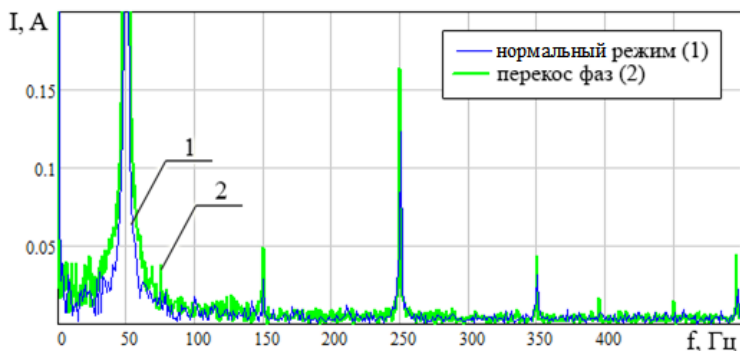


Рисунок 2 – Спектры тока двигателя при работе в нормальном режиме и при перекосе одной из фаз

Анализ полученных графиков на рис. 1 выявил, что обрыв фазы АД приводит к росту гармоник №3 (3 дБ), №5 (1 дБ), №7 (1,7 дБ), а также к появлению пика в районе 490 Гц. Сравнение спектрограмм на рис. 2 выявило, что при перекосе фаз присутствует рост гармоник №3 (1,6 дБ), №5 (1,3 дБ), №7 (1,6 дБ).

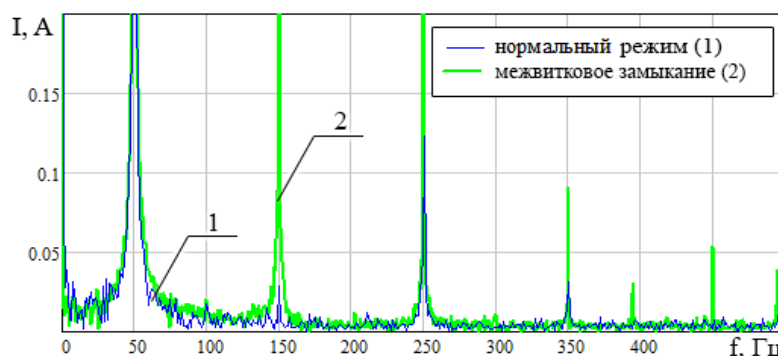


Рисунок 3 – Спектры тока двигателя при его работе в нормальном режиме и при межвитковом замыкании одной из фаз

При межвитковом замыкании (рис. 3) гармоника №3 выросла более чем на 4 дБ. Также резко проявились остальные нечетные гармоники: №5 (1,5 дБ), №7 (2 дБ), №9 (10 дБ). В спектре дополнительно наблюдается проявление 8-ой (400 Гц) и 10-ой (490 Гц) гармоник.

В ходе экспериментальных исследований получены спектрограммы токов при нормальном режиме работы (рис. 4), а также при износе радиальных подшипников (рис. 5).

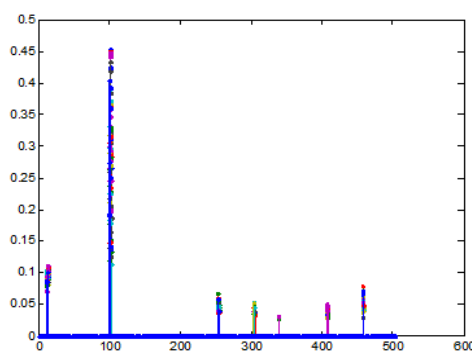


Рисунок 4 – Спектральный состав тока исправной установки

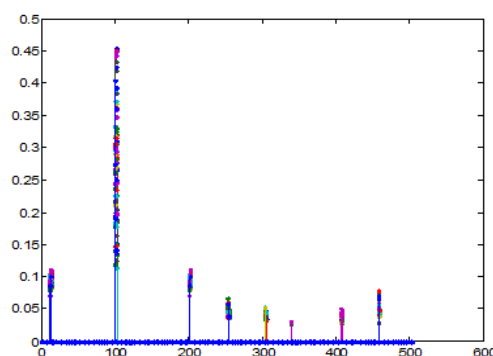


Рисунок 5 – Спектральный состав тока при износе радиальных подшипников насоса

Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что износ радиальных подшипников насоса ведет к возникновению дополнительной гармоники на частоте 200 Гц, которая в два раза превышает частоту вращения вала электродвигателя насоса.

Вывод. Проведенный сравнительный анализ существующих способов диагностики УЭЦН, показал, что наиболее достоверным способом диагностики является метод на основе

спектрального анализа тока статора. Определены зависимости между наличием характерных гармоник и определенными видами неисправностей УЭЦН. Результаты экспериментов для одного и того же режима отличаются не более чем на 5%. Анализ полученных спектров показал различия между режимами работы АД, что позволяет диагностировать на начальных стадиях появления неисправности в работе УЭЦН.

Список использованных источников

1. John Chiasson. Modelling and high-performance control of electric machines. – NJ.: John Wiley & Sons, 2005. – 734 p.
2. Петухов В.С. Диагностика электродвигателей / В.С. Петухов // Новости электротехники. – 2008. – №1(49). – С. 11-19.
- 3 Чертов Р.А. Математическое моделирование электротехнического комплекса установки электроцентробежных насосов: дис., канд. техн. наук / Р.А. Чертов. – М.: 2006. – 136с.

УДК 621.867.212.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО СО ДНА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Изюмова Е.А.

Научный руководитель: Труфанова И.С., к.т.н.

Санкт-Петербургский горный университет

Важным залогом обеспечения устойчивого функционирования и развития горнодобывающего предприятия служит стабильная и эффективная система транспортировки минерального сырья. В составе полных затрат по добыче и переработке полезного ископаемого, затраты на транспорт являются одной из наиболее существенных составляющих. Так на открытых горных работах затраты на транспорт могут достигать до 40–50% в себестоимости добычи полезного ископаемого. Такая существенная роль доказывает необходимость обоснования использования наиболее эффективной системы транспортирования.

В своей работе я рассмотрела два способа повышения эффективности транспортирования полезного ископаемого со дна глубоких карьеров:

1. с использованием комбинированных транспортных систем;
2. с использованием крутонаклонных конвейеров.

1. С использованием комбинированных транспортных систем. Комбинированный транспорт предполагает участие в одном грузопотоке от забоя до пункта конечной разгрузки не менее двух видов карьерного транспорта. Применение комбинированного транспорта позволяет снизить затраты на транспортирование горной массы, улучшить технико-экономические показатели смежных производственных процессов, перераспределить во времени объемы горных работ и т.д.

Уменьшение общих затрат на перевозки при расстоянии между перегрузочным и разгрузочным пунктами более 3-3,5 км может быть достигнуто комбинацией автомобильного и железнодорожного транспорта. При комбинированном использовании этих видов транспорта улучшаются условия эксплуатации железнодорожного транспорта, который в этом случае работает в основном на постоянных путях с большой скоростью движения. Время погрузки составов и обмена поездов на перегрузочном пункте меньше, чем в забое, ввиду близкого расположения погрузочного и обменного пунктов.

Сокращение длины подъема (спуска) горной массы из карьера достигается применением конвейеров или специальных видов транспорта: канатных подъемников, гравитационного, гидравлического транспорта, канатно-подвесных дорог и др., выполняющих функции только второго или третьего звеньев.

Конвейерные подъемники, используемые в комбинации с автомобильным или железнодорожным транспортом для перемещения взорванных пород, отличаются от наклонных конвейеров, предназначенных для транспортирования таких пород, наличием перегрузочных пунктов.

II. С использованием крутонаклонных конвейеров. Открытые горные работы характеризуются непрерывным ростом глубины карьеров и усложнением горно-эксплуатационных условий. При таких условиях происходит резкое увеличение длины транспортных коммуникаций, резкое ухудшение условий проветривания карьерной атмосферы, растут затраты на транспорт (до 50-80% от общей величины затрат), возрастают убытки от простоев по фактору запыленности и загазованности. В связи с этим применение автотранспорта должно быть ограничено. Стремятся перейти к поточной или циклично-поточной технологии с дроблением горной массы забойными дробилками и последующей ее выдаче с использованием крутонаклонных конвейеров.

Грузонесущим органом крутонаклонного конвейера во многих конструкциях является конвейерная лента часто специальная (не гладкая) или со специальными дополнительными приспособлениями.

В настоящее время в мире применяются следующие виды крутонаклонных ленточных конвейеров:

1. с рифленой лентой (крутонаклонные конвейеры с рифлёными лентами обеспечивают транспортирование мелко- и среднекусовых грузов при углах наклона 22-25°, при этом обратная ветвь конвейера движется по обычным ролико-опорам);

2. с открытой подвесной лентой (конвейер с подвесной лентой включает опорную раму с закрепленными на ней по обе стороны конвейера замкнутыми направляющими, огибающими приводной и концевой барабаны, и конвейерную ленту);

3. с закрывающейся подвесной лентой (конвейер представляет собой ленточный конвейер, в края ленты которого завулканизированы тросы. Края ленты с тросами имеют каждый свой профиль, и при складывании ленты вдвое образуют своеобразный замок. А лента образует каплевидную форму. Конструкция ленты позволяет выполнять изменение траектории с радиусом менее одного метра);

4. с перегородками и гофрированными бортами (ленты с поперечными перегородками и гофрированными бортами применяются на конвейерах, установленных под углами 40-60°);

5. с трубчатой лентой (в зоне загрузки лента имеет форму желоба, как и у обычных конвейеров. За узлом загрузки с помощью специальных роликоопорных узлов лента сворачивается по длине в трубу с краями, укладываемымися внахлест. Транспортируемый материал полностью помещается внутри этой трубы. При подходе к головной станции лента распрямляется обратно в обычный желоб с 3-роликовыми опорами и сгружает материал на приводном барабане, проходя его уже полностью распрямленной);

6. с прижимной лентой (крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой обеспечивают транспортирование мелко- и среднекусовых грузов).

Применение описанных способов помогает повысить эффективность транспортирования полезного ископаемого со дна сыпучих карьеров.

УДК 621.771.011

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ЗАПОЛНЯЕМОСТЬ МАТРИЧНОЙ ПОЛОСТИ ПРИ ХОЛОДНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС СФЕРОДВИЖНОЙ ШТАМПОВКОЙ В ДВА ПЕРЕХОДА

¹Качанов И.В., ²Кудин М.В., ¹Ленкевич С.А., ¹Шаталов И.М., ¹Быков К.Ю.

¹ Белорусский национальный технический университет

² Белорусская государственная академия авиации

Традиционно технология изготовления деталей состоит из двух основных этапов – это получение заготовки и последующая ее механическая обработка. Серийность производства, размеры и материал детали определяют способ обработки. Экономическая эффективность, в частности минимизация стоимости производства без потери эксплуатационных свойств изделия является основным фактором развития и успешного функционирования современного предприятия. Наибо-

лее перспективным вариантом получения заготовки в серийном производстве является обработка металлов давлением в холодном состоянии, которая позволяет максимально приблизить форму и размеры заготовки к готовой детали, а за частую, повысить и ее рабочие характеристики. Однако такой способ требует использования оборудования большой мощности. В этой связи приобретают актуальность способы с локальным нагружением заготовки с перемещающимся очагом деформации. Одним из таких способов обработки является сферодвижная штамповка.

Экспериментальные исследования, процесса производства конического зубчатого колеса, проводились на прессе швейцарской фирмы "Heinrich Schmid Maschinen- und Werkzeugbau AG" ("SCHMID") модели T300. Пресс модели T300 является модульным гидравлическим прессом для сферодвижной штамповки. Максимальное усилие, развиваемое прессом, составляет 4000 кН, максимальная частота качения – 700 об/мин, регулировка угла качения составляет 0-2°.

Скорость подачи и величину колебательных движений задавали на панели управления и истинность вводимых параметров контролировали с помощью виброанализатора СД-21. С помощью входящих в комплект виброанализатора датчиков проводились исследования перемещения ползуна прессы и колебательного движения сферодвижной головки (пуансона).

Первый переход штамповки выполнялся на заготовках, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1 – Исходная заготовка для экспериментальных исследований

Технологические параметры, при которых осуществлялась сферодвижная штамповка конического зубчатого колеса на первом переходе с постоянной скоростью деформации v представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические параметры 1 перехода при $v=\text{const}$

№ п/п	Скорость деформации v , мм/с	Угол обкатки γ , град	Частота обкатки n , об/мин	Подача на один оборот s , мм/об	Максимальное усилие штамповки P , кН
1	10	1	300	0,64	3300
2	10	1	400	0,48	2810
3	10	1	500	0,38	2790
4	10	1	600	0,32	1680

Ранее было установлено, что при увеличении частоты вращения происходит возрастание амплитуды и уменьшение периода колебаний по определенному закону и с возрастанием числа обкатывающих движений создается наиболее благоприятный режим деформирования. Данный вывод подтверждают результаты из таблицы 1, из которых видно, что увеличение частоты обкатывающих движений ведет к снижению максимального усилия штамповки.

В таблице 2 представлены технологические параметры при которых осуществлялась сферодвижная штамповка конического зубчатого колеса на первом переходе с различной скоростью деформации при постоянной частоте обкатки $n=\text{const}$.

Таблица 2 – Технологические параметры 1 перехода при $n=\text{const}$

№ п/п	Скорость деформации v , мм/с	Угол об- катки γ , град	Частота об- катки n , об/мин	Подача на один оборот s , мм/об	Максимальное усилие штамповки P , кН
1	9	1	600	0,28	1660
2	6,3	1	600	0,20	1655
3	2,7	1	600	0,09	1600
4	1,7	1	600	0,054	1600

Из таблицы 2 видно, что в определенный момент уменьшение подачи неэффективно и ведет к снижению производительности без снижения технологического усилия.

Поковки 1 перехода независимо от рассмотренных технологических режимов получили полное формообразование зубчатого венца.

Аналогично 1 переходу технологические параметры вводились и для 2 перехода. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Технологические параметры 2 перехода при $v=\text{const}$

№ п/п	Скорость деформации v , мм/с	Угол об- катки γ , град	Частота об- катки n , об/мин	Подача на один оборот s , мм/об	Максимальное усилие штам- повки P , кН
1	10	1	300	0,64	3870
2	10	1	400	0,48	3650
3	10	1	500	0,38	3600
4	10	1	600	0,32	3300

Таблица 4 – Технологические параметры 2 перехода при $n=\text{const}$

№ п/п	Скорость деформации v , мм/с	Угол об- катки γ , град	Частота об- катки n , об/мин	Подача на один оборот s , мм/об	Максимальное усилие штампов- ки P , кН
1	9	1	600	0,28	3200
2	6,3	1	600	0,20	3100
3	2,7	1	600	0,09	3000
4	1,7	1	600	0,054	2950

Полученные результаты показали аналогичные зависимости, как и для 1 перехода. Однако на полученных поковках 2 перехода наблюдалось некоторое недозаполнение зуба у его вершины (рисунок 2), что свидетельствует о наличии застойных зон при пластическом течении.

Места недозаполнения зуба



Рисунок 2 – Внешний вид зубчатого венца на 2 переходе штамповки

Такое же явление демонстрировали ранее построенные компьютерные модели. Таким образом, корректировки требуют не только технологические параметры, но и геометрия исходной заготовки.

Экспериментальные данные, полученные с помощью виброанализатора СД – 21 для установления влияния скорости деформирования представлены на рисунках 3 и 4.

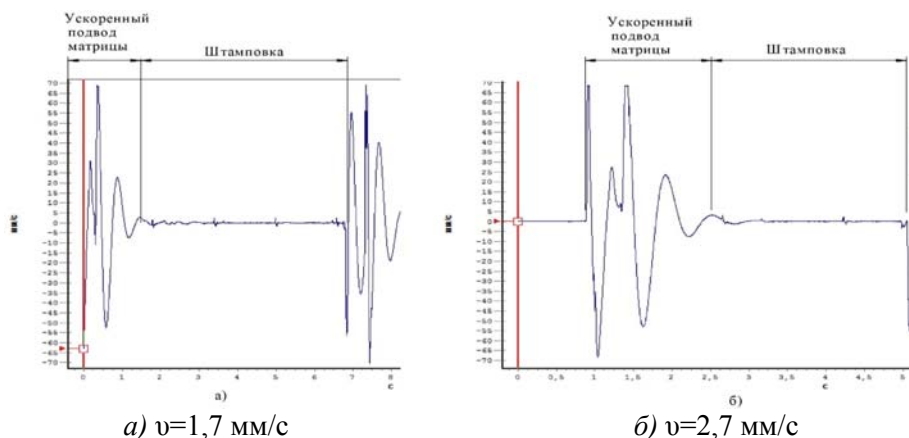


Рисунок 3 – Характер осевого перемещения при скорости деформирования

Из графиков на рисунках 3 видно, что при скоростях деформирования $v=1, 7$ мм/с и $v=2, 7$ мм/с процесс штамповки протекает равномерно.

Из графиков на рисунке 4 наблюдаются волны возмущений, амплитуда которых возрастает по мере увеличения скорости деформирования, что может вести как к проскальзыванию пуансона по заготовке, так и создавать крутящий момент на заготовке. Такие явления ведут к ухудшению поверхности, неравномерному пластическому течению и дополнительной нагрузке на инструмент.

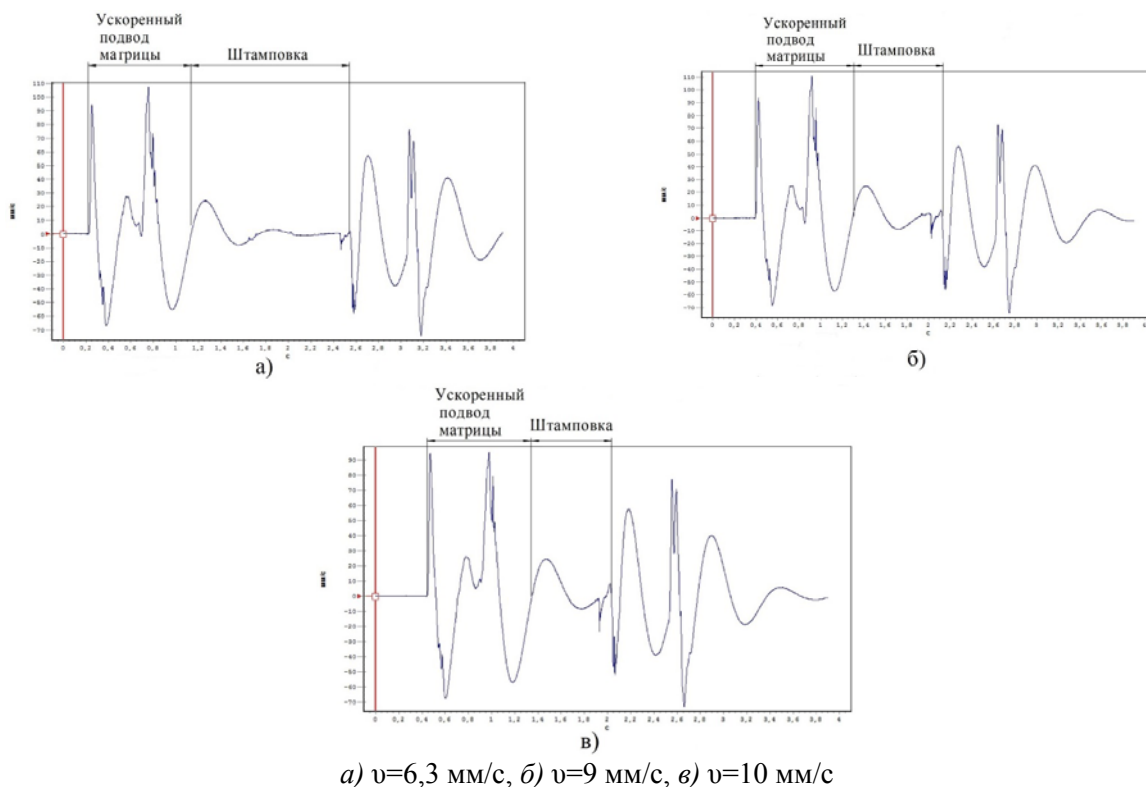


Рисунок 4 – Характер осевого перемещения при скорости деформирования

Сравнивая результаты экспериментальных исследований для 1 и 2 перехода штамповки можно сделать вывод, что наиболее эффективный технологический режим при сферодвижной штамповке конического зубчатого колеса создается при скоростях деформирования в пределах $v=3-5$ мм/с и частоте обкатки 600 об/мин.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Кексин А.И., Дроботухин В.К.

Санкт-Петербургский горный университет

Важнейшей проблемой технологии машиностроения является повышение качества поверхностного слоя изготавливаемого изделия. Особое значение в этом вопросе приобретают изделия со сложнопрофильными поверхностями, процесс изготовления которых осложняется их криволинейной пространственной формой [3]. К числу сложнопрофильных изделий относят режущие инструменты, в частности метчики. Состояние поверхностного слоя контактных поверхностей зубьев метчика определяет не только работоспособность данного инструмента, но и формируемое посредством его качество боковых сторон внутреннего резьбового профиля [3].

Из теории и практики машиностроения известно, что формирование резьбового профиля осуществляется путем копирования на изделии формы режущих зубьев, качественные характеристики и дефекты которых автоматически переносятся с поверхностей зубьев на поверхность изготавливаемого изделия [1]. Определяющую роль в этом процессе играет режущая кромка и зона, близкая к ней [3], так как она является наиболее нагруженной частью клиновидной формы зуба. Данный факт подтверждается тем, что отказы инструментов на предприятиях за счет дефектов кромки происходят в 95% от всех случаев отказов. В связи с этим повышение качества поверхностного слоя режущих кромок инструмента (метчика) является актуальной научно-технической задачей современного машиностроения.

В настоящее время режущие кромки инструмента после заточки желательно подвергать дополнительной финишной обработке [1]. Анализ существующих отделочных операций режущих инструментов показал, что наиболее эффективным процессом для реализации таких задач является магнитно-абразивная обработка (МАО). Магнитно-абразивная обработка (рисунки 1) заключается в том, что порошковая ферромагнитная абразивная масса, уплотненная энергией магнитного поля, осуществляет абразивное воздействие на обрабатываемую заготовку [2, 3], при этом последней придают необходимые для обработки движения – вращательное, осциллирующее и возвратно-поступательное.

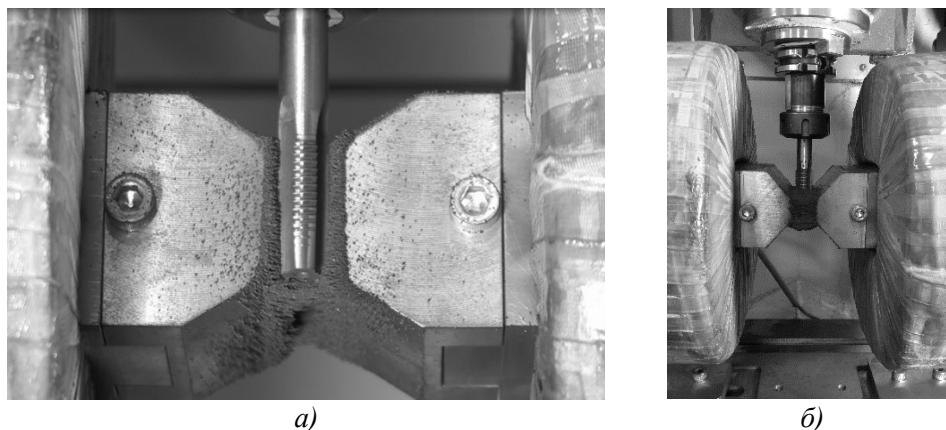


Рисунок 1 – Магнитно-абразивная обработка метчика (а) и устройство (б)

С целью решения вышеизложенной проблемы по повышению качества поверхностного слоя режущих кромок инструмента (метчика) на кафедре машиностроения Санкт-Петербургского горного университета были проведены исследования по магнитно-абразивной подготовке метчиков, которая осуществлялось на специально разработанной установке, расположенной в лаборатории станков с ЧПУ. Устройство для МАП базировалось

на фрезерном станке с ЧПУ, который позволяет обеспечить процесс обработки всеми необходимыми рабочими движениями.

В качестве экспериментальных образцов были взяты метчики М16х2 из быстрорежущей стали Р6М5. Для формирования магнитно-абразивной щетки в рабочей зоне электромагнитной системы использовался порошок на основе карбида титана и железа (TiC+Fe). Варьируемыми параметрами являлись технологические факторы МАО: зернистость порошка $\Delta = 160 \dots 315$ мкм; магнитная индукция $B = 0,6 \dots 1,0$ Тл; время полирования $t = 60 \dots 210$ сек. Контролируемыми параметрами – радиус скругления режущих кромок ρ , мкм; шероховатость и микротвердость режущих кромок Ra , мкм и Hv , кгс/мм².

В результате проведенных экспериментальных исследований по магнитно-абразивной подготовке метчиков установлено, что в исследуемом диапазоне технологических факторов процесса МАО радиус скругления режущих кромок изменяется в пределах $\rho = 26 \dots 64$ мкм, шероховатость – $Ra = 0,09 \dots 0,061$ мкм, микротвердость – $Hv = 766 \dots 1505$ кгс/мм² [3]. Применение МАО для подготовки метчиков позволяет за сравнительно небольшое время ($t = 60 \div 210$ с) удалять предшествующий дефектный слой и формировать новый – упрочненный, скруглять до необходимых пределов режущие кромки, а также снижать шероховатость контактных поверхностей режущих зубьев. В качестве примера на рисунке 2 представлены снимки контактных поверхностей зубьев метчика до и после магнитно-абразивной обработки.

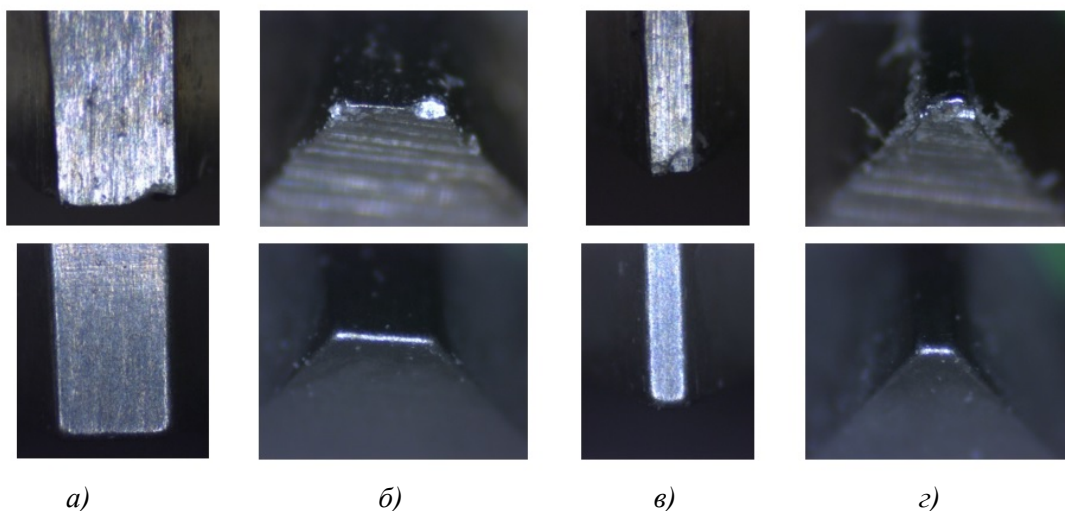


Рисунок 2 – Зубья метчика до (верхний ряд) и после (нижний ряд) магнитно-абразивной обработки: а-б) 4-й зуб на заборном участке; в-г) 6-й зуб на калибрующем участке

После подготовки метчиков при различных технологических факторах процесса МАО производились исследования по нарезанию внутренней резьбы, которые происходили на токарном-винторезном станке модели Trens SN 32/750 в производственных условиях. Обработка осуществлялась в заготовках из коррозионно-стойкого материала (толщина металла 40 мм) марки 08Х18Н10Т. Проведенные исследования по изготовлению внутренних резьбовых поверхностей в заготовках из коррозионно-стойкой стали показали, что шероховатость внутренней резьбы в результате ее изготовления метчиком, предварительно не подвергнутым МАО, получается $Ra = 1,77$ мкм, а при изготовлении метчиками, предварительно обработанными МАО – $Ra = 0,73 \dots 1,42$ мкм (в зависимости от технологических факторов МАО) [2].

Таким образом, технология магнитно-абразивной обработки улучшает состояние контактных поверхностей зубьев режущего инструмента, что способствует в дальнейшем при изготовлении таким инструментом изделий машиностроительного комплекса повышать их качественные характеристики и эксплуатационные свойства.

Список использованных источников

1. Барон Ю.М. Влияние состояния кромок лезвий на эффективность режущих инструментов // Инструмент и технологии, 1997. – Вып. 5. – С. 1-11.
2. Olt J. J., Maksarov V.V., Keksin A.I. Internal thread cutting process improvement based on cutting tools treatment by composite powders in a magnetic field / Journal of silicate based and composite materials. – №4. – Vol. 70. – No. 4. – 2018. – Pp. 128-131.
3. Maksarov V.V., Keksin A.I. Technology of magnetic-abrasive finishing of geometrically-complex products / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – № 4. – Т. 327. – 2018. – Pp. 42-45.

УДК 621.386.223

РАЗРАБОТКА МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

Козлов Е.А.

Рязанский государственный радиотехнический университет

В настоящее время наблюдается отчетливая тенденция возрастания доли микрофокусных трубок на рынке рентгеновского оборудования. Такая тенденция связана с использованием методов рентгеновской микроскопии, в частности компьютерной микротомографии, при производстве компонентов микроэлектроники, изделий автомобильной и аэрокосмической промышленности.

Микрофокусные рентгеновские трубки (МРТ) обладают целым рядом преимуществ по сравнению с макрофокусными, а именно: высокая локальность воздействия на исследуемый объект, снижение дозы облучения смежных с объектом областей, лучшее качество теневых изображений при одинаковой дозе облучения и получения увеличенных рентгеновских изображений.

К классу микрофокусных относятся трубки с размером фокусного пятна менее 100 мкм, а показатели мощности варьируются от нескольких единиц до десятков Вт. Говоря о совершенствовании параметров МРТ, стремятся увеличить мощность рентгеновской трубки и уменьшить размер фокусного пятна. Совместить два данных фактора в МРТ практически невозможно, так как верхний предел мощности, рассеиваемой на аноде МРТ, невелик и не превышает 1 Вт на 1 мкм². Поэтому необходимо искать новые пути решения данной проблемы.

Часть исследований направлена на применение многослойных твердотельных структур, с целью рассеивания больших тепловых мощностей. Другая часть исследований направлена на использование алмаза, обладающего большой теплопроводностью, в качестве подложки для нанесения мишени. Проводятся исследования по поиску не традиционных конструктивных исполнений анодов МРТ. Одним из таких является МРТ с жидкометаллическим анодом [1]. В данной работе предлагается конструкция МРТ, в которой классический прострельный анод заменен тепловой трубой [2], способная отводить из локальной области нагрева тепловые мощности, оцениваемые в кВт [3].

Техническая реализация анода МРТ на основе тепловой трубы [2] кроет в себе следующую идею (рисунок 1). Тепловая труба 1 объединяет в себе мишень 2, выходное окно для излучения 3 и подложку 8. Пучок электронов 6 воздействует на мишень, генерируя рентгеновское излучение 7, одновременно разогревая область 4. По средствам теплопроводности материала мишени тепловая мощность передается в теплоноситель – подложку анода 8, разогревая его до температуры испарения. Теплоноситель испаряясь, уносит с собой тепловую мощность по средствам молекулярного механизма переноса кинетической и колебательной энергии хаотического движения частиц испарителя. Пар 9 доходит до выходного окна 3, конденсируется, и через зоны теплообмена 5 отдает тепло в окружающую среду. По средствам сил тяжести конденсат 10 стекает обратно к области испарения, тем самым завершая цикл переноса тепловой мощности от мишени в окружающую среду.

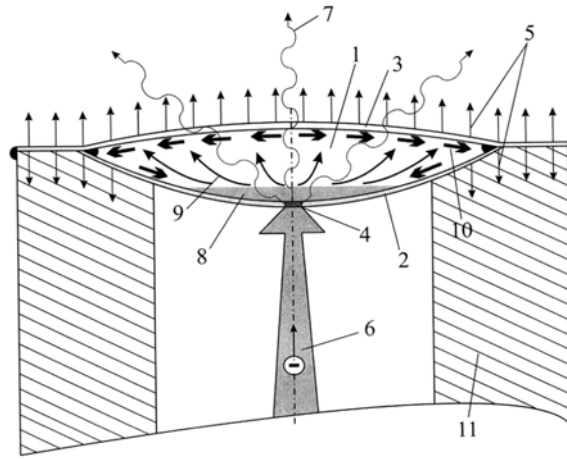


Рисунок 1 – Анод МРТ выполненный в виде тепловой трубы: 1 – тепловая труба (анод), 2 – область испарения (мишень анода), 3 – область конденсации (выходное окно анода), 4 – область выделения тепла, 5 – зона теплообмена, 6 – пучок электронов, 7 – рентгеновские кванты, 8 – теплоноситель (подложка анода), 9 – пар, 10 – конденсат, 11 – корпус анода

Для оценки эффективности рассеивания тепла анодом тепловая труба рассмотрим математическую модель составного анода выполненного в виде прямого цилиндра (рисунок 2).

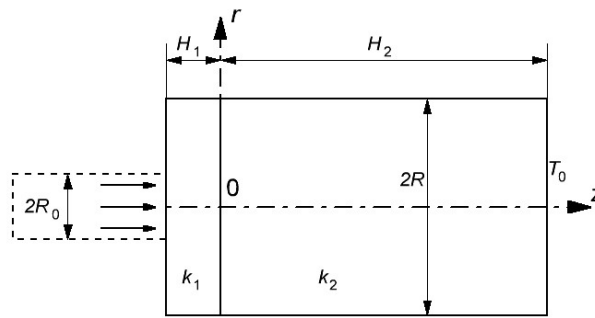


Рисунок 2 – Математическая модель конструкции составного анода

В работах [4,5] решена задача нагрева составного анода электронным лучом, диаметр фокального пятна которого составляет $2R_0$. Анод представляет собой массивную цилиндрическую подложку диаметром $2R$ и высотой H_2 из металла с хорошей теплопроводностью k_2 (медь или бериллий), с нанесенным на его основание слоя тугоплавкого металла (вольфрам) толщиной H_1 и теплопроводностью k_1 , являющегося мишенью.

Для рассматриваемой модели анода получено выражение для температуры на поверхности мишени в фокусе [4]:

$$T = T_0 + \frac{P}{\pi R^2} \left(\frac{H_1}{k_1} + \frac{H_2}{k_2} \right) + \frac{P}{R_0 k_1} \sum_{n=1}^{\infty} L_n \frac{J_1 \left(\mu_n \frac{R_0}{R} \right)}{\mu_n}, \quad (1)$$

$$\text{где } L_n = \frac{\frac{k_1}{k_2} \tan \left(\mu_n \frac{H_2}{R} \right) + \tan \left(\mu_n \frac{H_1}{R} \right)}{\frac{k_1}{k_2} \tan \left(\mu_n \frac{H_2}{R} \right) \cdot \tan \left(\mu_n \frac{H_1}{R} \right) + 1}, \quad J_1(x) - \text{функция Бесселя первого рода,}$$

μ_n – корни функции $J_1(x) = 0$, $n = 1, 2, 3 \dots$ – порядковый номер корня, P – мощность электронного потока на поверхности анода.

Соотношение (1) позволяет произвести оценку мощности рассеиваемой анодом «тепловая труба» в приближения эквивалентной теплопроводности. «Эквивалентная теплопроводность» понятие, которое показывает эффективность использования тепловых труб. В общем случае эквивалентная теплопроводность тепловых труб достигает порядка $10^4 \frac{Вт}{м \cdot К}$, что пре-

вышает на несколько порядков теплопроводность серебра и меди [3]. Приближение эквивалентной теплопроводности не является точным, но позволит качественно оценить порядок величины рассеиваемой мощности анодом тепловая труба. Таким образом, получаем, что подложка с теплопроводностью k_2 в модели анода тепловая труба является областью со сверх большой теплопроводностью, такой что $k_2 \gg k_1$. Тогда соотношение (1) преобразуется к виду:

$$T = T_0 + \frac{P}{k_1} \left(\frac{H_1}{\pi R^2} + \frac{1}{R_0} \sum_{n=1}^{\infty} M_n \frac{J_1 \left(\mu_n \frac{R_0}{R} \right)}{\mu_n} \right), \quad (2)$$

где $M_n = \tan(\mu_n \frac{H_1}{R})$.

Корректность полученного соотношения (2) подтверждается совпадением результатов вычислений, проводимых в соответствии с соотношением (1), для толстых мишеней $h_1 \geq мм$, когда влияние подложки незначительно. Поскольку необходимо определить номинальную мощность МРТ с анодом тепловая труба исходя из (2) получаем:

$$P_{\max} = \frac{k_1 (T - T_0)}{\frac{H_1}{\pi R^2} + \frac{1}{R_0} \sum_{n=1}^{\infty} M_n \frac{J_1 \left(\mu_n \frac{R_0}{R} \right)}{\mu_n}}, \quad (3)$$

В формуле (3) мощность выражается в $Вт$, теплопроводность в $\frac{Вт}{см \cdot К}$, а расстояния и радиусы в $см$. Важно отметить, что величина T ограничена предельно допустимой температурой мишени, т.е. температурой при которой происходит её разрушение вследствие теплового воздействия. Используя (3) рассчитаем предельно рассеиваемую мощность анодом тепловая труба, полагая, что мишень вольфрамовая с максимально допустимой температурой $T = 1600^\circ C$ и температурой окружающей среды $T_0 = 20^\circ C$. В результате расчетов получены зависимости величины рассеиваемой мощности от толщины мишени для двух значений диаметра фокусного пятна (рисунок 3). Линии (а) и (в) обозначают уровни максимальной мощности рассеиваемой стандартным анодом прострельного типа для МРТ [6].

Анализируя полученные данные можно сделать вывод о том, что при толщине мишени более 0,5 мм величина рассеиваемой мощности определяется тепловым сопротивлением вольфрама, и тепловая труба не обеспечивает отвод тепла от мишени. Предельная тепловая мощность будет лишь незначительно превышать величину рассеиваемой мощности стандартным анодом прострельного типа. Эффект действия анода тепловая труба наблюдается при толщине мишени менее 10 мкм.

В результате работы была получена модель анода тепловая труба для МРТ прострельного типа. В ходе расчета удалось оценить величину рассеиваемой мощности таким анодом. Из представленного графика отчетливо видно, что для мишени толщиной 1 мкм и меньше, величина мощности МРТ, при размерах фокусного пятна 30 мкм, может достигать сотни $Вт$. Данный факт говорит о том, что МРТ с анодом тепловая труба является уникальным классом приборов микрофокусной рентгеновской техники с огромным потенциалом промышленного производства.

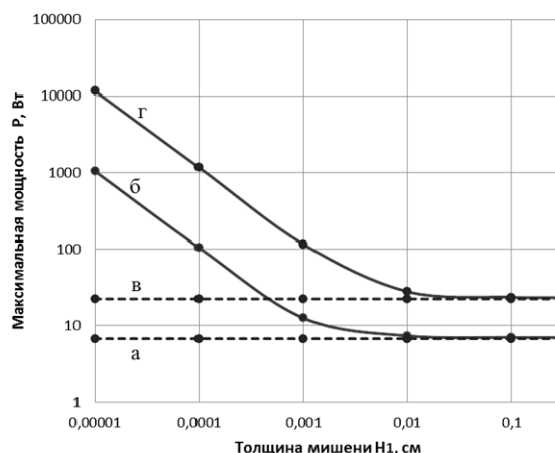


Рисунок 3 – Предельная мощность, рассеиваемая мишенью анода тепловая труба:
 $\delta - 2R_0 = 30$ мкм, $\varepsilon - 2R_0 = 100$ мкм. Уровни предельной мощности, рассеиваемой
стандартным составным анодом прострельного типа: $a - 2R_0 = 30$ мкм, $b - 2R_0 = 100$ мкм

Список использованных источников

1. O. Hemberg, M. Otendal, and H.M. Hertz. Liquid-metal-jet anode electron-impact x-ray source // Applied Physics Letters. – 2003. – vol .83, No. 7. – P. 1483-1485.
2. Пат. 2653508 РФ, МПК А61L2/00. Микрофокусная рентгеновская трубка прострельного типа с высоким уровнем рассеиваемой на аноде мощности / А. А. Трубицын; заявитель и патентообладатель Рязанский государственный радиотехнический университет. - № 2017118897; заявл. 30.05.17; опубл. 10.05.18, www.fips.ru.
3. P.D. Dunn, D.A. Reay. Heat pipes. Oxford, New York, Toronto, Syd-ney, Paris, Braunschweig: Pergamon Press, 1976. – 299 p.
4. Хараджа Ф.Н. Общий курс рентгентехники / Ф.Н. Хараджа. – Ленинград: Издательство «Энергия», 1966. – 568 с.
5. Иванов С.А. Рентгеновские трубки технического назначения / С.А. Иванов, Г.А. Щукин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 200 с.: ил.
6. Подымский А.А. Мощные рентгеновские трубки для проекционной рентгенографии: дис. канд. техн. наук / А.А. Подымский. Санкт-Петербург, 2016. – 148 с.

УДК 621.65.03

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКИХ НАСОСОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ТАНКЕРАХ

Колобова З.А.

Научный руководитель: Васильева М.А., доцент
Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация: Статья посвящена перспективам применения перистальтических насосов при транспортировании сильно сгущенных субстанций и тяжелой нефти. В публикации рассматриваются основные аспекты применения подобных насосов.

Ключевые слова: Перистальтические насосы, нефть, танкер, морской транспорт.

Нефть и продукты её переработки транспортируются в том числе и по морю – с помощью специальных кораблей, которые входят в категорию танкеров. Нефтеналивные суда – это настоящие монстры коммерческого флота, получившие статус мировых рекорсменов по своим габаритам и грузоподъемности.

Особенности конструкции танкеров. На современном этапе судостроения нефтяной танкер представляет собой судно однопалубного типа со встроенными резервуарами (танками), способное перевозить сотни тысяч тонн груза. Первый в мире нефтеналивной самоход-

ный танкер «Зороастр» имел гораздо более скромные характеристики и мог транспортировать максимум 250 тонн сырья.

Грузовые помещения занимают до 70% длины корабля. Количество дополнительных продольных переборок в секторе танков достигает двух-трёх единиц. Переборки устанавливаются во избежание перетекания груза. В настоящее время все танкеры грузоподъёмностью более тысячи тонн оснащены подогревателями для нефти высокой вязкости или застывающего сырья, работающими на пару, электричестве или на теплоте газов от двигателей корабля [1].

Проблема, возникающая при эксплуатации морского транспорта. Во время слива и очистки танков нефтяных танкеров основной насос не в состоянии выкачать последние 50-60 литров (11–13 гал) жидкости, поэтому одной из трудоёмких работ является зачистка грузовых танков. Без помощи вспомогательного оборудования танк приходится чистить вручную, а это очень опасная и, требующая много времени, работа, особенно, если речь идет о воспламеняемых жидкостях и газах [2]. Для безопасной и эффективной очистки танков необходимо использовать специальное оборудование. Под зачисткой грузовых танков понимают процесс удаления с днища, стенок и набора слоя нефтеостатков после того, как слит основной груз. После выгрузки нефтепродуктов в танках остается около 1% груза. Мойку (зачистку) грузовых танков можно разделить на два вида. Первый применяется в теплое время года, когда судно находится «на воде» и готовится к докованию и отстою, основным способом промывки является химико-механизированный способ. Такой способ мойки танков должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечению хорошего качества отмыва и сокращению его сроков;
- снижению времени нахождения судна под очисткой, исключению слива нефтепродуктов в море.

Второй вид применяется и в теплое до 0°C и в холодное время года до -20°C в основном при подготовке судна к ремонту, обычно это происходит, когда судно находится на стапелях верфи производящей ремонт. Основным способом промывки также является химико-механизированный способ, но так как оборудование судна находится в законсервированном состоянии, то для проведения очистки требуются дополнительное техническое оборудование. Зачистка танков от остатков высоковязких нефтепродуктов производится по этапам:

1. *разогрев технологического остатка нефтепродукта в танке:* для удаления остатка вязкого нефтепродукта проводится его разжижение острым паром;

2. *удаление технологического остатка нефтепродукта:* разогретый остаток совместно с водой откачивается насосом в выделенную ёмкость;

3. *дегазация танка:* снижение содержания паров нефтепродукта осуществляется естественной, принудительной вентиляцией и пропариванием танка. Естественная вентиляция проводится при открытых люках-лазах и верхних вентиляционных люках до достижения условий для пребывания работников внутри танка. Принудительная производится с помощью промышленных вентиляторов. Для установления условий для пребывания работников внутри танка, производится контроль концентрации паров нефтепродуктов;

4. *зачистка внутренних поверхностей танка:* после достижения условий для пребывания работников внутри резервуаров производится зачистка и протирка внутренних поверхностей стенки и днища резервуаров до требуемой чистоты;

5. *вывоз продуктов очистки:* после зачистки внутренних поверхностей стенки и днища танка, остатки продуктов очистки вывозятся для дальнейшей их утилизации;

6. *утилизация продуктов очистки:* продукты очистки танков вывозятся для утилизации в специальные накопители, в соответствии с действующими Правилами [3].

С проблемой очищения резервуаров от нефти справляется перистальтический насос.

Перистальтический насос. Принцип действия. Виды. Модернизация. Перистальтический насос – насос объемного типа, принцип действия которого основан на том, что выжимные элементы пережимают рабочий орган насоса и, таким образом, проталкивают жидкость впереди по направлению к выходному отверстию насоса. В качестве рабочего органа используют упру-

гую трубку или шланг. Принцип действия работы насоса перистальтического типа заключается в том, что при обегании роликами эластичного шланга в нем создается разрежение. Жидкость заполняет полость шланга. Ролики последовательно отсекают порции жидкости и перемещают их по направлению вращения. В общем случае производительность насоса q определяется сечением шланга S и скоростью v перемещения ролика по шлангу $q=Sv$ [4].

Принципиальным преимуществом перистальтических насосов по сравнению с другими видами насосов является абсолютная герметичность рабочей полости от окружающей среды, простота конструкции, в том числе исполнение гидравлического тракта, надёжность, возможность дозирования загрязнённых и вязких жидкостей. Перистальтические насосы могут работать при давлении вплоть до 1,6 МПа и обеспечивать подачу до 80 м³/ч. В зависимости от конструкции, различают перистальтические насосы с линейным, дуговым, U-образным и спиральным расположениями рабочего органа. В качестве выжимных элементов обычно используют несколько роликов. Возможно также применение толкателей, сжимающих рабочий орган в одном и том же месте в поперечном направлении; такой перистальтический насос обычно называют насосом линейного типа. Впервые перистальтический насос был запатентован Юджином Алленом в 1881 году и был предназначен для переливания крови. Широкое распространение перистальтические насосы получили благодаря развитию кардиохирургии в 1930-х годах. В дальнейшем перистальтические насосы стремительно развивались и к настоящему времени они все чаще заменяют более дорогие и сложные насосные установки. Они получили широкое применение в области медицины, а также для перекачки печатных красок и красящих веществ, суспензий горной промышленности, смесей сточных вод, отбеливающих веществ, пищи, напитков и других веществ [5].

В последние годы перистальтические насосы стали более популярны для откачки тяжелой нефти из резервуаров. Перистальтические насосы имеют самую низкую стоимость жизненного цикла. Недавние усовершенствования конструкции и достижения в разработке материалов трубок расширяют диапазон применения данной технологии еще дальше. Сегодня перистальтические насосы предназначены для круглосуточной работы и сочетают точную дозировку потока и низкие требования к обслуживанию и возможность работать с абразивными и агрессивными средами. Однако ни одна технология не может идеально подходить для всех условий работы. Ограничения для перистальтических насосов включают максимальную температуру 90°C и максимальное давление 232 бар. Расход может варьироваться от 0,1 микролитров до 1500 литров в минуту.

В применяемых сегодня перистальтических насосах используются специальные чрезвычайно жесткие шланги с большой толщиной стенок и мощным армированием, в которых более половины потребляемой энергии насоса рассеивается в тепло в материале шланга. Шланги для перистальтических насосов обычно изготавливают из силикона (SIL), натурального каучука (NR), неопрена (CR), термопласта (TRA). Для тяжелых условий работы используют преимущественно металлополимерные трубы – композитные трубки, состоящие из двух или более компонентов: полимерная труба, армированная сварным сетчатым металлическим каркасом, или, например, алюминиевой фольгой. Одной из новаций в области производства специализированных трубок для перистальтических насосов, работающих в тяжёлых условиях сгущенной или агрессивной среды, является четырёхслойная конструкция трубки, обеспечивающая хорошие характеристики всасывания и давления, а также увеличенный срок службы [6].

Для решения проблем, связанных с перекачиванием высоковязких жидкостей и сильно сгущенных веществ в различных странах мира все чаще применяются перистальтические насосы.

Список использованных источников

1. Режим доступа: <https://pronedra.ru/oil/2017/03/16/kak-perevozyat-nefti/>
2. Режим доступа: <http://www.nederman.ru/problems-we-solve/cleaning/tank-stripping>
3. Режим доступа: <http://www.geocentrspas.ru/ru/uslugi/expert>
4. Машины и Установки: проектирование, разработки и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Электрон. журн., 2015. – № 01. – С. 12-25.

5. Инновационные разработки в области добычи и производства цветных и благородных металлов, 2007. – Том 1. – С. 258-259.

6. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/> Васильева М.А. Перспективы применения композитных материалов с 3D памятью формы для перистальтического транспортирования паст.

УДК 621.643

СПЕЦИАЛЬНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ (СТС С ГСУ) SPECIAL VEHICLE WITH HYBRID PROPULSION SYSTEM (STS WITH HSU)

Колотов А.А.

Научный руководитель: Бендерский Б.Я., д.т.н. профессор
Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

Аннотация. Автором предлагается разработанный эскизный проект специального транспортного средства, позволяющий создать установку, одновременно убирающую мусор с улиц, путей и окашивающую территории – облагораживающую город; при этом не загрязняя атмосферу, благодаря гибридной силовой установке. Научная новизна предлагаемых в проекте решений: гибридная силовая установка и двойная ходовая часть. Название установки - "Пчёлка".

Ключевые слова: транспорт, трамвайные пути, улицы, гибридная установка, двойная ходовая часть, полный привод, экологичность.

На сегодняшний день в городе Ижевске эксплуатируется сеть трамвайных путей протяжённостью 75,5 километров, в них включены 69 остановок, очистку территорий, которых, осложняет рельеф и ограниченность подъезда, он в большинстве мест возможен, только с путей. Также площадь города составляет 315 км², 65% площади – это дворовые территории уборка которых представляет собой весьма трудоёмкий процесс.

Население города ежедневно выбрасывает тонны отходов, 9% которых остаются на газоне, проезжей части, дворах в междельсовом пространстве. Этот мусор представляет собой мелкую фракцию – окурки пачки из-под сигарет, пакеты, фантики, чеки, мелкая тара весом не более 200 граммов. Повторюсь уборка такого мусора это трудоёмкий и не оправданный процесс.

В связи с выше сформулированной проблемой предлагается спроектировать, рассчитать, изготовить и испытать специальное транспортное средство с гибридной силовой установкой (СТС с ГСУ). Также у данной установки есть более нежное, но говорящее за себя название – "Пчёлка". Пчелы – удивительные трудолюбивые создания.

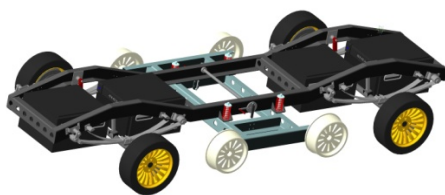


Рисунок 1 – Двойная ходовая часть



Рисунок 2 – Привод

Рассмотрим конструкцию и характеристики предлагаемого специального транспортного средства:

- количество мест – 2;
- привод специального транспортного средства – электродвигатели в каждом колесе;
- запас хода на аккумуляторных батареях – 30 мин;
- суммарная мощность – 80 кВт;
- снаряжённая масса ТС 1000 кг;
- габариты 5000/1700/1200 мм д/ш/в;
- максимальная скорость – 80 км/ч;

– оснащён:

- объединённая трансмиссия;
- гибридная силовая установка;
- пылесос;
- отоплитель стрелок;

– возможна установка различного навесного оборудования, например – дефектоскопы и другая аппаратура, либо снегоуборочные агрегаты.

Новизна проекта: заключается в объединении конструкций для позволения перемещения на различных покрытиях и комбинировании силовых агрегатов для обеспечения максимальной экологической составляющей проекта.

Среди сверстников проектируемого ТС существуют отдельно рельсовые и отдельно колёсные машины предназначенные для очистки территорий, функционирующих как на двигателе внутреннего сгорания так и приводящихся в действие от электромоторов (рельсовые машины), но среди них нет такого транспортного средства, которое объединяло бы в себе оба параметра, а также было бы максимально экологично для окружающей среды, при этом выполняло функции: по уборке мусора и окашиванию территорий с максимальной производительностью.

В СТС с ГСУ "Пчелка" используются в качестве двигателей - электрические моторы, которые установлены в каждом колесе. Как упоминалось ранее суммарная мощность четырёх моторов составляет 80 кВт. Что собственно позволяет создать силу тяги в 5000 Н. Данной силы достаточно для перемещения СТС по пересечённой местности с различным рельефом и углом наклона до 30°.

Разрабатываемое транспортное средство найдёт своё применение в трамвайном и железнодорожном депо как города Ижевска, так и других населённых пунктов. Также планируется заинтересовать коммунальные службы, обратив их внимание на экономичность установки.

Список использованных источников

1. Кондрашкин А.С. Автомобиль Иж-2126. Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию. – "Издательский Дом Третий Рим", 1999. – 160 с.

2. Филькин Н.М., Копотев Д.А. Система управления гибридным электромеханическим приводом легкового автомобиля // Сборник материалов 4-ой Всероссийской научно-технической конференции "Проблемы и достижения автотранспортного комплекса". – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – С. 205-207.

УДК 629.03

БЕСПРОВОДНЫЙ ДАТЧИК КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА НА ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛАХ

Ле Ван Нгуа

Белорусский национальный технический университет

В работе приводится принципиальная схема бесконтактного датчика крутящего момента (БДКМ) на карданном валу грузового автомобиля, а также метод беспроводной передачи данных и экспериментальные результаты при измерении крутящего момента трансмиссии в диапазоне 0...10 кНм.

На сегодняшний день используют, в основном, тензорезисторы в качестве чувствительного элемента для измерения механических деформаций, и в том числе для измерения крутящего момента. Одной из важных задач при этом является передача сигнала от тензорезисторов, находящихся на вращающихся валах на неподвижное регистрирующее устройство. В данной работе приводится решение названной задачи путем применения беспроводной радиопередачи данных, характеризующейся простотой установки, надежностью в работе и низкой себестоимостью.

Известно, что при измерении крутящего момента выходной сигнал (напряжение) от тензорезисторов, подключённых по полной мостовой схеме является аналоговым с низким значением (в пределах несколько мВ). Поэтому для регистрации данного сигнала электронными приборами требуется усилитель (см. рис. 1, первый усилитель), увеличивающий измеряемое напряжение в возможном зарегистрированном диапазоне принимающего аппарата (первый микроконтроллер).

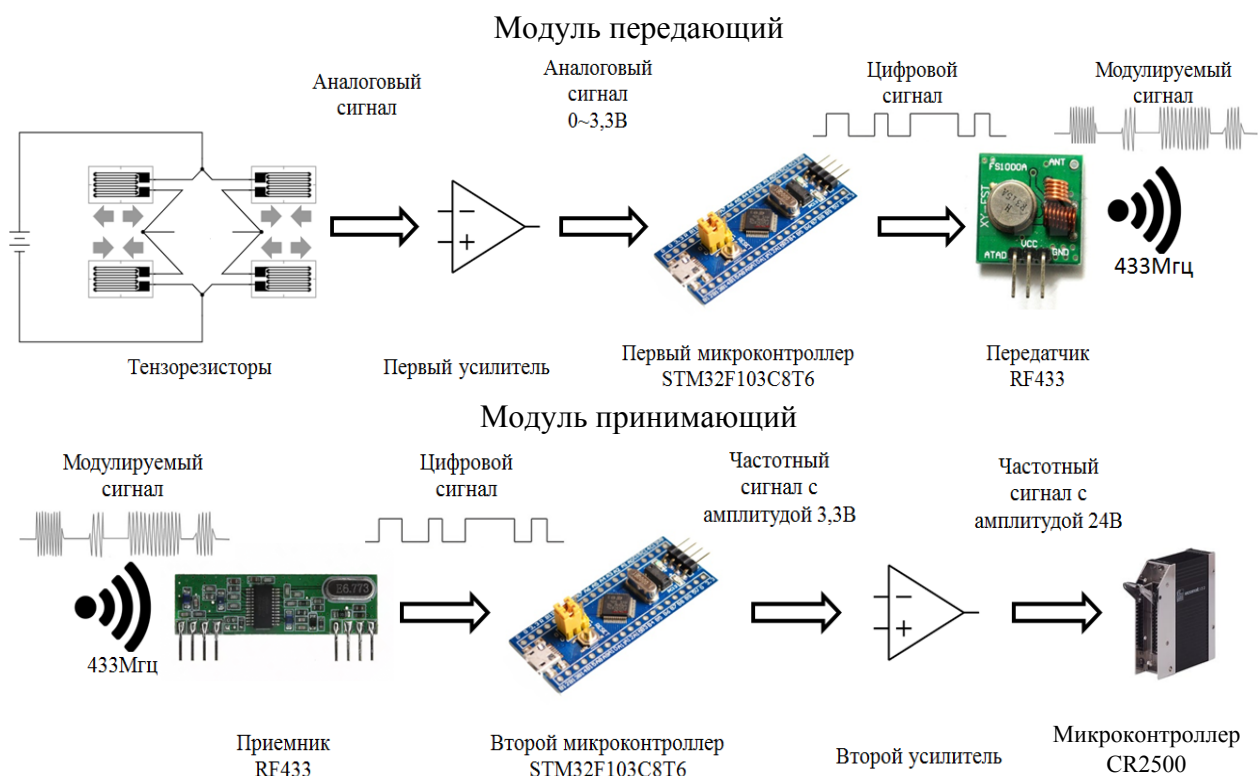


Рисунок 1 – Принципиальная схема БДКМ

Благодаря ряду преимуществ, такие как безрецензионность в применении, доступная цена при допустимом качестве передачи, простота в использовании, в качестве беспроводной передачи сигнала от моста тензорезисторов используется цифровая радиопередача частотой 433 МГц [1].

Для преобразования аналогового сигнала после первого усилителя в цифровой применяется микроконтроллер STM32F103C8T6, дающий возможность оцифровки сигнала по разному алгоритму и стандарту и подходящий по стоимости (около 10-й долларов) [2]. Цифровой сигнал от первого микроконтроллера передается к передатчику, после того передается в окружающее пространство к приемнику.

Сигнал, полученный от приемника передается к второму микроконтроллеру для расшифрования в нужной форме. Выходной цифровой сигнал после второго микроконтроллера является частотным с амплитудой 3,3 В, по частоте которого можно судить о величине крутящего момента. Общая контрольно-измерительная система на грузовых автомобилях работает на напряжении 24 В, поэтому требуется усилитель (второй усилитель), увеличивающий амплитуду выходного сигнала от второго микроконтроллера до бортового напряжения автомобиля.

На сегодняшний день существуют несколько типов радиопередач данных с разной частотой при малой дальности, такие как Wi-fi, Bluetooth, RF433 и RF315, технические особенности которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы беспроводной передачи данных

Параметры \ Тип передачи	Wi-Fi	Bluetooth	RF433/RF315
Рабочая частота	2,4 ГГц	2,4 ГГц	433/315 МГц
Максимальная скорость передачи данных	867 Мбит/с.	5 Мбит/с.	2 Мбит/с.
Передача данных по реальным времени	Нет	Нет	Да
Проверка достоверность данных	Да	Да	Да
Энергопотребление	Высокое	Высокое	Низкое
Габариты	Большие	Большие	Маленькие
Стоимость	Дорогие	Дорогие	Дешевые

При выборе технологии следует руководствоваться следующими факторами: объем данных, время отклика, надежность отклика, дистанция связи и число узлов связи [3]. В рассматриваемом случае выбирается радиопередача с частотой 433 МГц, технические данные которого приведены в работе [4]. Для обеспечения передачи данных по реальным времени, применяется интерфейс данных UART, принцип передачи которого представлен на рисунке 2 [5].

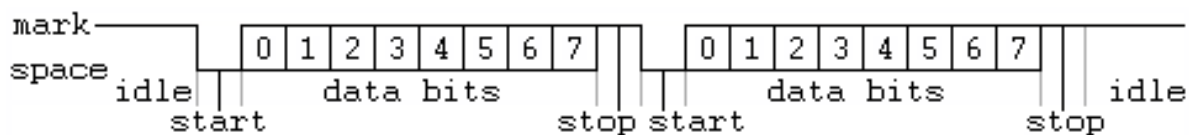


Рисунок 2 – Принцип передачи данных UART

Передача данных в UART осуществляется по одному биту в равные промежутки времени. Этот временной промежуток определяется заданной скоростью UART и для конкретного соединения указывается в бодах (что в данном случае соответствует битам в секунду). При измерении крутящего момента, скорость UART для передачи данных принимается 9600 бод.

После проверки работоспособности разработанной БДКМ путем моделирования в программном пакете Proteus, изготавливаются модули по вышеописанным схемам (см. рис. 1). Готовые модели показаны на рисунке 3, имеющие малые габариты 70*35*30 мм (Д*Ш*В) и веса 70 гр. (включая пластмассовую коробку). При дальнейшем исследовании имеются возможности уменьшить габаритные размеры и веса на 3-4 раза при сохраненной работоспособности.

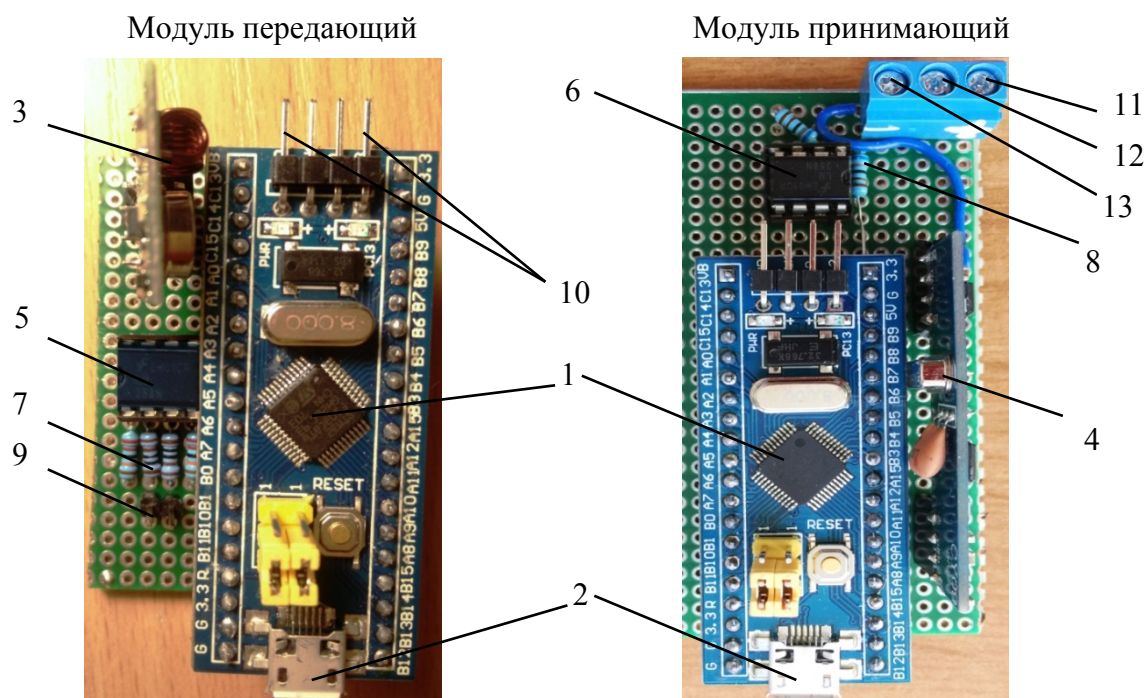


Рисунок 3 – Готовые модули БДКМ:

- 1 – микроконтроллеры STM32F103C8T6, 2 – питание (5В) микроконтроллеров, беспроводной передачи RX433, усилителя OPA2277ра, 3 – передатчик, 4 – приемник, 5 – усилитель OPA2277ра, 6 – усилитель LMS358n, 7 – резисторы, подключенные к усилителю OPA2277ра, 8 – резисторы, подключенные к усилителю LMS358n, 9 – выходной сигнал от тензометрического моста, 10 – питание (3,3В) тензометрического моста, 11 – плюс питания (24В) усилителя LMS358n, 12 – выходной сигнал к микроконтроллеру CR2500, 13 – минус питания (24В) усилителя LMS358n

Немаловажной операцией при проектировании датчиков является тарировка, позволяющая не только установить связь между показателем регистрирующей системы и значением измеряемой величины, но и проверить работу системы в диапазоне изменения входной величины.

Исследования по тарировке выполнены в стендовом зале учебного корпуса 2 БНТУ в комнатной температуре (от 5⁰ до 25⁰С) и осуществляется следующим образом: на вход измерительной системы подаются заранее известные значения измеряемой величины, например, крутящий момент на карданном валу, а на выходе фиксируют показатели системы на эти воздействия. Крутящий момент на карданном валу создается путем приложения грузки известным весом на мерочной балке длиной 1м, жестко соединённой с карданным валом. На рисунке 4 показаны результаты тарировки БДКМ при нагружении и разгрузке крутящего момента на карданном валу.

На основании полученных экспериментальных результатов, были составлены основные технические характеристики разработанного БДКМ (см. таб. 2).

Таблица 2 – Основные технические характеристики БДКМ

№	Технические характеристики	Значения
1	Диапазон изменения крутящего момента, кНм	0...10
2	Максимальный механический гистерезис, Нм	30
3	Линейность кривой нагружения, %	0,15
4	Линейность кривой разгрузки, %	0,1
5	Погрешность измерения (включая нелинейности и гистерезис), %	0,3
6	Запас по перегрузке, %	100
7	Напряжение питания модуля передающего, В	24
8	Напряжение питания модуля принимающего, В	5
9	Тип выходного сигнала	цифровой

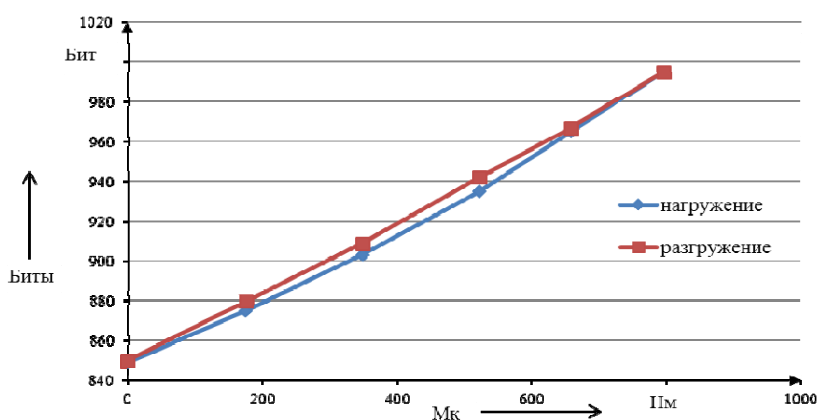


Рисунок 4 – Тарировочный график БДКМ

Полученные значения в таблице 2 подтверждают работоспособность разработанной измерительной системы при статической нагрузке. Результаты экспериментальных исследований, представленные на рисунке 4 при тарировке БДКМ показали менее 5% погрешность измерения, что подтверждает работоспособность бесконтактного датчика крутящего момента с применением данного метода передачи данных.

Список использованных источников

1. Mantech electronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/433Mhz_RF-TX&RX.pdf/. – Дата доступа: 01.06.2018 г.
2. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf/>. – Дата доступа: 01.06.2018 г.
3. Ua.Automation.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ua.automation.com/content/obzor-sredstva-besprovodnoj-peredachi-informacii-v-sistemah-asu-tp/>. – Дата доступа: 06. 05. 2018 г.

4. Mantech electronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mantech.co.za/Datasheets/Products/433Mhz_RF-TX&RX.pdf/. – Дата доступа: 06. 05. 2018 г.

5. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Универсальный_асинхронный_приёмопередатчик/. – Дата доступа: 06. 05. 2018г.

УДК622

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Матушов С.С., Казаков А.М.

Научный руководитель: Воронов В.А., доцент

Санкт-Петербургский горный университет

Для транспортировки природного газа по магистральным трубопроводам на головной компрессорной станции ему сообщается необходимый начальный запас энергии, потери которой восполняются на промежуточных компрессорных станциях. При сжатии природного газа в газоперекачивающих агрегатах происходит повышение его температуры. Для увеличения количества газа, проходящего через сечение трубопровода за единицу времени, а также для минимизации теплового воздействия газа на изоляционное покрытие и окружающую среду производится понижение его температуры на аппаратах воздушного охлаждения газа (АВО). Схема установки АВО представлена на рисунке 1.

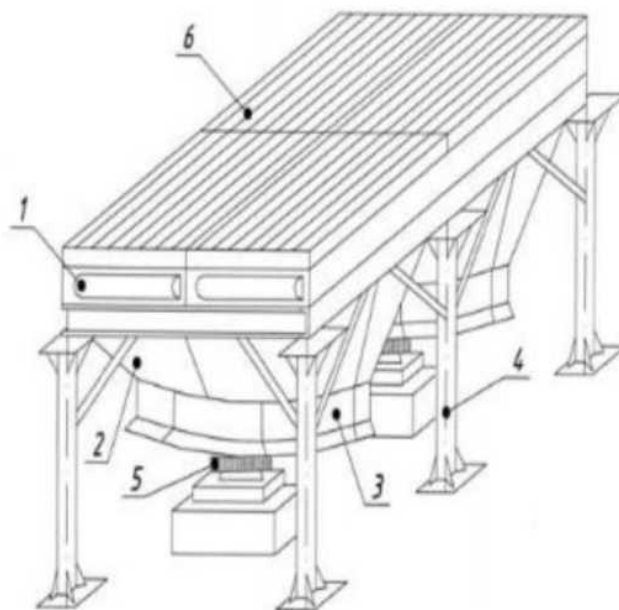


Рисунок 1 – Аппарат воздушного охлаждения газа горизонтальный :

1 – теплообменная секция, 2 – диффузор, 3 – коллектор с рабочим колесом вентилятора, 4 – металлоконструкция, 5 – привод, 6 – жалюзи

Принцип работы установки АВО заключается в следующем. После компримирования газ под рабочим давлением проходит по трубчатым теплообменным секциям АВО. Через межтрубное пространство теплообменной секции с помощью электроприводных вентиляторов прокачивается воздух. За счет теплообмена с принудительно перемещаемым потоком воздуха происходит снижение температуры газа, что приводит к повышению его плотности, снижению скорости течения и сокращению потерь давления в газопроводе. Это позволяет увеличить пропускную способность магистрального газопровода и сэкономить топливный газ на работу ГПА на следующей КС [3,4].

Охлаждение транспортируемого газа в АВО является достаточно энергоемким процессом. Мощность, потребляемая электродвигателями АВО одного компрессорного цеха, со-

ставляет сотни киловатт. Расход электроэнергии на охлаждение компримированного газа может составлять 65-75 % от общего объема электропотребления.

Целью описываемого исследования является разработка рекомендаций для более грамотного проектирования газоперекачивающих станций и мероприятий по повышению эффективности охлаждения газа с минимальными затратами.

Тепловая производительность АВО зависит от многих возмущающих факторов, главными из которых являются: расход и температура технологического (транспортируемого) газа после компримирования, степень загрязнения поверхности теплообменников, температура наружного воздуха [5]. Можно принять, что если первые два перечисленных аспекта постоянны для заданного режима транспорта газа, то загрязнение теплообменников и колебания температуры наружного воздуха (суточные и сезонные) являются основным возмущающим фактором, непосредственно влияющим на процесс охлаждения газа. Разработка эффективных методов уменьшения влияния этих факторов на процесс транспортировки является задачей исследования.

На многих компрессорных станциях существует проблема, связанная с недостаточным охлаждением природного газа после компримирования в жаркое время года. Чаще всего это связано с непредсказуемостью погодных условий, которые приводят к неправильно выполненным расчетам.

Ярчайшим примером неправильного расчета технологии охлаждения газа на магистральном газопроводе является компрессорная станция Портовая – конечная точка магистрального газопровода Грязовец-Выборг и отправная точка газопровода Северный Поток. Из-за допущенной ошибки на отдельной площадке вблизи станции было установлено 28 дополнительных АВО, а с момента начала работы станции до ввода в эксплуатацию резервных АВО охлаждение теплообменных секций производилось водой из шлангов.

Проблему превышения температуры над расчетной можно решить двумя группами методов:

- 1 – предпринять меры, не требующие больших материальных затрат;
- 2 – провести мероприятия, требующие дополнительных затрат и установки дополнительного оборудования.

Предлагаемый в работе способ решения проблемы относится к первой группе методов. Он заключается в разработке рекомендаций по расчету систем воздушного охлаждения газа компрессорных станций с учетом климатических особенностей региона, а также в применении на АВО вспомогательных приспособлений, охлаждающих используемый вентиляторами воздух и препятствующих загрязнению поверхности теплообменников.

В рекомендациях по расчету АВО учитывается отклонение максимальной реальной температуры окружающей среды от прогнозной, принимаемой в методиках за расчетную. Отклонение будет выражаться в виде коэффициента, на который будет увеличиваться температура окружающего воздуха (расчетная температура) при проведении расчета.

Рассмотрим его реализацию на примере КС Портовая.

Необходимо проанализировать прогнозные значения температуры на рассматриваемый период, которые и принимались при работе КС за расчетные, и максимальные температуры, замеченные в регионе за рассматриваемый период. Информация о температурах определена на основании данных метеорологической станции [1]. Полученные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа температур воздуха в Ленинградской области

Температура окружающего воздуха, °С	Рассматриваемый период				
	01.06.2013 – 31.08.2013	01.06.2014 – 31.08.2014	01.06.2015 – 31.08.2015	01.06.2016 – 31.08.2016	01.06.2017 – 31.08.2017
$t_{\text{макс}}$	31,6	30,6	29,0	27,6	25,3
$t_{\text{расч}}$	29,2	30,1	25,2	25,0	23,0

Затем определяется относительное отклонение, которое и является искомым коэффициентом по формуле

$$k = \frac{t_{\text{макс}}}{t_{\text{расчетная}}} . \quad (1)$$

В результате расчета получаем таблицу относительных отклонений в рассматриваемый период (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчета относительного отклонения

Относительные отклонения температур	Рассматриваемый период				
	01.06.2013 – 31.08.2013	01.06.2014 – 31.08.2014	01.06.2015 – 31.08.2015	01.06.2016 – 31.08.2016	01.06.2017 – 31.08.2017
<i>k</i>	1,082	1,016	1,150	1,104	1,100

Для прогнозирования отклонения температур в будущем, необходимо экстраполировать значения коэффициента *k*. В результате экстраполяции представленных значений математическими методами, для 2018 годы было получено значение $k_{2018} = 1,1045$, которое и является поправочным коэффициентом при расчете АВО на 2018 год [2].

Полученный коэффициент носит рекомендательный характер и не является заменой других поправочных коэффициентов, используемых в методиках расчета аппаратов воздушного охлаждения газа.

В комплексе с рассмотрением климатических условий регионов при проектировании станций предлагается использовать дополнительные материальные средства увеличения эффективности охлаждения.

Во-первых, предлагается использование рам с иглопробивным фильтрующим полотном «Полотно ФПП» из пропилена и металлической сеткой между опор аппарата воздушного охлаждения газа. Металлическая сетка позволит снизить степень воздействия ветра на фильтрующий материал и избежать разрывов фильтрующего полотна. Схема установки полотна на АВО приведена на рисунке 2. На выноске I показана работа занавесов-клапанов с наветренной стороны АВО. На выноске II показана работа занавесов-клапанов с подветренной стороны АВО.

Принцип работы устройства заключается в следующем.

При отсутствии ветра и включенном вентиляторе воздух, проходя со всех сторон, приподнимая занавесы-клапаны, через фильтрующее полотно (б) очищается от органических и неорганических примесей, благодаря чему существенно уменьшается загрязнение теплообменных труб (1), что ведет к сохранению теплоотдачи во времени. Сетка, например, металлическая, к которой подвешены занавесы-клапаны, (б) обеспечивает одностороннее (внутрь) открывание занавесов-клапанов и снижение усилия воздушного потока на фильтрующее полотно, воспринимая напор воздуха на себя. Занавесы-клапаны из воздухонепроницаемого материала с наветренной стороны, имея возможность открываться внутрь, пропускают воздушные массы в пространство между опорами, а занавесы-клапаны с обратной стороны прилегают к раме с фильтрующим полотном и преграждают путь воздушным массам для выхода из пространства между опорами, в результате чего образуется избыточное давление в пространстве между опорами, что интенсифицирует движение масс воздуха вверх через теплообменник АВО, следовательно, процесс охлаждения транспортируемого природного газа.

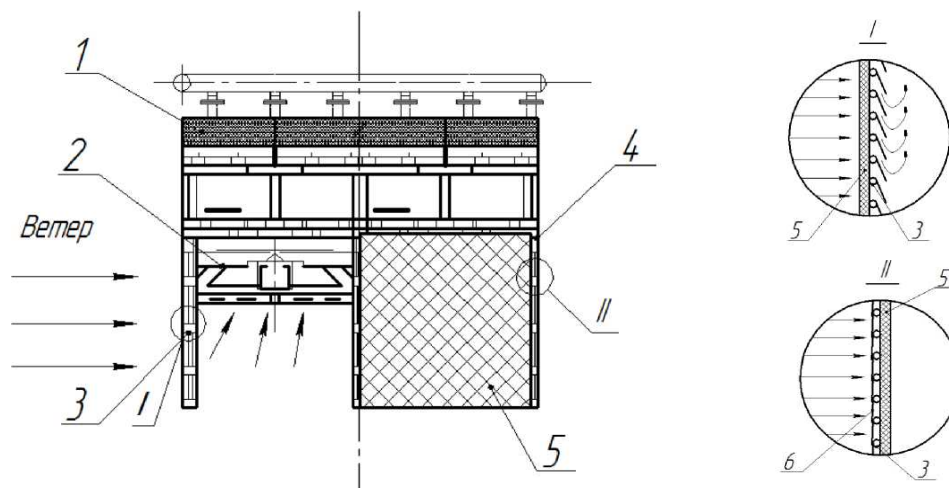


Рисунок 2 – АВО газа с использованием фильтрующего полотна: 1 – блок теплообменников, 2 – вентилятор с приводом, 3 – опора, 4 – рама, 5 – металлическая сетка с фильтрующим иглопробивным полотном из пропилена ООО "Филтротекс", 6 – занавес-клапан из воздухонепроницаемого материала

Предложенное изобретение интенсифицирует процесс охлаждения газа и снижает степень загрязнения межреберного пространства теплообменных труб за счет применения фильтрующего полотна.

Во-вторых, для охлаждения поступающего в АВО воздуха предлагается установить увлажнитель. Он представляет из себя трубопровод малого диаметра кольцевидной формы, в который с периодичностью в 40-45 градусов вварены плоскофакельные (веерные) форсунки, предназначенные для распыливания воды. Увлажнитель предлагается крепить к нижней части АВО. Чертеж увлажнителя воздуха представлен на рисунке 4.

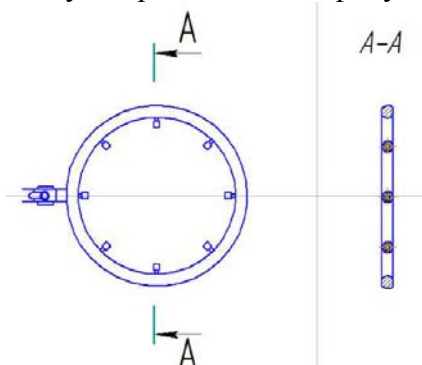


Рисунок 3 – Увлажнитель воздуха для АВО газа

Применение предложенного комплекса мероприятий позволяет интенсифицировать процесс теплообмена и, как следствие, облегчить процесс охлаждения природного газа на компрессорных станциях.

Список использованных источников

1. Архив метеостанций России, выборка с 01.06. по 31.08. в период 2013-2017 гг.
2. Грищенко В.И. Теоретические основы прогнозирования и планирования [Текст]: Учебное пособие в 2 ч. / В.И. Грищенко, Д.Г. Демидова, А.Н. Петров. – СПб: Изд-во СПбУЭФ. – Ч. 1. – 1998. – 75 с.; Ч.2. – 1999. – 115 с.
3. Коршак А.А. Компрессорные станции магистральных газопроводов [Текст]: Учебное пособие / А.А. Коршак. – Ростов н/Д: Феникс, 2015. – 157 с.
4. Коршак А.А. Основы нефтегазового дела [Текст]: Учебник для вузов / А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. – 3-е изд., испр. и доп. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. – 528 с.
5. Хворов Г.А. Анализ энергосберегающих технологий охлаждения газа на основе аппаратов воздушного охлаждения в транспорте газа ПАО «Газпром» / Г.А. Хворов, М.В. Юмашев // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2016. – № 9. – С. 127-132.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКАХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Миронович М.П., Молочко А.С.

Научный руководитель: Сиренко Ю.Г., к.т.н., доцент

Санкт-Петербургский горный университет

За последние три десятилетия учеными внесен существенный вклад в исследование природы возникновения и протекания различных газодинамических явлений (ГДЯ) в калийных рудниках, созданы методы прогнозирования и предотвращения их известных видов. Однако практика ведения горных работ на Третьем калийном пласте в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» в последние годы показала, что не все ГДЯ достаточно изучены.

К числу практически мало исследованных газодинамических явлений относятся внезапные выбросы соли и газа из пород почвы Третьего калийного пласта в выработанном пространстве лав и в подготовительных выработках. Впервые внезапный выброс такого типа был зарегистрирован в 1996 году на Первом рудоуправлении ОАО «Беларуськалий» при отработке Третьего калийного горизонта. На сегодняшний день зарегистрировано одиннадцать подобных газодинамических явлений.

Такие выбросы представляют серьезную угрозу жизни и здоровью шахтеров за счет разлета кусков породы с высокой скоростью и интенсивного выделения горючих газов, характеризуются большой мощностью и внезапностью, вместе с тем их предупредительные признаки и предвестники на данный момент не изучены. Сочетание этих факторов объясняет необходимость исследовать механизм возникновения подобных ГДЯ и разработать эффективные способы их профилактики и предотвращения.

Исследования, излагаемые в данной работе, выполнялись по следующим направлениям:

- оценивались результаты предыдущих исследований (по литературным источникам, а также с использованием архивных материалов по интересующей тематике, в том числе инструментальных исследований непосредственно в шахтных условиях) [2].

- проводились аналитические исследования.

В настоящее время представляется возможным объяснить происхождение выбросов из пород почвы сочетанием двух основных факторов: изменением горного давления от ведения очистных работ и геологическим строением подстилающих пород.

Впервые на месторождении характер восстановления нагрузки на почву лавы позади отработанного пространства после выемки верхнего слоя изучался при внедрении комбинированной системы отработки Третьего калийного пласта [1]. В этом варианте верхний сильвинитовый слой вначале отрабатывался лавой, а затем с некоторым отставанием нижние слои камерной системой. Результатами измерений напряжений в междуходовых целиках при выемке нижнего слоя, а также измерения деформаций этих целиков в процессе очистной выемки было установлено наличие зон пониженных нагрузок в районе бортовых штреков верхней лавы.

Наличие аналогичных зон под отработанным пространством верхней лавы было обнаружено и на других участках шахтного поля при изучении параметров опорного давления по контуру выемочного столба [2].

Исследования геологического разреза слоя пород подстилающей каменной соли (СПКС), залегающих в почве Третьего калийного пласта, показали, что в его пределах неравномерно изменяются газоносность и газодинамические характеристики соляных пород. Свободные газы в СПКС, наличие и накопление которых и приводят к внезапным выбросам, в основном привязаны к контактам слоев различных горных пород, в частности пачки глинисто-соляных прослоек мощностью до 0,5 м. и обладающей высокой газоносностью.

Методика шахтных экспериментальных исследований предусматривала бурение специальных исследовательских скважин в породы почвы подготовительных выработок лавы с последующим оборудованием замерных станций. Кроме собственно бурения вертикальных

скважин в почву горных выработок, в процессе бурения устанавливали точное местоположение контакта «слой подстилающей каменной соли». Суммарное время наблюдений за динамикой изменения во времени давления свободных газов в породах почвы подготовительных выработок лав составляло примерно 1,5-2 мес. [3].

Наибольшие концентрации свободных газов обнаружены при отходе лав от монтажных штреков и на сопряжениях лав с бортовыми штреками. Изменения газовыделения, замеренного в специально пробуренных для этого скважинах, связаны с влиянием горных работ на зону передового опорного давления (около 120 м от забоя по ходу движения лавы). В зоне передового опорного давления в СПКС наблюдается повышение газоносности до 8,6 м³/м, давления свободных газов – до 5,1 МПа и начальной скорости газовыделения – до 8,8 л/мин [6].

Дополнительное влияние оказывает действие бокового опорного давления от соседних отработанных выемочных столбов и отработанных столбов по IV слою [3].

Эти данные были использованы при выборе и разработке мер предотвращения внезапных выбросов соли и газа, равно как и выборе мест заложения подготовительных выработок при выемке нижнего слоя.

К активным мерам предотвращения ГДЯ относятся управление горным давлением с помощью специальных работ (например, нарезки разгрузочных щелей), проведение взрывных работ в опасных зонах с целью планового инициирования выбросов, и, наконец, дегазация массива.

Профилактическая дегазация подстилающей толщи пород почвы монтажных, бортовых и закладочных штреков, расположенных в поле лав, а также сопряжений штреков, расположенных в поле лав с другими штреками и выработками различного назначения подразумевает бурение дегазационных скважин со следующими параметрами: диаметр скважин – не менее 40 мм; расстояние между дегазационными скважинами – не более 10 м; глубина скважины должна обеспечивать перебуривание контакта «СПКС – 12-я ГКП» не менее чем на 0,2 м [3].

Возможно бурение дополнительных дренажных шпуров в почву диагональных сбоек у конвейерного штрека и в почву вентиляционного штрека верхней лавы, где наблюдается наибольшее расслоение пород [4].

К пассивным методам относятся способы с использованием напочвенных щитов, пригнуженных породой и установленных за крепью сопряжения, либо с использованием дополнительных секций крепи. При этом они должны перекрывать не менее 6 м² и находится на расстоянии не менее 3,5 м от забоя (по результатам аналитических исследований) [5].

Список использованных источников

1. Пермяков Р.С., Николаев Ю.Н., Зеленкин В.Н., Губанов В.А. Комбинированная система разработки Третьего калийного пласта на Старобинском месторождении. Горный журнал. – 1981. – №10. – С. 20-23.
2. Губанов В.А., Поляков А.Л., Щерба В.Я. Исследование характера восстановления нагрузки на почву лавы позади очистного забоя после выемки верхнего слоя в условиях Третьего горизонта ПО «Беларуськалий». Горная механика. – 2002. – №3-4. – С.39-44.
3. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А., Сиренко Ю.Г., Чаянов А.Б. Предотвращение газодинамических явлений из почвы горных выработок при различных вариантах столбовой системы разработки на рудниках ОАО «Беларуськалий». Горный журнал. – 2018. – №8. – С.29-33.
4. Сиренко Ю.Г., Зубов В.П., Петраков Д.Г., Господариков А.П. Способ разработки мощных газоносных пластов (варианты). Патент RU № 215001 С17Е21С41/18, Бюл. № 15, 27.05.2000.
5. Петраков Д.Г. Предотвращение внезапных выбросов соли и газа в выработанном пространстве лав. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. С-Пб, 1999.
6. Литвиновская Н. А. Газоносность и газодинамические характеристики пород почвы при слоевой выемке Третьего калийного пласта в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во ГИ УрО РАН, 2016. – Вып. 14. – С. 315-317.

**ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ БЕСПИЛОТНОГО,
ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА***Пролиско Е.Е., Шуть В.Н.**Брестский государственный технический университет*

Введение. В настоящее время в крупных городах отмечается рост количества личного транспорта, который опережает по своим темпам развитие дорожной инфраструктуры городов, что приводит к возникновению дорожных заторов, загрязнению воздуха выхлопными газами. Наиболее эффективным решением возникшей проблемы является расширение использования электрического транспорта. Одним из направлений в этой области является расширение использования общественного транспорта на электротяге [1]. Однако развитие классического пассажирского электротранспорта большой вместимости, какими являются троллейбус и трамвай, не может в полной мере решить указанную проблему.

Классическая транспортная система пассажирских городских перевозок сложилась 120 лет назад и с этого времени практически не изменилась. Она состоит из парка автотранспортных средств различной вместимости и скоростных характеристик, а также диспетчерского пункта, который обеспечивает разработку городских маршрутов, расписание движения транспортных средств и оперативное управление выводом на маршрут того или иного по вместимости транспортного средства в зависимости от мощности пассажиропотока.

Данные о мощности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости и определения оптимального количества транспортных средств, обеспечивающих рациональную эффективность их использования и высокий уровень обслуживания пассажиров. Систематически собираемая и анализируемая информация о величине пассажиропотока на маршруте является исходной базой для таких расчетов [2]. Собрать точные данные о пассажиропотоке в реальном времени классическая транспортная система не в состоянии.

Таким образом, современное состояние пассажироперевозок имеет следующие недостатки:

- отсутствие точной, объективной информации в режиме реального времени о мощности пассажиропотока на маршруте, что препятствует принятию оптимальных решений и ведет к экономическим потерям;
- малая номенклатура транспортных средств различной вместимости для более точного покрытия меняющегося пассажиропотока;
- присутствие человеческого фактора (диспетчера) в принятии ответственных решений.

Наземный автоматический пассажирский транспорт будущего. Развитие информационных технологий позволяет пересмотреть концепцию организации и управления современным городским транспортом в будущем. Кассетная роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров – это создание нового цифрового автоматического типа транспорта, в контуре управления которого человек отсутствует, способного перевозить в городской улично-дорожной среде количество пассажиров, сравнимое с метро [3]. Данный тип городского транспорта в течение 10 лет вытеснит с улиц городов привычные автобусы, трамваи и троллейбусы. На многие десятилетия утвердится новый тип городских транспортных систем, который придет на смену классическому типу.

Основатель кибернетики, американский математик Норберт Винер на заре развития этой науки говорил о возможности появления полностью автоматических заводов, где человека не будет [4]. Полностью автоматические или с минимальным числом людей заводы уже появились. Теперь такое время наступило для транспорта. Электробус (электрокар) малой вместимости до 50 пассажиров позволит гибко удовлетворять потребности потребителей транспортных услуг в индивидуальных маршрутах следования. Беспилотные электробусы собраны в роботизированную транспортную систему.

Кассетная, роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров состоит из выделенного узкого пути (дорожное полотно, рельс, либо

монорельс), остановочных пунктов посадки и высадки пассажиров, снабженных турникетами, беспилотных автономных электрокаров (инфобусов) емкостью в 50 пассажиров (рис. 1). Каждый инфобус оборудован компьютером, связанным с сервером системы, команды с которого он обрабатывает полностью автономно под управлением собственного компьютера. Инфобусы базируются в накопителях, расположенных в конечных пунктах маршрута. В них выполняется подзарядка инфобусов и оттуда они выдвигаются на маршрут.

Система функционирует при полном отсутствии управления со стороны человека и является принципиально новым видом общественного транспорта на базе мобильных автономных электрокаров (беспилотных) или инфобусов (другое название беспилотных автономных электрокаров-инфобус). Введение такого названия оправдано тем, что предлагаемый тип транспорта является системой, в которой информационные процессы (сбор информации, обработка информации, принятие решений) носят коренной, основополагающий характер. Инфобус жестко вмонтирован в интеллектуальную транспортную систему и является одним из её элементов [3].



Рисунок 1 – Автопоезд из одного и двух электрокаров на перекрестке

Технико-экономические характеристики, которые обеспечивает данная транспортная система, недоступны известным на сегодняшний момент транспортным средствам городской перевозки пассажиров, таким как, автобус, троллейбус, трамвай и метро. Все беспилотные электрокары увязаны в один контур управления. Система является адаптивной к пассажиропотоку, то есть работает по требованию на обслуживание на перевозку с минимальным временем ответа на запрос (время ожидания пассажира).

Система управления движением инфобусов это специально разработанная программа управления со многими функциями, которые отсутствуют во всех традиционных видах городского транспорта, таких как автобус, троллейбус, трамвай и метро. Система управления универсальная и может быть использована как для наземного транспорта, так и подземного.

Подземный автоматический пассажирский транспорт будущего. Во многих странах Европы и в некоторых республиках экс-СССР скоростные трамваи (Stadtbahn) выполняют функцию своеобразного наземного метро: они недороги в эксплуатации, передвигаются со скоростью (от 25 и до 35 км/ч), экологичны, надежны и комфортабельны, не мешают другим видам наземного транспорта. Строительство путей для них на два порядка ниже строительства метро (так стоимость 1 км. метро составляет от 40 до 60 млн. долларов [5]). Чтобы скоростной трамвай был по-настоящему скоростным, необходимо менять организацию движения: предоставлять ему приоритет проезда перекрестков, зажигать для него зеленый сигнал светофора раньше. И, конечно, желательно пускать его по выделенным линиям, отделенным от проезжей части улицы мини-заборчиками. Но скоростной трамвай не дотягивает до метро по провозной способности в 3-4 раза. В городах с высокой численностью населения (свыше 1 млн.) нет альтернативного транспорта, способного конкурировать с метро по провозной способности.

Таким образом, основными недостатками современного метрополитена являются высокая стоимость строительства и низкая скорость строительства (300-350 м в месяц). Отсюда длительные до 10 лет сроки строительства. Все указанные выше недостатки современного метрополитена устранены в метро щелевого типа «Кротовые норы». Теперь большинство горо-

дов, и не только миллионников, могут иметь метро, так как стоимость его на два порядка ниже традиционного метро, а скорость строительства в три раза выше.

Это совершенно новый тип полностью автоматического подземного городского общественного транспорта (метро) на базе беспилотных электрокаров (инфобусов) вместимостью до 50 человек, курсирующих в узких тоннелях неглубокого заложения и обслуживающих пассажиров по требованию (рис. 2).



Рисунок 2 – Тоннель с кассетой из 6 инфобусов во время движения

Данный тип транспорта высокопроизводителен (не уступает традиционному метро), безопасен, энергоэкономичен, значительно более дешев в сравнении с традиционным метро, имеет более высокую транспортную доступность. Данный тип транспорта является транспортом по запросу, т.е. адаптирован к любому пассажиропотоку (большому, среднему, низкому). Время ожидания пассажиром транспорта минимально и составляет 20 секунд. При этом пассажирам предоставляется возможность движения из пункта *A* в пункт *B*, без остановок.

Метрополитен щелевого типа «Кротовые норы» является новым видом городского транспорта. Это полностью автоматическая, интеллектуальная роботизированная транспортная система городской перевозки пассажиров нового типа. Технические характеристики, которыми он обладает, недоступны ни одному виду городского пассажирского транспорта, известного на сегодняшний день.

Список использованных источников

1. Проект программы развития зарядной инфраструктуры и электромобильного транспорта в Республике Беларусь.
2. Варелопупо Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. М., Транспорт, 1981. – 93 с.
3. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52-60.
4. Винер Н. Кибернетика. М., «Советское радио», 1958.
5. Стоимость сооружения 1км метро в Минске составляет от 40 до 60 млн долларов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minsknews.by/blog/2014/08/19/stoimost-sooruzheniya-1-km-metro-v-minske-sostavlyayet-ot-40-do-60-mln-dollarov/>

УДК 331.45

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОХРАНЫ ТРУДА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ СЕКТОРЕ РОССИИ

Прохорова Е.А.

*Научный руководитель: Гендлер С.Г., проф.
Санкт-Петербургский горный университет*

Основными функциями системы управления охраной труда, на которые представляется возможным распространить риск – ориентированный подход, являются: учет и анализ состояния условий труда, причин производственного травматизма, профзаболеваний,

планирование работ и мероприятий по охране труда; финансирование и стимулирование работ по охране труда, организация обучения и проверка знаний по охране труда; профотбор на работу в подземных условиях [1].

На кафедре безопасности производств Санкт-Петербургского горного университета разрабатываются научно-методические основы применения риск – ориентированного подхода для анализа системы управления охраной труда на горнодобывающих предприятиях России.

На основании результатов выполненных исследований в качестве показателей для оценки эффективности системы управления охраной труда предложено использовать динамику рисков общего травматизма. Этот показатель рассчитывается как коэффициент регрессии линейной корреляции риска от затрат на охрану труда и продолжительности работы предприятия. На рисунке 1 представлены корреляционные зависимости риска травматизма от затрат на охрану труда для АО «СУЭК» и его структурных подразделений. При этом коэффициенты линейной корреляции не превышают 0,75 при статистической надежности 0,95 [3].

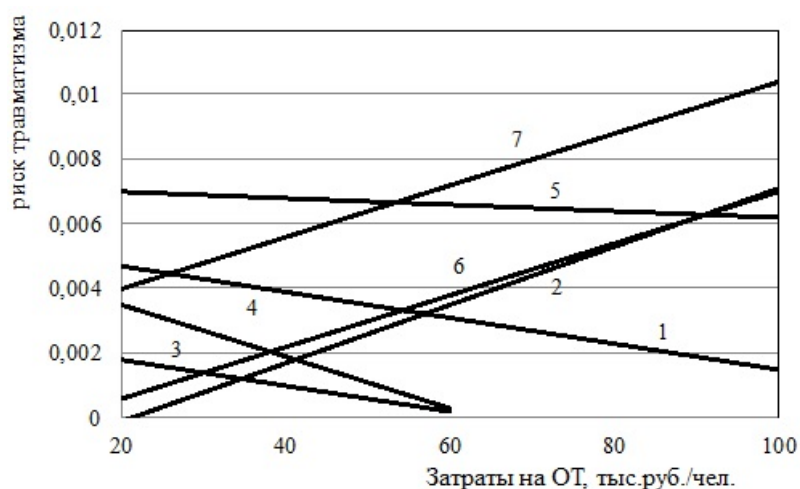


Рисунок 1 – Зависимость риска травматизма от затрат на охрану труда в 1 – АО "СУЭК"; 2 – СУЭК-Кузбасс; 3 – СЭУК-Красноярск; 4 – Хакасия; 5 – Урал; 6 – Бурятия; 7 – Приморскуголь

Каждая из линейных корреляционных зависимостей для риска травматизма имеет индивидуальный коэффициент регрессии, определяющий динамику его снижения (повышения) в зависимости от инвестиций в охрану труда.

Коэффициент регрессии линейной корреляции, по существу, представляет собой изменение риска на тысячу рублей затрат на охрану труда [1]. Знак коэффициента регрессии и его абсолютное значение косвенно характеризует эффективность функционирования системы управления охраной труда. Так из анализа графиков, представленных на рис. 1., следует, что для трех филиалов компании «СУЭК»: АО «СУЭК-Кузбасс», Бурятия и АО «Приморскуголь» финансовые вложения в охрану труда не являются фактором, определяющим снижение риска травматизма (коэффициент регрессии положительная величина), что может быть объяснено или недостаточным объемом инвестиций или не эффективным использованием финансовых средств. Для остальных филиалов, наоборот, уменьшение риска травматизма связано с ростом затрат на охрану труда.

Сравнение коэффициентов регрессии линейной корреляции риска травматизма от затрат на охрану труда и от времени работы филиалов компании свидетельствует о том, что в последнем случае коэффициенты регрессии для всех филиалах компании имеют отрицательное значение, т.е. в течение периода 2017-2016 годов риск травматизма снижается. Выше сказанное иллюстрируется графиком на рис.2, на котором показана корреляционная зависимость риска травматизма от времени для одного из филиалов компании АО «СУЭК».

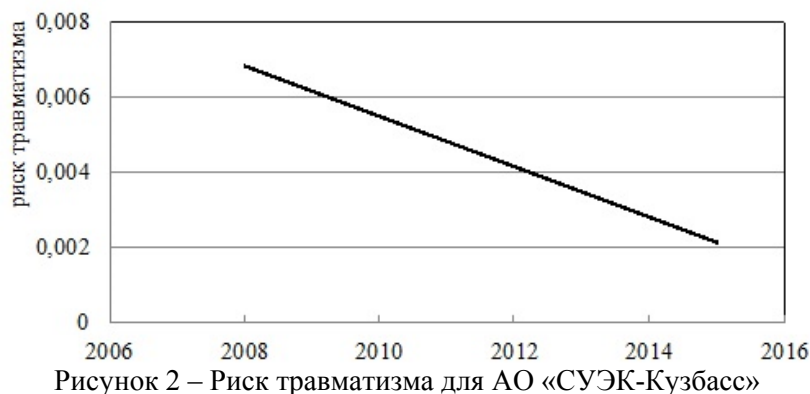


Рисунок 2 – Риск травматизма для АО «СУЭК-Кузбасс»

Таким образом, анализ эффективности работы системы управления охраной труда, предполагающий учет влияния инвестиций в охрану труда, повышает возможности определения факторов, определяющих производственный травматизм.

В качестве дополнительного показателя при анализе эффективности управления охраной труда может быть использовано и, так называемое, математическое ожидание ущерба от производственного травматизма, которое рассчитывается как произведение риска травматизма на экономический ущерб от его возникновения [2].

На рис. 3. приведены корреляционные зависимости, определяющие величину математического ожидания ущерба от затрат на охрану труда для компании АО «СУЭК» и ее филиалов.

Знак коэффициентов регрессии линейной корреляции математического ожидания ущерба от затрат на охрану труда для филиалов компании АО «СУЭК» соответствует знаку коэффициентов регрессии, характеризующих статистическую связь риска травматизма с затратами. Это подтверждает правомерность оценки эффективности управления охраной труда на основе риска - анализа зависимости травматизма от финансовых затрат.

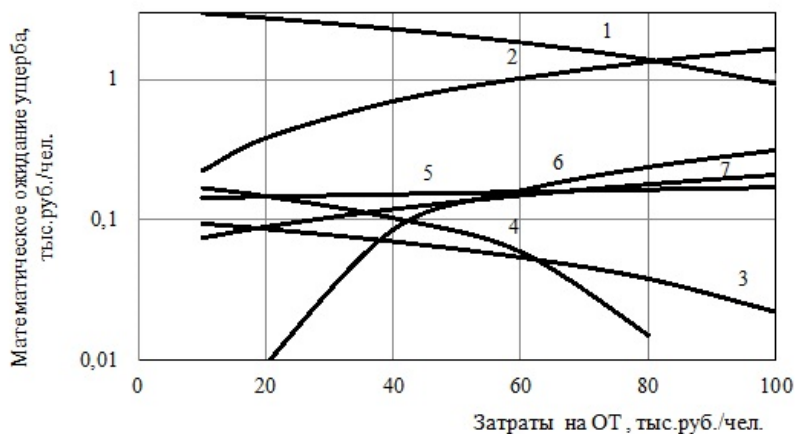


Рисунок 3– Зависимость математического ожидания ущерба от затрат на ОТ для АО «СУЭК» и его филиалов (цифры 1-7 соответствуют рисунку 1)

Для определения оптимальных затрат на управление системой охраны труда может быть использован показатель экономически целесообразного риска, который находится по минимальному значению целевой функции, включающей потери прибыли из-за снижения добычи, затраты на реабилитацию горнорабочих, компенсационные выплаты за травматизм (гибель людей), а также затраты на охрану труда [3,4].

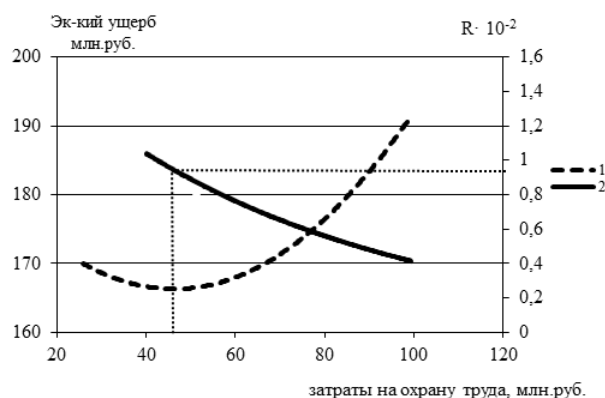


Рисунок 4 – Определение оптимальных затрат на предотвращение травматизма и экономически оправданного риска в АО СУЭК-Кузбасс: 1 – экономический ущерб; 2 – риск травматизма

Например, значения экономически целесообразного риска, вычисленные для ООО «Объединение «Прокопьевскуголь» и АО «СУЭК-Кузбасс» равны соответственно 0,012 и 0,009.

Выводы:

1. анализ эффективности управления системой охраны труда в горнодобывающем секторе России следует осуществлять на основе риск – ориентированного подхода;
2. в качестве показателей, характеризующих эффективность мероприятий по снижению риска травматизма, целесообразно использовать коэффициенты регрессии линий корреляции риска травматизма и математического ожидания ущерба от затрат на охрану труда;
3. оптимальные затраты на охрану труда могут быть установлены по величине экономически целесообразного риска.

Список использованной литературы

1. Баскаков В.П. Организационно-технологическое обеспечение снижения риска аварий и травм на угольных шахтах. Горный Информационно-аналитический Бюллетень. Специальный выпуск: “Безопасность в угольной промышленности”. – 2009. – С. 45-49.
2. Гендлер С.Г. Методические основы расчета экономического ущерба от травматизма и профзаболеваний в современных условиях/ С.Г. Гендлер, Д.А. Господариков. Безопасность жизнедеятельности. – № 5. – 2001. – С.21-24.
3. Гендлер С.Г. Оценка эффективности финансовых вложений в охрану труда на угольных шахтах/ С.Г. Гендлер, Е.А. Кочеткова, Л.Ю. Самаров. Горный журнал. – №4. – Москва, 2014. – С. 50-53.
4. Гендлер С.Г. Опыт совершенствования управления промышленной безопасностью и охраной труда в угольной промышленности России на примере ОАО «Воркутауголь» / С.Г. Гендлер, Е.А. Кочеткова, Н.Н. Даль // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 5. – С. 297-305.

УДК 629.1.05

УМЕНЬШЕНИЕ ИЗНОСА И ПОВЫШЕНИЕ ХОДИМОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН НА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛАХ

Рощупкина Е.В., Степанов А.К.

*Научный руководитель: Махараткин П.Н., доц.
Санкт-Петербургский горный университет*

В крупногабаритной технике используются колеса с пневматической шиной, которые часто эксплуатируются в экстремальных условиях. У колеса с такими шинами имеется существенный недостаток, заключающийся в том, что при малом или избыточном давлении в шине резко повышается её износ, ухудшается управляемость и динамика большегрузной техники, что может привести к аварийной остановке и снижает безопасность работ на производстве [1]. Для различных типов шин существует установленное, в определенном диапазоне, внутреннее давление, которое зависит от внешних нагрузок, условий использования и прописывается в паспорте. При избыточном давлении, основная нагрузка распределяется на центральную часть пятна контакта шины, а при недостаточном

давлении на периферию с возникающим «мостовым» эффектом, что приводит в обоих случаях к повышенному износу протектора в этих зонах [2]. Актуальность решения данной проблемы обусловлена большой долей эксплуатационных затрат на шины в себестоимости транспортировки большегрузными автосамосвалами.

Одним из эффективных способов сокращения затрат при использовании крупногабаритных шин, может являться постоянный контроль (мониторинг) за их эксплуатационными характеристиками в рабочем состоянии. Для этого используются СКД (Системы контроля давления), которые своевременно сигнализируют о пониженном или повышенном давлении в шине, относительно установленной паспортом нормы, что позволяет предотвратить аварийные ситуации и уменьшить износ, а также и повысить ходимость исключив «недопробег». СКД достаточно просты в эксплуатации и состоят из датчиков и монитора. Датчик содержит в себе преобразователь давления в напряжение, схему обработки этого сигнала и передатчик, который в закодированном виде передает по радиоканалу информацию о давлении в шине на приемник монитора который находится в кабине водителя. Монитор принимает сигналы от датчиков, обрабатывает их и при падении давления воздуха в одной или нескольких шинах ниже порогового уровня немедленно выдает световой и звуковой сигнал неисправности с одновременной индикацией положения этих шин миганием красного сигнала [3]. К основным достоинствам такого решения можно отнести: отсутствие необходимости демонтажа шин при установке системы, наличие двух уровней предупредительного сигнала при снижении давления на 12,5% и 25% соответственно, возможность измерения давления на ходу, высокая стабильность и надежность работы.

Одним из положительных примеров внедрения СКД для большегрузных автосамосвалов является Ковдорский ГОК, где на основе системы Advantage Pressure Pro в шины автосамосвалов БелАЗ-75131 с грузоподъемностью 130 т. были установлены датчики давления. Анализ года эксплуатации машин с установленной системой СКД показал, что полностью были исключены случаи потери шин по разрушению каркаса при движении на пониженном давлении, уменьшилось количество аварийных остановок и повысилась безопасность транспортирования, средний пробег шин за год увеличился более чем на 6% с 91457 до 97032 км. Опыт внедрения СКД на других предприятиях (ОАО «Гранит-Кузнечное» и пр.) также подтверждает уменьшение износа и повышение ходимости крупногабаритных шин на автосамосвалах.

Вывод. На данный момент контроль за давлением в шинах актуален и целесообразен к внедрению в производство. Успешный опыт использования СКД на большегрузных самосвалах позволяет утверждать, что они будут надежно работать на любой крупногабаритной технике. Также следует рассматривать включения данных систем в заводскую комплектацию автосамосвалов.

Список использованных источников

1. Авдонькин Ф.Н. Текущий ремонт автомобилей / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1978. – 269 с.
2. Долгушин А.А., Черкасов А.Б. Оценка эффективности шин автомобилей.
3. <http://www.sotekom.ru/content/skd-sistema-kontrolya-davleniya-v-shinah>

УДК 622.235

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗРУШЕННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ

Рядинский Д.Э., Яковлев А.А., Молдован Д.В.
Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. В работе рассмотрены различные известные методы повышения качества взорванной горной массы: использование пеногелевых забоек и концентратора ударных волн. Представлена схематическая конструкция скважинных зарядов, приведены: таблица характеристик запирающих свойств забойки, таблица влияния расположения КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород, а также график изменения амплитуды импульса напряжений и график зависимости остаточной запыленности в камере от объема и кратности и рисунки рассматриваемых характеристик. Описаны методики лабораторных и экспериментальных испытаний, проводимых на территории РФ.

Проблема качества подготовки горной массы на карьерах строительных материалов для дальнейшей экскавации и переработки на дробильно-сортировочном заводе по сей день остается острой проблемой. Данная задача может быть решена различными подходами, одним из которых является подбор параметров буровзрывных работ для различных условий месторождений.

Проведены исследования по влиянию забойки на время воздействия взрыва на горный массив и влияние КУВ на интенсивность взрывного разрушения горных пород, а также на качество куска взорванного горного массива. В статье исследована забойка на основе пеногелеобразующих составов. Для определения влияния забойки на формирование пылегазового облака проведена серия экспериментальных взрывов с забойкой из буровой мелочи в сравнении с предлагаемой конструкцией заряда с пеногелевой забойкой, построен график зависимости остаточной пыли в камере от объема и кратности пеногеля. Проведен сравнительный анализ зарядов с КУВ в нижней части скважины.

Одним из факторов, определяющих условия и эффективность взрыва скважины, является забойка. Забойка играет важную роль во взрыве, она обеспечивает полноту детонации взрывчатого вещества, а, следовательно, высвобождение наибольшего количества энергии заряда взрыва. С этими параметрами увеличивается длительность импульса взрыва, а также предотвращается опасное рассеяние кусков горных пород взрывчатыми газами при их прохождении через устье скважины.

Взрыв скважинного заряда без утрамбовки при постоянном значении удельного расхода взрывчатого вещества, влечет за собой некачественную проработку подошвы уступа, а с верхней части уступа возможен выход негабарита. Поскольку устье скважины подвергается интенсивному разрушению, что способствует высвобождению газов из скважины (рис. 1а). При твердой забойке отсутствует интенсивное разрушение устья скважины и разрушенных участков на уровне уступа, подошва и в верхней части уступа, как это бывает при отсутствии забойки (рис. 1б). Забойка должна иметь небольшую длину, находиться у устья скважины и крепко фиксировать скважину до разрушения массива. Таким образом, в настоящее время для повышения полезного использования энергии взрыва наиболее приемлемой является такая забойка, которая при минимальных материальных и трудовых затратах производства обеспечивает максимальную прибыль, за счет высокой эффективности взрыва [1].

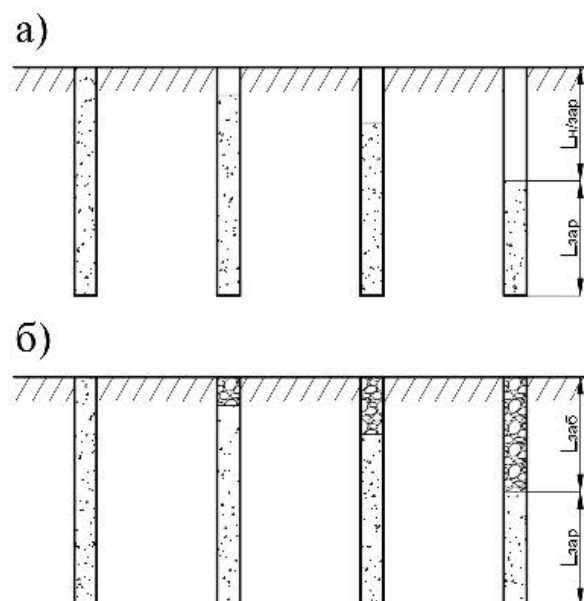


Рисунок 1 – а) скважина без забойки, б) скважина с забойкой

Буровзрывные работы являются одним из основных источников вредных выбросов в открытой геотехнологии. Доля массовых взрывов составляет до 35% от общей массы загрязняющих веществ, оказывающих негативное влияние на окружающую среду. Для разрезов Южного

Кузбасса этот факт особенно важен. Воздействие взрыва представляет собой сложный, нестационарный процесс, продолжительность которого исчисляется в тысячных долях секунды в массиве и в минутах, когда пылевое и газовое облака рассеиваются в атмосфере и неопределенно длительное время наносят ущерб гидросфере. Рост качества пескоструйной обработки предполагает не только дробление массива в соответствии с требованиями применяемой технологии, но и обеспечение максимального снижения загрязнения атмосферы разреза. Вместе с изменением конструкции взрывчатого заряда, общими предпосылками повышения эффективности использования энергии взрыва являются усиление запирающего действия забойки. Для достижения нужного качества дробления горной массы при одновременном снижении пылегазовых выбросов при взрывных работах одним из технологически целесообразных и экономически обоснованных методов является использование многокомпонентных смесей низкой плотности, в том числе пеногелеобразующих материалов. Известно, что размещенная во взрывной скважине в виде интервала, рассеивающего заряд по длине, пузырьковая среда растягивает импульс взрыва, создавая оптимальные условия для распределения энергии взрыва в массиве. Более интенсивное затухание массовой скорости его частиц по сравнению с массовой скоростью частиц горной массы способствует сжатию канала скважины, а способность сжимать пузырьковые смеси увеличивает время воздействия ПД на массив, обеспечивая увеличение удельного импульса, а, следовательно, и более равномерное дробление [2]. Для приготовления пены используется 1,5-3,0% водные растворы пеногелеобразующих веществ. Содержание жидкости в пеногелевой забойке определяет ее пылеподавляющие свойства. Пена вместе с пылегазовыми продуктами взрыва выделяется в атмосферу в виде мелких капелек и пузырьков, которые являются центрами коагуляции пыли и нейтрализации ядовитых газов. По сравнению с гидрогелями и водой преимущество пеногеля заключается в том, что даже при равных результатах снижения концентрации вредных примесей необходимое количество компонентов для приготовления забойки при пятикратном вспенивании, уменьшается в такое же количество раз.

По результатам промышленных взрывов с твердой забойкой, гидрозабойкой, твердыми пористыми материалами, пенообразующими веществами и взрывами без забойки в породах средней прочности установлена зависимость среднего диаметра куска на поверхности обрушения от объемного содержания воздуха в материале, заполняющем неактивную часть скважины. Аппроксимация зависимости (полиномиальная зависимость с точностью 0,87) свидетельствует о наличии минимальных значений функции $d_{\text{ср}} = F(\alpha_1)$ при содержании воздуха $\alpha_1 = 0,6+0,7$ дол. ед. в материале забойки низкой плотности.

Единственным возможным объяснением влияния пористых забоек низкой плотности на гранулометрический состав взорванной горной массы, размер пылевого и газового облака и наличие воронки выброса в местах расположения скважин может быть только пережатие скважин на уровне забоя [2].

Критерием запирающего действия забойки продуктов взрыва является разница времени между срабатыванием заряда и раскрытием неразрушимой оболочки для газообразных продуктов детонации (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики запирающих свойств материалов забойки

Материал забойки	Среднее время задержки продуктов взрыва (ПД), t
Без забойки	0,8
Песок	1,18
Щебень	1,25
Вода	1,37
Пеногель кратностью:	
2,5-3,5	2,31
5,0-6,0	2,41
9,0-11,0	2,55

Для определения влияния забойки на формирование пылегазового облака при взрыве песчаников средней прочности $f = 6-8$ проведена серия экспериментальных взрывов с забойкой буровой мелочи по сравнению с предложенной конструкцией заряда с пеногелевой забойкой (рис. 2).

Целью эксперимента является оценка влияния предлагаемой конструкции пеногель забойки на качество подготовки горной массы.

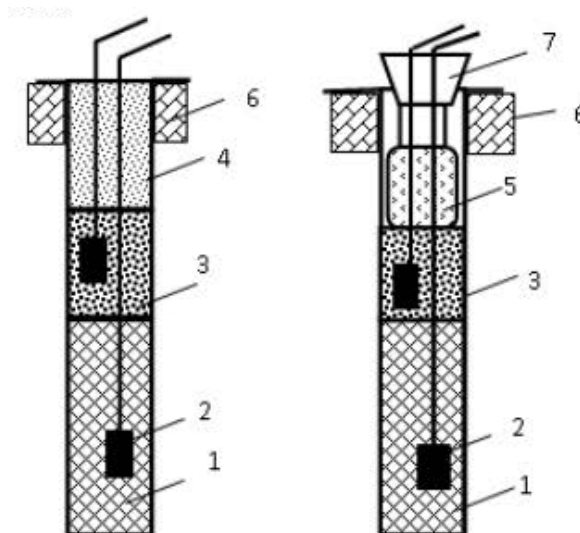


Рисунок 2 – Конструкции скважинных зарядов: а – с буровой мелочью; б – с пеногелевой забойкой; 1 – заряд эмульсии ППВ-В; 2 – шашка; 3 – заряд гранулированного пеногеля; 4 – буровая мелочь; 5 – пеногель в рукаве; 6 – зона интенсивной трещиноватости массива; 7 – воронка с рукавом

В результате экспериментов было установлено, что высота подъема ПГО в твердой забойке достигает 70-100 м, что в 1,7-2,0 раза выше, чем в пеногелевой забойке. Значение удельной массы пыли, осевшей в 50 м от взрыва при забойке с пеногелем, составляет более чем 94% всей мелкодисперсной пыли ($<250 \text{ мкм}$), при твердой забойке это расстояние достигает 90 м. Параметры развала горной массы были измерены на основе наблюдений за состоянием 4-х кювет, установленных перпендикулярно склону взрывного уступа, в средней части, на расстоянии 5 м одна от другой. На блоке, взрывающемся твердой забойкой все кюветы были повреждены падающими кусками породы, на блоке с пеногелевой забойкой были повреждены только две кюветы, находившиеся рядом с развалом. Таким образом, массовое рассеяние кусков породы составило на первом блоке 20 м, на втором блоке 10 м. Фотопланы с измерительной лентой позволили оценить качество дробления породы. Размер максимальных кусков составил около 1,2 м при взрывах с твердой забойкой, в то время как средний диаметр кусков породы на поверхности обрушения составлял 0,7 м, а на блоках с пеногелевой забойкой 1,0 м и 0,6 м соответственно.

Исследования пылеподавляющих свойств пеногелевой забойки проводились с определением остаточного содержания пыли в воздухе во взрывной камере (тоннеле) с использованием канальной мортиры. В качестве забоечного материала проверялись вода и пеногель в отношении 2.0 – 11.0. Были проведены две серии экспериментов, в том числе при равных объемах пеногелевой и водной забоек (150, 200 и 300 см³). Из анализа результатов, представленных на графиках (рис. 3) видно, что использование воды в качестве забойки в объеме 150, 200, 300 см³ позволяет снизить содержание пыли в воздухе соответственно на 50, 60, 75% (кривые 2, 4, 6). Пеногелевая забойка с кратностью 2.5-3.5 в тех же объемах позволяет снизить содержание пыли на 47, 63 и 71%, соответственно (кривая 1). В случае, когда масса водной и пеногелевой забоек были одинаковыми, было установлено явное преимущество пеногелевой забойки (кривые 3, 7) [8].

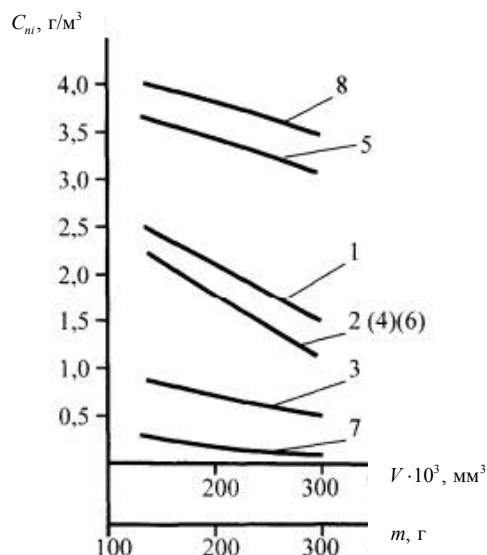


Рисунок 3 – Зависимость остаточной запыленности в камере от объема и кратности пеногеля:
 1 – пеногель Кп=2-3; 2, 4, 6 – вода (при равном пеногелю объеме); 3 – пеногель Кп=2-3 (по массе);
 5 – пеногель Кп=5-6 (по объему); 7 – пеногель Кп=5-6 (по массе); 8 – пеногель Кп=9-10 (по объему)

Результаты измерения амплитуды импульса и скорости продольной волны представлены на (рис. 4.) Анализ графиков показывает, что радиальные напряжения на относительном расстоянии 36 г₀, выраженном в радиусах заряда, в зависимости от размера ребра модели увеличиваются практически прямо пропорционально, однако пеногелевая забойка увеличивает напряжения на 5-8% по сравнению с твердой забойкой.

Аналогичный характер имеет и изменение скорости продольной волны, которая от материала забойки явно не зависит. Отсюда следует, что улучшение дробления моделей зарядами с забойкой из низкоплотных материалов при одинаковой величине взрывного импульса объясняется продолжительностью действия продуктов взрыва за счет перераспределения его энергии [7].

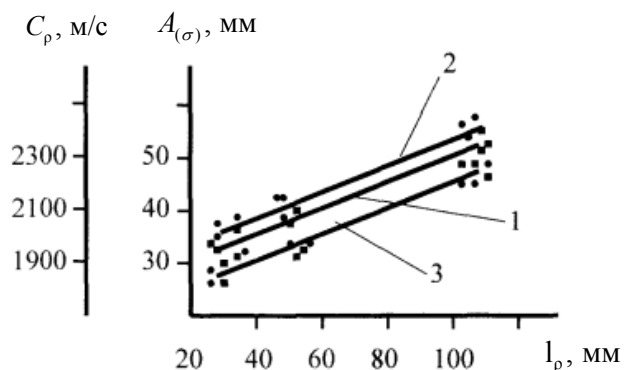


Рисунок 4 – Изменение амплитуды импульса напряжений (1 – с твердой забойкой; 2 – с пеногелевой забойкой) и скорости продольной волны (3) в зависимости от размера ребра элемента модели: ■ – с твердой забойкой; • – с забойкой из низкоплотных материалов

Многие теоретические и лабораторные исследования показывают, что форма дна заряда оказывает значительное влияние на поверхность и уровень подошвы уступа после взрыва. Различные формы нижней части предлагается выполнять с использованием так называемых концентраторов ударных волн (КУВ). При определенных геометрических параметрах увеличивается зона повышенной динамической нагрузки на дно скважины и уменьшается влияние отраженной ударной волны на дно скважины. Таким образом, используя полученные результаты, можно предложить зарядовую структуру, в которой КУВ (выполненный, например, из бетона) располагается на дне скважины. Это позволит сократить количество буровых скважинных зарядов, достичь расчетного уровня подошв уступа и обеспечить правильное

распределение размеров частиц взорванной массы. Для оценки эффективности использования КУВ в производственной среде были проведены исследования по карьере Полтавского ГОКа (г. Комсомольск.) [4] параметры буровзрывных работ, применяемых в промышленных экспериментах: сетка – 6х6 м, глубина – 14м, диаметр скважин – 0,25 м; тип взрывчатого вещества (ВВ)-Полимикс, анемика, удельный расход взрывчатых веществ – 0,83 кг/м³. Промышленные исследования проводились путем сравнения результатов взрывов скважинных зарядов твердой конструкции и зарядов с КУВ на дне скважины, взрывающихся на одном и том же блоке. Критерием оценки эффективности исследуемых конструкций являлись интенсивность дробления горной массы и качество исследования подошвы уступа. Качество фрагментации оценивали по гранулометрическому составу и диаметру среднего куса разрушенных пород (фотополяриметрический метод), исследование подошв уступа определяли геодезической съемкой уступа после взрыва.

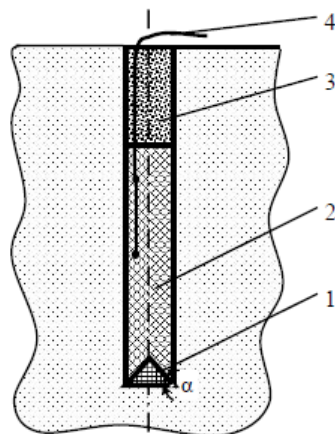


Рисунок 5 – Конструкция скважинного заряда

Технология заряжания скважин на опытном участке была следующей: вначале на дно скважины на веревке опустили КУВ (рис. 5, поз. 1), $\alpha=45^\circ$, после чего зеркалом и отраженным светом контролировали его положение, затем скважина была заполнена 30-50 кг взрывчатки, опускали боевики (рис. 5, поз. 4) и заряжали оставшуюся массу взрывчатых веществ (рис. 5, поз. 2), а сверху засыпали забойку (рис. 5, поз. 3). После уборки горной массы на блоке маркшейдерская группа выполняла геодезическую съемку. Анализ полученных результатов показал, что использование зарядовой структуры, в нижней части которой расположен КУВ, приводит к занижению подошвы уступа на 80-85 см (по сравнению с контрольной секцией, в которой используются обычные твердые заряды). Результаты экспериментов также показали, что расположение в нижней части скважины КУВ оказывает влияние на интенсивность взрывного разрушения горных пород: диаметр среднего куса при использовании этих расходов уменьшается на 8,2%; выход средних фракций (100-400 мм) увеличивается на 20%, а выход крупных фракций (свыше 400 мм) уменьшается на 20% (табл. 2). Теоретические и лабораторные исследования показали, что, изменяя угол у основания конических КУВ, можно регулировать дробление породы. Для проверки полученных результатов экспериментальные взрывы проводились с использованием зарядов с КУВ в нижней части скважины, угол α изменялся в диапазоне от 20° до 45° (табл. 3). Результаты экспериментов показали, что диаметр среднего куса несколько уменьшался (на 3,6%) при использовании зарядов с КУВ ($\alpha=20^\circ$), расположенных в нижней части скважины. При использовании зарядов с КУВ ($\alpha=30^\circ$), уменьшение диаметра среднего куса составила почти 13% по сравнению с контрольным участком (по сравнению с участком, на котором использовался заряд с КУВ ($\alpha=45^\circ$), снижение составило 5,8%), большие (больше чем 400мм) фракций уменьшилось в 1,4 раза, а выход средних фракций увеличился в 1,3 раза. Проведенные эксперименты показали, что использование зарядов с КУВ в донной части позволяет повысить степень разрушения горных пород взрывом. Поэтому можно добиться такого же качества взрывного разрушения, одновременно увеличивая сетку скважин. В ходе этих экспериментов расстояние между скважинами изменялось с шагом 0,25 м [5].

Таблица 2 – Влияние расположения КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
Контрольный	7,3	333,2	31,8	20,4	11,1	1,4	333,2
Опытный	7,9	305,9	32,9	17,3	9,8	-	305,9

Таблица 3 – Влияние параметров КУВ в донной части заряда на интенсивность взрывного разрушения горных пород

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
Контрольный	8,1	26,9	29,2	22,2	12,1	1,5	341,3
Опытный ($\alpha = 20^\circ$)	8,1	27,4	31,3	21,9	10,5	0,8	328,9
Опытный ($\alpha = 30^\circ$)	7,8	33,4	33,8	16,5	8,5	-	297,4
Опытный ($\alpha = 45^\circ$)	8,0	30,8	31,4	19,2	10,1	0,5	315,6

Таблица 4 – Влияние параметров сетки скважин на изменение гранулометрического состава разрушенной горной массы

Участок	Процентное содержание фракции, мм						Диаметр среднего куска, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	>800	
6х6 (контрольный)	8,1	26,9	29,2	22,2	12,1	1,5	341,3
6,25х6,25 (опытный)	8,1	27,4	31,3	21,9	10,5	0,8	328,9
6,5х6,5 (опытный)	7,8	33,4	33,8	16,5	8,5	-	297,4

Анализ полученных результатов показал (табл. 4), что при использовании зарядов с КУВ в донной части возможно расширение сетки скважин с 6х6м до 6,25х6,25м (на 8%) без ухудшения дробления и качества проработки подошвы уступа.

Выводы. Использование забойки позволяет увеличить время воздействия взрыва на горный массив, за счет запирающего действия, не меняя при этом конструкции заряда, но для того, чтобы добиться лучшего качества куска взорванной горной массы предлагается использовать скважинные заряды с КУВ в донной части. За счет регулирования динамического воздействия на нижние слои взрываеваемого массива они позволяют без ухудшения качества проработки подошвы уступа снизить величину перебура в 1,7 раза, на 8-12% уменьшить диаметр среднего куска разрушенной горной массы и в 1,7 раза уменьшить выход негабарита.

Список использованных источников

1. Мурин К.М. Забойка, как фактор повышения эффективности и безопасности ведения взрывных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. – №4. – С. 390-395.
2. Катанов И.Б. Пеногелевая забойка взрывных скважин на открытых горных работах // Уголь, 1994. – №2. – С. 44-46.
3. Катанов И.Б. Полигонные исследования эффективности скважных зарядов с пеногелевой забойкой // Вести Кузбасс. гос. тех. ун-та, 2006. – №3. – С. 26-27.
4. Пеев А.М. Влияние формы заряда в донной части шпура на степень проработки подошвы уступа // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип.1/2004(24). – С. 63-64.
5. Воробьев В.В., Пеев А.М., Щетинин В.Т. Снижение динамического воздействия ударных волн на материал забойки скважинного заряда // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 6/2004(29). – С. 124-126.

6. Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Недра, 1964. – 132 с.
7. Петров Н.Г., Мальцев С.П. Исследования параметров буровзрывных работ на моделях из эквивалентных материалов для условий Читаурского месторождения марганца. В сб. Взрывное дело № 67/24. – М.: Недра, 1969. – С. 77-82.
8. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. – М.: Недра, 1966.

УДК 629.124

ЛЕДОКОЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Себин А.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Холодный суровый климат, обусловленный географическим положением Российской Федерации, определил бурное развитие ледокольной техники в нашей стране. Поиск разнообразных технических решений, которые позволили бы продлить навигацию в зимний период, плавать в северных морях, бороться с весенними заторами на реках насчитывает уже более 200 лет. Однако, опыт разрушения льда с помощью судов на воздушной подушке (СВП) достаточно небольшой.

Эффект разрушения льда от воздействия СВП был известен достаточно давно и наблюдался при испытаниях в зимний период. Например, известно разрушение сплошного льда при испытаниях в СССР СВП «Сормович» и «Радуга», однако в то время этому явлению не уделили должного внимания [1]. Первые целенаправленные опыты по разрушению сплошного льда СВП были проведены в Канаде в 1970-х годах: СВП «Н-119» ломало лёд толщиной до 23 см, а «Вояджер» (рисунок 1), двигаясь со скоростью 2,6 м/с, разрушал лёд толщиной до 26 см и частично очищал канал ото льда [3].

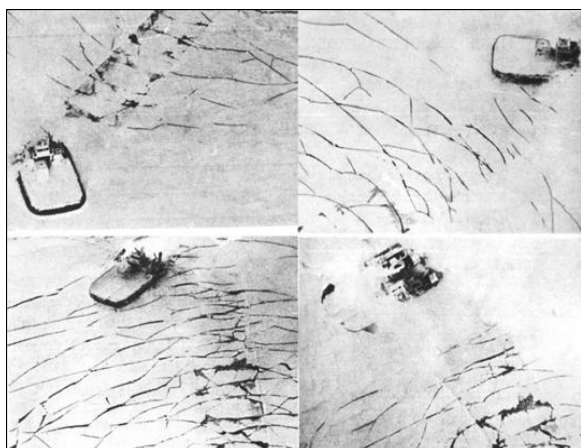


Рисунок 1 – Разрушение льда СВП «Вояджер»

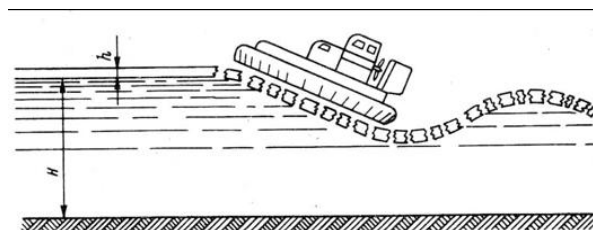


Рисунок 2 – Схема разрушения льда СВП резонансным способом [3]

Принципиально разрушение ледяного покрова СВП может происходить двумя различными способами: давлением («низкоскоростной способ») и при помощи резонанса («высокоскоростной способ»).

Разрушение ледяного покрова резонансным способом может производиться любым транспортным средством, приспособленным для передвижения по льду, но больше всего для этих целей подходят амфибийные СВП. В этом случае при движении по льду нагрузки развивается система изгибно-гравитационных волн. Впервые это явление было замечено при эксплуатации «дороги жизни» в годы ВОВ: грузовики при движении с определённой скоростью начинали проваливаться под лёд. Связано это с тем, что при приближении скорости движущейся нагрузки (приложенной к ледяному покрову) к минимальной фазовой скорости изгибных колебаний флотирующей ледяной пластины возникает изгибно-гравитационный резонанс [3], амплитуды колебаний ледяного покрова возрастают, и лёд начинает разрушаться (рисунок 2).

Разрушение льда при взаимодействии с воздушной подушкой (ВП) на низких скоростях может протекать по двум различным сценариям. Если напор воздуха в ВП превышает толщину льда, разрушение ледяного покрова будет протекать по первому сценарию (рисунок 3). В этом случае воздух вытесняет воду из-под кромки ледяного покрова, при этом образуется воздушная полость, давление в которой равно давлению в воздушной подушке. Эта полость устраняет силы поддержания, действующие со стороны жидкости, в результате чего ледяной покров консольно зависает, находясь в равновесии только за счёт внутренних сил упругости. Когда воздушная полость подо льдом достигает определённых размеров, ледяной покров начинает самопроизвольно разрушаться под действием собственной силы тяжести [2] либо от действия ледокола, толкающего перед собой ледокольную платформу на воздушной подушке (ЛПВП).

Второй сценарий разрушения льда связан со случаем, когда давления в ВП недостаточно для образования полости подо льдом. В этом случае ледяной покров разрушается от изгиба под действием давления в ВП или от суммарного воздействия ЛПВП и ледокола, толкающего перед собой платформу.

В 80-х годах XX в. началось исследование и проектирование ЛПВП в НГТУ. Первым реальным опытом проектирования и эксплуатации ЛПВП стало создание полноразмерного макета для оценки его ледокольных качеств и проверки теории (рисунок 4). Он носил шифр 102П и был спроектирован в ЦКБ «Вымпел» совместно с НГТУ.

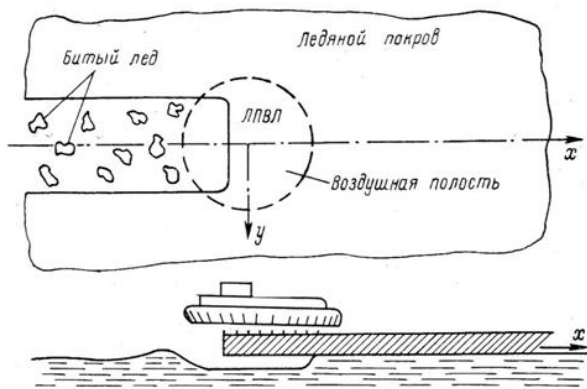


Рисунок 3 – Схема разрушения льда при образовании воздушной полости [3]



Рисунок 4 – Проект 102П

Следующим этапом было создание первой опытной ЛПВП – 107П «Торос» (рисунок 5). Судно спроектировано ЦКБ «Вымпел» совместно с НГТУ и построено на Октябрьском судостроительно-судоремонтном заводе. На ней было отработано большинство технических решений, являющихся особенностями проектирования и эксплуатации ЛПВП.



Рисунок 5 – Проект 107П «Торос»

Ледовые испытания платформы «Торос» производились с речным ледоколом «Ока» (проект 16) мощностью 1060 кВт. Толщина льда в районе испытаний составляла 40...70 см. Один ледокол в сплошных льдах толщиной 40 см двигался со скоростью 1...2 км/ч, создавая канал битого льда шириной ~12,5 м сплочённостью 9...10 баллов. С платформой в этом же льду состав двигался со средней скоростью 7 км/ч, создавая канал ~21 м. Также проводились испытания ЛПВП вместе с буксиром «МБ». Сплошной лёд толщиной 40...60 см состав разрушал со скоростью 5...8 км/ч.

Испытания показали, что присоединение к ледоколу или буксиру ЛПВП позволяет резко повысить эффективность разрушения льда. Так, во льду толщиной 40 см скорость небольшого ледокола «Ока» с платформой в 2 раза больше, чем у тяжёлого ледокола типа «Капитан Чечкин», мощность которого почти в 2,5 раза превышает суммарную мощность «Оки» и платформы. Более, чем в 4 раза снижается стоимость работы состава с платформой и почти в 3 раза уменьшаются затраты мощности на разрушения 1 м³ льда, при этом стоимость ЛПВП в 20-30 ниже стоимости речного ледокола, позволяющего достичь аналогичную ледопроезжимость.

В 2014 году в КБ «Вымпел» совместно с НГТУ при участии Крыловского государственного научного центра была спроектирована и построена полунатурная модель ЛПВП – проект 00702 (рисунок 6). Испытания проводились с помощью ледокольного буксира «Калашников» (проект 10) мощностью 600 кВт. Состав преодолевал поле сплошного льда толщиной 0,35-0,45 м и оставлял за собой канал битого льда сплочённостью ~7 баллов. Один буксир преодолевать ледовые поля указанной толщины не мог. При испытаниях отмечалось значительное уменьшение попадания битого льда в гребные винты и улучшение их работы, скорость при движении состава составляла ~7 км/ч. Отличительной особенностью этой платформы был корпус, выполненный из сплава АМг. Также при создании к проекту были применены элементы оптимизационного проектирования. Если ледопроезжимость пр. 107П закладывалась с запасом: сплошной лёд толщиной до 1 м и торосы глубиной до 70 см, то пр. 00702 испытывался в предельных толщинах.

Создание ЛПВП потребовало от конструкторов НГТУ решения ряда нетривиальных вопросов. Классические скоростные СВП имеют ресиверную аэродинамическую схему (АДС) и соответствующее ей двухъярусное гибкое ограждение (ГО), состоящее из монолита (гибкий ресивер) и навесных элементов. Остойчивость таких СВП обеспечивается секционированием ВП путём применения продольных и поперечных килей, выполненных также двухъярусными и включающими монолит. Неудовлетворительная живучесть и ремонтпригодность монолита при ледовых операциях, а также необходимость создания в ресивере давления большего, чем и без того высокое давление в ВП, что вызывает трудности в выборе нагнетателя, делают нецелесообразным применение ресиверной схемы для ЛПВП.

Сотрудниками НГТУ была разработана оригинальная безресиверная камерная АДС с одноступенчатой ГО. Для повышения ремонтпригодности и живучести ГО было выполнено расчленённым по периметру на отдельные элементы. От секционирования ВП по описанным выше причинам также пришлось отказаться, т.к. кили работают также как монолит. Проведённые теоретические и экспериментальные исследования показали, что остойчивость бескилевых СВП в режиме парения обеспечивается за счёт формы ГО.

ГО ЛПВП выполняется из отдельных съёмных поперечно-расчленённых элементов (рисунок 7), позволяющих проводить их оперативную замену в полевых условиях при возможных повреждениях. Опыты показали, что даже при повреждении одного из элементов ГО под действием большого избыточного давления в ВП происходит смыкание смежных элементов и работоспособность всей системы не нарушается.



Рисунок 6 – Испытания ЛПВП
пр. 00702 с буксиром
«Калашников»

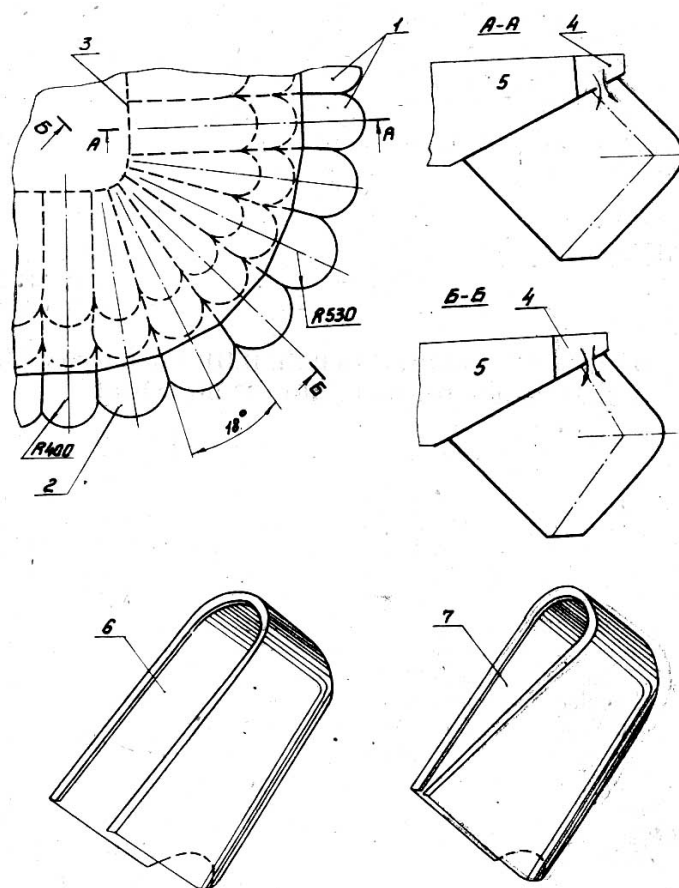


Рисунок 7 – общий вид и расположение элементов ГО:
1 – цилиндрический элемент, 2 – конический угловой
элемент, 3 – линия слома днища корпуса,
4 – жёсткий ресивер, 5 – корпус, 6 – цилиндрический
элемент, 7 – конический угловой элемент

Остойчивость ЛПВП обеспечивается развалом ГО, когда при наклонениях в воду входят дополнительные объёмы от ГО, обратный завал выполняется при уменьшении габаритов ГО и корпуса ЛПВП. В расчётах устойчивости необходимо стремиться, чтобы нисходящая ветвь диаграммы статической устойчивости была не менее допустимых углов крена.

Источником воздуха повышенного давления в подкупольном пространстве ЛПВП являются один или несколько воздухонагнетателей, работающих на одну воздуховодную сеть. Учитывая необходимость получения достаточно высоких величин давления в ВП при умеренных расходах воздуха, целесообразно использовать центробежные вентиляторы.

Первая ЛПВП 102П была оборудована реактивным двигателем РД-9Б, в качестве нагнетателя, списанным из авиации и оборудованным кольцевой насадкой. Вырабатываемая газо-воздушная смесь подавалась в подкупольное пространство, обеспечивая необходимое давление и расход воздуха. Преимущество такого нагнетателя – простота в обслуживании, особенно при отрицательных температурах воздуха, быстрый запуск на морозе, предотвращение обмерзания ГО. Недостаток – большой расход топлива.

Вторая и третья ЛПВП – 107П и 00702 каждая были оборудованы двумя центробежными вентиляторами и двумя дизельными двигателями. Их опытная эксплуатация не выявила серьёзных недостатков в работе.

На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что метод ломки льда с помощью ВП прошёл путь от экспериментальных исследований до практического применения. Многочисленные проведённые модельные и натурные испытания доказали эффективность ЛПВП и «низкоскоростного» метода разрушения ледяного покрова, во всяком случае, однолетнего пресного льда и

торосов на внутренних водоёмах. Морские суда снабжения можно оборудовать ЛПВП для обслуживания арктических буровых платформ. В этом случае шельфовое сооружение не будет испытывать критических нагрузок при подходе судна, т.к. ломка льда с помощью ЛПВП не приводит к образованию существенных горизонтальных составляющих нагрузок, как у обычного ледокола.

Список использованных источников

1. Зуев В.А. Малахов П.А. Рябинкин А.Б., Козин В.М. Экспериментальные исследования взаимодействия СВП с ледяным покровом при резонансном способе / Вопросы теории прочности и проектирования судов, плавающих во льдах. Горький: Изд-во ГПИ, 1984.
2. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях // Л.: Судостроение. – 1986. – с. 207.
3. Козин В. М. Резонансный метод разрушения ледяного покрова. Изобретения и эксперименты. – 2007.

УДК 622.831.332

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ

*Сиренко Ю.Г., к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский горный университет*

За последние два десятилетия учеными внесен существенный вклад в исследование природы возникновения и протекания различных газодинамических явлений (ГДЯ), созданы методы прогнозирования и предотвращения их известных видов. Однако практика ведения горных работ на Третьем калийном пласте в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» в последние годы показала, что не все ГДЯ достаточно изучены.

К числу практически мало исследованных газодинамических явлений относятся внезапные выбросы соли и газа из пород почвы Третьего калийного пласта в выработанном пространстве лав. Впервые внезапный выброс такого типа был зарегистрирован в 1996 году на Первом рудоуправлении ОАО «Беларуськалий» при отработке Третьего калийного горизонта. На сегодняшний день зарегистрировано одиннадцать подобных газодинамических явлений.

Такие выбросы представляют серьезную угрозу жизни и здоровью шахтеров за счет разлета кусков породы с высокой скоростью и интенсивного выделения горючих газов, характеризуются большой мощностью и внезапностью, вместе с тем их предупредительные признаки и предвестники на данный момент не изучены. Сочетание этих факторов объясняет необходимость исследовать механизм возникновения подобных ГДЯ и разработать эффективные способы их профилактики и предотвращения.

Исследования, излагаемые в данной работе, выполнялись по следующим направлениям:

- оценивались результаты предыдущих исследований (по литературным источникам, а также с использованием архивных материалов по интересующей тематике, в том числе инструментальных исследований непосредственно в шахтных условиях) [2];
- проводились аналитические исследования.

В настоящее время представляется возможным объяснить происхождение выбросов из пород почвы проявлением горного давления с одной стороны, и геологическим строением подстилающих пород с другой. Впервые на месторождении характер восстановления нагрузки на почву лавы позади отработанного пространства после выемки верхнего слоя изучался при внедрении комбинированной системы отработки Третьего калийного пласта [1]. В этом варианте верхний сильвинитовый слой вначале отрабатывался лавой, а затем с некоторым отставанием нижние слои камерной системой. Результаты измерений напряжений в междуходовых целиках при выемке нижнего слоя, а также измерения деформаций этих целиков в процессе очистной выемки было установлено наличие зон пониженных нагрузок в районе бортовых штреков верхней лавы.

Наличие аналогичных зон под отработанным пространством верхней лавы было обнаружено и на других участках шахтного поля при изучении параметров опорного давления по контуру выемочного столба [2].

Исследования геологического разреза слоя пород подстилающей каменной соли (СПКС), залегающих в почве Третьего калийного пласта, показали, что в его пределах неравномерно изменяются газоносность и газодинамические характеристики соляных пород. Свободные газы в СПКС, наличие и накопление которых и приводят к внезапным выбросам, в основном привязаны к контактам слоев различных горных пород, в частности пачки глинисто-соляных прослоек мощностью до 0,5 м и обладающей высокой газоносностью.

Методика шахтных экспериментальных исследований предусматривала бурение специальных исследовательских скважин в породы почвы подготовительных выработок лавы с последующим оборудованием замерных станций (пакеров) Кроме собственно бурения вертикальных скважин в почву горных выработок, в процессе бурения устанавливали точное местоположение контакта «слой подстилающей каменной соли». Суммарное время наблюдений за динамикой изменения во времени давления свободных газов в породах почвы подготовительных выработок лавы составляло примерно 1,5-2 мес.

Наибольшие концентрации свободных газов обнаружены при отходе лав от монтажных штреков и на сопряжениях лав с бортовыми штреками. Изменения газовыделения, замеренного в специально пробуренных для этого скважинах, связаны с влиянием горных работ на зону передового опорного давления (около 120 м от забоя по ходу движения лавы). В зоне передового опорного давления в СПКС наблюдается повышение газоносности до $8,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$, давления свободных газов – до 5,1 МПа и начальной скорости газовыделения – до 8,8 л/мин [6]. Дополнительное влияние оказывает действие бокового опорного давления от соседних отработанных выемочных столбов и отработанных столбов по IV [3].

Эти данные были использованы при выборе и разработке мер предотвращения внезапных выбросов соли и газа, равно как и выборе мест заложения подготовительных выработок при выемке нижнего слоя.

К активным мерам предотвращения ГДЯ относятся управление горным давлением с помощью специальных работ (например, бурения разгрузочных скважин), проведение взрывных работ с целью планового инициирования выбросов, и, наконец, дегазация массива.

Профилактическая дегазация подстилающей толщи пород почвы монтажных, бортовых и закладочных штреков, расположенных в поле лав, а также сопряжений штреков, расположенных в поле лав с другими штреками и выработками различного назначения подразумевает бурение дегазационных скважин со следующими параметрами: диаметр скважин – не менее 40 мм; расстояние между дегазационными скважинами – не более 10 м; глубина скважины должна обеспечивать перебуривание контакта «СПКС-12-я ГКП» не менее чем на 0,2 м.

Возможно бурение дополнительных дренажных шпуров в почву диагональных сбоек у конвейерного штрека и в середине верхней и нижней лав, где наблюдается наибольшее расслоение пород. Все операции по бурению должны производиться буровыми станками с дистанционным управлением [4].

К пассивным методам относятся способы с использованием напочвенных щитов, пригнуженных породой и установленных за крепью сопряжения, либо с использованием дополнительных секций крепи. При этом они должны перекрывать не менее 6 м^2 и находиться на расстоянии не менее 3,5 м от забоя (по результатам аналитических исследований) [5].

Список использованных источников

1. Пермяков Р.С., Николаев Ю.Н., Зеленкин В.Н., Губанов В.А. Комбинированная система разработки Третьего калийного пласта на Старобинском месторождении. Горный журнал. – 1981. – №10. – С.20-23.
2. Губанов В.А., Поляков А.Л., Щерба В.Я. Исследование характера восстановления нагрузки на почву лавы позади очистного забоя после выемки верхнего слоя в условиях Третьего горизонта ПО «Беларуськалий». Горная механика. – 2002. – №3-4. – С.39-44.
3. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А., Сиренко Ю.Г., Чаянов А.Б. Предотвращение газодинамических явлений из почвы горных выработок при различных вариантах столбовой системы разработки на рудниках ОАО «Беларуськалий». Горный журнал. – 2018. – №8. – С.29-33.

4. Сиренко Ю.Г., Зубов В.П., Петраков Д.Г., Господариков А.П. Способ разработки мощных газоносных пластов (варианты). Патент RU № 215001 С17Е21С41/18, Бюл. № 15, 27.05.2000.
5. Петраков Д.Г. Предотвращение внезапных выбросов соли и газа в выработанном пространстве лав. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Санкт-Петербург, 1999.
6. Литвиновская Н.А. Газоносность и газодинамические характеристики пород почвы при слоевой выемке Третьего калийного пласта в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во ГИ УрО РАН, 2016. – Вып. 14. – С. 315-317.

УДК 621.6-52

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ РАДИОИЗОТОПНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА УГЛЕВОДОРОДОВ

Старшая В.В., Коптева А.В.

Санкт-Петербургский горный университет

На сегодняшний день технологический уровень развития инфраструктуры нефтегазового комплекса является недостаточным для реализации информационно-технической поддержки процессов транспортировки углеводородов, включая непрерывное покомпонентное измерение состава и расхода жидких сред. Существующее информационное обеспечение отечественных нефтегазовых компаний следует охарактеризовать как избыточное, устаревшее и слабо интегрируемое [1]. Причинами этого становится: отсутствие у руководства нефтегазовых компаний понимания возможностей использования современных средств информационной поддержки, острая нехватка финансирования комплексного развития ИТ в вертикально-интегрированных компаниях, недостаток квалифицированных кадров в данной сфере, неразвитость среды коммуникаций между подразделениями ВИНК, отсутствие эффективной информационной инфраструктуры территориально разрозненных производств и должного уровня интеграции существующего информационного сопровождения деятельности нефтегазовых корпораций.

За счет использования устаревшего оборудования и отсутствия технологических изменений в топливно-энергетическом комплексе появляется ряд таких существенных проблем, как:

- снижение надежности процесса транспортировки углеводородов;
- уменьшение объемов транспортируемых многофазных жидкостей;
- увеличение рисков возникновения масштабных техногенных аварий.

По этой причине количество аварий на магистральных нефтепроводах не перестает увеличиваться и продолжает вести к крупным финансовым потерям и экологическим катастрофам [3]. Аварии на трубопроводах наносят стране огромный ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды, человеческими жертвами, нарушением снабжения нефтью потребителей и большими затратами на аварийные ремонты [4].

Благодаря исследованиям, проведенным на кафедре ЭиЭМ Санкт-Петербургского Горного университета при поддержке научно-производственной организации ООО «Комплекс-Ресурс» и ООО «Лукойл-Коми», была разработана многофункциональная радиоизотопная система мониторинга транспортируемых потоков. На основе данных разработок нами предлагается внедрить систему многофазных бессепарационных измерений жидких потоков раздельно по нефти, воде и свободному газу.

Принцип измерения основан на законе Гуго-Ламберта-Бера, характеризующего зависимость частоты гамма-излучения от плотности и линейного коэффициента ослабления вещества:

$$I_h = I_{h0} \cdot \exp(-\mu_{h0} \cdot d) = I_{h0} \cdot \exp(-\mu_h \cdot \rho \cdot d), \quad (1)$$

где I_{h0} , I_h – интенсивности излучения начального и прошедшего через контролируемое вещество; μ_{h0} , μ_h – линейный и массовый коэффициенты ослабления излучения средой.

Схематическое изображение установки приведено на рисунке 1, где 1 – участок трубы с многокомпонентным потоком, движущимся со скоростью V ; 2 – пузырьки свободного газа;

3 – первичный преобразователь; 4 – источник излучения (химический элемент Cs137); 5 – блок детектирования прямого излучения N1; 6 – интеллектуальная система (однокристальная ЭВМ); 7, 8 – блоки детектирования рассеянного излучения N2 и N3 соответственно, 9,10 – прямое и рассеянное гамма-излучение соответственно.

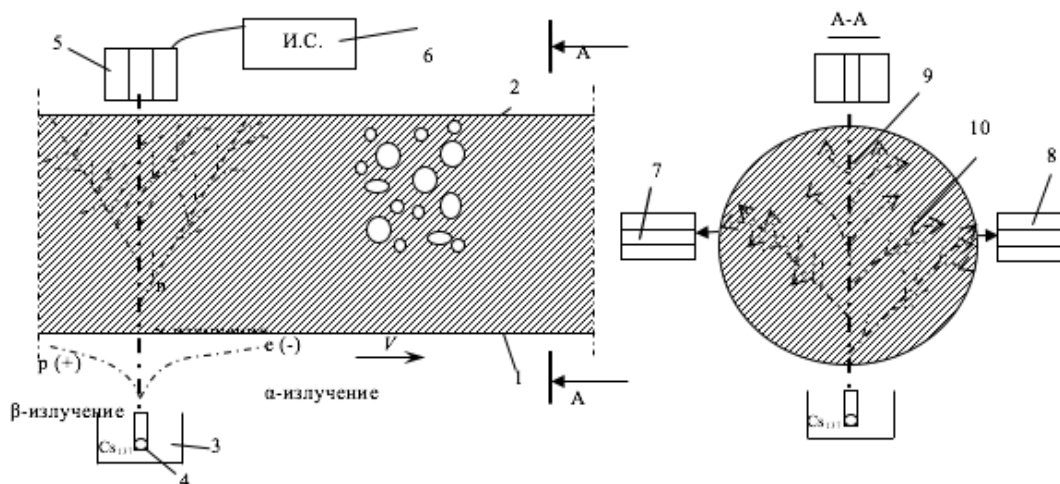


Рисунок 1 – Структура бесконтактного измерения параметров отдельных компонентов жидких многофазных многокомпонентных потоков

Путем пропускания через участок трубопровода с нефтяным потоком радиоизотопного излучения отмечают его ослабление. По степени ослабления излучения и характеру пульсаций сигнала в характерном каждому источнику энергетическом спектре можно оценить измеряемый параметр среды.

Скорость течения жидкости определяется *меточным способом*. В качестве естественных меток использовались пузырьки свободного газа, находящиеся в жидкости.

Мобильность разрабатываемой радиоизотопной измерительной системы позволит устанавливать ее на разные участки трубопровода и осуществлять контроль расхода нефти. Местные потери напора, вызванные изменением характера трубопровода, различными вставками, вентилями и т.д. определяются по формуле Вейсбаха [5]:

$$H_m = \xi \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления (определяется экспериментально и зависит от вида местного сопротивления); V – скорость после препятствия.

Полная потеря напора выражается следующей зависимостью, где H_1 – потери напора на трение трубопровода с парафином; $v_{1,2}$ – коэффициент гидравлического сопротивления при наличии и отсутствии парафиновых отложений соответственно; $d_{1,2}$ – диаметр проходного сечения трубопровода с парафином и без парафина соответственно; δ – толщина парафиновых отложений:

$$H_{\Sigma} = H_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} \cdot \frac{d_1^5}{(d_1 - 2\delta)^5} + \xi \cdot \frac{V^2}{2g}. \quad (3)$$

Блок-схема имитационной математической модели выходного сигнала радиоизотопного измерителя плотности приведена на рисунке 2. Генератор случайных чисел 1 генерирует цифровой поток, подчиняющийся статистике Вейбулла и соответствующий прямому 2 и рассеянному 3 излучению с динамическими коэффициентами c и b , являющийся имитатором

сигнала с блока детектирования. Сигнал поступает на вход блока детектирования с усилителем сигнала прямого 4 и рассеянного излучения 5. Сигнал с выхода детектора поступает на вход АЦП 6, 7 и далее поступает на блок вычисления среднего 8, согласно формуле:

$$\text{Среднее} = \begin{cases} S_i & \text{если } n - \text{нечетное} \\ 0,5(S_{k-1} + S_k) & \text{если } n - \text{четное} \end{cases}, \quad (4)$$

где n – число элементов в X последовательности значений; S – отсортированное значение в X последовательности значений; $i = \frac{n-1}{2}$; $k = \frac{n}{2}$.

Сигнал с выхода АЦП 6, 7 поступает на блок вычисления стандартного отклонения и дисперсии. Вычисление выходного сигнала блока 9 осуществляется по следующим формулам:

$$\mu = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{x_i}{n}, \quad (5)$$

где μ – среднее, а n – число элементов в X последовательности значений;

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(x_i - \mu)^2}{n}, \quad (6)$$

где σ и σ^2 – стандартное отклонение и дисперсия соответственно.

Одновременно, сигнал с АЦП 6, 7, поступает на блок 10 вычисления среднеквадратичного значения, согласно формуле, приведенной ниже:

$$\psi_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |x_i|^2}, \quad (7)$$

и на блок коррелятора выходных сигналов 11. Выходные сигналы с блока 8, 9, 10 и 11 передаются в блок сравнения 12, где определяется полезный сигнал о состоянии процесса и срабатывает тревога.

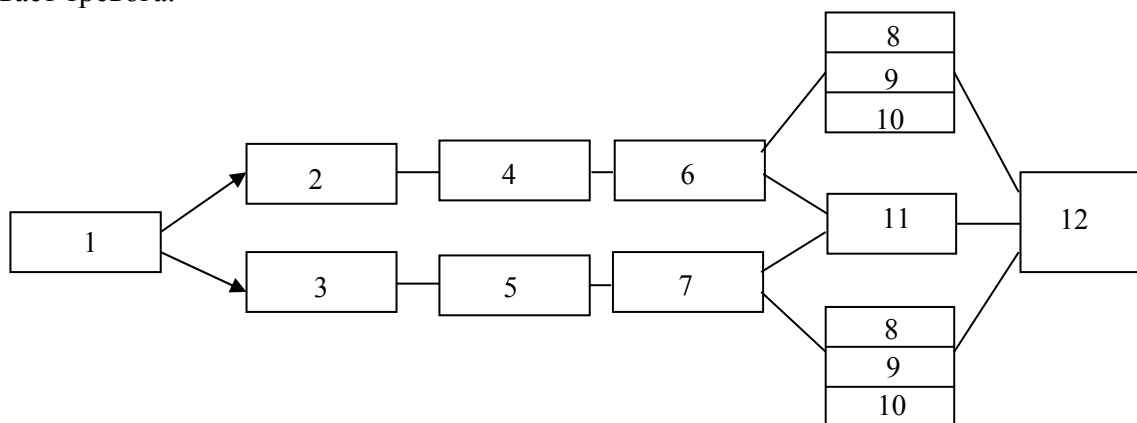


Рисунок 2 – Блок-схема имитационной математической модели выходного сигнала радиоизотопного измерителя плотности

На рисунке 3 приведена виртуальная модель выходного сигнала в системе Labview. Функции «Slide» и «Slide2» изменяют амплитудное и временное положение сигналов, а световой индикатор «Boolean» позволяет наглядно детектировать сигналы, превышающие заданное значение амплитудного параметра. Так, например, при большом скоплении пузырей

свободного газа в пункте контроля и учета нефтепродуктов, персонал незамедлительно получит световой сигнал от индикатора.

Результаты, полученные при моделировании, соответствуют результатам лабораторных испытаний, что доказывает адекватность разрабатываемой имитационной модели. Компьютерно-имитационное моделирование позволяет повысить точность измерений отдельных компонентов жидких многокомпонентных потоков за счет создания имитатора случайных чисел, а также проследить динамику процесса с предусмотрением сигнала аварии.

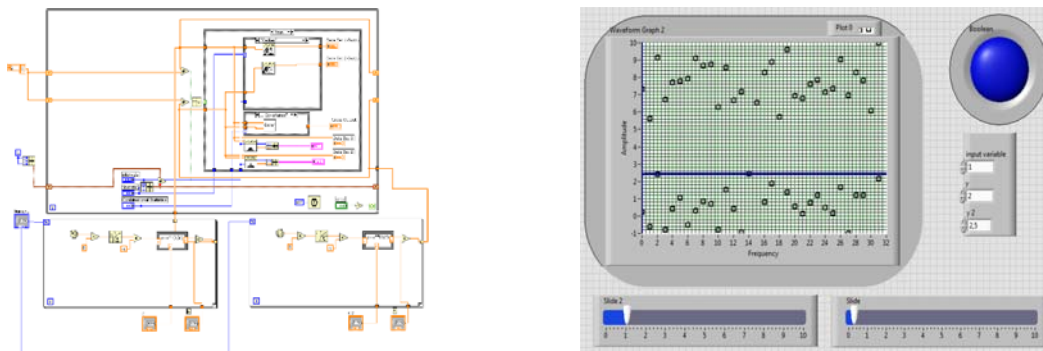


Рисунок 3 – Компьютерная модель процесса в системе Labview

Данная методика отличается своей многофункциональностью, поскольку с ее помощью также возможно непрерывно (каждые 0,2 с) измерять плотность и расход нефтяных потоков, а также детектировать места утечки углеводородов. Технология «непроникающего измерения» гарантирует высокую степень безопасности вне зависимости от измеряемой среды и ее свойств. Создание единой измерительной системы позволит обеспечить информационно-техническую поддержку процесса транспортировки нефтяных потоков по магистральным нефтепроводам, усовершенствовать систему реагирования при аварийных утечках нефти и разработать единый, централизованный и открытый отдел по контролю над изменением количества нефти. Это, в свою очередь, стандартизирует управление процессом транспортировки, увеличит количество получаемой информации о транспортируемых потоках, повысит уровень наблюдаемости и модернизирует инфраструктуру топливно-энергетического комплекса (ТЭК), 60% которой на сегодняшний день находится в предаварийном состоянии. Кроме этого, обеспечение точной диагностики трубопроводного транспорта позволит решить проблему дисбаланса количеств транспортируемого сырья, поскольку свободный газ, вода и механические примеси образуют погрешность при коммерческом учете нефти.

Список использованных источников

1. Кислицын Е.В., Панова М.В., Шишков Е.И. Проблемы предприятий нефтегазового комплекса России: тенденции и пути решения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN317.pdf>
2. Проблемы сырьевой базы углеводородов в России, EXPO BUSINESS REVIEW, ООО «РЭСТЕК Медиа», сентябрь 2015, электронная версия: <http://expobr.ru/>
3. REGNUM. Износ электросетевой инфраструктуры в России. Масштабы и перспективы. 26.11.2017. URL: <https://regnum.ru/news/2348996.html>
4. Коптева А.В. Структура и достоинства бесконтактного измерителя плотности движущегося потока нефти, основанного на радиоизотопном излучении/ Р.М. Проскуряков, А.В. Коптева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Изд. Горная книга. – №4. – 2012. – С.276-280.
5. Старшая В.В., Коптева А.В. Многопараметрический метод обнаружения несанкционированных врезок в нефтепровод, основанный на радиоизотопном излучении. // Материалы научной конференции с международным участием "Неделя науки СПбПУ", 13–19 ноября 2017 года. Лучшие доклады, ISBN: 978-5-7422-6167-4, <http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/i18-123>.

РАЗВИТИЕ МАЛОТОННАЖНЫХ СПГ-ЗАВОДОВ

Степанов И.А.

Санкт-Петербургский горный университет

Стремительное развитие мирового рынка сжиженного природного газа приводит к устойчивому росту его совокупного потребления. Так, согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), мировой спрос на СПГ с 2010 года увеличивается в среднем на 7,6% ежегодно, обуславливая рост его доли, которая по итогам 2017 года составила более 30% мирового потребления газа [8].

Существующие в России запасы газа и наличие собственных технологических разработок по сжижению, по мнению министра энергетики, потенциально могут позволить нашей стране увеличить долю в мировом объеме производства СПГ к 2025 году с 4% до 20% [8]. Для этого ведется разработка целого ряда проектов, среди которых Балтийский СПГ, Печора СПГ, Владивосток СПГ, 3-я очередь Сахалин-2 [2]. На рисунке 1 представлены проектные мощности некоторых планируемых крупных СПГ-заводов.

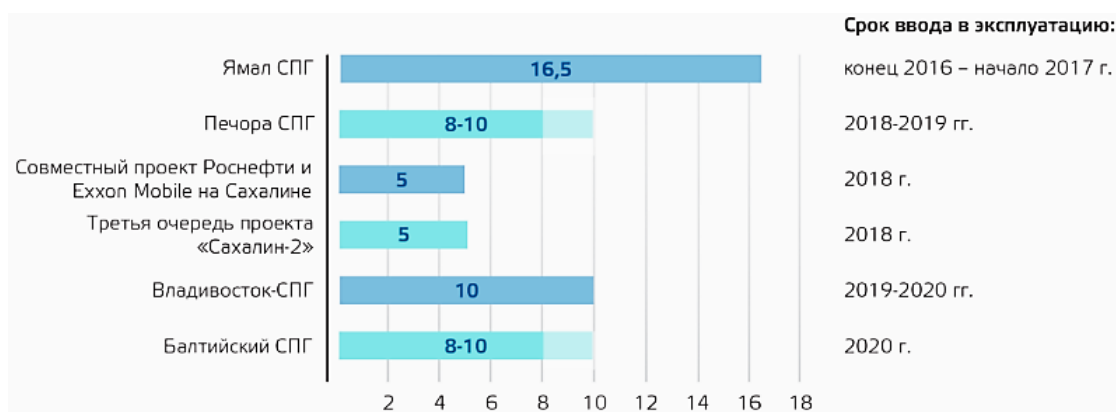


Рисунок 1 – Проектные мощности планируемых российских СПГ-заводов, млн т. [6]

Однако в настоящее время существуют и объективные препятствия, тормозящие ввод в эксплуатацию целый ряд российских СПГ-проектов. Основной причиной является высокий показатель удельных капитальных затрат, связанный с отсутствием отечественных производств мощного турбокомпрессорного оборудования и больших теплообменников, лежащих в основе крупнотоннажных (5 млн т в год и более) СПГ-заводов [2]. Дополнительной проблемой, тормозящей развитие заводов по сжижению газа в России, является сложность с привлечением инвестиций и кредитов для финансирования строительства, поскольку российские крупные проекты не способны выйти на конкурентный уровень доходности и срока окупаемости для проектов отрасли. Стремление развивать крупнотоннажное производство, ориентированное на экспорт, не решает острую проблему дефицита топлива в негазифицированных регионах России [3].

Для оценки и выбора проектов используют множество разных показателей, каждый из которых позволяет сделать вывод о том, стоит ли реализовывать проект или нет. Для СПГ-проектов, где себестоимость тонны продукции для каждого уникальна и складывается из затрат на добычу, сжижение, транспортировку до места назначения, прочих производственных и непроизводственных издержек, а цена формируется исходя из спроса и предложения на рынке, то на передний план выходит показатель удельных капитальных затрат, рассчитываемый как отношение суммарных инвестиций к годовой производственной мощности. Исходя из допущения, что цена – экзогенный фактор, задаваемый рынком, а себестоимость производства тонны продукции – эндогенный фактор, негибкий, трудноизменяемый и уникальный для каждого проекта по причине разных климатических условий, влияющих на затраты энергии для охлаждения, геологических условий месторождений, величина удельных капиталь-

ных затрат напрямую влияет на индекс доходности и срок окупаемости. В формуле 1 вычлена величина удельных капитальных затрат из срока окупаемости.

$$PP = \frac{I}{CF} = \frac{I}{Q} * \frac{1}{(P - TC)}, \quad (1)$$

где PP – срок окупаемости проекта; I – суммарные инвестиции в проект; Q – годовая производственная мощность; P – цена за тонну СПГ; TC – суммарные затраты на производство тонны СПГ.

Справочно, средние удельные капитальные затраты для российских крупных заводов находятся в диапазоне 1700-1800 \$/т, в то время как у заводов в США себестоимость варьирует в диапазоне 600-800 \$/т [4]. Такие высокие показатели удельных капитальных затрат у российских проектов, связаны с закупкой дорогостоящего зарубежного турбокомпрессорного оборудования и больших теплообменников. Но необходимо также отметить, что в среднем в России показатель себестоимости производства СПГ является одним из самых низких в мире. Именно поэтому главной задачей стоит снижение удельных капитальных затрат, тем самым повышая инвестиционную привлекательность проектов. В сложившихся условиях актуальным является принятие российскими компаниями-производителями управленческих решений, позволяющих решить главную задачу. Одно из наиболее предпочтительных решений – развитие малотоннажных (предприятия с объемом производства до 100 тыс. т в год) заводов [1]. Это позволит минимизировать риски, существенно сократить срок окупаемости, обеспечив при этом приемлемую себестоимость новых производств СПГ [3].

Определенные преимущества малотоннажных заводов СПГ заключаются в сравнительно низких удельных капитальных затратах на строительство, колеблющихся в диапазоне 550-700 \$/т, что позволяет выводить высококонкурентное топливо как на территории внутри страны, где отсутствуют магистральные трубопроводы, так и на экспорт [6]. Криогенное оборудование таких производств уже разработано и изготовлено российскими машиностроительными заводами, что позволяет снизить до минимума влияние санкций.

Выделяют три основных группы конечных пользователей продуктов таких заводов:

- топливо для судов (бункеровка);
- топливо для большегрузного наземного транспорта;
- энергоснабжение в неэлектрифицированных районах.

Несмотря на неблагоприятную динамику добычи и переработки природного газа на мировых рынках, а именно, низкие цены на сырье, избыток предложения на рынках газа и сосредоточенность на сокращении затрат, ряд факторов свидетельствует о целесообразности развития малотоннажных и заводов СПГ. Среди таких факторов, в первую очередь, следует отметить возможность обеспечить инвесторам более быструю и потенциально более привлекательную доходность в среднесрочной перспективе, что является принципиальным отличием малотоннажных заводов от крупномасштабных проектов производства СПГ [5]. Существующие отечественные технологии позволяют проектам предоставлять услугу по принципу «подключай и работай» с более низкими инвестиционными потребностями и ускоренными графиками ввода в эксплуатацию. Все это позволяет уменьшить неопределенность в отношении времени реализации проекта. Еще одним преимуществом малотоннажных проектов является возможность его масштабирования, позволяющее операторам добавлять производственные мощности для удовлетворения растущего спроса, доводя число производственных линий до 20-30 [2]. И, наконец, именно благодаря своей гибкости такие проекты могут простимулировать спрос в тех областях рынка, которые ранее были непригодны для СПГ в качестве источника топлива, как, например, автономное энергоснабжение на островах и в отдаленной местности [3].

Список использованных источников

1. Амбиции без технологий: сможет ли Россия сама строить заводы СПГ // РБК. 12 сентября 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения 01.03.2018).

2. Малотоннажные российские заводы по производству СПГ захватывают свою долю европейского рынка // Региональная энергетика и энергосбережение. 17 апреля, 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://energy.s-kon.ru> (дата обращения 01.03.2018).
3. От малого к большому. Почему малотоннажное производство СПГ может стать новой «большой волной» // PwC. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.pwc.ru/publications/Small-going-big.pdf> (дата обращения 01.03.2018).
4. Пределы гибкости: сможет ли рынок СПГ повторить путь нефтяного рынка? // Forbes, 19 июля 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <http://www.forbes.ru> (дата обращения 01.03.2018).
5. Россия выходит на рынок СПГ не поздно и не рано – вовремя // Газета «Ведомости» от 14.02.2018 [Электронный ресурс]: Режим доступа URL: <https://www.vedomosti.ru/> (дата обращения 09.03.2018).
6. Сжиженный природный газ в мире и России: текущее состояние и перспективы развития // Vostock Capital, 12 Февраль, 2017. [Электронный ресурс]: [сайт] URL: <https://www.vostockcapital.com> (дата обращения 01.03.2018).
7. Global LNG: Gorgon & the Global LNG Monster // Deutsche Bank Markets Research, 17 September 2012 (дата обращения 01.03.2018).
8. World Energy Outlook 2017 // International Energy Agency, 14 November 2017 (дата обращения 01.03.2018).

УДК 678.8

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, АРМИРОВАННЫХ ВОЛОКНАМИ, ДЛЯ МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ

Татаринович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Быстрый прогресс в технологии строительных материалов привел к появлению новых материалов со специальными свойствами, направленными на безопасность, экономичность и функциональность структур. Класс конструкционных материалов, который был изначально разработан много лет назад, но в последнее время привлек внимание инженеров, участвующих в строительстве различных сооружений, в том числе мостов и тоннелей, – это армированные волокном полимерные композиты. Результаты многих исследований показали, что этот вид материалов обладает такими выдающимися свойствами, как высокая удельная прочность, высокая усталость и сопротивление окружающей среде, легкий вес, жесткость, высокая рентабельность и быстрая сборка, но в то же время изготовление данного материала требует больших финансовых затрат, также, все еще ничего неизвестно о его долговечности и, к тому же, армированные волокном полимерные композиты имеют низкий класс огнестойкости.

Использование материалов из армированного волокном полимера для восстановления повреждений распространено во всем мире из-за его легкости, высокой прочности и коррозионной стойкости. Поскольку традиционные методы укрепления стандартных сооружений являются дорогостоящими и трудоемкими, ученые разработали много новых, которые упрощают армирование полимерного волокна для ремонта и модернизации различных сооружений. Волокнистые полимерные композиты представляют собой смесь полимерной смолы (например, сложного полиэфира, эпоксидной смолы) в качестве связующего вещества и материала с жесткими волокнами (например, стеклом, углеродом, бором), действующими в качестве фазы консолидации.

Существует много различных типов волокон, которые можно комбинировать с различными полимерными материалами. Наиболее распространено стекловолокно и углеродные волокна. Выбор волокон для композитов полимерных материалов зависит от того, где этот материал будет использоваться. В настоящее время волокнистые композиты используются в различных деталях для военных самолетов: фюзеляжи и крылья, армированные углеродным волокном полимера и т.д., для коммерческих самолетов: первый авиалайнер Boeing 787 с металлическими композитными трубками, используемыми в качестве элементов рамы и фермы ребер в средней части фюзеляжа, а также в качестве рычага перетяжки шасси на одном из орбитальных аппаратов, для космического телескопа: антенная стрела, для граждан-

ской инфраструктуры (балки, сборные колонны и т.д.) и для производства возобновляемой энергии (например, комбинированные ветровые турбины).

Таким образом, благодаря своим выдающимся свойствам и превосходным качествам по сравнению с традиционными материалами, волокнистые полимерные композиты считаются материалами будущего в строительстве мостов и тоннелей.

Список использованных источников

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*, 2012. – С. 7-17.
2. Чурсова Л.В., Ким А.М., Панина Н.Н., Швецов Е.П. Наномодифицированное эпоксидное связующее для строительной индустрии // *Авиационные материалы и технологии*, 2013. – С. 40-47.
3. Луговой А.Н., Савин В.Ф. О стандартах подходов к оценке характеристик стержней из волокнистых полимерных композиционных материалов // *Стройпрофиль*, 2011. – С. 30-32.

УДК 639.3.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДЕРЖАНИЯ САДКОВОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБЫ

Тихонов Е.А.

***Аннотация.** В настоящее время промышленное выращивание рыбы в садках развивается в Республике Карелия, в Псковской области, а также в других регионах и странах. С увеличением объемов производства рыбы возрастает актуальность технологических, технических и биологических проблем получения экологически безопасной продукции рыбного хозяйства. В представленной работе рассматриваются технические аспекты совершенствования конструкции садкового модуля для промышленного выращивания рыбы.*

Цель работы: уменьшение затрат на систему фиксации положения кластера садков.

Задача, которую необходимо решить для достижения данной цели заключается в разработке новой системы фиксации садков с учетом их взаимодействия в кластере.

Для решения данной задачи использован патентный поиск и анализ сильных и слабых сторон известных технических решений садков и их систем.

Разработана система удержания садкового модуля, в которой не подразумевается использование круглозвенных цепей, а натяжение системы обеспечивается балансирами. Кроме того, учет вертикальной составляющей при расчете реакции опоры якоря позволило более точно рассчитать необходимую массу якорей с учетом уменьшения силы трения и архимедовой силы.

***Ключевые слова:** аквакультура; система удержания садкового модуля, моделирование динамических систем.*

Введение. В настоящее время промышленное выращивание рыбы в садках развивается в Республике Карелия [1], в Псковской области [2], а также в других регионах [3, 4] и странах [5, 6]. С увеличением объемов производства рыбы возрастает актуальность технологических, технических и биологических проблем получения экологически безопасной продукции рыбного хозяйства [1, 8].

В представленной работе рассматриваются технические аспекты совершенствования конструкции системы удержания садков для промышленного выращивания рыбы. В данной области, как правило применяется так называемая «Норвежская система удержания» [10]. Основной особенностью данной системы является применение круглозвенных якорных цепей, соединяющих удерживающий канат и якорь. При работе системы удержания часть цепи лежит на дне, а часть висит в толще воды, тем самым, с одной стороны, обеспечивая натяжения всей системы канатов и исключая вертикальную составляющую силы действующей на якорь.

К недостаткам данной системы можно отнести неоправданно большое количество канатов и грузов. Так же стоимость 1 метра круглозвенной цепи очень высока.

Цель и задача работы, методика решения. Цель работы: уменьшение затрат на систему удержания садкового модуля за счет снижения требуемого количества канатов и отказ от использования круглозвенных цепей.

Задача, которую необходимо решить для достижения данной цели заключается в разработке динамической расчетной модели системы удержания садкового модуля которая будет учитывать ветровую и волновую нагрузки на модуль, а также обеспечит натяжение системы и учет вертикальной составляющей реакции опоры якоря.

Для решения данной задачи применялся численный метод моделирования динамических систем. Данный метод показал свою эффективность и хорошую адекватность получаемых результатов [7].

Для решения данной задачи была смоделирована система удержания садкового модуля из 4-х садков диаметром 25 м. Общая компоновка системы представлена на рисунке 1.

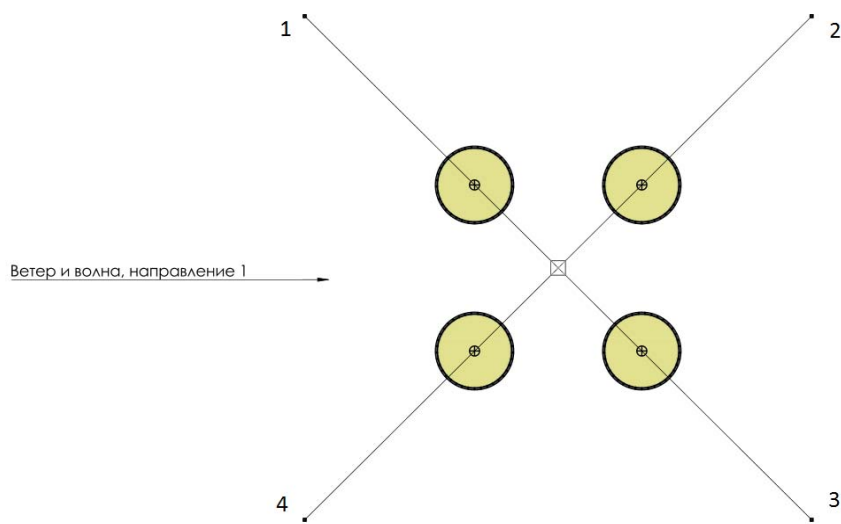


Рисунок 1 – Система фиксации садков: 1, 2, 3, 4 – якоря

Далее, необходимо выполнить следующие этапы расчета:

1. определить исходные данные для расчета;
2. расчет ветровой нагрузки на один садок;
3. расчет комплексного динамического воздействия волна/ветер на садковый модуль;
4. определение максимального осевого усилия в удерживающих канатах;
5. определение необходимой массы якоря с учетом динамической отрывающей силы.

В качестве исходных данных примем следующее:

1. скорость ветра: 20 м/с;
2. параметры волны:
 - а. высота: 1,88 м;
 - б. длина: 20,7 м;
 - в. период: 3,64 с;
3. течение: 0,15 м/с (пренебрегаем);
4. усилие на балансире: 1000 Н (см. рис. 3.3).

Расчет ветровой нагрузки осуществляется в два этапа:

1. определение эпюры скоростей потока воздуха, проходящего через садок;
2. определение суммарного гидравлического давления на элементы конструкции садка;
3. определение реакции опоры места крепления садка.

Для решения поставленных задач используем систему численного моделирования Flow Simulation и Simulation. Для расчета используем упрощенную модель садка с хомутами, обеспечивающими требуемую парусность (см. рисунок 2).

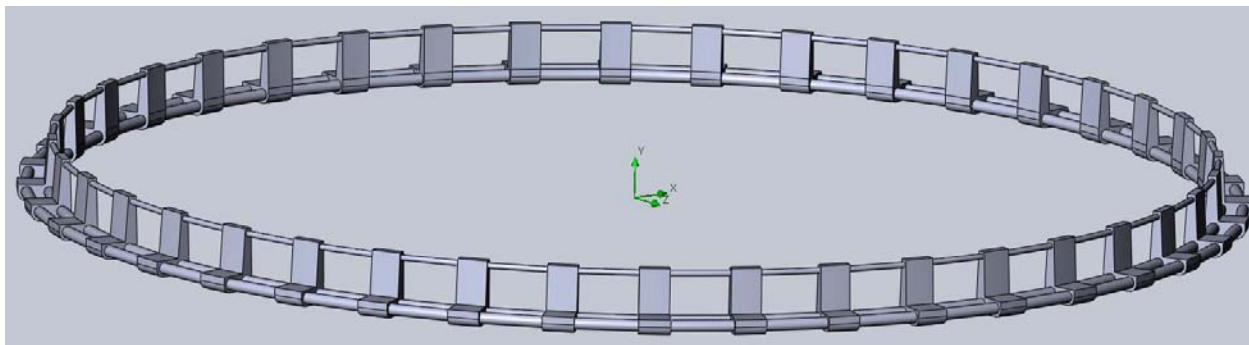


Рисунок 2 – Модель садка для определения ветровой нагрузки

Результат продувки садка представлен на рисунке 3.

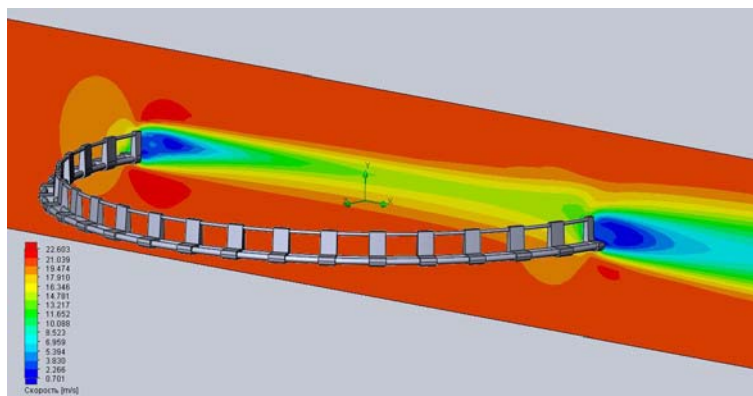


Рисунок 3 – Распределение скоростей потока воздуха в диаметральной плоскости садка

Данная ветровая нагрузка приводит к деформациям садка. Форма садка становится эллиптической в пределах упругих деформаций элементов конструкции садка. Определим усилие, действующее на садок, от ветровой нагрузки путем определения реакции опоры места крепления каната к садку (см. рисунок 4).

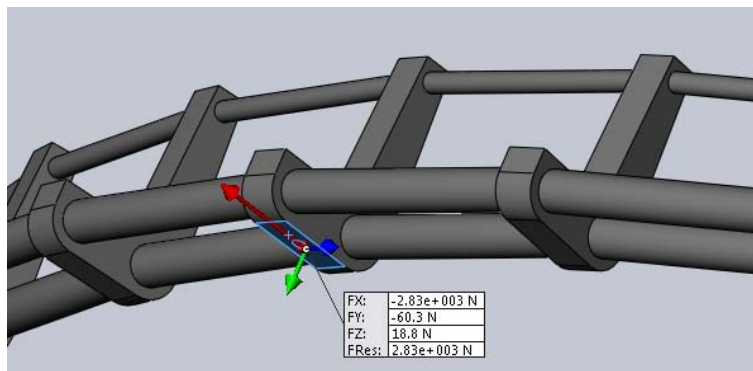


Рисунок 4 – Реакция опоры места крепления каната к садку

По результатам расчета принимаем ветровую нагрузку для дальнейших расчетов равную 2830 Н.

Для определения динамического воздействия ветра и волны используем систему ANSYS MECHANICAL. Применим нестационарный тип анализа. Для построения расчетной модели используем упрощенную модель садков. Для моделирования канатов используем балочный элемент link180. Общий вид системы представлен на рисунке 5.

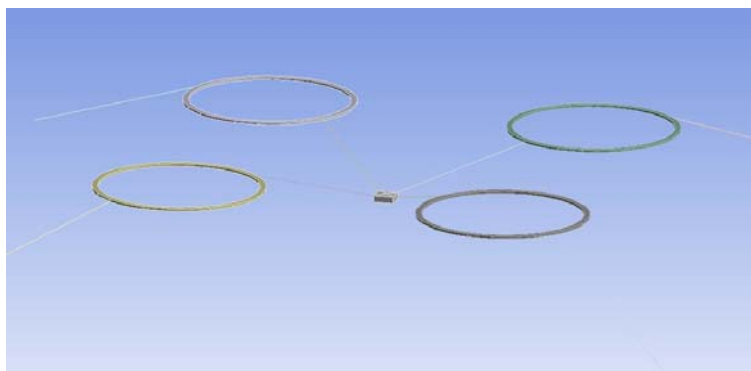


Рисунок 5 – Общий вид расчетной модели садкового модуля

Перемещения садков по вертикали определяются формой водной поверхности. В соответствии с параметрами волны, волновая функция соответствует высоте, длине и периоду волны.

В соответствии с реальными условиями эксплуатации модель ограничена 4 якорными точками. На балансир в центре действует сила, равная 1000Н. Ветровая нагрузка прикладывается к каждому садку (см. рис. 6 и 7).

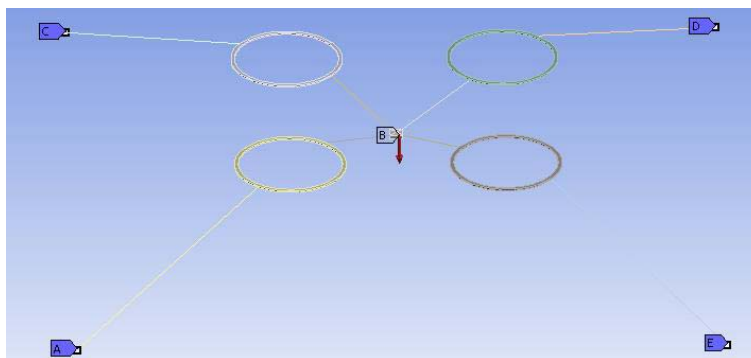


Рисунок 6 – Сила тяжести балансира

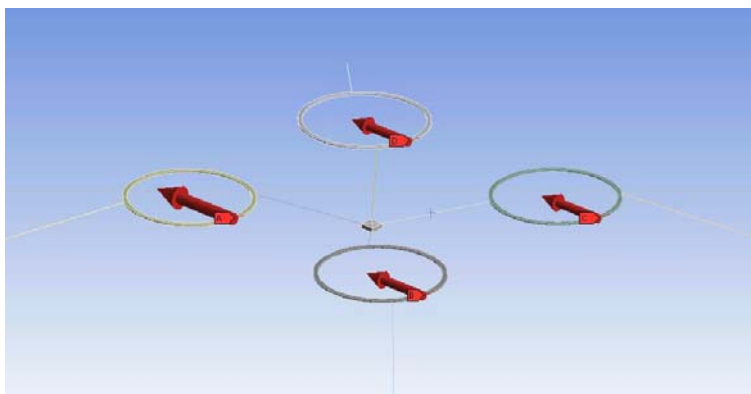


Рисунок 7 – Приложение ветровой нагрузки

Направление движения волн совпадает с вектором приложения ветровой нагрузки.

В целом на систему действует ускорение, равное 4000 мм/с^2 . Данное ускорение имитирует силу тяжести для канатов, погруженных в воду.

Длительность моделирования системы составит 50 с, минимальный шаг по времени расчета составит 0,01с.

Результаты. По результатам расчета получены графики изменения осевого усилия всех канатов. График изменения осевого усилия наиболее нагруженного каната представлен на рисунке 8.

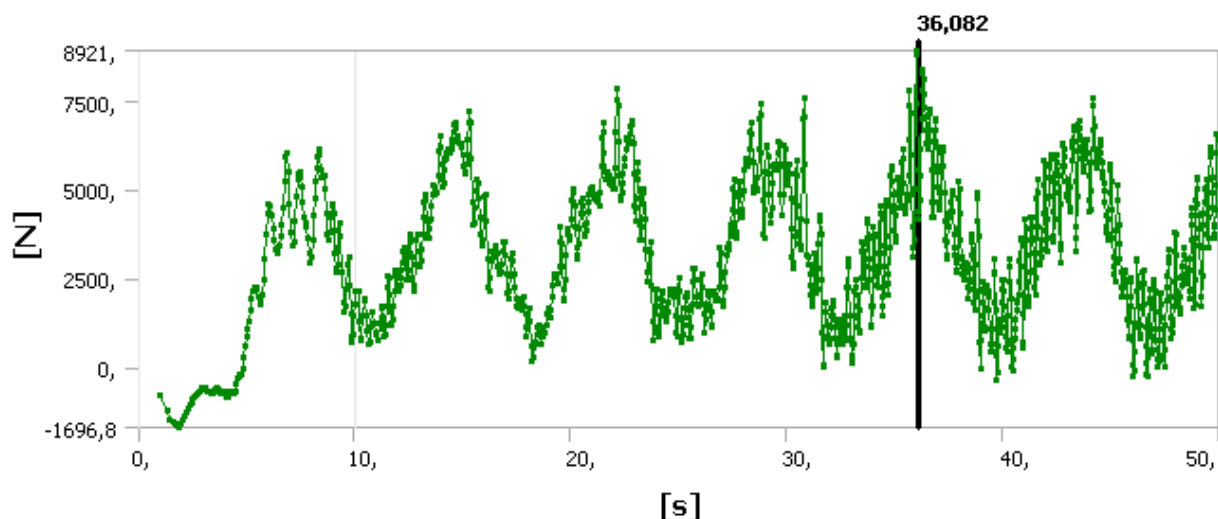


Рисунок 8 – График изменения осевого усилия наиболее нагруженного каната

Максимальное усилие, равное 8921 Н, возникает на 36 секунде моделирования. Это обусловлено цикличностью волновой и инерциальных нагрузок системы. В данный момент времени наблюдается наибольший резонанс колебаний. Теперь, согласно рассчитанному максимальному усилию, можно подобрать канат.

Для определения требуемой массы якорей необходимо учесть комплексный фактор Z/XY . Комплексный фактор Z/XY учитывает величину вертикальной составляющей реакции опоры якоря. В таблице 1 представлены значения усилий, действующих на якоря (опоры) с самым нагруженным канатом, по осям координат.

Таблица 1 – Максимальные значения реакций опор по декартовым координатам

№ опоры	По оси X, Н	По оси Y, Н	По оси Z, Н	В горизонтальной плоскости, $\vec{X} + \vec{Y}$, Н
1	5142	4737	1673	6991
2	2997	2714	1081	4043
3	1817	1836	775	2583
4	5657	5924	2238	8191

Далее, определим необходимую силу тяжести для каждого якоря. Силу тяжести груза определим через минимально необходимую силу трения. Коэффициент трения якоря о дно (удерживающая сила) примем как для гравитационного якоря, без зацепов и лап $f=1,01$ [10].

Тогда, минимальная составляющая сила тяжести якоря в воде составит:

$$N = \frac{(\vec{X} + \vec{Y})}{f} + N_z$$

где N_z – сила реакции опоры якоря по оси Z.

Сведем в таблицу 2. результаты расчета минимальной требуемой силы тяжести якорей в воде.

Таблица 2 – Значения минимальной требуемой силы тяжести якорей в воде

№ груза	Минимальной требуемой силы тяжести грузов
1	8663
2	5124
3	3357
4	10429

Данная сила тяжести действует в воде. Для расчета необходимой массы якорей необходимо скомпенсировать архимедову силу. Для этого примем плотность материала якоря (гранит) равную 2500 кг/м³.

Выполним итерационный расчет масс якорей с подбором требуемого объема якорей. Результаты расчета сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Итерационный расчет массы якорей

Объем груза (принимаем), куб.м	Архимедова сила, Н	Минимальная сила тяжести якоря на суше, Н	Масса якоря, кг	Объем якоря (расчетный), куб.м
0,59	5786	14449	1473	0,59
0,35	3432	8556	872	0,35
0,22	2158	5515	562	0,22
0,71	6963	17392	1773	0,71

Заключение. Моделирование предложенной системы удержания садкового модуля показало перспективность применения балансиров и отказ от использования круглозвенных цепей. Это стало возможным благодаря выделению из расчетных реакций опор якорей вертикальной составляющей. Предложенная система позволяет уменьшить требуемое количество канатов и сопутствующего такелажного обеспечения.

Список использованных источников

1. Кузнецова Е.В. Особенности болезней лососевых рыб при садковом выращивании // Международный вестник ветеринарии. – 2016. – № 4. – С. 18-21.
2. Монахов И.А., Купинский С.Б. Выращивание товарной форели в садках на примере рыбного хозяйства Псковской области // В сборнике: Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени. – 2016. – С. 233-235.
3. Судакова Н.В., Кушникова Л.Б., Ануарбеков С.М., Евсеева А.А., Жаркенов Д.К. Особенности садкового выращивания пеляди (*coregonus peled*) и радужной форели (*oncorhynchus mykiss*) в горных водоёмах восточного Казахстана // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 4 (18). – С. 21-27.
4. Хандожко Г.А., Васильев А.А. Результаты производственной апробации выращивания стерляди // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 2. – С. 45-46.
5. Жаркенов Д.К., Неваленный А.Н., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж., Садыкулов Т.С., Ануарбеков С.М., Бадрызлова Н.С. Технология выращивания форели на Таинтинском водохранилище в Восточно-Казахстанской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 85-94.
6. Хандожко Г.А., Васильев А.А. Результаты производственной апробации выращивания стерляди // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 2. – С. 45-46.
7. Горина М. А., Горин А. В., Козырев Д. Л. Моделирование динамических систем // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 31. – С. 726–730. – URL: режим доступа: <http://e-koncept.ru/2017/970160.htm>.
8. Aqualine strenght counts.: режим доступа <http://www.aqualine.no/en/products/>
9. Грудницкий Г.В., Грудницкий С.Г., Егоров С.И., Мамуров Р.Р. Морские нефтегазовые точечные причалы. – М.: Издательство «Энерджи пресс», 2011. – 368 с.
10. Садок для промышленного выращивания рыбы с системой подъема сетной камеры. Патент RU 160 857. Опубликовано: 10.04.2016. – Бюл. № 10.
11. Campbell River Netloft.: режим доступа: <http://crnetloft.ca/>

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ И В ЕАЭС: АРКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Тульцева А.С.

Научный руководитель: Сокольникова О.Б., к.э.н.

Российская таможенная академия

Экономическая безопасность России представляет собой комплексное и многогранное понятие, заключающее в себе состояние экономики, при котором обеспечивается устойчивый рост, оптимальное удовлетворение общественных потребностей, рациональное управление и защита экономических интересов на национальном и международном уровнях [1].

Полноценное и целенаправленное развитие регионов Арктики необходимо не только для обеспечения России нефтегазовыми ресурсами. Наряду с топливно-энергетическими приоритетами, не менее важными представляются приоритеты социальные и экономические. Целесообразно выделить следующие:

1. обеспечение транспортной связанности регионов России, определяемое активным функционированием Северного морского пути;

2. рациональное и эффективное использование природных ресурсов арктического региона;

3. обеспечение социально-экономического благополучия населения, территорий;

4. закрепление за Россией геополитического лидерства в арктическом регионе.

Для достижения поставленных целей между компаниями и государством должны быть установлены четкие связи, регламентируемые Планом развития Арктического региона России. Таким образом, первостепенной задачей Правительства России, а также таких отраслеобразующих компаний как «Газпром», «Роснефть» и «Лукойл» следует провозгласить составление вышеупомянутого Плана (рис. 1).

На данный момент Россия остается лидером в сфере освоения Арктики, так как ею контролируется порядка 50% арктического континентального шельфа, а также более 80% населения, проживающего выше Северного Полярного круга и более 60% арктической суши [2]. Все это обуславливает необходимость развития данного региона, вложения в него финансовых средств государства и выделения государственного субсидирования на создание и поддержание частно-государственного сотрудничества в сфере развития Арктики.

Почему для России так стратегически необходимо закрепление за ней суверенитета над этими территориями? В настоящее время именно данный регион является точкой столкновения интересов многих развитых и развивающихся стран ввиду своего богатства природными ресурсами. Однако не только это условие играет ключевую роль: одним из факторов является военная защищенность, так как большинство межконтинентальных ракет проходит именно через Северный полюс.

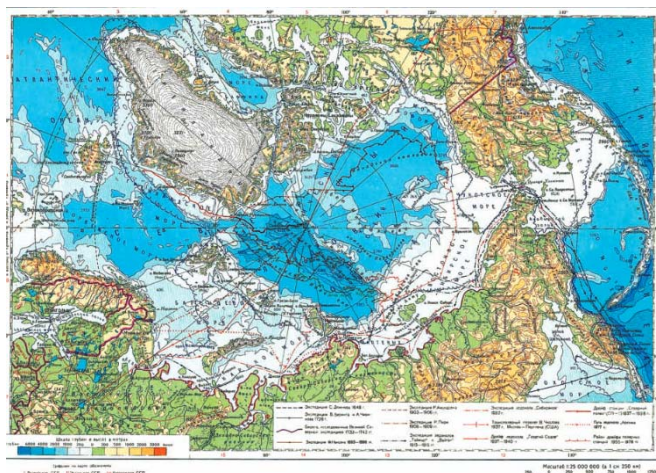


Рисунок 1 – Карта Арктики

Новейшие планы развития Арктической зоны России – это амбициозный и необходимый для РФ стратегический проект, предполагающий переосмысление условий и концепции функционирования ранее созданного социального, инфраструктурного и хозяйственного потенциала этого макрорегиона [3].

Еще одна экономическая необходимость освоения Арктики заключается в том, что именно этот регион является областью транспортно-экономического влияния Северного морского пути. Большое количество населенных пунктов Арктической зоны России располагается в непосредственной близости с данным транспортным маршрутом, поэтому отсутствие системности в вопросах работы транспорта, а также проблема с доступностью товаров народного потребления в данном регионе может привести не только к отсутствию какого-либо экономического роста, но и к опустошению Арктического региона.

Важно помнить, что территория Арктической зоны России представляет собой достаточно сложный, суровый регион не только в климатическом плане, но и в экономическом. На данный момент основным фактором развития Арктики служат Северный морской путь и добыча ресурсов, но для эффективного, постоянного и полноценного развития необходимо создать новые центры экономического развития непосредственно в самом регионе. Таким образом будет устранена проблема, которую можно назвать «фактор необходимости», которая заключается в том, что регион будет развиваться тогда, когда будут функционировать две регионообразующие на данный момент сферы: Северный морской путь и ресурсодобыча.

В настоящее время Арктическая зона становится объектом внимания не только российских ученых и промышленников, но и интересом государств-участников ЕАЭС. Так, новой вехой развития Арктического региона станет разработка, интеграция и реализация нового интеграционного проекта России и Беларуси – «Арктика-СГ». Целью данной программы становится привлечение студентов, ученых и сотрудников различных направленностей из России и Беларуси на территорию Арктики для развития данного региона по всем направлениям деятельности, а в первую очередь, для оптимизации ресурсов региона, изучения потенциала и наращивания не только экономического, но и социального эффекта [4]. Таким образом, можно сделать вывод, что реализация данного проекта выполнит «сверхзадачу»: Арктическая зона будет связана не только с соседствующими регионами страны, но и с соседним государством – Беларусь. Можно предположить, что проект выйдет за рамки Союзного государства и станет одним из важнейших вопросов на уровне ЕАЭС.

Важно определить несколько положений, которые необходимо учитывать при реализации проекта «Арктика-СГ»:

1. основной идеей проекта является не экономическое развитие, а социальное и научно-техническое развитие на базе оптимизации экономического потенциала региона;
2. привлечение молодого поколения в регион должно сопровождаться развитием инфраструктуры;
3. целесообразно рассмотреть возможность интеграции проекта «Арктика-СГ» с возможностями и предложениями китайской инициативы «Новый Шелковый путь» (Северный путь). Полагаем, что развитие в рамках проекта «Арктика-СГ» создаст оптимальный инвестиционный климат для региона в условиях китайского проекта.

Определенно, данный проект есть важнейший шаг двух государств для Арктического региона, его оптимизации не только в национальном масштабе, но и региональном, и международном. Так, данная инициатива может определить будущую «кооперацию научного потенциала» двух стран.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: Арктическая зона России сама по себе является гарантом экономической безопасности России, так как в ней сосредоточено порядка 20% нефтяных и более 50% газовых отечественных запасов, а также месторождения золота, угля, редких металлов и других полезных ископаемых [5]. Однако при рациональном, постоянном и целенаправленном развитии данного региона Россия может достичь следующих целей:

1. развитие туризма;

2. сохранение образа жизни коренных народов и мест их традиционного проживания;
3. развитие связи, спутниковых систем, сети Интернет;
4. развитие транспортного сообщения, а также строительство дорог и развитие авиации;
5. экономическое сотрудничество с другими приарктическими государствами;
6. обеспечение военной безопасности, защиты государственных границ;
7. решение экологических проблем [5];
8. реализация научного потенциала;
9. развитие международных связей на базе научного сотрудничества в регионе;
10. определение четкой и важной позиции в международных интеграционных проектах.

Важно отметить, что Арктика нуждается в инвестиционной насыщенности. Однако необходимо обеспечить на начальном этапе именно отечественные инвестиционные проекты, а не зарубежные. При условии, что в Арктическую зону России будут вкладывать финансовые средства именно российские инвесторы, независимость этого важнейшего региона России от зарубежных вложений будет обеспечена, а российская внутренняя экономическая ситуация вполне может показать положительную тенденцию, так как Арктика является экономически выгодным инвестиционным проектом. Таким образом на государственном уровне следует рассмотреть еще один вопрос, который можно назвать «Арктика – новый инвестиционный проект будущего». Целесообразно обеспечить государственное присутствие в этом секторе – субсидирование и государственный контроль, так как пока что этот регион все еще нуждается в государственном регулировании и финансировании. При эффективном развитии данного инвестиционного проекта регулирование может перейти в частно-государственный сектор. При этом, по мере развития данного региона, необходимо «вовлечь» регион в масштабные и важнейшие экономические проекты XXI века. Таким проектом может быть Новый Шелковый путь.

Арктическая зона России долгое время была в тени. Однако сейчас именно на нее направлено основное внимание государств-участников ЕАЭС. Арктика может стать инструментом их экономического роста, повышения их независимости от внешних факторов. Арктика является богатейшим регионом, однако для того чтобы в будущем этот регион эффективно развивался и участвовал в экономическом росте государств ЕАЭС именно сейчас необходимо дать этому «толчок» – начать развивать Арктику, осуществляя поэтапную и устойчивую адаптацию Арктического региона в мировой экономике.

Список использованных источников

1. Указ Президента РФ от 31.12.2015 N 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
2. Экспертный совет Председателя коллегии Военно-промышленной комиссии РФ // Приоритеты России в Арктике, 2016.
3. Ивантер В.В., Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. Арктический мегапроект в системе государственных интересов и государственного управления // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. – Выпуск 6, 2014.
4. Информационное агентство «Национальный курс». Новый проект программы Союзного государства «Арктика-СГ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: http://www.nkurs.ru/news/obhchestvo/novyy_proekt_programmy_soyuznogo_gosudarstva_arktika_sg/
5. Экспертный Совет при Правительстве РФ. Рабочая группа «Развитие Арктики и Северного морского пути» [Электронный ресурс]: Режим доступа: World Wide Web. URL: <http://будущее-арктики.рф/razvitie-arktiki/>

УДК 621.791.753
УДК 621.791.725
УДК 621.791.03

ИННОВАЦИИ В МЕТОДАХ СВАРКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*Шалагин М.Д., Малыхин В.А., Терехин Р.Д.
Санкт-Петербургский горный университет*

На данный момент классическая сварка – самый распространенный способ соединения магистральных трубопроводов, но не лишенный недостатков, таких как высокий уровень остаточных напряжений в зоне сварного соединения, образование горячих, холодных и усталостных трещин.

Способ сварки трубопроводов без предварительного подогрева стыков. Способ включает в себя соединение 2-х и более цилиндрических металлических труб, трубных секций, трубных плетей сварным кольцевым стыком с применением дуговой сварки по всему периметру трубы. Изобретение позволяет повысить несущую способность трубопроводов, изготовленных с применением сваренных встык труб, трубных секций, трубных плетей.

Известен способ сварки стыковых соединений в несколько проходов с помощью валиков. При этом каждый слой выполняется за один проход. Начиная с 3-го прохода, каждый слой выполняется за два и большее число проходов путем наложения отдельных валиков. Недостатком данного способа является то, что сварка каждого слоя на проход приводит к появлению значительных деформаций, что приводит к образованию горячих и холодных трещин. Образование трещин вызывается тем, что валик успевает остыть перед наложением следующего. Также в этом случае могут концентрироваться напряжения, приводящие к потере пластичности и трещинообразованию.

Также известен способ сварки угловых соединений, при котором наплавка сварных валиков выполняется участками, на которых один за другим укладываются 2 или 3 параллельных валика. Валики накладывают один за другим на длину сжигания электрода. Каждый последующий валик частично перекрывает предыдущий валик. Недостатком данного технического решения является высокая скорость охлаждения сварного соединения из-за сравнительно небольшой длины свариваемых участков, что требует постоянного проведения сопутствующего подогрева сварного соединения, и, связанная с этим, низкая производительность сварочного процесса.

Способ сварки трубопроводов без предварительного подогрева стыков, включающий разделку соединяющих торцов труб под сварку, отличающийся тем, что производят сборку элементов сварки, подготавливают кромки свариваемых элементов сварных соединений, выполняют сварку элементов кольцевым стыком с применением дуговой сварки по всему периметру трубы и охлаждением сварного соединения. При этом каждый проход, формирующий сварной шов, выполняют параллельным наложением двух валиков с контролем межслойной температуры между накладываемыми валиками сварного шва, при этом каждый второй валик является отжигающим и полностью перекрывает первый валик, а охлаждение сварного соединения обеспечивают со скоростью 200°С в час путем укрытия теплоизолирующими поясами, снятие которых производят после достижения температуры стыка 80°С. Такой подход позволяет повысить вязко-пластические свойства сварного шва и предотвратить образование закалочных структур с низким сопротивлением образованию трещин, возникающих при охлаждении стыка.

Устройство для лазерно-дуговой сварки стыка сформованной трубной заготовки.

На данный момент среди механизированных видов наиболее распространена электродуговая сварка под флюсом. Флюс засыпают впереди дуги, которая горит между концом электродной проволоки и свариваемым металлом в газовом пузыре, заполненном парами металла, флюса и газами. Флюс образует вокруг зоны сварки эластичную пленку, изолирующую эту зону от доступа воздуха. Флюс при остывании образует шлаковую корку, которая отделяется от поверхности шва. Сварка под флюсом улучшает качество шва, так как обеспечивает стабилизацию

цию дугового разряда, химическое взаимодействие с жидким металлом и легирование металла шва. Однако данная технология имеет существенный недостаток: проплавление деталей невелико, что требует нескольких проходов одного сварного шва, что сильно замедляет процесс сварки.

Для обеспечения лучшего качества сварного шва в настоящее время разработаны методы гибридной сварки, предполагающие нагрев и первоначальное расплавление кромок лазером, действующим совместно с электрической дугой, и окончательную сварку электрической дугой под флюсом.

Устройство для гибридной сварки (рис. 1) состоит из источника лазерного излучения 1, двух электродуговых горелок 2 и 3, средства для подачи флюса 4, ограждения для флюса 5. Сварка первой горелкой осуществляется в среде инертного газа 7.

Благодаря тому, что лазерный луч и дуговую горелку наклоняют в противоположные стороны, они излучают тепловую энергию навстречу друг другу, их осевые линии пересекаются внутри стыкуемых кромок. В результате обеспечивается эффективное взаимодействие обеих энергий, что, в свою очередь, обеспечивает равномерное перекрытие всей ширины шва, в результате чего улучшается его качество.

Поскольку электрическая дуга первой электродуговой горелки находится перед лучом лазера и образует вместе с ним единую сварочную ванну, то луч лазера «проталкивает» в шов металл от плавления электрода горелки и равномерно заполняет им сварочную ванну до самого корня, обеспечивая надежный провар. Это при выполнении сварки под флюсом не позволяет расплавленному флюсу пройти сквозь зазор.

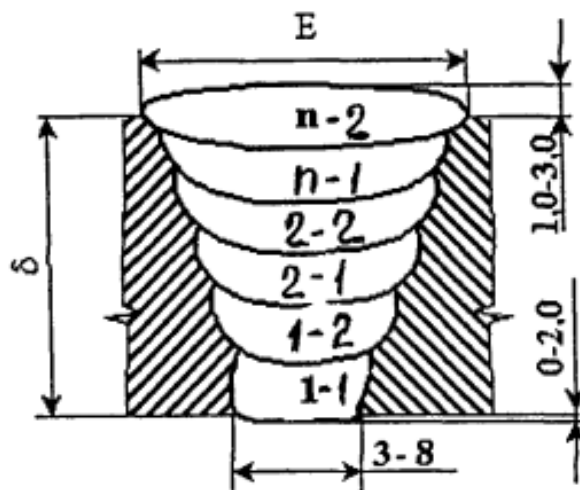


Рисунок 1 – Схема наложения сварных валиков кольцевого сварного шва

Поскольку между первой и второй горелками расстояние не очень велико, первый шов, уже сформировавшись, не успевает охладиться, что повышает скорость и качество второй сварки (под флюсом).

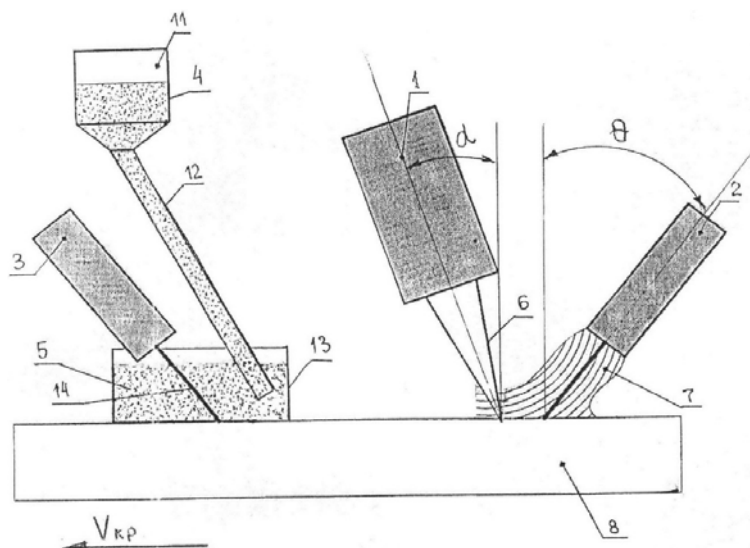
Кроме того, для уменьшения пористости и снижения вероятности образования дефектов в зону первого электрода подается защитный газ.

Использование заявленного способа лазерно-дуговой сварки обеспечивает высокую усталостную прочность сварных швов труб, повышает их надежность и качество при эксплуатации.

Способ разводороживания сварных швов магистральных газопроводов. Изобретение относится к анализу материалов радиационными методами и позволяет разводороживать сварные швы магистральных газопроводов в процессе их изготовления за счет облучения электронами, что, в свою очередь, обеспечивает возможность устранения охрупчивания швов газопровода и увеличивает срок его службы.

Водород, также как кислород и азот, растворяется в расплавляемом при сварке металле. Он попадает в металл из воздуха, содержащего пары воды, из влаги покрытия электродов; из

ржавчины, находящейся на поверхности металла изделия, и электродов. Водород содержится также в электродных покрытиях и в самом металле. Количество водорода в металле шва и зоне термического влияния зависит от качества сварочных материалов и способа сварки.



Способ разводороживания сварных швов магистральных газопроводов, включающий обработку сварных швов трубопровода ионизирующим излучением для выхода водорода из шва трубы, отличающийся тем, что в процессе выполнения сварного шва непрерывно измеряют его температуру и при достижении в одной из точек шва температуры 200-240°C над ней устанавливают выпускное устройство ускорителя электронов и облучают сварной шов электронами, одновременно контролируют температуру шва, а при снижении температуры шва до 60-80°C перемещают ускоритель электронов вдоль сварного шва к другим его точкам с повторением процесса измерения температуры и облучения сварного шва.

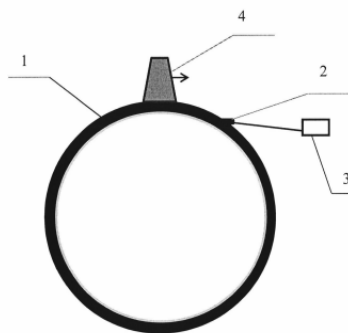


Рисунок 3 – Профиль трубопровода с установленным ускорителем

Список использованных источников

1. Патент РФ 2014131418/02, 29.07.2014 Способ разводороживания сварных швов магистральных газопроводов // Патент России №2580582. 2016. Бюл. № 10 / Лидер А.М., Ларионов В.В., Долгов А.С., Семкина Л.И.
2. Патент РФ 2013104099/02, 31.01.2013 Способ разводороживания сварных швов магистральных газопроводов // Патент России №2521920. 2014. Бюл. № 19 / Ченцов А.Н., Колесников О.И., Гончаров Н.Г. и др.
3. Патент РФ 2660503 Устройство для лазерно-дуговой сварки стыка Сформованной трубной заготовки // Патент России №2660503. / Котлов А.О., Федоров М.А., Булыгин А.А. и др.
4. Лихачев В.Л. Электродуговая сварка: пособие для сварщиков и специалистов сварочного производства / В. Л. Лихачев. - М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 640 с.
5. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. - М.: Изд-во МГТц им. Н. Э. Баумана, 2006. – 604 с.

СЕКЦИЯ 4

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

УДК 622.232

БУРОВЗРЫВОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СКОРОСТНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК ПО КРЕПКИМ ПОРОДАМ

Абрамов И.А.

Санкт-Петербургский горный университет

Большая стоимость и длительные сроки проведения подготовительных выработок существенно влияют на эффективность работы горных предприятий. С ростом интенсивности добычных работ, определяемых потребностями промышленности, развитием техники, неизбежной интенсификацией всех видов производств, связанных с переработкой полезных рудных и нерудных ископаемых, предопределяют необходимость совершенствовать технику и технологию проведения подготовительных выработок, с целью обеспечения резкого увеличения скорости проведения подготовительных выработок, с одновременным снижением затрат и повышением безопасности ведения проходческих.

Если для условий угольных шахт увеличение скорости проведения выработок по углю и средней крепости породам, решается совершенствованием техники и технологии проведения выработок традиционными способами (комбайны и комплексы с исполнительными органами избирательного действия), которые могут обеспечить скорости проведения выработок до 1000 м/мес., то для существенного увеличения скорости проведения подземных выработок по крепким породам, пока, не найдено безопасных технических решений, и не создано.

Повышение скорости проведения выработок по крепким породам достигается сокращением времени обустройства забоя (одновременное бурение большого количества шпуров с использованием вращательного способа с повышенными скоростями и с коронками из композита «Эльбор»), сокращением времени БВР на зарядание шпуров, на взрывание их и на проветривание перед и после взрыва, сокращением частоты циклов и устойчивости технологического процесса.

Способ проветривания забоев, проводимых подземных выработок с использованием буровзрывной технологии содержит принудительную подачу в тупиковую выработку свежего воздуха и отвод загрязнённого воздуха в режиме воздухообмена с помощью воздухообменных вентиляторов.

Повышение эффективности процесса проветривания горных выработок достигается отказом от явно выраженной цикличности и приданием процессу проветривания выработки, в которой находится оборудование, характера непрерывности, за счёт отсоса регулируемым вентилятором газа из призабойной зоны и загазованного и запылённого воздуха из промежуточных камер по индивидуальным гибким (пластмассовым) трубопроводам с отверстиями.

При проведении выработок по крепким породам с использованием буровзрывомеханической технологии, включается система вентиляции постоянно действующего принудительного воздухообмена, включающая два подающих свежий воздух трубопровода, расположенных симметрично по боковым сторонам забойного щита, и подключённых к распределяющим регистрам в опорном и забойном щитах, и два отводящих газ и пыль трубопровода, расположенных в верхней части по сечению забойного и опорного щитов, которые обеспечивают устойчивое направленное движение свежего воздуха в камерах комплекса от боковых стенок и снизу, к осевой линии выработки, и в промежуточной камере, а также полный отсос газа в призабойной зоне после взрыва.

Подача свежего воздуха нагнетательным регулируемым вентилятором, расположенным в проводимой выработке, и отсос загазованного и загрязнённого воздуха в большем объёме и под давлением выше атмосферного производится одновременно в призабойной зоне между забоем и броневым листом комплекса, а также за забойным щитом в промежуточной камере комплекса по другому пластмассовому трубопроводу с отверстиями.

Процесс проветривания выработки непрерывный, при этом в момент импульсных взрывов нагнетательный вентилятор свежего воздуха обеспечивает минимальную подачу воздуха, а всасывающий вентилятор, отсасывающий загазованный и запылённый воздух, обеспечивает максимальную величину отсоса.

При этом перемещение газа и пыли осуществляется специальными всасывающими вентиляторами по индивидуальным пластмассовым трубопроводам с отверстиями, а также через устройства очистки газа, сжатие его и аккумулялирование.

По окончании действия ударных взрывных волн в системе проветривания устанавливается нормальный режим, когда подача свежего воздуха больше и равна.

Развитие взрывомеханического непрерывного (поточного) способа проходки по крепким породам [патент РФ № 2513579 от 20.04.2014 г.] и соответствующей техники сдерживается отставанием исследований по обеспечению безопасности работ, по осуществлению взрывомеханического отделения породы от массива и достижения эффективности непрерывного и устойчивого процесса обмена свежим воздухом газовоздушной смеси в призабойном пространстве и промежуточных камерах проходческого комплекса.

Буровзрывомеханический способ скоростного проведения подземных выработок по крепким породам, включающий бурение шпуров ударно-вращательным способом по площади забоя (по паспорту) с подачей на забой бурильной головки станка или бурильной установки при бурении каждого шпура и последующим отводом от забоя бурильной головки с очисткой шпуров, подачу опорного щита на забой распорно-шагающим устройством с подачей взрывчатых веществ (ВВ) в каждый шпур, отвод опорного щита от забоя, инициирование взрывания ВВ в группе шпуров в определенной последовательности по всему забою, проветривание забоя, установку временной крепи с передвижкой щита, отгрузку взорванной породы, установку постоянной крепи, перемещение забойного и опорного щита, отличающийся тем, что проведение выработок по крепким породам буровзрывомеханическим способом проводят одновременным бурением вращательным способом шпуров малого диаметра и длины, с повышенными скоростями подачи и вращения коронок и интенсивной промывкой шпуров, сначала в 2-х вертикальных, симметричных относительно оси выработки секторах, затем, после поворота буровой планшайбы на 90 градусов, в оставшихся 2-х горизонтальных секторах, с последующим отводом от забоя буровой планшайбы забойного щита, подачей зарядной планшайбы со шприцами-штоками на забой и последующей одновременной автоматизированной зарядкой шпуров взрывчатым веществом по числу заряжаемых шпуров в 2-х вертикальных секторах, а после поворота зарядной планшайбы на 90° в 2-х горизонтальных секторах забоя с инициированием взрывания ВВ в шпурах в целесообразной последовательности дистанционным беспроводным способом по заземленным радиоканалам на защитный броневого лист забойного щита.

Техническим результатом изобретения является повышение скорости проведения выработки по крепким горным породам буровзрывомеханическим способом, сокращение времени обурирования забоя, времени буровзрывных работ (БВР), увеличение частоты и устойчивости технологического процесса.

Технический результат достигается тем, что в буровзрывомеханическом способе скоростного проведения подземных выработок по крепким породам, включающем бурение шпуров ударно-вращательным способом по площади забоя (по паспорту) с подачей на забой бурильной головки станка или бурильной установки при бурении каждого шпура и последующим отводом от забоя бурильной головки с очисткой шпуров, подачу опорного щита на забой распорно-шагающим устройством с подачей взрывчатых веществ (ВВ) в каждый шпур, отвод опорного щита от забоя, инициирование взрывания ВВ в группе шпуров в определенной последовательности по всему забою, проветривание забоя, установку временной крепи с передвижкой щита, отгрузку взорванной породы, установку постоянной крепи, перемещение забойного и опорного щита, при этом проведение выработок по крепким породам буровзрывомеханическим способом проводят одновременным бурением вращательным способом

шпуров малого диаметра и длины, с повышенными скоростями подачи и вращения коронок и интенсивной промывкой шпуров, сначала в 2-х вертикальных, симметричных относительно оси выработки секторах, затем, после поворота буровой планшайбы на 90 градусов, в оставшихся 2-х горизонтальных секторах, с последующим отводом от забоя буровой планшайбы забойного щита, подачей зарядной планшайбы со шприцами-штоками на забой и последующей одновременной автоматизированной зарядкой шпуров взрывчатым веществом по числу заряжаемых шпуров в 2-х вертикальных секторах, а после поворота зарядной планшайбы на 90° - в 2-х горизонтальных секторах забоя с инициированием взрывания ВВ в шпурах в целесообразной последовательности дистанционным беспроводным способом по заземленным радиоканалам на защитный броневой лист забойного щита.

УДК 519.257, 519.654

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ СЕЗОННОСТИ И МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЯДА ФУРЬЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПАССАЖИРОПОТОКА АЭРОПОРТА «ПУЛКОВО»

Владимирова Д.В.

Санкт-Петербургский горный университет

Развитие пассажирских авиаперевозок в стране косвенно характеризует её социально-экономическое состояние. Изменение интенсивности пассажиропотока отражает такие факторы, как улучшение экономической ситуации, рост въездного туризма, стабилизация курса валют, что в свою очередь является неотъемлемыми показателями ситуации в стране. Для авиационного бизнеса анализ и прогнозирование спроса на авиаперевозки имеют решающее значение для производственного и финансового планирования. Именно поэтому исследование объёма пассажирских перевозок является актуальным.

В вопросе исследования пассажиропотоков незаменимым инструментом являются математические методы. Это эффективный инструмент выявления тех или иных закономерностей развития систем.

В данной работе использован метод наименьших квадратов, построение моделей осуществлено на основе линейного тренда с учётом индексов сезонности и ряда Фурье.

Целью данной работы является исследование пассажиропотока аэропорта «Пулково» г. Санкт-Петербурга, разработка прогнозных моделей на основе статистических данных, выбор оптимальной модели, а также построение прогноза пассажирских перевозок на 2018-2022 гг.

Аэропорт Пулково – международный аэропорт федерального значения в Северо-Западном федеральном округе России, единственный аэропорт Санкт-Петербурга, обслуживающий официальные рейсы.

Пулково – четвертый по количеству обслуживаемых пассажиров аэропорт в России после московского авиаузла.

В следующих таблицах представлены данные о пассажиропотоках аэропорта «Пулково» по годам с 2012 по 2017 год, а также данные о пассажиропотоках по месяцам с 2012 по 2016 год.

Таблица 1 – Количество пассажиров аэропорта «Пулково» по годам

Год	Количество пассажиров, чел.
2012	11154560
2013	12854366
2014	14264732
2015	13499755
2016	13256037
2017	16125520

Таблица 2 – Количество пассажиров аэропорта «Пулково» по месяцам

Год Месяц	2012	2013	2014	2015	2016
январь	662572	720923	836269	872485	784263
февраль	576192	641556	752701	733328	702332
март	686477	786802	898800	863424	827881
апрель	775794	878877	993753	933681	899125
май	965908	1173910	1259543	1199330	1108772
июнь	1231239	1441678	1626631	1487714	1373482
июль	1320530	1560179	1753930	1675612	1551310
август	1321144	1569558	1753314	1686738	1552333
сентябрь	1163202	1278403	1404624	1397491	1385050
октябрь	927935	1060189	1119049	1061023	1146217
ноябрь	769436	883348	933984	796711	952235
декабрь	662572	858943	932134	792218	982037

Рост пассажиропотока наблюдался до 2014 года, затем имело место его существенное снижение в силу экономической ситуации в стране. Начиная с 2015 года, снова наблюдался рост пассажиропотока, максимальная его интенсивность заметна в 2017 году. В связи с этим можно сделать вывод о том, что в дальнейших расчётах для построения прогнозных моделей использовать данные до 2014 года нецелесообразно, следует использовать только данные за 2014-2016 гг.

Прогнозная модель с учётом индексов сезонности. При прогнозировании на основе временных рядов с ярко выраженными сезонными колебаниями используются индексы сезонности. Так, зная уравнение тренда и средние индексы сезонности, можно продлить ряд.

Линейная модель, построенная на основе данных за 2014-2016 гг. принимает следующий вид:

$$\hat{y} = -6,06 * 10^{-5} + 1,1408302 * t. \quad (1)$$

После этого были найдены средние значения индексов сезонности по месяцам.

Расчёт прогнозных значений мультипликативным способом осуществляется по формуле:

$$\tilde{y} = (-6,06 * 10^{-5} + 1,1408302 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (2)$$

Известно общее значение пассажиропотока за 2017 год, однако, отдельные значения по месяцам не известны. Найденное уравнение модели представляет собой закон распределения значения пассажиропотока по месяцам. Применив данное уравнение для получения распределения пассажиропотока по месяцам, можно заметить, что суммарное значение полученных результатов отличается от уже известного значения за 2017 год, это может быть обусловлено тем, что построенная модель не учитывает некоторых случайных факторов влияния. Исходя из вышесказанного, было принято решение скорректировать параметры модели методом подбора таким образом, чтобы изгиб сезонной волны не изменился, однако, суммарное значение соответствовало бы реальным данным. В результате была принята модель следующего вида:

$$\tilde{y} = (-6,06 * 10^{-5} + 0,2055563 + 1,1408302 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (3)$$

С помощью данной модели были получены приблизительные значения по месяцам за 2017 год, и, следовательно, был получен расширенный и более корректный период ретроспекции.

Далее были рассчитаны средние индексы сезонности и параметры модели для расширенного периода ретроспекции (2014-2017 гг.)

В результате было получено следующее уравнение прогнозной модели:

$$\tilde{y} = (1,061819 + 0,005262 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (4)$$

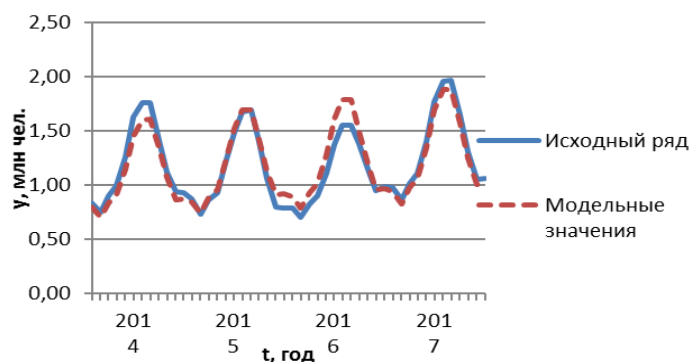


Рисунок 1 – Сопоставление модельных значений с исходными данными

Прогнозная модель на основе ряда Фурье. В качестве моделей временных рядов используют различные элементарные функции и их сочетания, а также степенные ряды. Наибольшую точность обеспечивают модели в виде рядов Фурье.

Периодические колебания уровней динамического ряда в данном случае представлены в виде суммы нескольких синусоид (гармоник), наложенных друг на друга. В ходе работы был произведён расчёт до четырёх гармоник.

Конечное уравнение модели имеет вид:

$$\hat{y}_4 = \hat{y}_3 - 0,4469 * \cos 4t - 0,0945 * \sin 4t. \quad (5)$$

На рисунке 2 видно, как модели для разного числа гармоник огибают график исходных данных. В расчёте модели для пяти гармоник нет необходимости, так как модель с четырьмя гармониками достаточно точно повторяет график исходных данных.

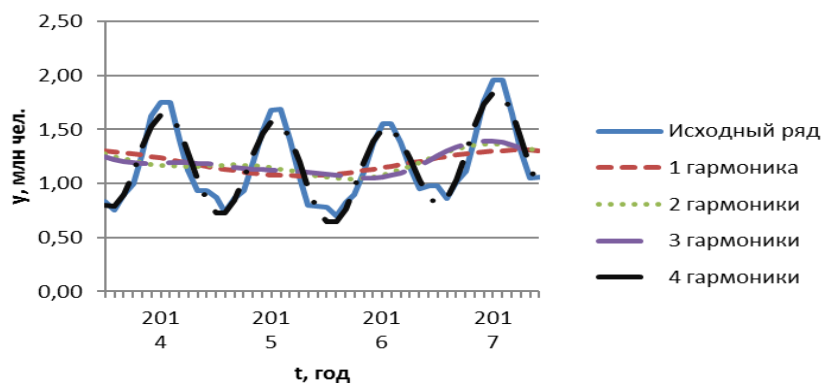


Рисунок 2 – Сопоставление модельных значений с исходными данными

Выбор оптимальной модели по коэффициенту детерминации. Для сравнения качества полученных моделей были рассчитаны их коэффициенты детерминации. Для модели, построенной с учётом индексов сезонности, значение коэффициента составило 0,922, для модели на основе ряда Фурье – 0,908.

Стало быть, обе модели являются качественными, однако, модель, построенная с учётом индексов сезонности, является более предпочтительной. Кроме того, моделям на основе рядов Фурье свойственно затухание с увеличением периода упреждения прогноза. Значит, целесообразно предпочесть модель с учётом индексов сезонности для построения прогноза пассажиропотока.

После выбора оптимальной прогнозной модели был обоснован период упреждения прогноза. Расчёт показал, что на основе выбранного периода ретроспекции прогноз корректно осуществлять на 2018-2022 гг.

Получение прогноза. С помощью найденной ранее модели на основе индексов сезонности становится возможным получение точечного прогноза пассажиропотока аэропорта «Пулково» на 2018, 2019, 2020, 2021 и 2022 годы.

$$\tilde{y} = (1,061819 + 0,005262 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (6)$$

В таблице 3 представлены результаты расчёта точечного прогноза по месяцам и по годам:

Таблица 3 – Расчёт точечного прогноза по месяцам и по годам

Год Месяц	2018	2019	2020	2021	2022
	$\hat{y}$, млн чел.				
январь	0,99	1,03	1,08	1,13	1,18
февраль	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03
март	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22
апрель	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33
май	1,41	1,48	1,54	1,61	1,68
июнь	1,78	1,86	1,94	2,02	2,11
июль	1,97	2,06	2,15	2,24	2,34
август	1,97	2,06	2,15	2,25	2,34
сентябрь	1,65	1,73	1,80	1,88	1,96
октябрь	1,31	1,37	1,43	1,49	1,55
ноябрь	1,06	1,10	1,15	1,20	1,25
ИТОГО:	16,20	16,96	17,72	18,47	19,23

После того, как были найдены точечные значения прогноза, был произведён расчёт доверительных интервалов и построен интервальный прогноз на 2018-2022 гг.:

$$\hat{y}_{2018} = 16.20 \pm 0,215, \quad (7)$$

$$\hat{y}_{2019} = 16.95 \pm 0,225, \quad (8)$$

$$\hat{y}_{2020} = 17.72 \pm 0,237, \quad (9)$$

$$\hat{y}_{2021} = 18.47 \pm 0,251, \quad (10)$$

$$\hat{y}_{2022} = 19.23 \pm 0,267. \quad (11)$$

Таким образом, в ходе данной работы была построена модель на основе линейного тренда с учётом индексов сезонности для периода с 2014 по 2016 гг., после чего модель была скорректирована. На её основе был искусственным путём расширен период ретроспекции, а на базе которого была построена новая прогнозная модель с учётом индексов сезонности.

Далее были рассчитаны параметры прогнозной модели на основе ряда Фурье. Расчёт коэффициентов детерминации моделей показал, что обе модели корректны, однако, модель, построенная с учётом индексов сезонности, является предпочтительной для построения прогноза. В результате были получены точечный и интервальный прогнозы пассажиропотока аэропорта «Пулково» на 2018-2022 гг.

УДК 519

АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПЕРЕХОДА К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ

Дяченко Г.В.

Санкт-Петербургский Горный университет

Последние десятилетия характеризуются бурным развитием техники, экономики и общества, в которых происходят кардинальные изменения (высокие технологии, рост численности населения планеты, глобальное изменение климата и т.п.), влияющие в том числе на энергетический бизнес, предъявляя к нему все новые и новые требования. В настоящее время энергетическая система на базе концепции Smart Grid является единым энергоинформационным комплексом, в котором управляемые объекты позволяют осуществлять дистанционное управление, а системы оценивания ситуации и противоаварийной автоматики снижают избыточные требования к резервам силовых и информационных мощностей.

Для энергетических компаний за рубежом одним из наиболее актуальных на сегодняшний день является вопрос определения того, как активно влиять и/или реагировать на изменения: организовать управление изменениями, активно участвуя в формировании собственного будущего, или занять пассивную позицию?

К числу наиболее существенных изменений в развитии общества и экономики, влияющих в том числе на энергетическую отрасль, зарубежные ученые и исследователи относят следующие:

1. дефицит источников электрической энергии;
2. постоянно растущие требования к надежности и качеству электроснабжения со стороны потребителей;
3. постоянное повышение стоимости электрической энергии во всем мире;
4. старение и нарастающий дефицит квалифицированных кадров в энергетической отрасли;
5. рост требований заинтересованных сторон – стейкхолдеров – к результатам деятельности энергетических компаний;
6. требования экологической и промышленной безопасности функционирования энергетических объектов;
7. снижение общесистемных затрат. Таким образом, основные факторы, определяющие необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике под влиянием складывающихся условий, можно сгруппировать следующим образом.

Факторы технологического прогресса:

- появление и развитие новых технологий, устройств и материалов (в том числе в других отраслях), потенциально применимых в сфере электроэнергетического производства, и в первую очередь нарастающие темпы и масштабы развития компьютерных и информационных технологий;
- интенсивный рост количества малых генерирующих (в первую очередь возобновляемых) источников энергии в мире;
- общая тенденция к повышению уровня автоматизации процессов.

Факторы повышения требований потребителей:

- повышение требований к набору (линейке) и качеству услуг;
- ожидание снижения ценовых параметров услуг отрасли;

– требования к информационной прозрачности системы взаимоотношений субъектов электроэнергетических рынков, в первую очередь с потребителями.

Факторы снижения надежности:

- нарастающий уровень износа оборудования;
- необходимость массовых инвестиций в реновацию основных фондов;
- снижение общего уровня надежности электроснабжения;
- высокий уровень потерь при преобразовании, передаче и распределении электроэнергии.

Факторы изменения рынка:

- изменение внутренних условий функционирования электроэнергетических рынков;
- экономическая нестабильность;
- реформирование организации функционирования электроэнергетики в большинстве стран;
- развитие рынка квот на экологически опасные выбросы;
- продолжительный инвестиционный и жизненный цикл активов и отрасли в целом, составляющие от 15 до 40 лет.

Факторы повышения требований в сфере энергоэффективности и экологической безопасности:

- необходимость снижения воздействия на окружающую среду;
- необходимость повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Развитие электроэнергетики в рамках прежней экстенсивной концепции, основанной преимущественно на вводе новых мощностей и развитии сетевой инфраструктуры с улучшением технико-экономических показателей отдельных видов оборудования и технологий, связано с наличием серьезных ограничений. Учет всех факторов и связанных с ними рисков развития электроэнергетики в будущем требует пересмотра традиционных подходов, принципов и механизмов ее функционирования, выработки новых, способных обеспечить устойчивое развитие, прорывное повышение потребительских свойств и эффективности использования энергии. Это решение требует разработки новой концепции инновационного развития электроэнергетики, которая, с одной стороны, соответствовала бы современным взглядам, целям и ценностям социального и общественного развития, формирующимся и ожидаемым потребностям людей и общества в целом, а с другой — максимально учитывала основные тенденции и направления научно-технического прогресса во всех отраслях, сферах жизни и деятельности общества. Такой концепцией и стала Smart Grid. Основными идеологами разработки этой концепции выступили США и страны ЕС, принявшие ее за основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем, как уже отмечалось, концепция Smart Grid получила признание и развитие практически во всех крупных индустриально развитых и развивающихся странах.

В статье проведено сравнительное исследование технических подходов и предпосылок перехода к интеллектуальным энергетическим системам в зарубежных странах (США и Европейский Союз) и России.

Список использованных источников

1. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
2. Жуковский Ю.Л., Котелева Н.И. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы. Промышленная энергетика, 2017. – № 7. – С. 14-20.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАК – КЕНДРИКА С ГЛОБАЛЬНОЙ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРОЙ КАК МОДЕЛЬ ЛЕЙКОЗНОГО КРОВЕТВОРЕНИЯ

Кайгермазов А.А.¹, Кудяева Ф.Х.¹, Жемухов А.Х.², Хаишхожева Д.А.¹

¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова

Аннотация. Предлагаемая работа посвящена математическому анализу популяционной модели, описывающей динамику лейкозного кроветворения. Методом Бусенберга-Ионелли исходная задача сводится к решению системы интегральных уравнений относительно интенсивности рождения новых особей $\chi(t)$ и численности популяции возраста τ_0 , т.е. $v(\tau_0, t)$.

Ключевые слова: популяция, возраст, возрастная структура, стационарные состояния, закон рождаемости, максимальный возраст, нелокальное условие, лимитирование.

Введение. Учет влияния возрастной структуры популяции на динамику плотности позволяет рассматривать популяцию как систему с распределенными параметрами и дает возможность описывать ее динамику более адекватно реальности [1]. Кроме того, информация о возрастной структуре популяции необходима для решения проблем, связанных с рациональной эксплуатацией как естественных, так и искусственных популяций.

В непрерывных моделях с глобальной возрастной структурой в качестве основных характеристик популяции выступают [2]:

- плотность численности (биомассы) популяции $u(\tau, t)$;
- плотность рождаемости $G(\tau, t, u(\bullet, t))$;
- плотность смертности $F(\tau, t, u(\tau, t); u(\bullet, t))$.

Здесь τ – биологический возраст популяции, t – время.

В общем случае модели этого класса можно записать в виде:

$$\begin{aligned} u_\tau + u_t &= F(\tau, t, u(\tau, t); u(\bullet, t)), \\ u(\tau, t) &= \varphi(\tau), \\ u(0, t) &= G(\tau, t, u(\bullet, t)), \end{aligned}$$

основной чертой которых является нелинейность F и G , и глобальная зависимость от возраста τ , так как он входит в F и G через $u(\bullet, t)$.

Использование глобальной возрастной структуры в популяционных задачах позволяет учитывать многие свойства внутривидовых взаимодействий самой популяции, например, внутривидовую конкуренцию. Поэтому, исследование моделей с глобальной возрастной структурой имеет большое практическое значение.

В данной работе рассмотрена математическая модель с глобальной возрастной структурой как модель лейкозного кроветворения. Предложенная модель методом расщепления Бусенберга - Ианелли сведена к решению более простых задач [3].

Постановка задачи. Учет возрастной структуры кроветворных клеток является одним из существенных моментов модели гемопоэза для анализа лучевой патологии. Успешный анализ на основе такой модели пострадиационного кроветворения позволяет надеяться на результативность аналогичных модельных построений при исследовании других гематологических заболеваний.

Модель, описывающая динамику клеток, должна учитывать размножение, созревание и «сбор урожая». Для этих целей может быть использовано следующее уравнение

$$u_\tau + u_t = \alpha(\tau, t)u - \delta u(\tau_0, t),$$

где $u(\tau, t)$ – численность созревающих клеток возраста τ в момент времени t ; $\alpha(\tau, t)$ – удельная скорость пролиферации клеток возраста τ в момент времени t ; δ – заданная постоянная; $\tau_0 \in [0, l]$.

Согласно имеющимся представлениям о механизмах регуляции в системе крови коэффициент $\alpha(\tau, t)$ можно представить в виде:

$$\alpha(\tau, t) = \frac{m}{1 + a \int_0^l u(\tau, t) d\tau},$$

где m – максимальная скорость пролиферации клеток; a – коэффициент межклеточного взаимодействия; l – полное время созревания клеток.

С учетом сказанного выше, математическую модель лейкозного кроветворения можно описать задачей [4]:

Задача. Найти непрерывное в области $\Omega = \{(\tau, t): 0 < \tau < l, 0 < t < T\}$ решение уравнения

$$u_\tau + u_t = \frac{m}{1 + a \int_0^l u(\tau, t) d\tau} u - \delta u(\tau_0, t), \quad (1)$$

удовлетворяющее условиям

$$u(\tau, 0) = \varphi(\tau), \quad (2)$$

$$u(0, t) = \int_0^l c(\tau) u(\tau, t) d\tau, \quad (3)$$

где $\varphi(\tau)$ – функция начального возрастного распределения клеток,

$c(\tau)$ – коэффициент размножения.

Анализ результатов. Будем искать решение уравнения (1) в виде:

$$u(\tau, t) = v(\tau, t) \cdot P(t), \quad (4)$$

где $P(t) = \int_0^l u(\tau, t) d\tau$ – общая численность лейкозных клеток.

Тогда функции $v(\tau, t)$, $P(t)$, задающие решение задачи 1 удовлетворяют задачам

$$v_\tau + v_t = -\delta v(\tau_0, t), \quad (5)$$

$$(V): \quad v(\tau, 0) = \varphi_1(\tau), \quad (6)$$

$$v(0, t) = \int_0^l c(\tau) v(\tau, t) d\tau, \quad (7)$$

$$(P): \quad P' = \frac{mP}{1 + aP}, \quad (8)$$

$$P(0) = P_0. \quad (9)$$

где $P_0 = \int_0^l \varphi(\tau) d\tau$, $\varphi_1(\tau) = \frac{\varphi(\tau)}{P_0}$.

Преимущество приведенной схемы заключается в том, что она дает возможность определения общей концентрации созревающих лейкозных клеток из решения простой задачи P . Исследуем эту задачу.

Задача (P) эквивалентна уравнению

$$P \cdot e^{a(P-P_0)} = P_0 e^{mt}. \quad (10)$$

Стационарные состояния модели (P) совпадают с неотрицательными решениями уравнения

$$m \cdot P = 0.$$

Последнее возможно в двух случаях:

- 1) при $m=0$. Это условие означает, что в популяции нет никакой пролиферации, и общая численность популяции остается неизменной, $P(t) = P_0$;
- 2) при $P=0$. В этом случае общая численность лейкозных стволовых клеток равна нулю. Если считать, что коэффициент межклеточного взаимодействия $a=0$, то из (10) следует, что

$$P(t) = P_0 \cdot e^{mt}.$$

Следовательно, общая численность лейкозных клеток растет экспоненциально.

Исследуем задачу (V) . Рассмотрим сначала локальную задачу, когда условие (3) имеет вид:

$$v(0, t) = \psi(t), \quad (11)$$

где $\psi(t)$ - известная функция.

Обращая оператор $Lv = v_\tau + v_t$ из уравнения (1), находим [5]:

$$v(\tau, t) = \begin{cases} \chi(\tau - t) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds, & \tau \geq t, \\ \chi(t - \tau) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds, & \tau < t, \end{cases} \quad (12)$$

где $\chi(z)$ – произвольная, непрерывно – дифференцируемая функция.

Согласовав (12) с условиями (2), (11) получим:

$$v(\tau, t) = \begin{cases} \varphi_1(\tau - t) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds, & \tau \geq t, \\ \varphi_1(t - \tau) - \delta \int_{t-\tau}^t v(\tau_0, s) ds, & \tau < t, \end{cases} \quad (13)$$

Пусть $\tau \geq t$. Считая $\tau = \tau_0$, из (13) имеем:

$$v(\tau_0, t) = \varphi_1(\tau_0 - t) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds.$$

Вводя обозначение $v(\tau_0, t) = v_0(t)$, получим:

$$v_0(t) = \left(\varphi_1(\tau_0) + \int_0^t \varphi_1'(\tau_0 - s) e^{-\delta s} ds \right) e^{-\delta t}.$$

Таким образом

$$v(\tau, t) = \varphi_1(\tau_0 - t) + \delta \varphi_1(\tau_0)(e^{-\delta t} - 1) - \delta \int_0^t \int_0^z \varphi_1'(\tau_0 - s) e^{\delta(s-z)} ds dz \quad \tau \geq t. \quad (14)$$

Пусть $\tau < t$. Считая $\tau = \tau_0$, из (13) находим:

$$v_0(t) = \psi(t - \tau_0) - \delta \int_{t-\tau_0}^t v(\tau_0, s) ds.$$

Дифференцируя, получим:

$$v_0'(t) = \psi'(t - \tau_0) - \delta v_0(t) + \delta v_0(t - \tau_0). \quad (15)$$

Уравнение (15) представляет собой дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом [6].

Так как при $\tau \geq t$ решение задачи (1), (2), (11) задается формулой (14), то будем считать, что начальное условие для уравнения (15) задается на отрезке $[0, \tau_0]$, т.е.

$$v_0(t) = \mu_0(t), \quad \text{при } 0 \leq t \leq \tau_0. \quad (16)$$

Наиболее естественным методом решения задачи (15), (16) является так называемый метод шагов (или метод последовательного интегрирования), заключающийся в том, что непрерывное решение $v_0(t)$ рассматриваемой задачи определяется из дифференциальных уравнений без запаздывания. Т.к. решение задачи на отрезке $[0, \tau_0]$ существует и оно равно начальной функции $\mu_0(t)$, то при $t \in [\tau_0, 2\tau_0]$ уравнение (15) примет вид:

$$v_0'(t) = \psi'(t - \tau_0) - \delta v_0(t) + \delta \mu_0(t - \tau_0), \quad v_0(t + \tau_0) = \mu_1(t + \tau_0). \quad (17)$$

При $t \in [n\tau_0, (n+1)\tau_0]$

$$v_0'(t) = \psi'(t - \tau_0) - \delta v_0(t) + \delta \mu_n(t - \tau_0), \quad v_0(t + n\tau_0) = \mu_n(t + n\tau_0). \quad (18)$$

где $\mu_j(t)$ – решение рассматриваемой начальной задачи на отрезке $[t + (j-1)\tau_0, t + j\tau_0]$.

Рассмотрим теперь нелокальную задачу (V). Перепишем нелокальное условие (3) в виде:

$$v(0, t) = \int_0^t c(\tau) v(\tau, t) d\tau + \int_t^l c(\tau) v(\tau, t) d\tau.$$

Отсюда, учитывая (13), получим:

$$v(0, t) = \int_0^t c(\tau) v(\tau, t) d\tau + f(t). \quad (19)$$

$$\text{где } f(t) = \int_t^l c(\tau) \left[\varphi_1(\tau_0 - t) + \delta \varphi_1(\tau_0)(e^{-\delta t} - 1) - \delta \int_0^t \int_0^z \varphi_1'(\tau_0 - s) e^{\delta(s-z)} ds dz \right] d\tau, \quad \tau \geq t.$$

Считая $\tau = \tau_0$, из (13) имеем:

$$v(\tau_0, t) = \chi(t - \tau_0) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds.$$

Аналогично, при $\tau = 0$, получим:

$$v(0, t) = \chi(t) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds.$$

Таким образом, учитывая (19) и последнее выражение, получим:

$$\begin{cases} v(\tau_0, t) - \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds = \chi(t - \tau_0), \\ \chi(t) - \int_0^t c(t - \tau) \chi(\tau) d\tau = \delta \int_0^t v(\tau_0, s) ds \left(1 - \int_0^t c(\tau) d\tau \right) + f(t). \end{cases} \quad (20)$$

Следовательно, при $\tau > t$ решение задачи (V) эквивалентно решению системы интегральных уравнений (20) относительно интенсивности рождения новых особей $\chi(t)$ и численности популяции возраста τ_0 , т.е. $v(\tau_0, t)$.

Список использованных источников

- 1) Mak-Kendrick A.G. The theory of continuous probabilities. Proc., London Math. Soc., 23, 1914. – Pp.401-415.
- 2) Hoppensteadt F. An age dependent epidemic model. I. Franklin inst., 1974. – V. 291. – Pp. 325-333.
- 3) Busenberg S., Yanelli M. A class of nonlinear diffusion problems in age – dependent population dynamics. I. of nonlin. anal. theory and appl. №5, 1983. – Pp. 501-529.
- 4) Кайгермазов А.А., Кудяева Ф.Х., Сайег Т.Х. Математические модели динамики популяции с глобальной возрастной структурой. Актуальные проблемы науки. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Нефтекамск, 2014. – Т. 3. – С. 38-48.
- 5) Нахушев А.М. Нагруженные уравнения и их приложения. Дифференциальные уравнения, 1983. – Т.19. – №1. – С.86-94.
- 6) Эльсгольц Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. – М.: Наука, 1964. – 127с.

УДК 631.172:636

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИК ОБЛУЧЕНИЯ ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ

Косьюко А.Н.

*Республиканское научно-производственное унитарное предприятие
«Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси»*

Согласно информационно-технологической концепции Industry 4.0, на современном этапе развития технологий необходима интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы. Сельское хозяйство в целом и животноводство в частности в этом смысле не исключение. Повышение эффективности функционирования технологических процессов в аграрном производстве, согласно данной концепции, становится возможным путем внедрения в них интеллектуальных систем управления, в том числе использующих средства видеонаблюдения.

Применение инструментария видеонаблюдения позволяет решить следующие задачи [1]:

- визуальное наблюдение реального местоположения, перемещения и поведения животных и других подвижных объектов;
- формирование данных об отклонении животного от маршрута движения или поведения;

- подача сигнала тревоги в реальном времени при отклонении от маршрута или не нормального поведения;
- наблюдение условий содержания животных и работы технологического оборудования;
- определение индивидуальной характеристики животного (положение тела в пространстве, полнотелость, телосложение, состояние шерстного покрова и кожи, присутствие или отсутствие выделений из носа, глаз) и т.д.

Задача применения видеонаблюдения в системе управления микроклиматом ранее не решалась. Соответствующие алгоритмы управления и программные средства отсутствуют.

Научная новизна работы соответствует мировым трендам в отрасли. В начале 2018 года китайская корпорация Alibaba подписала контракт с компанией Dekon Group на разработку и внедрение системы, которая позволит следить за многомиллионным поголовьем свиней [2]. Сделка с Alibaba стоимостью в несколько миллионов долларов предполагает замену радиочастотной идентификации животных на технологию машинного зрения. Идея состоит в том, чтобы отслеживать животных с помощью камер, которые будут вести учет стада, ориентируясь на клейма с ID на их спинах. Первоначально система будет только пересчитывать свиней и поросят, но впоследствии Alibaba собирается ее усовершенствовать и предложить более комплексные решения.

С целью интеграции системы видеонаблюдения в процесс управления ИК облучением была разработана экспериментальная установка ИКОВ-1, включающая автономно функционирующие систему ИК облучения с программным управлением и систему видеонаблюдения.

Характеристики данных систем приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Перечень и характеристики оборудования системы ИК облучения

№	Оборудование	Кол-во	Характеристики
1	Электрический ИК-излучатель	2	2,2 кВт, 380В, IP65
2	Датчик температуры на высоте подвеса облучателей	2	1-WIRE, $\pm 1^{\circ}\text{C}$, IP66
3	Шкаф силовых симисторных коммутаторов	1	Встроенные оптоизолированные формирователи синхроимпульсов
4	Электронный трехфазный счетчик СЭТ7007	1	Обеспечение задания: текущего времени и даты; до 48 тарифных зон в сутки, с дискретностью 30 мин; до 15 суточных профилей; до 8 профилей недели; карты параметризации; параметров перехода на "летнее/зимнее" время; параметров автоматической индикации на ЖКИ.
5	Блок автоматических выключателей и электромагнитный пускатель	1	Защита от коротких замыканий, защита от перегрева. 380В, 2х4кВт, IP54
6	Микропроцессорный модуль программного управления МКР-24	1	Возможность программного управления режимом ИК облучения, отдельное управление эманационными пластинами. Программирование параметров регулирования. Дополнительный канал отслеживания предельной температуры для предотвращения аварийного перегрева при ошибках персонала и сбоях в онлайн управлении. IP65
7	Микропроцессорный модуль ручного управления МКР-22	1	Возможность ручного 20-позиционного управления, IP65

Таблица 2 – Перечень и характеристики оборудования системы видеонаблюдения за животными

№	Оборудование	Характеристики
1	Поворотная IP видео-камера	Поворотная PTZ камера; 2Мп; 1920x1080 25к/с, 0,05 лк @ F1.6 цвет /0.005 лк@ F1.6 ч/б. Моторизированный объектив с зуммированием; 12 В / PoE (802.3at); ONVIF 2.2; класс защиты: IK10, IP66; Рабочая температура от -40 до +60°C.
2	Коммутатор-регистратор системы видеонаблюдения	Максимальное разрешение подключаемых видеокамер: 6 Мп (3072x2048); 2 порта USB 2.0; число каналов: 4. Встроенный web-сервер, поддержка Android. Видеовыход BNC: 1 VGA / 1 HDMI. HTTP, TCP/IP, IPv4/IPv6, P2P, NTP
3	Жесткий диск для записи видеоархива	HDD 1ТБ; SATA 3.0 (6Gbps); 125/125 МБ/с
4	Блок питания	220В/12В; 5А; 60Вт

Объектом исследований являлись две секция для дорастивания молодняка свиней и поросята-отъемыши в возрасте 35-100 дней: один бокс одной секции с системой ИКОВ-1 (опытная группа), второй бокс в другой секции с общей отопительно-вентиляционной системой и подогреваемыми полами (контрольная группа).

На первом этапе исследования главной задачей являлось определение необходимых режимов ИК облучения на основании результатов анализа поведения животных с помощью видеонаблюдения.

Этологическим признаком, принятым для анализа, является расположение животных по площади пола относительно тепловых источников в различные периоды суток. Тепловым источником является ИК облучатели, подвешенные над животными на высоте 1,25 м.

Видеоряд снимался с постоянно работающего видеорегистратора со встроенным жестким диском, объемом 1 Тб, к которому была подключена поворотная PTZ IP видеокамера, передающая изображение в HD качестве.

На основании статистического анализа данных видеонаблюдения были выявлены периоды, во время которых животные ведут себя характерным образом, располагаясь относительно ИК облучателей: период до кормления, во время кормления, после кормления, в промежутке между кормлениями.

Для анализа площадь пола была разделена на три зоны: 1 – зона активного облучения, 2 – остальная площадь (в т.ч. зона дефекации – щелевой пол), 3 – зона кормления.

На протяжении трех дней количество животных, находящихся в указанный интервал времени в одной из зон до установки в программу микроконтроллера режимных параметров ИК облучения, заносилось в таблицу обработки первичных данных

До определения и внесения в программу микроконтроллера режимных параметров ИК облучения, расположение животных имело характерные максимумы и минимумы. Перед первым кормлением (с 7:00 до 9:00) животные тесно располагались в зоне прямого попадания ИК облучения. В момент кормления (с начала каждого периода кормления в течение 30 мин) животные преимущественно располагаются рядом с кормушкой. Непосредственно после кормления (30 мин после каждого кормления) животные преимущественно располагаются вне активной зоны облучения, то есть зоны прямого попадания ИК облучения. Непосредственно перед вторым и последующими кормлениями (за 30 мин до начала) животные также тесно располагались в активной зоне облучения, температура воздуха также должна быть повышена, так как животные успевают проголодаться. В ночное время (с 22:00 до 07:00) поросята располагались близко друг к другу.

На основании статистического анализа поведения животных по данным видеонаблюдения составлена технологическая таблица 3.

Таблица 3 – Технологическая таблица температурных режимов ИК облучателей

№	Время	Режим работы ИК облучателей
1	07:00-09:00	Поддержание температуры воздуха 24°C
2	09:00-09:30	Работа на минимальной мощности (10%)
3	09:30-10:00	Работа на минимальной мощности (10%)
4	10:00-11:30	Поддержание температуры воздуха 20°C
5	11:30-12:00	Поддержание температуры воздуха 23°C
6	12:00-12:30	Работа на минимальной мощности (10%)
7	12:30-13:00	Работа на минимальной мощности (10%)
8	13:00-14:30	Поддержание температуры воздуха 19°C
9	14:30-15:00	Поддержание температуры воздуха 22°C
10	15:00-15:30	Работа на минимальной мощности (10%)
11	15:30-16:00	Работа на минимальной мощности (10%)
12	16:00-17:30	Поддержание температуры воздуха 19°C
13	17:30-18:00	Поддержание температуры воздуха 22°C
14	18:00-18:30	Работа на минимальной мощности (10%)
15	18:30-19:00	Работа на минимальной мощности (10%)
16	19:00-20:30	Поддержание температуры воздуха 18°C
17	20:30-21:00	Поддержание температуры воздуха 21°C
18	21:00-21:30	Работа на минимальной мощности (10%)
19	21:30-22:00	Работа на минимальной мощности (10%)
20	22:00-07:00	Поддержание температуры воздуха 18°C

Данные таблицы 3 были занесены в программу микроконтроллера. В течение 20 дней ИК облучатели работали по заданной программе.

В течение работы установки по заданным режимам было повторно проанализировано положение животных в характерных зонах.

Было установлено, что после установления режимов ИК-облучения в программу микроконтроллера, в характерные периоды животные стали располагаться относительно тепловых источников равномерно по всей площади пола, что объясняется комфортным состоянием животных. Максимумы расположения животных наблюдались лишь во время кормления (не более часа), когда животные стремились занять место около кормушки.

В таблице 4 приведены результаты эксперимента.

Таблица 4 – Результаты эксперимента

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Поставлено на опыт, гол.	24	24
Снято с опыта, гол.	22	22
Сохранность, %	91,7	91,7
Масса животных в начале эксперимента, кг	279	278
Масса животных в конце эксперимента, кг	366	378
Привес за период дорастивания, кг	87	100

В таблице 5 приведены данные расхода газа и электроэнергии.

Таблица 5 – Расход газа и электроэнергии

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Затраты электроэнергии на обогрев, кВтч	561,6	633,6
Затраты газа на обогрев, м ³ (кВтч)	272 (740)	–

Расход электроэнергии определен по разнице показаний счетчиков, установленных отдельно в контрольной и опытной секциях.

Расчет показал, что электрообогреваемые полы, мощностью 1,3 кВт на одну группу животных с общим отоплением, работали с коэффициентом использования 0,9. ИК облучатели работали с коэффициентом использования 0,3.

Расход газа рассчитывался аналитически, исходя из конструктивных особенностей помещения и термического сопротивления ограждающих конструкций.

Поскольку эксперимент проводился с одной группой животных в секции с возможным содержанием четырех групп, полученные данные пропорционально экстраполировались на всю секцию. Шкаф управления и модуль видеорегистратора позволяют осуществить подключение по четырем каналам.

В таблице 6 приведены экономические показатели от внедрения системы ИК облучения совместно с системой управления по поведению животных.

Таблица 6 – Экономические показатели установки ИКОВ-1

Показатель	Значение
Дополнительная выручка на одного поросенка, руб.	2,96
Экономический эффект на обогреве, руб./гол	0,89
Статический срок окупаемости, лет	0,8
Динамический срок окупаемости, лет	1,2

Полученные удельные показатели эффективности справедливы при соблюдении следующих основных зоотехнических параметров:

- высота подвеса облучателей находится в пределах 100...125 см;
- на одного поросенка приходится не менее 0,35 м² площади;
- соотношение активной зоны облучения и полной площади содержания находится в пределах 0,21...0,27;
- интервал между кормлениями составляет не более 3 часов (кормление сухое).

В случае несоблюдения приведенных параметров, показатели эффективности могут быть значительно ниже полученных.

Следующим этапом разработки является системы машинного зрения, интегрированной в процесс управления микроклиматом по поведению животных, согласно разработанным алгоритмам [3, 4].

Список использованных источников

1. Башилов А.М. Электронно-оптическое зрение в аграрном производстве (системотехника построения и применения информационных оптических технологий) / А.М. Башилов; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учр. Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 310, [2] с.
2. Chinese farmers are using AI to help rear the world's biggest pig population [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.theverge.com/2018/2/16/17019446/farming-ai-pig-tracking-china-alibaba>. Дата доступа: 11.10.2018.
3. Герасимович Л.С. Математическая модель управляемой биотехнической системы животноводческого комплекса на примере инфракрасного облучения поросят-отъемышей / Л.С. Герасимович, А.Н. Косько, А.В. Синенький // Систем. анализ и приклад. информатика. – 2017. – № 3. – С. 33–39.
4. Косько А.Н. Концептуальная и математическая модель управляемой биотехнической системы животноводческого комплекса на примере системы инфракрасного обогрева поросят-отъемышей / А.Н. Косько // Молодежь в науке – 2016: сб. материалов Междунар. конф. молодых ученых (Минск,

22–25 нояб. 2016 г.): в 2 ч. / НАН Беларуси, Совет молодых учёных; [ред. В. Г. Гусаков (гл. ред.) и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 2: Биологические, гуманитарные, медицинские, физико-математические, физико-технические, химические науки. – С. 303–309.

УДК 517.946.9

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧ СО СВОБОДНЫМИ ГРАНИЦАМИ В КРИОМЕДИЦИНЕ

Кудаева Ф.Х., Кайгермазов А.А., Паритов А.Ю., Хаишхожева Д.А.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

Аннотация. Предлагаемая работа посвящена применению задач со свободными границами в проблемах криомедицины. Для определения максимального размера охлажденной, замороженной и криопораженной области биологической ткани решена стационарная задача, а также методом эквивалентной линеаризации получено приближенное решение нестационарной задачи. С использованием матрично-ориентированной среды MatLab проведены численные расчеты.

Ключевые слова: криомедицина, криогенное замораживание, биологическая ткань, свободная граница; одномерная задача; стационарная задача.

Введение. Криогенное замораживание используется в медицине для локального необратимого разрушения биологической ткани, для этого применяются криозонды с плоской, цилиндрической или с полусферической формами охлаждающей поверхности. Криохирurgia считается точным и управляемым процессом, хотя полное решение ее тепловых аспектов не получено до настоящего времени. Решающее значение для решения таких проблем приобретают математические методы расчета и прогноза, основанные на исследовании специальных постановок задач Стефана, относящихся к задачам математической физики. В таких задачах определению подлежат как температурное поле, так и его подвижные изотермические поверхности, закон движения которых заранее не известен. Предлагаемая работа посвящена исследованию одной такой краевой задачи со свободными границами для нелинейных эволюционных уравнений, возникающих при математическом моделировании проблем криохирurgerии.

Постановка задачи. Определение динамики температурного поля в охлаждаемых и замораживаемых биологических тканях описывается решением следующей задачи со свободными границами: [1-3]:

$$\begin{aligned}
 & u_{xx} - u_t = u^\beta, \quad 0 < x < s(t), \\
 & u(x, 0) = u_0(x), \quad 0 < x < s(0), \\
 & u_x - Hu = -H\varphi(t), \quad x = 0, \\
 & u(s(t), t) = 0, \quad u_x(s(t), t) = 0, \\
 & u(0, t_1) = 1;
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 & u_{xx} - \frac{1}{a^2} u_t = 0, \quad 0 < x < x^*(t), \\
 & u_{xx} - u_t = u^\beta, \quad x^*(t) < x < s(t), \\
 & u_x - Hu = -H\varphi(t), \quad x = 0, \\
 & [u]_{x^*} = 0, \quad [u_x]_{x^*} = Px_t^*, \quad u(x^*(t), t) = 1, \\
 & u(s(t), t) = 0, \quad u_x(s(t), t) = 0, \\
 & u(0, t_2) = u_n;
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 & u_{xx} - u_t = u^\beta, \quad x^*(t) < x < s(t), \\
 & u_x - Hu = -H\varphi(t), \quad x = 0, \\
 & [u]_{x^{**}} = 0, \quad [u_x]_{x^{**}} = P_1 x_t^{**}, \quad u(x^{**}(t), t) = 1, \\
 & u(s(t), t) = 0, \quad u_x(s(t), t) = 0, \\
 & [u]_{x^*} = 0, \quad [u_x]_{x^*} = Px_t^*, \quad u(x^*(t), t) = 1.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

В (1)-(3) температурное поле $u=u(x,t)$ и границы $x^{**}=x^{**}(t)$, $x^*=x^*(t)$, $s=s(t)$ являются искомыми функциями, остальные параметры и функции считаются известными.

Для определения максимального размера охлажденной, замороженной и криопораженной области биологической ткани при заданной температуре решается стационарная задача, соответствующей (1)-(3).

Считая $x^*=x^*(t)$, $x^{**}=x^{**}(t)$ и $s=s(t)$, приближенное решение задачи (1)-(3) ищется в виде:

$$u(x,t) = \begin{cases} \frac{u_n + H(u_n - \varphi(t))}{1 + Hx^{**}}(x - x^{**}(t)), & 0 < x < x^{**}(t), \\ 1 + \frac{H(1 - \varphi(t))}{1 + Hx^*(t)}(x - x^*(t)), & x^{**}(t) < x < x^*(t), \\ \left(\frac{s(t) - x}{s(t) - x^*(t)} \right)^{2/(1-\beta)}, & x^*(t) < x < s(t) \end{cases} \quad (4)$$

Краевые условия для $x=0$, $x=x^*(t)$, $x=s(t)$ выполняются автоматически. Дифференциальные уравнения и оставшиеся краевые условия удовлетворимы в смысле общих тепловых балансов по каждой из областей биоткани с учетом условия сопряжения:

$$\begin{aligned} u_x(x^*+0,t) - Px_t^* - H\left(1 + \frac{H(\varphi-1)x^*(t)}{1 + Hx^*(t)} - \varphi\right) - \frac{1}{a^2} \int_0^{x^*} u_t(x,t) dx &= 0, \\ u_x(x^*+0,t) + \int_0^{x^*} u_t(x,t) dx + \int_{x^*}^s u^\beta(x,t) dx &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Полагая в (5) $u(x,t) \approx \tilde{u}(x,t)$, после вычисления производных и интегралов для определения $x^*=x^*(t)$ и $s=s(t)$ получаем задачу Коши:

$$\begin{aligned} \frac{ds}{dt} + \frac{2}{1-\beta} \frac{dx^*}{dt} + \frac{3-\beta}{1+\beta} (s-x^*) - \frac{2(3-\beta)}{(1-\beta)^2} \cdot \frac{1}{s-x^*} &= 0, \quad t > t_1, \\ \frac{d}{dt} \left\{ \left[\frac{(\varphi-1)x^*}{2a^2(H^{-1} + x^*)} + P \right] x^* \right\} - \frac{\varphi-1}{H^{-1} + x^*} + \frac{2}{1-\beta} \cdot \frac{1}{s-x^*} &= 0, \quad t > t_1 \\ x^*(t_1) = 0, \quad s(t_1) = s_0. \end{aligned} \quad (6)$$

Заменяя производные конечными разностями, получаем систему нелинейных уравнений относительно $x^*=x^*(t)$ и $s=s(t)$ на данном временном слое.

Алгоритмы получения приближенных решений реализованы на ЭВМ. В работе проведены численные расчеты для определения динамики изотермы замораживания при плоско-параллельной криодеструкции при 1) $h=1000$, 2) $h=500$, 3) $h=100$, 4) $h=50$. Результаты представлены на рис. 1.



Рисунок 1 – Динамика изотермы замораживания при плоско-параллельной криодеструкции

Динамика температурного поля при плоско-параллельной криодеструкции представлена на рис. 2, пунктиром изображен случай, когда $h=103$, а сплошной линией случай, когда $h=105$.

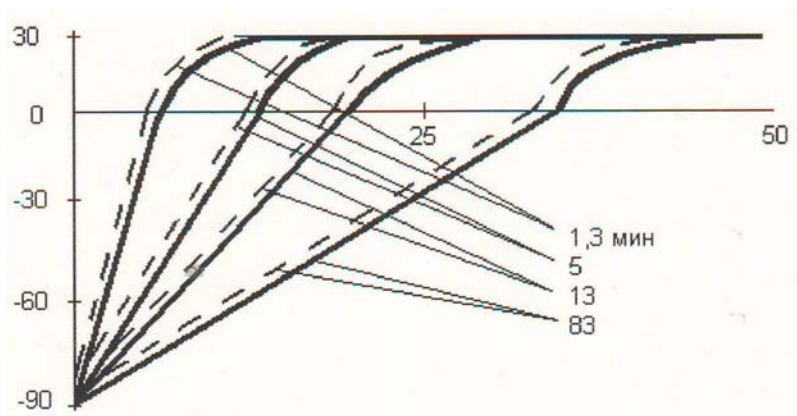


Рисунок 2 – Динамика температурного поля при плоско-параллельной криодеструкции

Интервал времени криопоражения при плоско-параллельной криодеструкции представлен на рис. 3. 1) $h=100$, 2) $h=500$, 3) $h=103$, 4) $h=104$, 5) $h=105$.

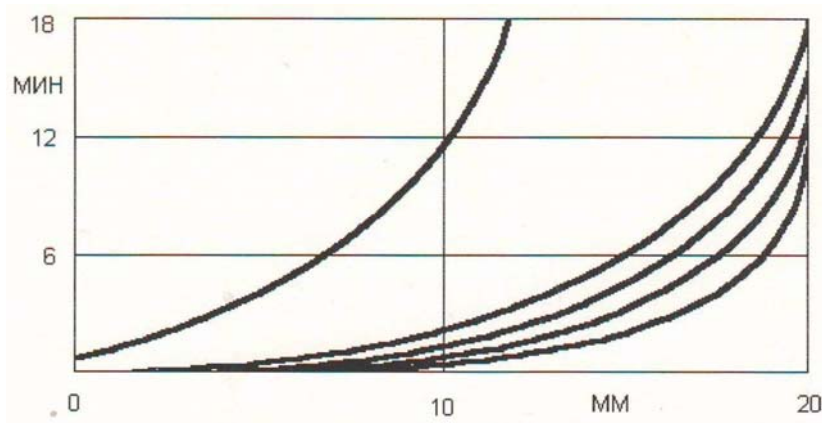


Рисунок 3 – Интервал времени криопоражения при плоско-параллельной криодеструкции

Численные расчеты показывают, что вполне удовлетворительные результаты дают простейшие приближенные решения.

Заключение. Полученные в работе результаты могут быть применены к расчету режимов низкотемпературного воздействия на биологическую ткань, определению значения параметров процесса замораживания, а также при конструировании и совершенствовании криоинструментов. Применение матрично-ориентированного пакета MatLab сокращает работу поиска решения, в отличие от поиска решения аналитическим математическим способом. С помощью данного пакета можно определить количество итераций, приводящих к решению и значения невязок.

Список использованных источников

1. Кайгермазов А.А., Кудаяева Ф.Х., Кармоков М.М., Нахушева Ф.М. Математическая модель плоской криодеструкции биологической ткани. Современные проблемы науки и образования. №2, URL: www.science-education.ru/129-21683, 2015г.
2. Kudayeva F.K., Kaygermazov A.A., Karmokov M.M., Kerefov M.A., Edgulova E.K., Bechelova A.R. Information and Communication Technologies Solving a Free Boundaries Problems/ Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information

Technologies” (IT&QM&IS) September, 23-30, 2017 St. Petersburg, Russia, 2017. – ISIN 978-1-5386-0703-9. – Стр. 226.

3. Kudayeva F.K., Kaygermazov A.A., Edgulova E.K., Bechelova A.R., Tkhabisimova M.M., Kerefov M.A. Study of Spherically Symmetric Hypothermia and Biological Cryodestruction Tissues Using matlab/ Proceedings of the 2017 International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies” (IT&QM&IS) September, 23-30, 2017 St. Petersburg, Russia, 2017. – ISIN 978-1-5386-0703-9. – Стр. 388.

УДК 539.3: 620.171.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ С ОВАЛЬНЫМ ВЫРЕЗОМ И ТРЕЩИНАМИ ПО КОНТУРУ

Лазарев А.А.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Цель работы – экспериментальная проверка численного решения, полученного с использованием программного комплекса SCAD. В качестве экспериментального метода исследования напряжений применён метод фотоупругости.

В обоих случаях исследовалась модель из поляризационно-оптического материала – оргстекла марки Э2 (модуль упругости $E = 3500$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,4$, цена полосы по напряжениям $\sigma_0^{1,0} = 1650$ кПа·см) с габаритными размерами 93мм×84мм×6мм. Элемент ослаблен овальным вырезом на пересечении осей симметрии. К контуру отверстия под разным углом сделаны пропилы, имитирующие трещины, в количестве десяти штук. Модель приведена на рисунке 1, цифры 1–10 – номера трещин-пропилов.

Численный расчёт. Методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программного комплекса «SCAD» выполнен расчет плоской модели, описанной выше. Конечно-элементная схема расчетной модели и вид нагружения приведены на рисунке 2. Модель нагружена сжимающей номинальной нагрузкой $q_0=10,75$ кН/м в вертикальном направлении. Вертикальная ось симметрии закреплена от горизонтальных смещений, а горизонтальная – от вертикальных. Модель имела квадратную базовую сетку с размером ячеек 1х1 мм. В зоне вершин трещин размер ячеек сетки уменьшен и составляет 0,25х0,25 мм.

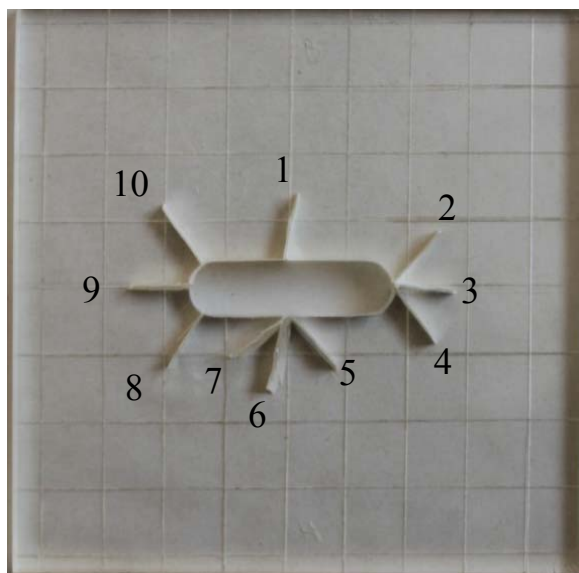


Рисунок 1 – Исследуемая модель

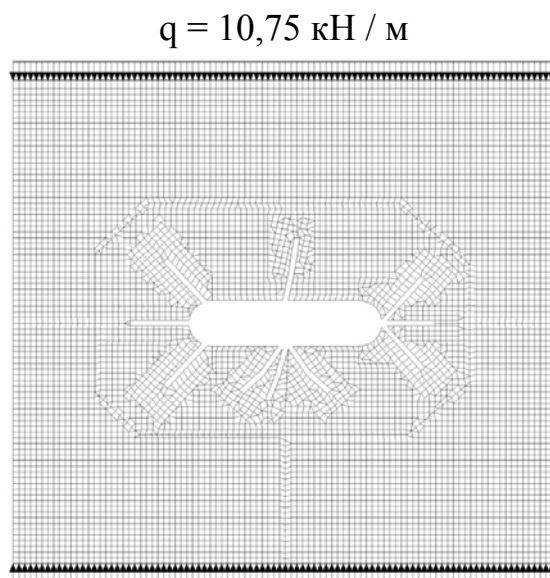
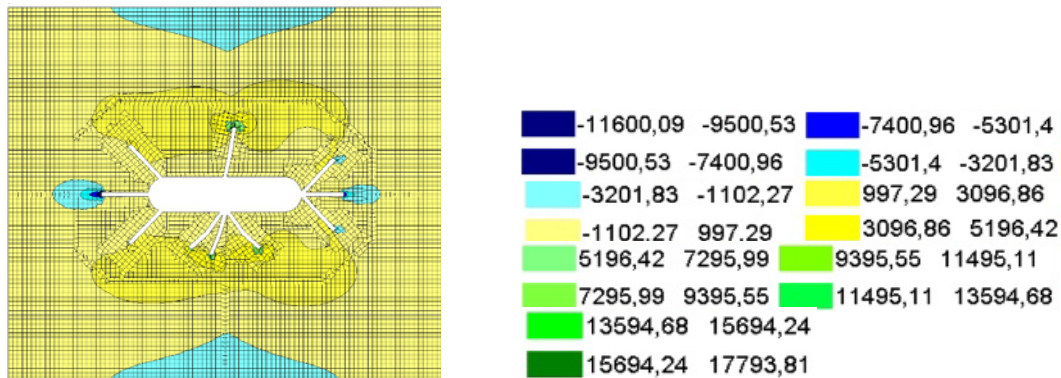


Рисунок 2 – Схема нагружения расчетной модели

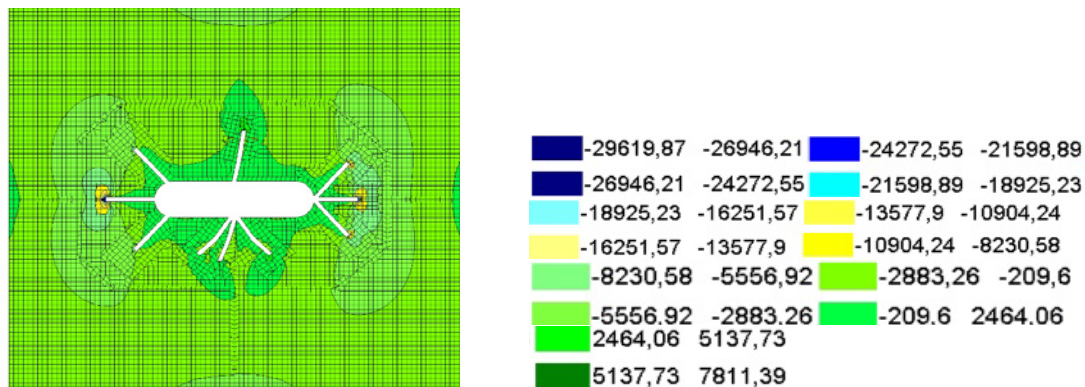
На рисунке 3 представлены поля напряжений σ_1 , σ_2 , и τ_{xy} в модели. Анализируя полученные результаты можно отметить, что зона влияния концентраторов не велика, напряжения в мо-

дели довольно быстро выравниваются и становятся равномерными. У вершин горизонтальных трещин-пропилов отмечены наибольшие значения напряжений. Максимальное напряжение наблюдается у вершины трещины № 3 ($\sigma_{\max} = 16,1$ МПа). У вершин трещин № 2 и 4 напряжения значительно выше, чем у трещин № 10 и 8, что, по-видимому, объясняется тем, что трещина № 9 является одиночной с незначительным влиянием трещин № 10 и 8, а трещины № 2, 3 и 4 работают как единый концентратор с перераспределением напряжений в зоне вершин. Напряжения у вершин трещин, расположенных вблизи горизонтальной оси модели отрицательные, в то время как у вершин трещин, расположенных вблизи вертикальной оси - положительные.

Напряжение σ_1 , кН / м²



Напряжение σ_3 , кН / м²



Напряжение τ_{xy} , кН / м²

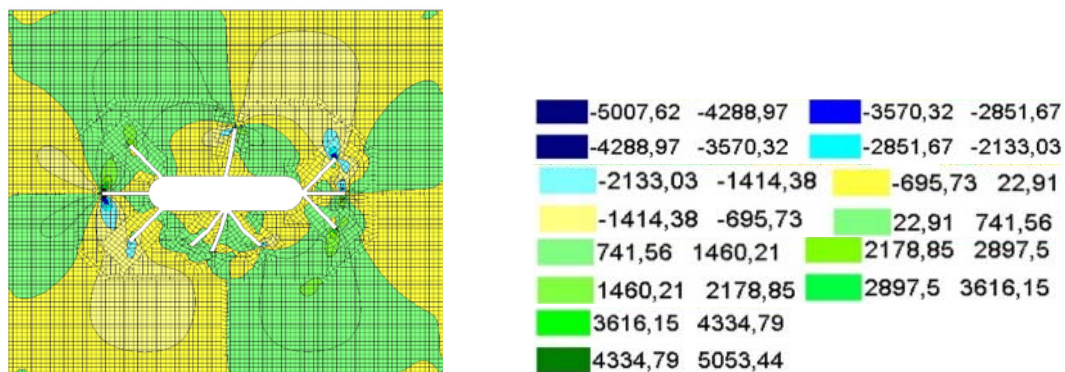


Рисунок 3 – Поля напряжений, полученные программным комплексом SCAD

Физический эксперимент. Для проверки результатов численного эксперимента выполнен фотоупругий анализ модели, приведённой на рисунке 1. При прямом просвечивании модели в белом свете на установке ППУ-7 получены картины полос интерференции [1]. Интерфе-

ренционная полоса соединяет между собой точки с одинаковой разностью главных в плоскости напряжений. На Рисунке 4 представлена картина полос интерференции при нагрузке, соответствующей численному эксперименту. Цифрами 0 – 3 обозначены номера полос.

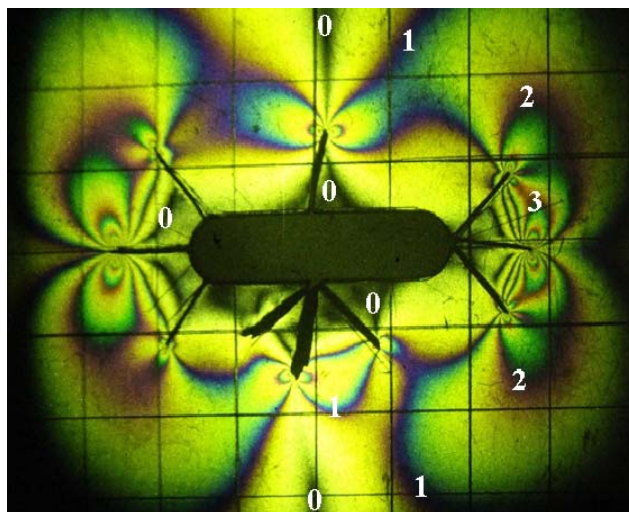


Рисунок 4 – Картина полос интерференции

С помощью картины полос интерференции определены напряжения у вершин трещин – пропилов (порядок интерференционной полосы умножают на цену полосы по напряжениям с учётом толщины модели). Такой подход к определению величин напряжений на контуре отверстий более подробно описан и применён ранее в других работах [2, 3].

Некоторые выводы по результатам исследований. В данной работе моделируется влияние трещин, возникающих по контуру отверстий в элементах конструкций, на напряжённое состояние элемента. Рассмотрена возможность использования программного комплекса SCAD для решения задач с трещинами.

Отмечено, что вертикальные и близкие к ним трещины более опасны для прочности конструкции, так как напряжения у их вершин растягивающие, хотя и имеют меньшие значения, чем у вершин горизонтальных пропилов.

С помощью поляризационно-оптического метода выполнена экспериментальная проверка напряжений, вычисленных на основе программного комплекса «SCAD». Это позволило отметить, что результаты расчётов численных методов сильно зависят от размера ячейки базовой сетки вблизи острых концентраторов. При достаточно мелкой сетке напряжения получаются значительно больше, чем в реальной модели. Это необходимо учитывать при проведении расчетов конструкций.

Следует отметить, что расчётная модель для SCAD многократно уточнялась, менялась разбивочная сетка, вблизи вершин трещин ячейки разбивались дополнительно. Все эти меры не позволили максимально приблизиться к физическому эксперименту. Исходя из этого, можно заключить, что программный комплекс SCAD не позволяет точно оценить напряжённое состояние вблизи таких концентраторов, как трещины. Ранее, аналогичное исследование по оценке целесообразности применения программного комплекса SCAD для исследования концентрации напряжений вблизи угловых вырезов в плоских элементах, позволило заключить, что уменьшение разбивочной сетки не позволяет достичь соответствия с физическим экспериментом [4]. Исходя из этого, можно заключить, что для оценки напряжённого состояния и концентрации напряжений вблизи таких концентраторов, как трещины и угловые вырезы следует рассмотреть возможность применения других программных комплексов, основанных на методе конечных элементов, с целью выбора программы, корректно определяющей напряжения вблизи перечисленных концентраторов.

Список использованных источников

1. Александров А.Я., Ахметзянов М.Х. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. Москва, Наука, 1973. – 576 с.
2. Tabanyukhova M.V. Photoelastic analysis of change mode I stress intensity factor in elements with angular notches / M.V. Tabanyukhova, V.V. Pangaev // In Proceedings of 16th European Conference of Fracture. Alexandroupolis, Greece, 2006. – P. 447-448.
3. Албаут Г.Н. Модельное определение концентрации напряжений в элементах строительных конструкций с угловыми вырезами / Г.Н. Албаут, М.В. Табанюхова // Известия вузов. Строительство, 2006. – №10. – С. 107-112.
4. Албаут Г.Н. К вопросу об определении коэффициентов интенсивности напряжений в элементах строительных конструкций / Г.Н. Албаут, В.В. Пангаев, М.В. Табанюхова, Н.В. Харинова // Известия вузов. Строительство, 2005. – №1. – С. 97-102.

УДК 66.045.53+621.175

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ В ГРАДИРНЕ

Лантева Е.А., Лантев А.Г.

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Рассмотрена задача определения тепловой эффективности по жидкой и газовой фазам в противоточных пленочных градирнях. Из совместного решения уравнения теплового баланса и выражений тепловой эффективности по жидкой и газовой фазам, установлено соотношение между эффективностями охлаждения воды и нагрева воздуха в блоках оросителей. Получено выражение для минимальной скорости воздуха при заданной тепловой эффективности.

Ключевые слова: структура потока, регулярные насадки, пленочные градирни, тепловая эффективность.

Исследование выполнено в рамках научного проекта РНФ 18-79-10136.

Основной задачей при теоретических исследованиях любых теплообменных аппаратов, в том числе и градирен, является достоверное определение эффективности проводимых процессов. Эффективность, как тепло, так и массообменного процесса чаще всего выражается исходя из достигнутых показателей (концентраций, температур, энтальпий), к максимуму возможному. Например, в теории массопередачи такая эффективность называется эффективностью по Мерффрибарботажных тарелок или коэффициентом извлечения в насадочных абсорберах [1,2].

Тепловая эффективность по охлаждаемой воде в противоточной градирне выражается в виде [3]

$$E_{\text{ж}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{к}}}{t_{\text{н}} - t^*}, \quad (1)$$

где $t_{\text{н}}, t_{\text{к}}$ – начальная и конечная температуры охлаждаемой воды; t^* – температура воздуха по мокрому термометру на входе в аппарат. Знаменатель в отношении (1) характеризует теоретический предел охлаждения воды. Известно, что большинство промышленных градирен имеют невысокую эффективность ($E_{\text{ж}} = 0,2 - 0,5$), особенно в летнее время.

Аналогично отношению (1) запишем тепловые эффективности по газовой (воздушной) фазе в виде отношений энтальпий и влагосодержаний

$$E_{\text{г}} = \frac{I_{\text{к}} - I_{\text{н}}}{I_{\text{к}}^* - I_{\text{н}}}, \quad E_{\text{х}} = \frac{x_{\text{к}} - x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}^* - x_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{н}}, I_{\text{к}}$ – начальная и конечная энтальпия влажного воздуха, Дж/кг; $I_{\text{к}}^*$ – значение энтальпии влажного воздуха на выходе из блока контактных устройств градирни на линии насыщения при температуре воды на входе $t_{\text{н}}$; $x_{\text{к}}, x_{\text{н}}$ – влагосодержания насыщенного воз-

духа на входе и выходе, кг/кг; x_k^* – влагосодержание воздуха на выходе при t_k и относительной влажности 100%.

Значения (1) и (2) записаны относительно максимальных движущих сил теплообменного процесса.

Известна приближенная связь эффективностями по жидкой (1) и газовой (2) фазам в виде [2]

$$\left(\frac{1}{E_{\text{ж}}} - 1\right) \approx \left(\frac{1}{E_{\text{г}}} - 1\right) \frac{Lc_{\text{рж}}}{Gc_{\text{рг}}}, \quad (3)$$

где L, G – массовые расходы жидкой и газовой фаз, кг/с; $c_{\text{рж}}, c_{\text{рг}}$ – удельные теплоемкости жидкости и газа, Дж/(кгК).

Для процесса испарительного охлаждения воды зависимость (3) является приближенной, т.к. не учитывает термодинамические параметры состояния влажного воздуха.

Связь между эффективностями (1), (2) можно установить используя уравнение теплового баланса для противоточной градирни, Вт:

$$Q = Lc_{\text{рж}}(t_n - t_k) + Q_{\text{и}} = G(I_k - I_n), \quad (4)$$

где Q – поток тепла (тепловая нагрузка), Вт; $Q_{\text{и}} = c_{\text{рж}}t_k G(x_k - x_n)$ – поток тепла испарившейся жидкости, Вт; x_k, x_n – начальное и конечное влагосодержание воздуха, кг/кг.

Из выражений (1), (2) и (4) получим соотношение

$$E_{\text{г}} = \frac{E_{\text{ж}}Lc_{\text{рж}}(t_n - t^*) + Q_{\text{и}}}{G(I_k^* - I_n)}. \quad (5)$$

Для практических расчетов реальных градиен выражение (5) удобнее использовать с плотностью орошения $q_{\text{ж}} = L/(\rho_{\text{ж}}S)$, м³/(м² с) или м³/(м²час) и средней скоростью воздуха в рабочем сечении $w_{\text{г}} = G/(\rho_{\text{г}}S)$, где $\rho_{\text{ж}}, \rho_{\text{г}}$ – плотности воды и воздуха, кг/м³; S – площадь поперечного сечения градирни в зоне насадки, м². Тогда получим

$$E_{\text{г}} = \frac{E_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}}c_{\text{рж}}q_{\text{ж}}(t_n - t^*) + Q_{\text{и}}}{\rho_{\text{г}}w_{\text{г}}(I_k^* - I_n)}. \quad (6)$$

Поток тепла испарившейся жидкости с использованием $E_{\text{х}}$ (2) равен: $Q_{\text{и}} = Gc_{\text{рж}}t_k E_{\text{х}}(x_k^* - x_n)$. Значение $Q_{\text{и}}$ составляет 3-5% от общей тепловой нагрузки.

Таким образом, вычисляя требуемое значение $E_{\text{ж}}$ (1) далее по выражению (6) можно определить требуемую тепловую эффективность по воздушному потоку с учетом реальных термодинамических параметров воды и воздуха, которые могут значительно меняться в зависимости от времени года и метеорологической обстановки. Если из расчетов $E_{\text{г}}$ по (5) будет получено $E_{\text{г}} > 1$, то значит для заданных условий достигнуть требуемую эффективность охлаждения воды, т.е. это противоречит уравнению теплового баланса (4).

Из условия достижения состояния равновесия на выходе блоков оросителей минимальный расход воздуха равен

$$G_{\min} = \frac{Q}{I_{\kappa}^* - I_{\text{н}}} = \frac{Lc_{\text{рж}}(t_{\text{н}} - t_{\kappa}) + Q_{\text{и}}}{I_{\kappa}^* - I_{\text{н}}}. \quad (7)$$

Отсюда скорость воздуха в рабочем сечении градирни $w_{\min} = G_{\min} / (S\rho_{\Gamma})$.

Для достижения высокой эффективности в градирне должно выполняться следующее условие $w_{\Gamma} > w_{\min}$ исходя из гидродинамических характеристик выбранных блоков оросителей и мощности на подачу воздуха вентиляторами.

Из выражения (6) можно записать максимальную ожидаемую эффективность охлаждения воды $E_{\text{ж}}$ (1). Например, при $E_{\Gamma} = 0,99$, получим

$$E_{\text{ж}} = \frac{0,99\rho_{\Gamma}w_{\Gamma}(I_{\kappa}^* - I_{\text{н}})}{\rho_{\text{ж}}c_{\text{рж}}q_{\text{ж}}(t_{\text{н}} - t^*) + Q_{\text{и}}}, \quad (8)$$

т.е. при заданном режиме $(w_{\Gamma}, q_{\text{ж}})$ и термодинамических параметрах воды $(t_{\text{н}}, t^*)$ и воздуха $(I_{\kappa}^*, I_{\text{н}})$ более глубокое охлаждение воды в данной постановке достичь невозможно.

Тепловую эффективность по газовой фазе, требуемую для охлаждения воды, можно вычислить на основе применения ячеечной или диффузионной моделей структуры потоков [4,5].

Список использованных источников

1. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии. Учеб. пособие для вузов. – М.: Химия, 2011. – 1230 с.
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. – М.: Химия, 1971. – 296 с.
3. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий. Справочное пособие. Под общ. ред. В.С. Пономаренко. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 376 с.: ил.
4. Лаптева Е.А., Лаптев А.Г. Прикладные аспекты явлений переноса в аппаратах химической технологии и теплоэнергетики (гидромеханика и тепломассообмен). – Казань: Издательство «Печать-Сервис XXIвек», 2015. – 236 с.
5. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен. Казань: Казанский гос. энерг. ун-т, 2004. – 180 с.

УДК 511.42

ОЦЕНКА Р-АДИЧЕСКОЙ НОРМЫ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО МНОГОЧЛЕНА НА ЦИЛИНДРЫ Q_p

Морозова И.М., Кемеш О.Н.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. В настоящей работе дана оценка для величины p -адической нормы целочисленного многочлена на цилиндры в Q_p .

Ключевые слова: мера Хаара, лемма Гельфонда, размерность Хаусдорфа, поле p -адических чисел, p -адический цилиндр, диофантовы приближения, p -адическая норма.

Часто при решении прикладных задач, возникают ситуации, когда применение архимедовой метрики не описывает суть явления. В этом случае стали использовать неархимедову геометрию и p -адические числа.

Академик В.С. Владимиров [1] со своими учениками разработали p -адические модели квантовой механики и теории струн. В. Драгович и А. Драгович [2] описывают p -адическую модель генетического кода. А.Ю. Хренников [3] применил p -адический анализ к описанию

моделей мышления. Во всех случаях была применена неархимедова метрика, которая зависит от делимости заданного числа на степень простого числа. Нашу работу можно считать продолжением исследования выше указанных авторов.

Введем несколько определений.

Определение 1. Любое рациональное число x можно единственным образом представить в виде несократимой дроби $x = p^\gamma \frac{m}{n}$, где p есть простое число, γ есть целое число, m – целое, n – натуральное, p, m, n – взаимно просты.

Определение 2. p -адической нормой вышеприведенного рационального числа x называется число $|x|_p = p^{-\gamma}$. Таким образом, p -адическая норма измеряет, на какую степень p делится рациональное число, и норма тем меньше, чем больше эта степень, то есть последовательность $\{p^\gamma\}, \gamma \rightarrow +\infty$, будет стремиться к нулю в p -адической норме.

Введем класс целочисленных полиномов $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$, у которых степень $\deg P = n$, а высота $H(P) = \max |a_j|, 0 \leq j \leq n$ не превосходит некоторого достаточно большого натурального числа Q . Этот класс обозначим через

$$P_n(Q) = \{P(x) \in Z[x], \deg P = n, H(P) \leq Q\}.$$

Будем обозначать $c_1 = c_1(n), c_2, \dots$ величины, зависящие от n и не зависящие от H и Q . Через $\#B$ обозначим количество элементов конечного множества B . Если два числа K и M отличаются в $c(n)$ раз, то будем записывать $K \asymp M$. Нетрудно получить оценки

$$c_1 Q^{n+1} < \#P_n(Q) < c_2 Q^{n+1}$$

и доказать, что подкласс $P_n(Q)$, состоящий из неприводимых над полем рациональных чисел полиномов – $T_n(Q)$ имеет мощность $c_3 Q^{n+1}$. А.О. Гельфонд [4] доказал, что два полинома $P_1(x), P_2(x) \in T_n(Q)$ не могут в трансцендентной точке ξ удовлетворять неравенству $\max(|P_1(\xi)|, |P_2(\xi)|) < c_4 Q^{-2n+1}$ при достаточно малой величине c_4 . Его лемма была обобщена В. И. Берником [5] на значения полинома в точках из некоторого интервала I длины $|I| = Q^{-\eta}, \eta > 0$. Это обобщение стало важным моментом при нахождении размерности Хаусдорфа множества действительных чисел с заданной мерой трансцендентности. Приведем формулировку этого результата.

Лемма 1. Пусть на интервале $I, |I| = Q^{-\eta}, \eta > 0$ заданы два полинома $P_1(x), P_2(x) \in T_n(Q)$, такие, что $\max_{x \in I} (|P_1(x)|, |P_2(x)|) < Q^{-\tau}, \tau > 0$. Тогда, если $\delta > 0$, при $Q > Q_0(\delta)$ верно неравенство

$$\tau + 1 + 2 \max(\tau + 1 - \eta, 0) < 2n + \delta \quad (1)$$

Ясно, что неравенство (1) при уменьшении η может быть усилено, что важно, например, при оценке количества полиномов $P(x) \in P_n(Q)$ с заданными дискриминантами или дискриминантами, делящимся на большую степень фиксированного простого числа. Для получения более точных оценок обобщим неравенство (1) на поле p -адических чисел.

Доказанная нами теорема отличается от теорем доказанных ранее В.И. Берником тем, что в левую часть неравенства добавлены слагаемые вида $2 \max(\tau + k\eta, 0), k = 1, 2, \dots$, что потребовало рассмотрения не первых производных многочленов, а производных всех порядков.

Обозначим через μA меру Хаара p -адического цилиндра $A \subset Q_p, |w|_p$, – p -адическую норму $w \in Q_p$.

Определение 3. Множество $A \subset Q_p$ называется p -адическим цилиндром, если оно содержит все точки Q_p вида

$$w = a_l p^{-l} + a_{l-1} p^{-l+1} + \dots + a_1 p^{-1} + a_0 + a_1 p + \dots + a_k p^{-k} + b_{k+1} p^{k+1} + \dots,$$

где $a_j, -l \leq j \leq k$ – фиксированные целые числа $0 \leq a_j \leq p-1$, а $b_j, j \geq k+1$ – произвольные целые числа $0 \leq b_j \leq p-1$.

Пусть Q – достаточно большое натуральное число.

Теорема. Пусть $A \subset Q_p$ – цилиндр и $\mu A = Q^{-\eta}$, $\eta > 0$ для всех p -адических чисел $w \in A$ и два полинома $P(w)$, $T(w)$ без общих корней удовлетворяют неравенствам

$$\max_{w \in A} (|P(w)|_p, |T(w)|_p) < Q^{-\tau}, \tau > 0, \max(H(P), H(T)) \leq Q.$$

Тогда при любом $\delta > 0$ и $Q > Q_0(\delta)$

$$\tau + 2 \sum_{k=1}^{n-1} \max(\tau - k\eta, 0) > 2n + \delta. \quad (2)$$

Для доказательства теоремы понадобится

Лемма 2. Пусть γ_1 – ближайший корень полинома $P(x)$ к фиксированному числу $w \in Q_p$. Тогда справедливы неравенства

$$|w - \gamma_1|_p \leq |P(w)|_p |P'(w)|_p^{-1}, \quad |w - \gamma_1|_p \leq |P(w)|_p |P'(\gamma_1)|_p^{-1}, \quad (3)$$

$$|w - \gamma_1|_p \leq \min_{2 \leq j \leq n} \left(|P(w)|_p |P'(\gamma_1)|_p^{-1} |\gamma_1 - \gamma_2|_p \cdots |\gamma_1 - \gamma_j|_p \right)^{\frac{1}{j}}. \quad (4)$$

Лемма 2 доказана в работах В.Г. Спринджука и В.И. Берника [6]. Корни $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ полинома $P(w)$ упорядочим относительно w следующим образом:

$$|w - \gamma_1|_p \leq |w - \gamma_2|_p \leq \dots \leq |w - \gamma_n|_p. \quad (5)$$

Доказательство теоремы. Из системы неравенств $|P(w)|_p < Q^{-\tau}, |T(w)|_p < Q^{-\tau}, w \in A$, и леммы 2 заключаем, что среди корней $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ полинома $P(w)$ и корней $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ полинома $T(w)$ найдется пара корней $(\gamma_k, \beta_l), 1 \leq k \leq n, 1 \leq l \leq n$ таких, что корень γ_k будет ближайшим ко всем $w_1 \in L_1 \subset A, \mu L_1 \geq n^{-1} Q^{-\eta}$, а корень β_l – ко всем $w_2 \in L_2 \subset A, \mu L_2 > n^{-1} Q^{-\eta}$. Так как $w_1, w_2 \in A$, то $|w_1 - w_2|_p \leq Q^{-\eta}$. Полагаем $k=1, s=1$, и относительно корней γ_1, β_1 произведем упорядочивание остальных корней γ_i, β_j :

$$|\gamma_1 - \gamma_2|_p \leq |\gamma_1 - \gamma_3|_p \leq \dots \leq |\gamma_1 - \gamma_n|_p, \quad |\beta_1 - \beta_2|_p \leq |\beta_1 - \beta_3|_p \leq \dots \leq |\beta_1 - \beta_n|_p.$$

Введем обозначения:

$$|\gamma_i - \gamma_j|_p = Q^{-p_j}, p_j = \sum_{i=j}^{n-1} p_{i+1}, 2 \leq j \leq n. \quad (6)$$

Такие же обозначения введем и для корней β_j полинома $T(w)$. Будем предполагать, что полиномы $P(w)$ и $T(w)$ выбраны из некоторого подмножества $M_n(Q) \subset P_n(Q)$ такого, что величины p_j и p_i в (6) для различных полиномов $P(w)$ и $T(w)$ отличаются друг от друга не более чем на некоторую очень малую, но фиксированную величину $\varepsilon_1 > 0$. В итоге левая часть неравенства может измениться на $c_5 \varepsilon_1 < \frac{\delta}{2}$ при подходящем выборе ε_1 . Это стандартное рассуждение в метрической теории диофантовых приближений.

Из последнего неравенства (4) в лемме 2 условие $|P(w)|_p < Q^{-\tau}$ с учетом новых обозначений (6) можно записать так:

$$|w_1 - \gamma_1|_p \leq \min_{1 \leq j \leq n-1} Q^{-\frac{\tau - p_j}{j}}. \quad (7)$$

Аналогичное неравенство получим для

$$|w_2 - \beta_1|_p \leq \min_{1 \leq i \leq n-1} Q^{-\frac{\tau - p_i}{i}}. \quad (8)$$

Пусть минимальное значение в правой части неравенства (7) достигается при $j = j_0$, а в (8) при $i = i_0$. Так как w_1 и w_2 можно выбрать так, что

$$|w_1 - \gamma_1|_p \geq \frac{1}{4n} Q^{-\eta}, |w_2 - \beta_1|_p \geq \frac{1}{4n} Q^{-\eta},$$

что легко доказать от противного.

Откуда, используя неравенство $p_j \geq 0$, имеем

$$p_j > \max(\tau - j\eta, 0), 1 \leq j \leq n-1. \quad (9)$$

Так как минимум в правых частях неравенств (7), (8) достигается при $j_0 = j$, то для всех точек цилиндра A

$$|w_1 - \gamma_1|_p \leq \max \left(Q^{-\frac{\tau - p_{j_0}}{j_0}}, Q^{-\eta} \right), |w_2 - \beta_1|_p \leq \max \left(Q^{-\frac{\tau - p_{j_0}}{j_0}}, Q^{-\eta} \right). \quad (10)$$

В дальнейшем важным является соотношение величин $Q^{-p_j}, 2 \leq j \leq n$ и правых частей неравенств (10). Ясно, что существует $2 \leq s \leq n-1$, для которого верно неравенство

$$Q^{-p_s} \leq Q^{-\frac{\tau - p_{j_0}}{j_0}} \leq Q^{-p_{s+1}}, 2 \leq s \leq n-1. \quad (11)$$

Рассмотрим результат полиномов $P(w)$ и $T(w)$, не имеющих общих корней. Доказано, что $|R(P, T)| \leq c_6 Q^{2n}$, поэтому по формуле произведения $|a|_{a_p} \geq 1$ для $a \in Z$ имеем

$$Q^{-2n} \leq |R(P, T)|_p. \quad (12)$$

Оценим $|R(P, T)|_p$ сверху. Из определения результата

$$|R(P, T)|_p = \left| a_n^n(P) a_n^n(T) \prod_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} |\gamma_i - \beta_j| \right|_p \leq \prod_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} |\gamma_i - \beta_j|_p.$$

$$\prod_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq n}} |\gamma_i - \beta_j|_p \leq Q^{-s \frac{\tau - p_{j_0}}{j_0} - (2s+1)p_s - 2(p_{s+1} + \dots + p_{n-1})} = Q^{-b}. \quad (13)$$

Оценим значение показателя степени b в (13) при $j_0 = s$.

$$b \geq s(\tau - p_s) + (2s+1)p_s + \sum_{k=s+1}^{n-1} p_k. \quad (14)$$

Покажем, что правая часть в неравенстве (14) больше $2n$. Для этого достаточно убедиться, что

$$s(\tau - p_s) + (2s+1)p_s > \tau + 2 \sum_{k=1}^s \max(\tau - k\eta, 0). \quad (15)$$

При $\tau - k\eta \geq 0$ суммы в левой и правой частях (15) можно записать в виде

$$s\tau + (s+1)p_s > 2(s+1)(\tau - s(s+1)\eta), \text{ или } (s+1)p_s \geq (s+1)\tau - s(s+1)\eta,$$

$$p_s \geq \tau - s\eta. \quad (16)$$

Так как последнее неравенство в (16) справедливо по (9), поэтому верно и неравенство (15). Теорема доказана.

Список использованных источников

1. Владимиров В.С., Волович И.В., Зеленов Е.И. p -Адиический анализ и математическая физика. Москва: Наука, 1994. – Singapore: World Scientific, 1994.
2. B. Dragovich, A. Dragovich A p -Adic Model of DNA Sequence and Genetic Code, <http://arxiv.org/abs/q-bio.GN/0607018>
3. Хренников А.Ю. Неархимедов анализ и его приложения. – Москва: Физматлит, 2003.
4. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом. – М.: Наука, 1977. – С. 448.
5. Гельфонд А.О. Трансцендентные и алгебраические числа / А.О. Гельфонд. – 2-е изд. – М.: URSS, 2006. – 224 с.
6. Bernik V. Application of the Hausdorff dimension in the theory of Diophantine approximations / V. Bernik // Acta Arithmetica. – 1983. – Vol. 42, № 3. – P. 219–253.
7. Кемеш О.Н. Обобщение леммы Гельфонда на цилиндры в поле p -адиических чисел. – Мн.: Весці НАН Беларусі, 2018. – Т. 1. – С. 24-29.

УДК 511

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ РИСУНКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ АЛГЕБРЕ СПОСОБОМ НАГЛЯДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Новик И.А.¹, Ненартович М.В.²

¹ Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка

² Государственное учреждение образования «Средняя школа № 17 г. Лида»

Аннотация. В данной статье дается определение понятия «информационного образовательного ресурса» и выявлена сущность наглядного моделирования при обучении учащихся математике.

На примере рассматривается возможность реализации наглядного моделирования при решении задач алгебры через использование анимационных возможностей динамической среды GeoGebra и выделяются шаги их решения.

Ключевые слова: математика, алгебра, анимация, наглядное моделирование, динамическая среда, информационный образовательный ресурс.

В настоящее время сложно себе представить учебно-воспитательный процесс без применения информационных образовательных ресурсов. Многие ученые И.А. Новик, Н.В. Бровка, В.В. Казаченок, Т.С. Макарова, С.А. Севастьянова и А.В. Протасова сходятся во мнении, что внедрение информационных образовательных ресурсов в учебно-воспитательном процессе способствует его интенсификации и совершенствованию.

Под «информационными образовательными ресурсами» будем понимать совокупность учебных и учебно-методических материалов, представленных в виде определенной информационно-технологической конструкции, которые позволяют организовать учебно-воспитательный процесс и управлять им.

Современные информационные образовательные ресурсы способствуют увеличению разнообразия способов решения математических задач. Одним из таких способов является способ наглядного моделирования.

Специфика наглядного моделирования в обучении математике состоит в возможности распознавания, рассмотрения и анализа учащимися структуры модели, свойств, закономерностей, отношений, взаимосвязей её составляющих частей, формирования осознанного восприятия, что способствует в большей мере устойчивому запоминанию, развитию мышления и воображения при познании объектов окружающего мира.

В рамках реализации способа наглядного моделирования при обучении учащихся алгебре более подробно остановимся на таком информационном образовательном ресурсе как динамическая среда GeoGebra.

GeoGebra – это бесплатная кроссплатформенная динамическая математическая среда, которая дает возможность создания динамических, анимационных чертежей для использования на разных уровнях обучения алгебры и геометрии. Идея использования GeoGebra заключается в интерактивном сочетании геометрического, алгебраического и числового представления учебного материала, что гармонично сочетается и подчеркивает идеи наглядного моделирования.

Динамическая среда GeoGebra дает возможность представлять решение алгебраических задач в виде готовых анимационных наглядных моделей либо их создавать.

Анимационные возможности динамической среды GeoGebra представляют собой новую часть современной дидактики и требуют соблюдения следующих шагов решения алгебраических задач:

1. представление аналитической записи в виде наглядной модели;
2. решение задачи, используя анимационные возможности – отслеживание динамики изменения положения составляющих частей наглядной модели, удовлетворяющей условию задачи;
3. запись ответа с фиксацией ключевых значений.

Рассмотрим пример использования анимационных возможностей динамической среды GeoGebra при решении задач алгебры способом наглядного моделирования.

Пример. Найдите количество решений системы в зависимости от значения параметра a :

$$\begin{cases} |y| + x^2 = 1, \\ |x| + 3|y| = a. \end{cases}$$

Решение.

1. Представление аналитической записи в виде наглядной модели.

Рассмотрим первое уравнение системы $|y| + x^2 = 1$. Преобразуем его к следующему виду $|y| = -x^2 + 1$.

При $y \geq 0$ получаем $y = -x^2 + 1$. Данное уравнение задает часть параболы, вершина которой имеет координаты $(0;1)$, ветви которой направлены вниз, ограниченной снизу осью абсцисс.

При $y \leq 0$ получаем $y = x^2 - 1$. Данное уравнение задает часть параболы, вершина которой имеет координаты $(0;-1)$, ветви которой направлены вверх, ограниченной сверху осью абсцисс.

После проведенного анализа первого уравнения в строке ввода вводится формула $|y| + x^2 = 1$ и в динамической среде GeoGebra наглядно представляется данное уравнение (рисунок 1).

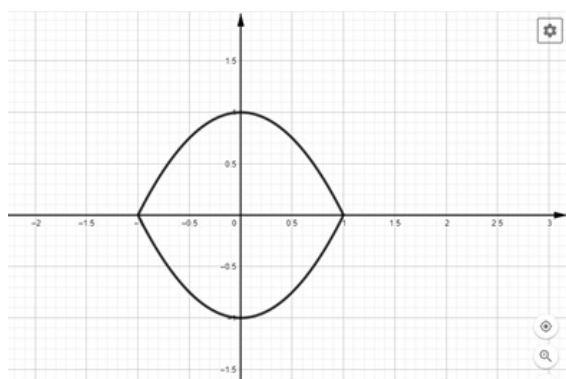


Рисунок 1

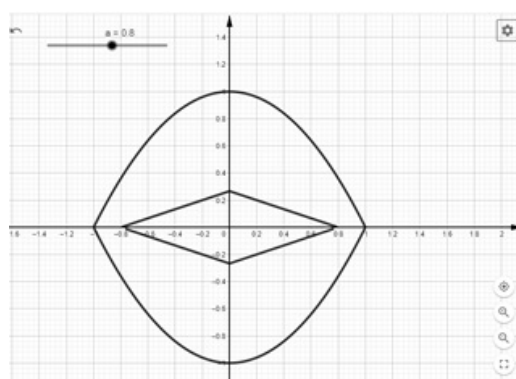


Рисунок 2

Рассмотрим второе уравнение системы $|x| + 3|y| = a$. Уравнение вида $|x| + |y| = a$ задает квадрат, следовательно уравнение $|x| + 3|y| = a$ задает ромб.

После проведенного анализа второго уравнения в строке ввода вводится формула $|x| + 3|y| = a$ и в динамической среде GeoGebra наглядно представляется данное уравнение. Строим ползунок для изменяющегося параметра a (рисунок 2).

2. Решение задачи, используя анимационные возможности. Изменяя и фиксируя ключевые значения параметра a , влияющие на расположение элементов наглядной модели, получаем:

- если $a = 1$, то система имеет два решения (рисунок 3);
- если $a \in (1; 3\frac{1}{12}]$, то система имеет четыре решения (рисунок 4);
- если $a > 3\frac{1}{12}$, то система не имеет решений (рисунок 5).

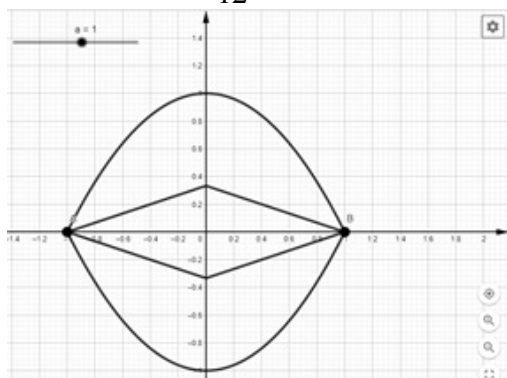


Рисунок 3

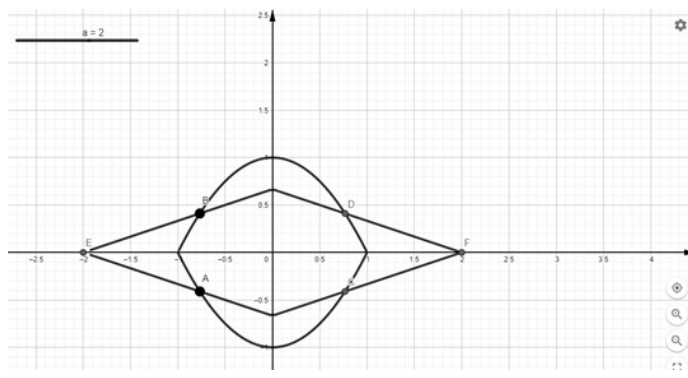


Рисунок 4

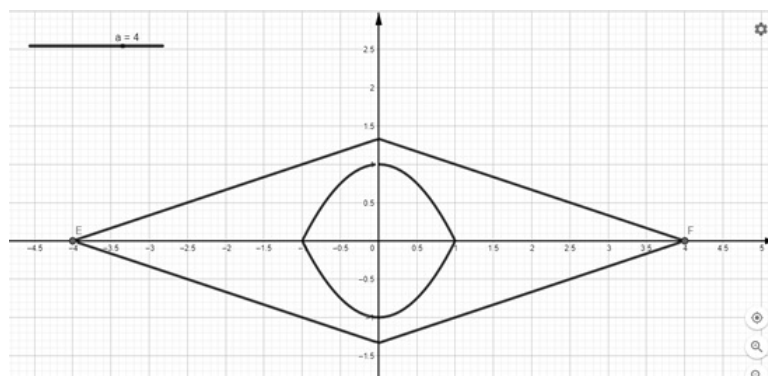


Рисунок 5

3. Запись ответа с фиксацией ключевых значений

Ответ:

- если $a = 1$, то система имеет два решения;
- если $a \in (1; 3\frac{1}{12}]$, то система имеет четыре решения;
- если $a > 3\frac{1}{12}$, то система не имеет решений.

Таким образом, анимационные возможности динамической среды GeoGebra способствует вариативному представлению учебного материала алгебры способом наглядного моделирования. При этом устраняет трудности для учащихся при: построении наглядной модели, соответствующей условию задачи; исследовании наглядной модели; выявлении свойств математических объектов и закономерностей между элементами модели.

Список использованных источников

1. Маркарова Т.С. Концепция развития электронных образовательных ресурсов / Т.С. Маркарова // Информ. ресурсы России. – 2008. – № 6. – Режим доступа: http://www.aselibrary.ru/press_center/journal/irr/2008/number_6/number_6_3/number_6_3895. – Дата доступа: 21.07.2018.
2. Ненартович М.В., Новик И.А. О теоретико-методологических основаниях проблемы использования наглядного моделирования при обучении учащихся курсу алгебры // М.В. Ненартович, И.А. Новик / «Матэматыка» № 4. – Минск: «Адукацыя і выхаванне», 2017 г. – 21-31 с.
3. Новик И.А. Возможности использования и оценки информационно-образовательных ресурсов для обучения учащихся в рамках высокотехнологичной образовательной среды. Матэматыка, 2015. – № 6. – С. 3-7.
4. Протасов А.В. Информационно-образовательные ресурсы учебных заведений среднего образования в сети Интернет / А.В. Протасов // Тобольская социально-педагогическая академия им. Д.И. Менделеева Тобольск, Россия. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2013/pdf/5932.pdf>. – Дата доступа: 16.07.2018.
5. Севастьянова С.А. Информационный образовательный ресурс: структура, содержание, применение в учебном процессе / С.А. Севастьянова // Самарский государственный экономический университет (СГЭУ). – Режим доступа: <http://ito.edu.ru/2006/Samara/VI/VI-0-3.html>. – Дата доступа: 15.07.2018.

УДК 697.8+519.6

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Хворенков Д.А.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

В статье приводятся результаты обследования отопительного агрегата, его обвязки и системы дымоудаления, который эксплуатировался в частном одноэтажном жилом доме. Обследование выполнялось на основании постановления межрайонного следственного отдела о проведении тех-

нической экспертизы с целью выявления неисправностей индивидуальной отопительной системы, которые привели к острому отравлению угарным газом двух жильцов этого дома с летальным исходом.

Отопительный аппарат АОГВ-11,6-3 2006 года выпуска, предназначенный для отопления жилого дома, размещен в помещении кухни, расположенной в цокольном этаже здания. Газоход от отопительного агрегата выведен в смежный неотапливаемый пристрой и подключен к дымовой трубе, выведенной выше кровли пристроя. При обследовании системы дымоудаления в смежном с кухней помещении (неотапливаемый пристрой) обнаружены сквозные отверстия длиной 10÷60 мм и шириной 10÷40 мм на горизонтальном участке газохода диаметром 150 мм до врезки в дымовую трубу. Параллельно с ним в одной тепловой изоляции проложен вытяжной воздуховод. Приток воздуха в помещение кухни организован через открывающееся окно в сарай, которое расположено, примерно, в полуметре от горизонтального участка газохода с вышеописанными дефектами. Исследование причин образования и попадания угарного газа в помещение жилого дома выполнялось в два этапа: экспериментальное исследование концентрации угарного газа и теоретическое исследование его утечки и распространения.

Экспериментальное исследование концентрации угарного газа. Экспертами были произведены замеры концентрации угарного газа в различных точках здания и в газоходе после запуска отопительного агрегата. Измерение содержания окиси углерода (угарного газа) проводилось газоанализатором Fluke 940 в точках, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замера концентрации угарного газа (CO)

Расположение точки замера	Значение CO, ppm
У верхнего воздухозаборного отверстия котла	0
У открытой форточки в помещении кухни	1-5
В верхней зоне кухни на расстоянии от АОГВ 11,6-3 более 2 м	0
В верхней зоне кухни над АОГВ 11,6-3	1
У отверстий в горизонтальном газоходе, расположенном в сарае	230-300
В газоходе после АОГВ 11,6-3	620-6000
У воздухозаборного отверстия вентиляционного канала в кухне	5

Примечания:

1. Замеры проводились в летний период, поэтому необходимо учитывать то, что в зимний период, при отрицательных температурах значения CO будут выше в следствие большего количества приточного воздуха из сарая через окно;
2. Начало замеров через десять минут после запуска АОГВ 11,6-3 в работу;
3. В точках, где указан диапазон значений, наблюдался рост концентрации CO в пределах времени проведения измерений;
4. Общее время проведения замеров угарного газа составляло 30 мин. Таким образом, задача оценки динамики накопления угарного газа в помещении путем замеров не ставилась по причине ее опасности для жизни;
5. Содержание CO в продуктах сгорания котельных агрегатов, превышение которых не допускается, указаны, как правило, в технической документации на котлы и находится в пределах 50-160 ppm (нижний предел для горелок импортного производства).

Так, через 20 мин концентрация CO в воздухе помещения пристроя вблизи отверстий в газоходе составила 265 ppm (0,0265%), а в газоходе 6000 ppm (0,6%). Следует отметить, что при нормальной работе газопотребляющих установок, в том числе аппаратов отопительных газовых с водяным контуром, угарный газ при сжигании природного газа образовываться не должен. Согласно требованиям ГОСТ 20219-94 Аппараты отопительные газовые бытовые с водяным контуром (п.1.3), предельное содержание CO в продуктах сгорания составляет

0,05 % (500 ppm). Таким образом, концентрация вредного вещества в дымовых газах превышена в 12 раз. Данное обстоятельство позволило судить экспертам о неисправности АОГВ-11,6-3. Были выполнены работы по разборке и выявлению неисправностей элементов газового отопительного аппарата. Обнаружено, что турбулизаторы были существенно повреждены в результате коррозии и нарушена целостность основной газовой горелки инжекционного типа, а именно, сопловой блок не был вкручен в горловину горелки и удерживался рядом с ее отверстием газоподводящей трубкой. Авторы считают, что именно этот дефект привел к нерасчетному режиму работы горелочного устройства, так как природный газ поступал в котел не только в горелку, но и через воздухозаборные отверстия в нижней части котла. Это привело к неполному сгоранию части топлива вне горелочного устройства в камере сгорания, что привело к образованию большого количества угарного газа и подтверждено результатами замеров концентрации СО в газоходе. Кроме того, отсутствие центрирования сопла также вызывает недожог топлива и в горелке. Действительно, при несовпадении осей сопла и горловины горелки первичный воздух затягивается через специальные отверстия в горловине за счет энергии струи газа в существенно меньшем объеме. При детальном рассмотрении выявлена деформация первых трех витков резьбы на сопловом блоке.

Теоретическое исследование утечки и распространения угарного газа. Исследование течения продуктов сгорания в системе дымоудаления от АОГВ-11,6-3 до устья дымовой трубы проведено методом численного моделирования.

Модель учитывала геометрические размеры и дефекты системы дымоудаления, температуры внутреннего и наружного воздуха в день происшествия, массовый расход продуктов сгорания от АОГВ-11,6-3 (рисунок 1).

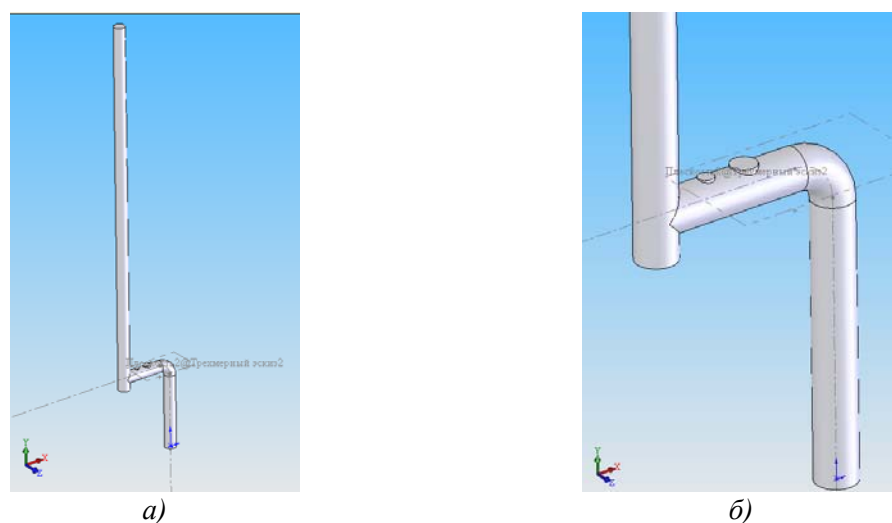


Рисунок 1 – Геометрическая модель системы дымоудаления: а) общий вид; б) фрагмент системы дымоудаления в области присоединения газохода к дымовой трубе

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3. Из рисунка 3 видно, что при заданных условиях продукты сгорания выходят из газохода через сквозные отверстия 5 и 6. Таким образом, расчетным путем подтверждены результаты измерений содержания угарного газа вблизи дефектов газохода и установлено место его выхода из системы дымоудаления.

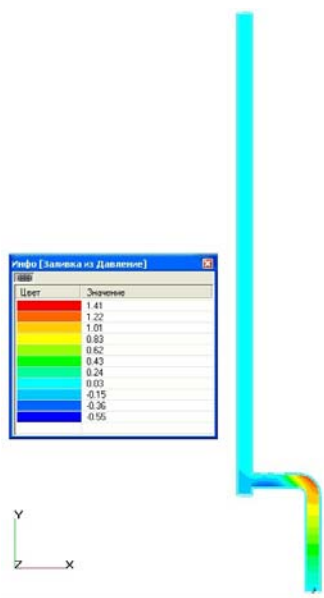


Рисунок 2 – Поле статического давления в системе дымоудаления

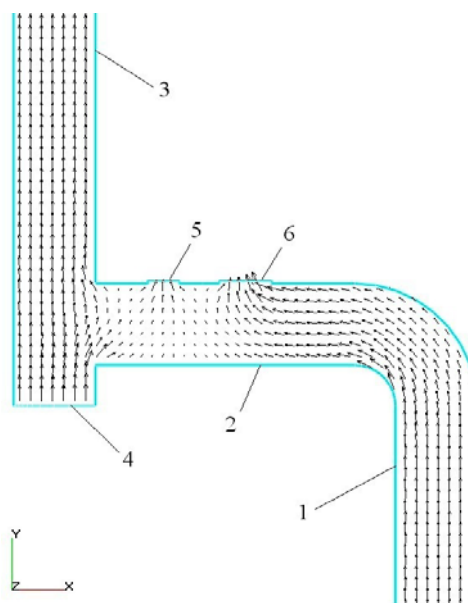


Рисунок 3 – Поле скорости в системе дымоудаления: 1 – газоход от АОГВ-11,6-3; 2 – горизонтальный участок газохода; 3 – дымовая труба; 4 – «стакан» для сбора конденсата; 5 и 6 – дефекты (отверстия в газоходе)

Кроме того, было рассчитано время достижения смертельно опасной концентрации в отапливаемых помещениях жилого дома при климатических параметрах в день происшествия. Пусть индекс «1» будет обозначать параметры, относящиеся к сараю, а индекс «2» – к отапливаемым помещениям. Тогда, изменение концентрации угарного газа будет описываться следующими уравнениями:

$$V_1 \frac{dC_1}{d\tau} = M_{CO} - C_1(L_{12} + L_{ВЫЛ}); \quad (1)$$

$$V_2 \frac{dC_2}{d\tau} = C_1 L_{12}, \quad (2)$$

где τ – время, с; C_1 и C_2 – объемные концентрации в пристрое и отапливаемых помещениях, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_1 и V_2 – объемы этих помещений, м^3 ; M_{CO} – расход выделяющегося из газохода угарного газа, $\text{м}^3/\text{с}$; L_{12} – расход газовойоздушной смеси, движущейся из помещения «1» в помещение «2», $\text{м}^3/\text{с}$; $L_{ВЫЛ}$ – расход газовойоздушной смеси через неплотности в ограждающих конструкциях пристроя, $\text{м}^3/\text{с}$.

Переток газовойоздушной смеси через окно может быть оценен следующим образом. При известных значениях высоты трубы $H = 6$ м, плотности наружного воздуха при температуре -20°C $\rho_i = 1,395$ $\text{кг}/\text{м}^3$ и плотности внутреннего воздуха (помещения кухни) при температуре 16°C $\rho_b = 1,226$ $\text{кг}/\text{м}^3$ вначале определяется располагаемый перепад давления

$$\Delta p_p = gH(\rho_i - \rho_b), \text{ Па.}$$

Средняя скорость движения воздуха по вентиляционному каналу

$$W = \sqrt{\frac{2(\Delta p_p - \Delta p)}{\bar{\rho}}},$$

где $\bar{\rho} = 0,5(\rho_H + \rho_B)$, кг/м³ – средняя плотность воздуха; $\Delta p = \left(\lambda \frac{H}{d} + \zeta_{BX.} + \zeta_{PII} \right) \frac{\bar{\rho} W^2}{2}$ – аэродинамическое сопротивление канала; $d = 0,15$ м – диаметр канала; λ – коэффициент гидравлического трения, который в первом приближении можно назначить равным 0,03; $\zeta_{BX.} = 0,8$ – коэффициент местного сопротивления входа воздуха в трубу; $\zeta_{PII} = 1,45$ – коэффициент местного сопротивления резкого поворота на 90°.

После несложных алгебраических преобразований можно получить значение скорости в первом приближении

$$W = \sqrt{\frac{2\Delta p_p}{\bar{\rho} \left(1 + \lambda \frac{H}{d} + \zeta_{BX.} + \zeta_{PII} \right)}}, \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса при среднем значении коэффициента кинематической вязкости воздуха $\bar{\nu}$

$$Re = \frac{Wd}{\bar{\nu}}.$$

Далее определялся коэффициент гидравлического сопротивления и вычисляется относительная погрешность:

$$\delta = \frac{|\lambda - \lambda'|}{\lambda'}.$$

Расчет проведен по итерационному алгоритму до достижения сходимости результатов. Были определены расходы воздуха, отводимого по вытяжному вентиляционному каналу и приток на горение. Выделение вредного вещества в единицу времени M_{CO} устанавливалось по результатам проведенных замеров. Уравнения (1) и (2) с учетом начальных условий $C_1|_{\tau=0} = C_2|_{\tau=0} = 0$ решались численно методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

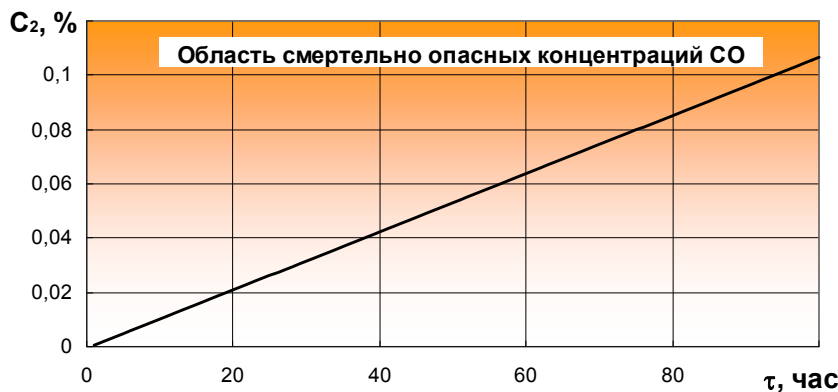


Рисунок 4 – Изменение концентрации угарного газа в жилых помещениях дома

Согласно полученным результатам, смертельно опасная концентрация угарного газа в воздухе жилых помещений ($C_2 = 0,1$ %) будет достигнута через 94 часа непрерывной работы АОГВ-11,6-3.

Выводы

1. Образование угарного газа в отопительном агрегате возникло вследствие нарушения целостности основной газовой горелки и, как следствие, к нерасчетному режиму ее работы.

2. Результаты численного моделирования показали, что продукты сгорания с высокой концентрацией угарного газа выходили через отверстия газохода, возникшие в процессе эксплуатации.

3. В помещение кухни угарный газ попадал через открытую форточку, расположенную вблизи участка газохода с дефектом.

4. Расчетное время достижения смертельно опасной концентрации угарного газа в помещении при сложившихся климатических и конструктивных условиях составило 94 часа.

УДК 621.316.7:338.012

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД МОДУЛЯ СЕТЕВОГО ЛИТИЙ-ИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ротару Л.Г., Бельский А.А.

Санкт-Петербургский горный университет

Актуальность. Передача электроэнергии от генератора к потребителям в электроэнергетической системе (ЭЭС) происходит непрерывно, без возможности её накопления в значительных (соизмеримых с выработкой) количествах. Кроме того, потребление электроэнергии в течение суток происходит неравномерно (в соответствии с суточными графиками нагрузки), поэтому возникает необходимость постоянно регулировать выдачу электроэнергии в сеть, поддерживая в любой момент времени баланс между вырабатываемой и потребляемой активной мощностью. От соблюдения баланса зависит частота электрического тока. Обычно баланс мощности в системе поддерживается путём изменения выдачи мощности в сеть генераторами электростанций. Такой режим управления ЭЭС не только заметно увеличивает скорость износа генерирующего оборудования, но и приводит к дополнительному расходу топлива. Кроме того, не всегда существует технологическая возможность быстрого пуска/остановки генерирующего объекта. К тому же при аварийных ситуациях, когда резервов мощности на электростанциях недостаточно, для восстановления допустимого уровня частоты применяют ограничения нагрузки потребителей. Это в свою очередь может привести к значительному ущербу, связанному с перерывом энергоснабжения потребителей.

В качестве технического решения проблемы управления ЭЭС может быть использован модульный сетевой накопитель энергии МВт-ного класса на базе литий-ионных аккумуляторных батарей отечественного производства. Такой накопитель может участвовать в покрытии пиковых и полупиковых участков суточных графиков нагрузки энергосистемы. Это позволит оптимизировать режимы ЭЭС, снизить расход топлива, значительно повысив энергоэффективность процессов производства и передачи электроэнергии и, в конечном счете, повысить экономическую эффективность управления энергосистемой.



Рисунок 1 – Модуль сетевого накопителя в разрезе

Аккумуляторные элементы (литий-ионные батареи) размещаются на полках в батарейных шкафах (рис. 1). Батарейные шкафы располагаются вдоль контейнера с каждой стороны с проходом посередине шириной не менее 800 мм в свету, согласно требованиям ПУЭ [1]. В качестве форм-фактора модульной конструкции накопителя может быть использован ISO-контейнер с размером 1 TEU (20 ft). Сетевой накопитель состоит из нескольких модулей.

Для нормальной работы системы необходимо обеспечить собственные нужды модуля накопителя, а именно: систему отопления, вентиляции и кондиционирования (HVAC); систему освещения; систему пожаротушения; систему подзарядки батарейных шкафов и систему управления модулем накопителя.

Данный вопрос является малоизученным. В настоящее время в России отсутствует серийный выпуск сетевых накопителей электроэнергии. Разработкой и выпуском штучных экземпляров занимаются компании, которые производят литий-ионные батареи: ООО «Литотех», ООО «НПО ССК», ОАО «Аккумуляторная компания «Ригель», ОАО «НИАИ «Источник», АО «Энергия», ЗАО «Опытный завод НИИХИТ». Однако производственные возможности большинства компаний ограничены, только ООО «Литотех» обладает достаточной производственной мощностью для создания модульного сетевого накопителя электроэнергии.

Цель и задачи работы. Необходимо определить и провести оценку собственных нужд для одного модуля (типоразмер: ISO-контейнер 1 TEU) литий-ионного сетевого накопителя электроэнергии.

Рассмотреть мировые аналоги сетевых накопителей электрической энергии, обратив внимание на устройства поддержания заданных климатических параметров. Рассчитать мощность, необходимую для компенсации тока саморазряда. Выбрать тип системы пожаротушения в соответствии с классом помещения и рассчитать количество модулей пожаротушения исходя из площади пространства. Выбрать тип и количество светильников, необходимых для поддержания нормированной освещенности рабочей поверхности помещения, руководствуясь сводом правил «Естественное и искусственное освещение».

Результаты. По данным компании TesvoltRus, производящей накопители электроэнергии наружного и внутреннего исполнения, для накопителя TesvoltRus TLC 1000 потребляемая мощность системы HVAC составляет до 2,75 кВт [2]. Установленная мощность системы охлаждения/обогрева составляет до 7,0 кВт. Отсюда получаем, что коэффициент спроса для системы HVAC:

$$k_c = 2,75 / 7,0 = 0,4$$

Накопитель TesvoltRus TLC 1000 состоит из двух контейнеров с габаритами $2 \times (6000 \times 2450 \times 2900)$. Размер одного контейнера идентичен габаритам ISO-контейнера с размером 1 TEU (20 ft). Тогда установленная мощность системы HVAC будет в два раза меньше и принимается равной 3,5 кВт.

Для системы пожаротушения принимаем к установке модуль порошкового пожаротушения «Буран-2,5взр» во взрывозащищенном исполнении, предназначенный для локализации и тушения пожаров класса А, В, С, а также пожаров, возникающих в электрооборудовании, находящемся под напряжением [3]. Пусковой ток устройства равен 0,4 А, тогда при напряжении до 400 В установленная мощность устройства $P_{уст}=160$ Вт. Огнетушащая способность модуля до 7 м². Модуль пожаротушения должен быть зарезервирован на случай несрабатывания. Таким образом, для проектируемого модуля накопителя площадью $S=13,7$ м² потребуется 4 модуля пожаротушения.

Согласно электрическим характеристикам литий-ионных батарей производства ООО «Литотех» саморазряд полностью заряженного аккумулятора при хранении (+25°C) составляет в месяц <3% [4]. Однако проектируемый накопитель планируется использовать в температурном диапазоне от -30°C до +40°C, с учетом этого примем величину саморазряда равной 5%. В среднем, для модуля сетевого накопителя запасаемое количество энергии (ём-

кость) составляет от 1000 до 1200 кВт·ч. Определим максимальную мощность, требуемую для системы подзарядки батарейных шкафов:

$$P_{\text{подзаряда}} = 1200 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 12 \text{ мес.} \cdot 0,05 / (365 \text{ дн.} \cdot 24 \text{ ч.}) = 0,08 \text{ кВт}$$

Для решения поставленной задачи была рассмотрена система хранения энергии от компании LG (ESS LG), размещаемая в ISO-контейнере с размером 2 TEU (40 ft) и работающая в диапазоне температур от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Установленная мощность системы управления таким модулем равняется 1,40 кВт. Отметим, что система управления модулем накопителя не зависит от типоразмера контейнера, поэтому для проектируемого в ISO-контейнере с размером 1 TEU (20 ft) накопителя примем установленную мощность системы управления модулем равной 1,40 кВт.

Коэффициент спроса для освещения принимаем равным 1. Нормированная освещенность рабочей поверхности электрощитовой составляет 50 лк [5]. Для освещения приняты 10 светодиодных ламп по 10 Вт каждая.

Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Собственные нужды модуля накопителя в ISO-контейнере: 1 TEU (20 ft)

Вид потребителя	Коеф. спроса	Установленная мощность [кВт]	Потребляемая мощность [кВт]
Система HVAC	0,4	3,5	1,40
Система управления модулем	1	1,40	1,40
Освещение	1	0,1	0,1
Система пожаротушения	1	0,64	0,64
Система подзарядки батарейных шкафов (компенсации саморазряда)	1	0,08	0,08
ИТОГО	0,65	5,72	3,72

Выводы. Результатом работы стало определение мощности собственных нужд модуля накопителя, расположенного в ISO-контейнере с размером 1 TEU (20 ft). Обычно сетевые накопители проектируются исходя из условия 4-х часовой работы в режиме полной загрузки, поэтому ёмкость модуля накопителя и его мощность соотносятся как 1/4. Для рассматриваемого модуля ёмкость составляет 1200 кВт·ч, следовательно, номинальную мощность можно оценить в 300 кВт. Тогда на долю собственных нужд будет приходиться 1,2% от номинальной (паспортной) мощности модуля накопителя.

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – СПб.: УВСИЗ, 2005.
2. Сайт компании TesvoltRus. Накопители энергии наружного исполнения. URL: <http://tesvolt.ru/products/TESVOLT-RUS-OUT.pdf>. – Дата посещения: 22.05.2018.
3. Сайт производителя противопожарного оборудования ассоциации «ЭПОТОС». Вариант модуля порошкового пожаротушения «Буран-2,5взр». – Дата посещения: 21.05.2018. URL: <http://www.epotos.ru/produkcija/poroshkovoe-pozharotushenie/buran-2-5vzr/>
4. Сайт компании «Лиотех». Литий-ионные аккумуляторы: технические характеристики и цены. URL: <http://www.liotech.ru/newsection7159>. – Дата посещения: 22.05.2018.
5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение – М., 2016.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЗАКОНОВ ВЗАИМОСВЯЗАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОМ ДВИЖЕНИЕМ ВЫСОКОМАНЕВРЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Сидорович О.В., Лопухов А.В.

Военная академия Республики Беларусь

Современный этап развития и совершенствования наземных и воздушных средств военно-воздушных сил и противовоздушной обороны происходит на фоне непрерывного усиления роли авиации и средств воздушно-космического нападения, что характерно для современных войн и конфликтов.

Повышение эффективности боевого применения существующих летательных аппаратов военно-воздушных сил и противовоздушной обороны, особенно в современных сложных условиях ведения боевых действий является одной из самых актуальных задач. Для того чтобы повысить динамические характеристики высокоманевренного летательного аппарата (ЛА). В этой связи представляется весьма перспективным для развития современной теории управления осуществить перенос свойств синергетических систем на конструируемые системы управления нелинейными объектами [1].

Центральной проблемой теории управления современной науки и техники, основанных на ней прикладных методов является проблема нелинейного системного синтеза. Сложность данной проблемы состоит в аналитическом конструировании общих объективных законов управления нелинейными многомерными и многосвязными динамическими объектами, например, такими как ЛА.

Поэтому весьма перспективным является идея развития свойств синергетических систем на конструируемые системы управления нелинейными объектами, а в частности ЛА.

На данный момент теория управления использует методы централизованного внешнего воздействия (силового) на различные «твердые тела», однако, наступило время пересмотра силовых подходов, и ставится задача об использовании приемов теории синергетического управления. Отсюда вытекает насущная потребность поиска путей целевого воздействия на процессы самоорганизации в нелинейных динамических системах, которые могли бы породить в фазовом пространстве синтезируемых систем диссипативные структуры, адекватные физической или механической сущности данных систем. Поэтому возникает проблема поиска данных процессов управления, которая требует максимальный учет всех естественных свойств объекта соответствующей природы. Использование принципов и подходов синергетической теории управления пространственным движением в общей нелинейной постановке приведет к появлению принципиально нового поколения систем управления ЛА.

Стабилизация ЛА в полете представляет собой процесс сохранения ориентации объекта в пространстве, которая задается при старте, и предотвращает ее угловые перемещения, не предусмотренные определенным методом.

Возрастающие требования к качеству динамических характеристик системы стабилизации ракеты приводят к необходимости использования специальных устройств, обеспечивающих заданные динамические свойства системы управления во всем диапазоне их применения. Такие устройства могут быть основаны на принципах систем с переменной структурой.

Теория синергетического управления основана на использовании различных методов конструирования. В данном конкретном случае мы будем использовать метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР). Для того чтобы решить эту задачу необходимо использовать синтез законов управления полетом. Синтез будет основываться на нелинейной математической модели объекта, на основе которого наиболее точно можно отразить динамику системы с физической точки зрения [2].

Есть два фундаментальных свойства синергетической теории управления:

– обязательный обмен с внешней средой энергией, веществом и информацией;

– непереносное взаимодействие, т.е. когерентность поведения между компонентами системы [3].

Использование метода АКАР позволяет получить процедуру синтеза законов управления ЛА.

Список использованных источников

1. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными процессами: механические и электромеханические системы / А.А. Красовский. – М.: КомКнига, 2006. – 85 – 171с.
2. Колесников А.А. Синергетическое управление процессами пространственного движения летательных аппаратов / А.А. Колесников. – М.: КомКнига, 2006. – 38 – 45с.
3. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом / В.Н. Буков. – М: Наука, 1987. – 121с.

УДК 66.023:532.5.001.57

ЗОННО-ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ МАССООБМЕНА В ХАОТИЧНОМ НАСАДОЧНОМ СЛОЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛОНН

Фарахов Т.М.* , Лаптев А.Г.**

* Инженерно-внедренческий центр "Инжесхим"

** Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Для решения задач диагностики эффективности работы промышленных насадочных колонн, а также проектирования новых конструкций представлена математическая модель, состоящая из ряда параллельных зон с различной структурой потоков газа и жидкости. В каждой зоне математическое описание имеет вид однопараметрических диффузионных моделей, записанных для жидкой и газовой фаз, где взаимодействие (массопередача) учитывается в виде объемных источников переноса (массы компонента). Учет неравномерностей по профилям скоростей газа и жидкостей выполняется параметрически за счет различных значений коэффициентов гидравлического сопротивления, а массообменные характеристики учитываются с помощью объемных коэффициентов массопередачи в зонах и движущей силы (разности концентраций).

Ключевые слова: массообмен, масштабный эффект, диффузионная модель, структура потока, насадки.

Введение. В промышленных аппаратах больших масштабов часто наблюдаются неравномерности распределения фаз, что вызывает снижение эффективности процессов тепло- и массообмена и повышенные энергозатраты [1, 2]. Для практических расчетов тепло- и массообменных аппаратов широкое использование находят различные модели структуры потоков. Наибольшее применение получили диффузионная и ячеечная модели, между которыми существует эквивалентная связь. При использовании моделей структуры потоков необходимы экспериментальные исследования коэффициентов перемешивания для каждой конструкции аппарата в заданном интервале режима работы.

В промышленных аппаратах не все процессы можно описать с применением одномерных рассмотренных моделей. Это связано с продольными и поперечными (радиальными) неравномерностями распределения фаз, даже при первоначальной равномерной подачей газа и жидкости на входе в слой. В таких случаях возможно применение двухмерных моделей структуры потока, записанных для каждой фазы. Однако в такой постановке остаются неизвестными коэффициенты перемешивания в радиальном направлении для новых насадок. Следует отметить, что и для многих известных и длительное время применяемых конструкций насадок, значения коэффициентов перемешивания в поперечном (радиальном) направлении отсутствуют.

Зонная модель. Рассмотрим применение зонной структуры насадочного слоя с продольным выделением зон, каждая из которых имеет описанное диффузионными моделями.

Условное деление рабочей области аппарата на зоны с различной структурой потока было предложено Кафаровым В.В., Шестопаловым В.В. и др. и получено название комбинированных моделей структуры потоков. В рассматриваемой выше постановке примем модель

с параллельными диффузионными зонами по высоте насадочного слоя (рис.1). Каждая зона будет иметь одинаковое математическое описание по газовой фазе в виде диффузионной модели, но с различными скоростями, коэффициентами перемешивания и источниками массы. Аналогично по жидкой фазе.

Однопараметрическая диффузионная модель для газовой фазы при имеет вид

$$W_{\Gamma} \frac{dC_{\Gamma}}{dz} = D_{\text{пр}} \frac{d^2 C_{\Gamma}}{dz^2} \pm R_c \quad (1)$$

где $D_{\text{пр}}$ – коэффициент обратного перемешивания в газовой фазе, $\text{м}^2/\text{с}$; W_{Γ} – средняя скорость газа, $\text{м}/\text{с}$; C_{Γ} – концентрация компонента в газе, $\text{кг}/\text{м}^3$; z – продольная координата, м ; $\pm$ – сток или приток компонента.

В правой части уравнения (1) источник межфазного переноса $R_c = j dF / dV$, где j – поток массы компонента, $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{с})$; dF – площадь элемента межфазной поверхности, м^2 ; dV – элементарный объем, м^3 . Поток массы можно записать, используя уравнения массоотдачи, тогда имеем

$$j = \beta_{\Gamma} (C_{\infty, \Gamma} - C_{\Gamma, \Gamma}) = \beta_{\text{ж}} (C_{\Gamma, \text{ж}} - C_{\infty, \text{ж}}), \quad (2)$$

где β_{Γ} , $\beta_{\text{ж}}$ – коэффициенты массоотдачи в газовой и жидкой фазах, $\text{м}/\text{с}$; индексы: ∞ – в ядре потока; Γ – на границе раздела фаз.

С применением уравнений массопередачи

$$j = \kappa_{\text{ог}} (C_{\infty, \Gamma} - C_{\Gamma}^*) = \kappa_{\text{ож}} (C_{\text{ж}}^* - C_{\infty, \text{ж}}), \quad (3)$$

где $\kappa_{\text{ог}}$, $\kappa_{\text{ож}}$ – коэффициенты массопередачи, $\text{м}/\text{с}$; индекс «*» – равновесная концентрация.

При равномерном распределении хаотичной насадки имеем $dF / dV = a_v \psi_w$, где a_v – удельная поверхность насадки, $\text{м}^2/\text{м}^3$; ψ_w – коэффициент смачиваемости поверхности.

К уравнению (1) записываются граничные условия Данквертса.

Аналогичное уравнение массопереноса записывается и для жидкой фазы

$$u_{\text{ж}} \frac{dC_{\text{ж}}}{dz} = D_{\text{пж}} \frac{d^2 C_{\text{ж}}}{dz^2} \mp R_c, \quad (4)$$

где $u_{\text{ж}}$ – средняя скорость жидкости, $\text{м}/\text{с}$; $C_{\text{ж}}$ – концентрация компонента в жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; $D_{\text{пж}}$ – коэффициент обратного перемешивания в жидкой фазе, $\text{м}^2/\text{с}$.

Если массообмен сопряжен с теплообменом, то аналогичные выражения записываются и для расчетов профилей температур.

Для определения коэффициента перемешивания по газовой фазе в каждой зоне, можно использовать выражения с соответствующими числами Рейнольдса и коэффициентами гидравлического сопротивления в зоне [3], а в жидкой фазе – по формулам, приведенными в работах [4].

Коэффициенты массоотдачи в газовой и жидкой фазах в каждой зоне можно вычислить с применением выражений, полученных в работе [5].

Далее в качестве примера показано влияние профиля скорости газа $W_{\Gamma}(r)$ в поперечном сечении колонны на профили концентраций компонентов и на эффективность разделения смеси. Согласно известным исследованиям многочисленных авторов (Кафарова В.В., Розена А.М., Дильмана В.В., Аэрова М.Э., Павленко А.Н., Пушнова А.С., Porter К.Е., Furzer I.F. и др.) распределение газа и жидкости по сечению и высоте насадочной колонны имеет сложный характер и зависит от многих факторов [1, 2]. Профили скорости газа (без орошения), полученные разными авторами в хаотичном слое (в основном цилиндры, таблетки и шары) представлены в работе [2]. Так, при $D_{\text{к}}/d \approx 16$ ширина области повышенных скоростей состав-

ляет от $(0,4 \div 1,0) r/R$. (D_k – диаметр колонны, м; d – диаметр элемента насадки, м; r – радиальная координата, м; R – радиус колонны, м) Причём, данные различных авторов часто противоречивы: некоторые отмечают повышенную скорость у стенки колонны, а другие в центре. При увеличении D_k/d от 40 до 100 происходит некоторое уменьшение отношения максимальной и минимальной скоростей газового потока [2]. В орошаемом насадочном слое гидродинамическая обстановка более сложная, чем в сухом. Жидкость по мере своего движения постепенно перераспределяется к стенкам колонны, где порозность несколько меньше, чем в центре. Газовый поток, встречая дополнительное сопротивление на своём пути у стенки, перераспределяется к центру колонны. Пристенная область в колонне диаметром $D_k=1$ м составляет около 30% [1]. Точно описать такие явления не представляется возможным, т.к. это связано с большим разнообразием конструкций хаотичных насадок, режимов работы и физическими свойствами смесей. Приближенная связь профиля скорости газа и гидравлического сопротивления отдельных областей насадки получена Берманом для градиен и рекомендуется и для других аппаратов с газо(паро)жидкостными средами. Это соотношение имеет вид:

$$\frac{W_{гк}}{W_{гк+1}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{к+1}}{\Delta P_k}}, \quad (5)$$

где k – номер зоны; ΔP_k – перепад давления орошаемого слоя в k зоне, Па.

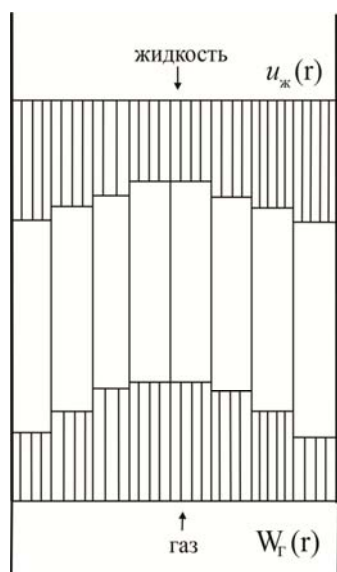


Рисунок 1 – Зонная модель насадочного слоя

Далее рассмотрены следующие неравномерности распределения фаз.

1. Неравномерность по газовой фазе и равномерное распределение жидкой фазы.

В таком случае неравномерность газа оказывает незначительное влияние на эффективность массопередачи для всей колонны. Например, при абсорбции аммиака из воздуха водой в результате неравномерного профиля скорости газа (у стенки скорость в три раза меньше, чем в центре) наблюдается снижение эффективности извлечения компонента на 4-5%, по сравнению с равномерным профилем скорости. Следовательно, в рассмотренном частном случае вместо зонной модели можно использовать одномерные диффузионные модели с осреднёнными характеристиками всего слоя, т.е. традиционный метод расчёта.

2. Неравномерность по газовой и жидкой фазам.

Такие неравномерности необходимо учитывать в расчётах насадочных массообменных колонн, т.к. снижение эффективности массопередачи может составлять 25-35% и более по сравнению с равномерным распределением.

На рис. 2 показано влияние неравномерности скорости газа на эффективность извлечения аммиака из воздуха водой; W_m – скорость газа в центре колонны с насадкой из колец Рашига диаметром 50мм; W_0 – средняя скорость газа, м/с. Скорость жидкости у стенки колонны в 1,6 раз выше, чем средняя по колонне. Средняя плотность орошения $30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ час})$; средняя скорость воздуха $W_0=1 \text{ м/с}$.

Полученные результаты расчётов по зависимости эффективности насадочных колонн с учётом неравномерности потоков согласуются с анализом работы колонн при масштабном переходе [1].

В результате можно сделать вывод о том, что расчеты по представленной зонной математической модели удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными различных авторов и полученные уравнения рекомендуется к использованию при расчетах массообменных колонн с новыми насадками, когда есть результаты по гидравлическим характеристикам – коэффициенту сопротивления, задержке жидкости и коэффициенту смачиваемости поверхности насадки.

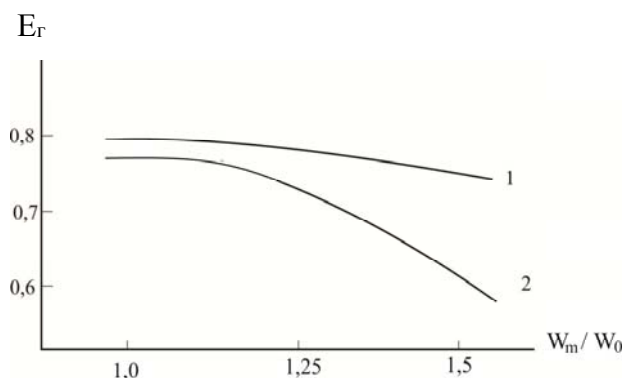


Рисунок 2 – Влияние неравномерности газового потока на эффективность массопередачи при абсорбции аммиака водой в колонне с кольцами Рашига 50 мм; 1 – равномерное распределение жидкой фазы; 2 – скорость жидкости в пристенной зоне в 1,6 раза выше средней по колонне; $W_0=1$ м/с; $q=30$ м³/(м²час)

расчеты и показано влияние неравномерности разделения фаз на эффективность массопередачи при пленочном режиме работы колонны с хаотичными насадками. На основе данного подхода также можно производить расчеты аппаратов с различными насадками при охлаждении газов водой или мокрой очистки газов от пыли и других загрязнений.

Список использованных источников

1. Розен А.М., Мартюшин Е.И., Олевский В.М. и др. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования; под ред. А.М. Розена. – М.: Химия., 1980. – 320 с.
2. Пушнов А.С., Балтернас П., Каган А., Загорскис А. Аэродинамика воздухоочистных устройств с зернистым слоем. – Вильнюс: Техника., 2010. – 348 с.
3. Лаптев А.Г., Фарахов Т.М., Дударовская О.Г. Модели турбулентной вязкости и перемешивания в каналах и насадочных проточных смесителях // Журнал приклад. химии. – 2013. – Т.86. – № 7. – С. 1112-1121.
4. Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия., 1976. – 656 с.
5. Laptev A.G., Lapteva E.A., Farakhov T.M. Models of transport phenomena in random packed and granular beds // Theoretocal Foundations of chemical Engineering. – 2015. – V. 49. – №4. – P. 388-395.

УДК 536.24:621.1.016.4

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ОБТЕКАЕМЫХ ТЕЛ

Фарахов Т.М. *, Лаптев А.Г. **

*ИВЦ «Инжехим»

** Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Рассмотрена двухслойная модель турбулентного пограничного слоя Прандтля и применение полученного на ее основе выражения для коэффициента теплоотдачи, расчеты по которому хорошо согласуются с экспериментальными данными по средним значениям коэффициентов для различных тел. Показано определение параметров данного выражения для случая расчета локальных коэффициентов теплоотдачи на начальных участках каналов. Основными параметрами являются динамическая скорость, безразмерная толщина пограничного слоя и безразмерная толщина вязкого подслоя. Даны результаты расчетов.

Ключевые слова: локальная теплоотдача, пограничный слой, турбулентность, входной участок.

Работа выполнена в рамках научного проекта РНФ 18-79-10136 «Теоретические методы моделирования и разработки эффективных импортозамещающих аппаратов очистки и глубокой переработки углеводородного сырья на предприятиях топливно-энергетического комплекса».

Целью данной работы является показать примеры расчетов локальных коэффициентов теплоотдачи на пластине и в трубе на основе применения модели пограничного слоя Прандтля.

Двухслойная модель турбулентного пограничного слоя Прандтля является наиболее простой в математическом описании, однако дает результаты по расчетам коэффициентов переноса, незначительно отличающихся от более сложных моделей (Кармана, Дайслера, Левича, Ханраты, Овена, Ван-Дрифта и др.).

На основе применения модели Прандтля получено выражения коэффициента теплоотдачи [1, 2]

$$\alpha = \frac{\rho c_p u_*}{\text{Pr}^m \left[R_1 + \frac{1}{\chi} \ln(R_\delta / R_1) \right]}, \quad (1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²К; Pr – число Прандтля; u_* – динамическая скорость, м/с; R_1 – безразмерная толщина вязкого подслоя (на пластине при стабилизированном течении $R_1=11,6$); $R_\delta = u_* \delta / \nu$ – безразмерная толщина пограничного слоя; δ – толщина пограничного слоя, м; ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с; $\chi = 0,4$ – константа турбулентности; ρ – плотность среды, кг/м³; c_p – удельная теплоемкость среды, Дж/кг К.

Выражение (1) дает удовлетворительные результаты расчетов средних коэффициентов теплоотдачи при различных условиях движения потоков в каналах [1, 2].

Ниже рассмотрено применение выражения (1) для расчетов локальных коэффициентов теплоотдачи.

Локальная теплоотдача от пластины. Первоначально рассмотрен пример обтекания пластины потоком при турбулентном стационарном режиме. Для этого необходимо определить основные параметры выражения (1) в зависимости от расстояния набегающего потока в продольном направлении пластины. Тогда запишем для пластины ($m=0,57$)

$$\alpha_x = \frac{\rho c_p u_{*x}}{\text{Pr}^{0,57} \left[R_{1x} + \frac{1}{\chi} \ln(R_{\delta x} / R_{1x}) \right]}. \quad (2)$$

Динамическую скорость выразим с применением локального коэффициента трения C_{fx} пластины

$$u_{*x} = u_\infty \sqrt{C_{fx} / 2}, \quad (3)$$

где u_∞ – скорость внешнего потока, м/с.

Для пластины при $\text{Re}_x = u_\infty x / \nu$ от 10^5 до 10^6 $C_{fx} = 0,058 / \text{Re}_x^{0,2}$; где Re_x – число Рейнольдса; x – продольная координата, м.

Локальное значение толщины турбулентного пограничного слоя на пластине, как известно имеет вид

$$\delta = \frac{0,37x}{\text{Re}_x^{0,2}}. \quad (4)$$

Тогда значение $R_{\delta x}$ из (3) и (4) запишется в форме

$$R_{\delta x} = 0,37 \text{Re}_x^{0,8} \sqrt{C_{fx} / 2}. \quad (5)$$

Безмерную толщину вязкого подслоя R_{1x} , как функцию координаты, найден из степенного профиля скорости на пластине в турбулентной области и линейного профиля в вязком подслое.

На границе вязкого подслоя эти функции имеют одинаковое значение, тогда

$$R_1 = \frac{u_* \delta_1}{\nu} = C(n) \left(\frac{u_* \delta_1}{\nu} \right)^{1/n}. \quad (6)$$

где значение $C(n)$ определено из степенного профиля скорости при $y = \delta$ и $u = u_\infty$

$$\frac{u_\infty}{u_*} = C(n) R_\delta^{-1/n}. \quad (7)$$

Или имеем

$$C(n) = \frac{u_\infty}{u_*} R_\delta^{-1/n}. \quad (8)$$

В результате из (6) и (8) получим при $n=7$ локальное значение, где u_{*x} по формуле (2), тогда имеем

$$R_{1x} = \left(\frac{2}{C_{fx}} \right)^{7/12} R_{\delta x}^{-1/6}. \quad (9)$$

Расчеты показывают, что значение (9) не зависит от длины начального участка и близко к значению $R_1 = 11,6$ в теории пограничного слоя.

Локальный коэффициент теплоотдачи на пластине вычисляется по известному критериальному выражению [3]

$$Nu_x = 0,03 Re_x^{0,8} Pr^{0,43}, \quad (10)$$

где $Nu_x = \alpha_x x / \lambda$ – локальное число Нуссельта; λ – коэффициент теплопроводности среды, Вт/м К.

Выражение (2) запишем в безразмерной форме с u_{*x} (3)

$$Nu_x = \frac{Re_x \sqrt{C_{fx} / 2} Pr^{0,43}}{11,6 + 2,5 \ln(R_{\delta x} / 11,6)}. \quad (11)$$

Из расчетов по выражениям (10) и (11), при $Re_x = 2 \cdot 10^5$, имеем по выражению (10) $Nu_x = 513,6$, по (11) $Nu_x = 502,5$ (при $Pr = 1$).

Расхождение около 3%. При $Re_x = 10^6$, соответственно получаем $Nu_x = 1861$ и $Nu_x = 1882$, расхождение около 2%.

Таким образом доказана адекватность выражения Nu_x (11) с параметрами (5) и $R_1 = 11,6$ при моделировании локальной теплоотдачи на пластине при турбулентном движении потока.

Теплоотдача на начальном участке трубы. При турбулентном движении однофазного потока в трубе длина участка гидродинамической стабилизации составляет $l_{ct} < 50d$, где d – диаметр трубы [3, 4]. На входном участке скорость пока на оси канала изменяется от среднего значения u_{cp} на входе до значения u_{max} за участком гидродинамической стабилизации. Учитывая, что толщина турбулентного пограничного слоя (4) зависит от продольной координаты в степени $\delta \sim x^{4/5}$ приближенно скорость потока на оси найдем из выражения

$$u_{\max(x)} = u_{cp} + u_{m(x)} (x/l_{ct})^{4/5}, \quad (x \leq l_{ct}), \quad (12)$$

где при $x=0$ имеем $u_{\max} = u_{cp}$ (вход в трубу); при $x = l_{ct}$, $u_{\max} = u_{cp} + u_m$, где $u_m = 4u_*$; при $0 < x < l_{ct}$, $u_m = 4u_{*(x)}$ – скорость на оси, м/с.

В литературе отсутствует функция для коэффициента трения на начальном участке трубы, поэтому в первом приближении при $x < l_{ct}$ используем выражение для пластины C_{fx} и динамическую скорость по формуле (3).

Значение $R_{\delta x}$ вычислим по формуле (5), где в числе Рейнольдса будет скорость $u_{\infty} = u_{\max}(x)$ (12), аналогично при вычислении C_{fx} .

Длину участка гидродинамической стабилизации в круглой трубе можно приближенно оценить из выражения (4) при $\delta \approx R$ и $u_{\infty} \approx 1,15u_{cp}$. Получим

$$l_{ct} = \left(\frac{R}{0,37} \right)^{5/4} \left(\frac{1,15u_{cp}}{\nu} \right)^{1/4}, \quad (13)$$

где R – радиус трубы, м.

Расчет показывает, что отношение локального коэффициента теплоотдачи α_x (2) к среднему α при $x/d = 1,0$ равно $\alpha_x/\alpha = 1,35$ ($Re_d = 5 \cdot 10^4$). В монографиях [3, 4] приведено значение $\alpha_x/\alpha = 1,34$. Расчеты α_x/α удовлетворительно согласуются с известными поправками, учитывающими начальный участок в трубе при различных числах Рейнольдса.

Выводы. Рассмотрено применение выражения для коэффициента теплоотдачи, полученного ранее авторами по модели Прандтля, на случай локальной теплоотдачи на входных участках каналов. Определены локальные параметры пограничного слоя для пластины и трубы. Показано согласование результатов расчетов локальных коэффициентов теплоотдачи с известными результатами. Представленный подход является теоретической основой для моделирования локальной теплоотдачи для тел с различной геометрией обтекаемых поверхностей, при известном значении коэффициента трения.

Список использованных источников

1. Лаптев А.Г., Башаров М.М., Фарахов Т.М. Тепло- и массоотдача в возмущенных турбулентных пограничных слоях // Труды Академэнерго. 2016. – №1. – С. 53-71.
2. Лаптев А.Г., Башаров М.М. Математическая модель и расчет коэффициентов теплоотдачи в шероховатых каналах при турбулентном режиме // Инженерно-физический журнал. 2015. – Т.88. – №3. – С. 656-662.
3. Михеев М.А., Михеев И.М. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977. – 344 с.
4. Хрусталева Б.М. и [др.] Тепло и массообмен: учеб. пособие. Ч.1.; под ред. А.П. Несенчука. Минск: БНТУ, 2007. – 606 с.

СЕКЦИЯ 5

БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ

УДК 658

БУДУЩЕЕ БЕЛОРУССКОГО ГРУЗОПОТОКА: ПРИБАЛТИЙСКИЕ ИЛИ РОССИЙСКИЕ ПОРТЫ

Гулягина О.С.

Белорусский государственный экономический университет

Беларусь на современном этапе развития стремится использовать все имеющиеся у нее ресурсы для повышения своего благосостояния. Одним из стратегически важных ресурсов, который требует грамотного управления, является географическое расположение.

Республика Беларусь, находясь в центре Европы, занимает выгодное экономико-географическое положение. Ежегодно через страну проходит большое количество грузовых потоков: из России в Европу и из стран Балтийского побережья в страны Черноморского побережья. Так, только по железной дороге по итогам 2017г. было перевезено 146,3 млн. тонн грузов. Специализированными составами перевезено более 376 тыс. TEU (20-футовых контейнеров). Кроме того, через нашу страну проследовало более 3,2 тыс. контейнерных поездов [1]. Во многом, это связано с тем, что через белорусскую территорию пролегают два Трансъевропейских транспортных коридора: №IX (Пловдив – Бухарест – Кишинев – Любашевка – Киев – Витебск – Псков – Санкт-Петербург – Хельсинки) с ответвлением №IXB (Калининград – Клайпеда – Каунас – Вильнюс – Минск – Киев) и № II (Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород). Важным преимуществом Республики Беларусь является также ее близость к морским портам Балтийского моря в Литве и Латвии. В данном направлении из Беларуси, в том числе, идет экспортный поток страны.

Сложившаяся в последнее время политическая и экономическая ситуация в регионе способствует изменению уже налаженной логистической схемы движения грузопотоков.

Данная статья посвящена возможным изменениям, наметившимся в налаженной работе нашей страны с литовскими и латвийскими портами. Обратим своё внимание на движение белорусских экспортных грузов. Если их направление движения будет переориентировано, но со временем и транзитный поток через нашу страну получит новое направление.

Основной грузопоток Беларуси – это нефтепродукты, а также химические и минеральные удобрения. До недавнего времени белорусские грузы успешно направлялись в прибалтийские порты и там обрабатывались. Как Республикой Беларусь, так и Литвой, а также Латвией было предпринято не мало мероприятий, повышающих эффективность обслуживания белорусского грузопотока. Так, в 2013 году ОАО «Беларуськалий» купил 30% терминала «Бирю кровиню терминалас» в Клайпеде, а в 2017г. гендиректор (Иван Головатый) сообщил о стопроцентной перевалке грузопотока предприятия через данный терминал. Кроме того, в 2018г. компания Литовские железные дороги (ЛЖД) заключила долгосрочный контракт с ОАО «Беларуськалий». Заметим, что ЛЖД в 2017 году перевезли более 10 млн. тонн грузов белорусской госкомпании [2].

В феврале же 2018г. ЛЖД сообщили о подписании с ОАО «Гродно Азот» договора о сотрудничестве на 3 года. ЛЖД гарантировали предприятию фиксированные условия, поэтому ОАО «Гродно Азот» намерен на 15–20% ежегодно увеличивать экспорт через Клайпедский порт. Данное белорусское предприятие ежегодно экспортирует через Литву около 0,5 млн. тонн удобрений. В конце ноября 2017 года ЛЖД подписала контракт с Белорусской нефтяной компанией с обязывающими объемами перевозок нефтепродуктов.

В целом, литовский порт Клайпеда Беларусь выбирает для перевалки по большей части удобрений – из-за более выгодных тарифов. Следует отметить, что цепи поставок белорусских грузов через порт Клайпеда хорошо отлажены, работают не первый год.

Латвийские порты Беларусь использует впервые очередь для перевалки нефтепродуктов – там переваливается 64% темных нефтепродуктов и более 80% светлых нефтепродуктов.

Эксперты считают, что сегодня Латвия имеет все шансы договориться с белорусскими властями о стратегическом торгово-экономическом партнерстве, основой которого должен стать энергетический диалог. Поставки в Латвию электроэнергии со строящейся БелАЭС (против которой активно выступает Литва) могут направить и калийный транзит через латвийские порты. Уже не первый год Латвия пытается переманить белорусские грузы из литовского порта Клайпеда в собственные порты (Вентспилс, Лиепая, Рига).

В то же время, когда Литва и Латвия ведут активную борьбу за белорусский грузопоток, Россия так же ищет пути его привлечения в свои порты (Усть-Луга, Приморск, Высоцк, Выборг, Большой порт в Санкт-Петербурге). Политическая ситуация в Европе вынудила Россию развивать свою транспортную инфраструктуру на Балтике и увеличивать провозную способность железной дороги Ленинградской области, что позволило России претендовать на грузы, исторически переваливаемые через прибалтийские порты.

Москва поставила Минску условие о перевалке нефтепродуктов (переработанных из российской нефти) именно через российские порты в обход Прибалтики. При этом Российская железная дорога (РЖД) выделили скидку на перевозку белорусских нефтепродуктов в российские порты. Раньше РЖД давали 25% скидки, потом 50%, а сейчас речь идет о комплексном тарифе [3]. За счет того, что для белорусских нефтепродуктов предусмотрен льготный режим, их поставщикам выгодно везти груз именно через российские порты, а не через Прибалтику.

Так какой же путь перевалки белорусских грузов будет наиболее выгодным? С какими трудностями могут столкнуться белорусские грузовладельцы в прибалтийских и российских портах?

Как нам кажется, следует рассматривать вероятность переориентации белорусских грузопотоков с Прибалтики на Россию по видам грузов в отдельности.

Так, проведя исследование, мы пришли к выводу, что переориентация калийных удобрений на перевалку в российских портах на сегодняшний день маловероятна и экономически не выгодна для Республики Беларусь. Такой вывод можно сделать на основании следующих фактов:

- «плечо доставки» до российских портов гораздо дальше, чем до прибалтийских, что сказывается как на скорости, так и на стоимости доставки;
- пониженные тарифы РЖД предоставляет пока только на транспортировку нефтепродуктов, в то время как на перевозку калийных удобрений тариф изменен не был;
- наличие у белорусского производителя калийных удобрений ОАО «Беларускалий» аффилированного терминала в Прибалтике (в Литве в Клайпедском порту – ЗАО «Бирю кровиню терминалас» (БКТ)).

– недостаточность мощностей по перевалке калийных удобрений в российских портах. Специализированный терминал по перевалке калийных удобрений ОАО «Балтийский балкерный терминал» в Большом порту Санкт-Петербурга при мощности 7400 тыс. тонн переваливает 7930,4 тыс. тонн российского груза в год. Заметим также, что данный порт не является незамерзающим, что выступает негативным фактором при круглогодичной перевалке грузов. ООО «Туапсинский балкерный терминал» в порту Туапсе, который имеет выход в Черное море, имеет мощность всего 700 тыс. тонн и географически неудобен для Беларуси [4].

Перевалка же белорусских нефтепродуктов через порты России в обозримом будущем более вероятна. Этому способствуют следующие факты:

- пониженные тарифы РЖД на перевозку белорусских нефтепродуктов;
- наличие в российских портах мощностей для перевалки нефтепродуктов;
- настоятельная рекомендация российских властей переваливать через российские порты белорусские нефтепродукты, произведенные из российской нефти (что обосновывается тем, что Республика Беларусь покупает российскую нефть по ценам ниже рыночных).

Переориентация белорусского грузопотока на российские порты будет способствовать развитию логистической инфраструктуры в данном направлении и сможет рассматриваться

в качестве альтернативного направления движения транзитного грузопотока в том числе. Насколько реальны и жизнеспособны данные изменения направления движения грузопотоков из Республики Беларусь покажет только время.

Список использованных источников

1. Справочное издание FARWARDER 2018: справочник экспедитора и перевозчика / Ильина Е.А., Луцевич А.М. и др. – Минск: Издательский центр «БАМЭ-Экспедитор», 2018. – 145 с.
2. «Беларуськалий» связал терминал в Клайпеде с железной дорогой на долгие годы вперед // Новость 12.04.2018. URL: <https://news.tut.by/economics/588777.html> (дата обращения: 30.09.2018 г.).
3. «Большая часть белорусских нефтепродуктов уйдет из Прибалтики в течение пяти лет» // Новость 15.11.2017. URL: <http://pravdanews.info/bolshaya-chast-belorusskikh-nefteproduktov-uydet-iz-pribaltiki-v-techenie-pyati-let.html> (дата обращения: 29.09.2018 г.).
4. Транзит как стимул развития новых портовых проектов на российской Балтике // Исследования и проектирование инфраструктуры морского транспорта. Морстройтехнология. 03.09.2018 URL: <http://morproekt.ru/articles/blog/1008-transit-stimulus> (дата обращения: 01.10.2018 г.).

УДК 620.9: 327: 628.5

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

Камоцкая Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Страны имеют свои особенности при оценке уровня «энергетической безопасности» исходя из которых, вырабатывают национальные системы индикаторов, на базе которых проводят количественную оценку и анализ текущего и перспективного уровня энергетической безопасности страны [1, 2, 3].

В большинстве экономически развитых стран обычно пользуются не более 5-6 основными макроэкономическими показателями и производными индексами [4]. В России для оценки уровня энергетической безопасности используются от 10 до 122 показателей [5, 6, 7], в Молдове сформирована система из 27 основных показателей [8], а в Республике Беларусь в Концепции Энергетической безопасности Республики Беларусь используются 11 индикаторов [9].

Следует заметить, что индикативный анализ применяемый в нашей стране не показывает в полной мере сущность проблем и тем более мы не можем прогнозировать различные ситуации опираясь только на индикативную оценку. С целью оценки значений индикаторов в более ранних работах предлагалось аргументировать и обозначить некоторые пороговые значения, т.е.: предкризисное, как порог между приемлемым (нормальным) и предкризисным состоянием энергетики в аспекте, описываемом данным индикатором; кризисное, как порог между предкризисным и кризисным (чрезвычайным, неприемлемым) состояниями [10, с.36]. С нашей точки зрения, данная оценка в значительной степени формальна, так как не учитывает все стороны развития ТЭК, но отдельное рассмотрение ее составляющих дает возможность оценить наиболее опасные формирующиеся, либо развивающиеся тенденции в различных аспектах функционирования ТЭК.

В своих исследованиях российские ученые показывают, что необходима двухуровневая технология исследований. Верхний иерархический уровень двухуровневой технологии представляет система моделей для проведения исследований по оценке состояния ТЭК при возможных возмущениях и их влияния на условия топливо- и энергоснабжения потребителей с позиций обеспечения энергетической безопасности: модель оценки текущего состояния ТЭК в нормальных и критических ситуациях; модель оптимизации уточненной территориально-производственной структуры ТЭК с позиций требований энергетической безопасности (на основе принятых стратегий развития ТЭК) [11, 12]. В нижний уровень двухуровневой технологии входят отраслевые модели. В рамках двухуровневой технологии используются модели нефте- и нефтепродуктов снабжения, газовой, угольной отраслей, электроэнергетики. Использование в исследованиях подробных моделей энергетических отраслей позволяет

оценить потенциальные возможности систем по удовлетворению потребителей соответствующими энергоресурсами, как в нормальных условиях функционирования, так и в условиях чрезвычайных ситуаций. Сегодня, в Российской Федерации применяется схема получения интегральной оценки уровня энергетической безопасности региона, которая базируется на индикативном анализе и на модельных исследованиях, которая была разработана ИСЭМ СО РАН. В России для быстроты и точности вычислений, был создан программно-вычислительный комплекс «Корректива». Он позволяет автоматизировать процесс формирования и первичного выбора направлений развития ТЭК, удовлетворяющих требованиям энергетической безопасности. Это позволяет выработать базу для формирования направлений предотвращения, преодоления, либо смягчения последствий реализации различных угроз энергетической безопасности [12, 13].

Существующие системы индикаторов наглядно иллюстрируют существенную разницу между странами – субъектами международного рынка энергетических ресурсов практически по всем направлениям, которые предлагаемые индикаторы призваны измерять: производство, технологии, эффективность, экологию, инновации, взаимодействие отраслей народного хозяйства и т.д. Наблюдается необходимость в дополнении этих систем экономически ориентированными индикаторами, позволяющими с одной стороны создать основу для формирования рациональной политики Республики Беларусь на рынке энергетических ресурсов, с другой стороны создать основу для международного сотрудничества в оценке энергетической безопасности, прийти к согласованному уровню стандартизации в информационной сфере. Есть много объективных причин нестыковки различных систем индикаторов, принципиально не позволяющих прийти к консенсусу на международном уровне в разработке стандартизованных систем оценки энергетической безопасности: различные системы бухгалтерского учета, различные подходы в детализации (агрегировании) показателей в ТЭК, различные возможности в уровне защиты информации в энергетической области и т.д. Автор полагает, что процессы интеграции стран-участников рынка энергетических ресурсов неизбежно приведут к необходимости разработки общей платформы в оценке энергетической безопасности и рекомендаций по ее повышению.

По нашему мнению, для подведения научной базы должна быть изменена методология подхода и предлагаемым перспективным направлением является разработка модели энергетической безопасности, включающая в себя методику как составную часть. У модели оценки энергетической безопасности есть архитектура, уровни разделения информационных слоев, интерфейсные связи между ними, модульное построение. Это позволяет избежать недостатков, имеющих в индикативном подходе, и достичь цели: обеспечить стандартизацию и возможность обоснованного межстранового сравнения уровней энергетической безопасности.

Сама методика может характеризоваться своим уровнем сложности, применяемым математическим аппаратом, расчетными алгоритмами и методами самоконтроля. И еще одна немаловажная деталь, вытекающая из вышесказанного, методики, применяемые в настоящее время и разрабатываемые для применения в будущем, должны преобразовываться в полномасштабный процесс моделирования с применением информационных технологий и постоянно развивающихся алгоритмических подходов. Это позволит ускорить и удешевить процесс принятия решений в рассматриваемой области (через применение компьютерных симуляционных и имитационных технологий), основанный на целостной картине явления с реально достигаемой детализацией и оценкой вариантов, различающихся только критериями эффективности.

Первым шагом по изменению методологии должно стать определение свойств, которыми должны обладать характеристики функционирования ТЭК (табл. 1).

Таблица 1 – Свойства характеристик функционирования ТЭК

№	Свойство	Определение
1	Природа характеристики	Количественная ; Качественная
2	Период измерений	Месячный; Квартальный; Годовой
3	Уровень в системе	Подсистемная (функционирование ТЭК) ; Внешняя(вклад ТЭК в другие подсистемы народного хозяйства); Глобальная(все народное хозяйство)
4	Иерархический уровень данных	Макроэкономическая категория ; Индикатор; Параметр
5	Доступность информации	Доступная ; Ограниченный доступ; Защищенная
6	Необходимость в экспертной оценке	Нужна; Не нужна
7	Возможность прогнозирования	Прогнозируема ; Не прогнозируема

Выделенное, подчеркнутое – принимается по умолчанию, т.е. если явно не указано свойство характеристики.

Второй шаг – это введение модельного подхода к исследованию проблемы энергетической безопасности в качестве развития индикативного подхода. Модельный подход свободен от недостатков индикативного и обладает рядом достоинств, позволяющих реализовать стандартизацию характеристик функционирования ТЭК, межстрановые сопоставления и адаптацию к изменяющимся условиям в энергетической сфере. При изменении методологии очень важно не потерять полезные наработки и опыт применения индикативного подхода, которые могут быть полезны в будущем.

Предлагаемая 4-х уровневая модель энергетической безопасности разработана для решения проблемы стандартизации характеристик функционирования ТЭК и достижения возможности межстранового сравнения и формирования рациональной политики страны на региональном и международном рынке энергетических ресурсов.

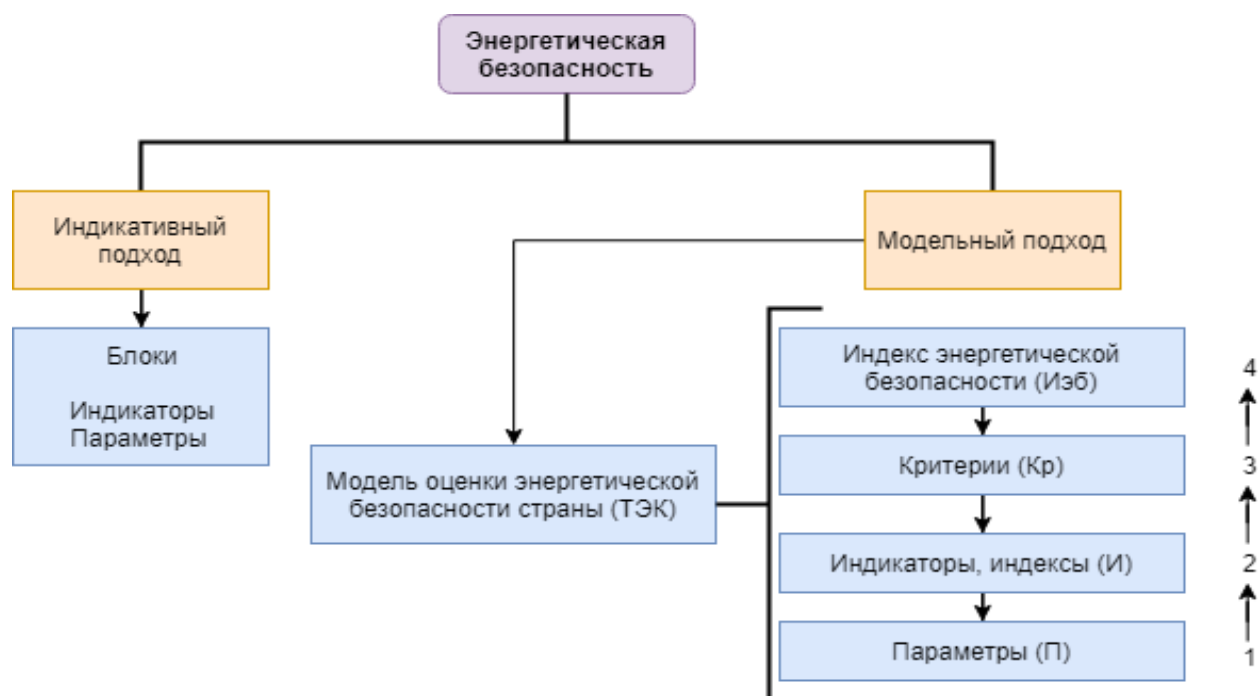


Рисунок 1 – Модель оценки энергетической безопасности страны

Определение уровней модели производим сверху вниз (top-down). В процессе построения модели для сохранения простоты и экономической целесообразности необходимо первоначально двигаться от целевой функции модели – расчета индекса энергетической безопасности (ИЭб) – к определению основных критериев, затем следует определиться с набором индикаторов/индексов для расчета этих критериев и на заключительном этапе – сформулировать параметры для расчета индикаторов/индексов. На следующем этапе в движении снизу-вверх (bottom-up) строится алгоритмическая часть модели для расчета индикаторов/индексов на основе параметров, затем критериев на основе индикаторов и на заключительном этапе создается формула для расчета индекса энергетической безопасности. Полученные при движении снизу-вверх формулы и сформировали методику как неотъемлемую часть модели. При этом движение снизу-вверх позволяет проверить определения, принятые при движении сверху вниз и, при необходимости, внести коррективы. В конце построения модели подход «сверху вниз» не отличается от подхода «снизу-вверх». Мы ориентируемся на возможность количественной оценки энергетической безопасности не только на базе обобщенного индекса энергетической безопасности, но и специализированных индексов, имеющих макроэкономическое значение и характеризующих, например, риски и угрозы в области энергетической безопасности и другие аспекты функционирования ТЭК.

Представим множество критериев, включенных в оценку энергетической безопасности страны (рис. 2).

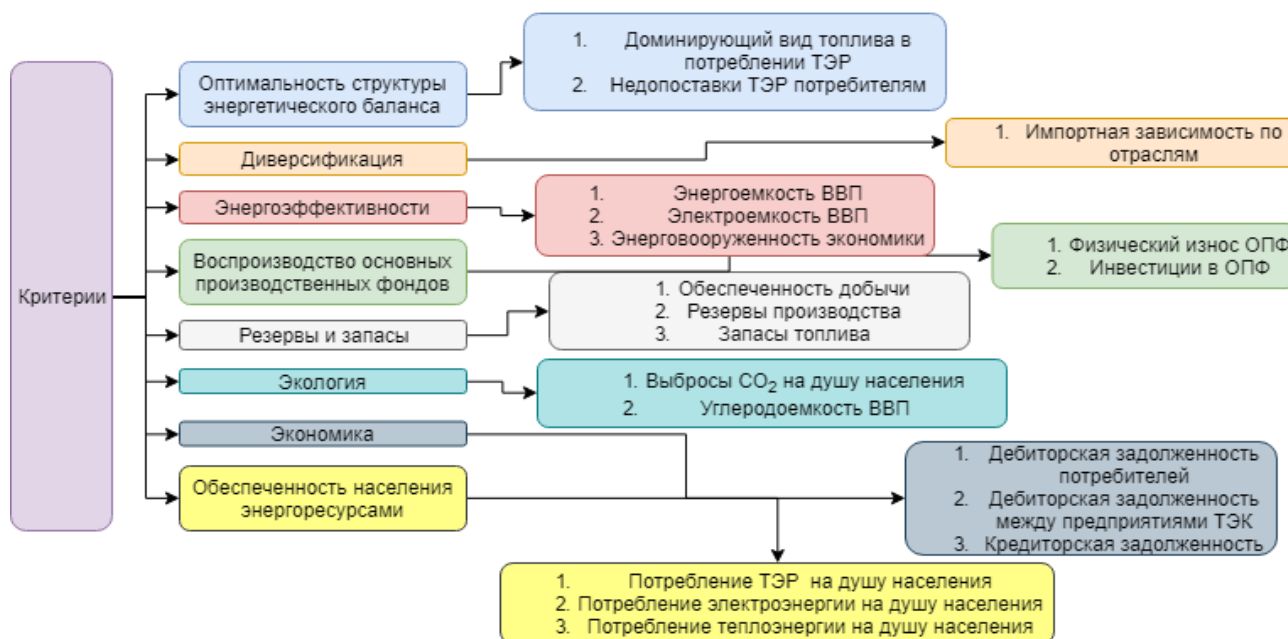


Рисунок 2 – Критерии оценки энергетической безопасности страны

На рис. 2 приведены критерии, включенные в оценку энергетической безопасности страны. Они могут быть в будущем расширены, как и стартовое множество индикаторов и параметров.

Предложенная модель позволяет максимальным образом сжать информацию, характеризующую течение процессов в энергетической области, аккумулировать и представить в обозримой и экономически интерпретируемой форме оценку энергетической безопасности, разделить и этим упростить решение проблем, связанных с информационной базой рассматриваемой проблемы.

В приведенной ниже таблице 2 приведено краткое описание уровней предлагаемой модели.

Таблица 2 – Характеристика уровней компонентной модели энергетической безопасности

Уровень	Название	Краткое описание
Результат применения модели	Обобщенный индекс энергетической безопасности (ИЭБ)	Результат применения модели. Оценивает в общем интегральную картину в энергетической сфере. Величина индекса – положительная и по абсолютной величине не превосходит 1. Рассчитывается из критериев энергетической безопасности как средняя взвешенная с учетом экспертной оценки коэффициентов, основанных на экономической интерпретации компонент.
Верхний уровень	Критерии (К)	Интегральные оценки, вычисленные по индивидуальным формулам из значений соответствующих индикаторов. Величина компоненты колеблется от 0 до 1.
Средний уровень	Индикаторы / индексы (И)	Представляют интегральные оценки, вычисленные по индивидуальным формулам из значений соответствующих параметров.
Нижний уровень	Параметры (П)	Представляют из себя значения, взятые из отчетности в различных проверенных источниках, в основном из статистических сборников.

Предложенная модель оценки энергетической безопасности призвана характеризовать проблему энергетической безопасности Республики Беларусь и пути сохранения и повышения устойчивости функционирования ТЭК, этого ключевого элемента в экономике республики. Она предлагается и для других стран как база для сравнительного анализа между ними и формирования на этой основе рациональной энергетической политики страны.

УДК 351

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ламонина А.В., Бровка Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Одним из приоритетных направлений достижения благополучия любого государства является обеспечение его национальной безопасности. В настоящее время в условиях возникновения аномальных ситуаций во внутренней и внешних сферах жизнедеятельности общества актуальность данного положения резко возрастает.

В течение довольно длительного времени понимание безопасности было довольно узким и трактовалось человеком как отсутствие для него опасности или зла. Лишь в революционный период истории Запада понятие «безопасность» стали ассоциировать именно с безопасностью государства. Так, например, в английском Билле о правах 1689 г. безопасность поставлена в один ряд с «единением мира и спокойствия народа и благосостояния государства», а французская Декларация прав человека и гражданина 1789 г. прямо провозгласила, что безопасность, наряду со свободой, собственностью и сопротивлением угнетению входит в число естественных прав человека [1].

В современной науке, в зависимости от того, кто выступает субъектом или объектом – отдельный человек, общество, государство или сообщество государств, – устанавливается тот или иной уровень безопасности. Всего выделяются следующие уровни:

1. личная или индивидуальная (individual) безопасность;
2. социетальная (societal) безопасность или безопасность общества;
3. национальная (national) безопасность или безопасность государства;
4. международная (international) или коллективная (collective) безопасность;
5. всемирная или глобальная (global) безопасность.

Принимая во внимание предложенную уровневую схему можно утверждать, что национальная безопасность – это один из элементов общей системы безопасности, сущность которого в связи с субъектно-объектной спецификой является обеспечение суверенитета государства, защиты его стратегических интересов, полноценного развития общества и всех его граждан.

Одной из проблем понятия «национальная безопасность» является его соотношение с понятием «государственная безопасность». Данная проблема возымела место в связи с возможностью двойственного перевода термина «national security» с английского языка, из-за чего ряд исследователей используют понятия «государственная безопасность» и «национальная безопасность» как синонимичные. Согласимся с мнением И. В. Гончарова, который утверждает, что «национальная безопасность включает в себя все виды безопасности (экономическую, политическую, конституционную, социальную, продовольственную и др.). В свою очередь, государственная безопасность является частью национальной и сводится в основном к политическому аспекту» [2].

В настоящее время также можно говорить о формировании ряда специфических особенностей, оказывающих влияния на систему национальной безопасности:

1) системная природа современных рисков и угроз безопасности, заключающаяся в том, что возникший первичный очаг напряженности и высоких рисков, своевременно не ликвидированный, неизбежно распространяется на все сферы жизни общества и разрушает систему национальной безопасности в целом;

2) ослабленный эффект государственного управления безопасностью, обусловленный глобализацией всего комплекса общественных отношений и всеобщей взаимозависимостью социально-экономических и геополитических процессов в мире;

3) возрастающая роль человеческого фактора в лице гражданского общества при реализации государственных мер по обеспечению национальной безопасности [3].

Тенденция демократизации систем государственного устройства усиливает значимость общественного мнения в решении многих жизненно важных вопросов. Так, например, волеизъявлением народа были определены решения о воссоединении Крыма с Россией, о выходе Великобритании из ЕС. С другой стороны, определенные политические силы общества способны повлиять на условия функционирования и действия государственных институтов, вплоть до смены политических лидеров и направленности государственной политики [3] (individual) пример – Армения).

Управление национальной безопасностью осуществляется посредством реализации политики обеспечения национальной безопасности, которая может быть дефинирована как основа, определяющая, каким образом страна гарантирует безопасность государства и его граждан. Политика национальной безопасности формально описывает понимание страной руководящих принципов, ценностей, интересов, целей, стратегической ситуации, угроз, рисков и вызовов в разрезе защиты и обеспечения национальной безопасности.

Документы по вопросам политики национальной безопасности предназначены для конкретной страны. Тем не менее, в них можно найти общие черты. Политика национальной безопасности, как правило, затрагивает, по крайней мере, три основные темы:

- 1) роль государства в международной системе;
- 2) представление о международных вызовах и возможностях;
- 3) обязанности исполнителей при рассмотрении этих вызовов и возможностей.

Первый элемент определяет видение государством международной системы и роли, которую государство играет в этой системе. Второй элемент оценивает существующие и будущие угрозы и возможности (внутренние и внешние). Третий элемент описывает функции и обязанности каждого исполнителя [4].

Что касается Республики Беларусь, то в связи с резким ухудшением международной обстановки обеспечение национальной безопасности стало важнейшей проблемой современного развития нашей страны.

В последние годы в Беларуси были разработаны и используются в практической политике важные документы в области обеспечения национальной безопасности, наиболее значимым

из которых является Концепция национальной безопасности Республики Беларусь (утверждена 9 ноября 2010 г. Указом Президента Республики Беларусь № 575).

Концепция национальной безопасности Республики Беларусь закрепляет совокупность официальных взглядов на сущность и содержание деятельности Республики Беларусь по обеспечению баланса интересов личности, общества, государства и их защите от внутренних и внешних угроз [5].

В Концепции 2010 года рассматриваются восемь основных видов безопасности (ст. 4) (в Концепцию 2001 года не включались научно-технологическая и демографическая сферы), которые отвечают основным сферам жизнедеятельности личности, общества и государства. Речь идет о таких видах безопасности, как политическая, экономическая, научно-технологическая, социальная, демографическая, информационная, военная, экологическая.

При этом в Концепции впервые формулируются основные тенденции развития современного мира: усиливающееся влияние глобализации, кардинальное изменение расстановки сил на планете и связанная с этим всеобщая нестабильность, начавшийся переход от однополярного к многополярному мироустройству, обострение борьбы за сферы влияния и природные ресурсы, динамичное формирование новых центров силы и прагматизация политики, выход на первый план международных отношений экономических приоритетов, повышение роли и значения информационной сферы (ст. 5). Также в Концепции уделяется внимание особенностям позиции Беларуси в новом формирующемся мировом строе: Беларусь представляет собой состоявшееся, независимое, суверенное европейское государство, которое не относится ни к одному из мировых центров силы; она проводит миролюбивую внешнюю политику и стремится к созданию условий для приобретения нейтрального статуса.

В Концепции 2010 года также впервые обозначены национальные интересы, которые разделены на стратегические и основные. В соответствии с этим документом, стратегическими национальными интересами Республики Беларусь являются (ст. 8):

- 1) обеспечение государственной независимости, суверенитета, территориальной целостности, незыблемости конституционного строя;
- 2) устойчивое экономическое развитие и высокая конкурентоспособность белорусской экономики;
- 3) достижение высокого уровня и качества жизни граждан.

Основные интересы разделены в соответствии со сферами (политическая – ст. 9, экономическая – ст. 10, научно-технологическая – ст. 11, социальная – ст. 12, демографическая – ст. 13, информационная – ст. 14, военная – ст. 15, экологическая – ст. 16)

В сравнении с Концепцией 2001 года, в 2010 году существенно расширена характеристика текущего состояния национальной безопасности нашей республики, разделены понятия «угрозы» и «источники угроз», как внутренних, так и внешних, приведен их перечень.

Также в Концепции впервые введена система 11 индикаторов состояния национальной безопасности, которые призваны охарактеризовать текущий уровень и динамику изменения состояния национальной безопасности в различных сферах (ст. 65) [6].

Реализация настоящей Концепции осуществляется под руководством Президента Республики Беларусь на основе консолидации усилий и ресурсов государства, институтов гражданского общества и граждан по защите и реализации национальных интересов Республики Беларусь (ст. 66).

Контроль за ходом реализации настоящей Концепции осуществляется Государственным секретариатом Совета Безопасности Республики Беларусь, в том числе в рамках подготовки ежегодного доклада Государственного секретаря Совета Безопасности Республики Беларусь Президенту Республики Беларусь о состоянии национальной безопасности и мерах по ее укреплению (ст. 67).

К иным документам, определяющим направление государственной политики национальной безопасности можно отнести следующие акты:

1. Военная доктрина Республики Беларусь (определяются военно-политические, военно-стратегические и военно-экономические основы военной безопасности Республики Беларусь на современном этапе, в том числе отношение Республики Беларусь к военным конфликтам и их предотвращению, меры по обеспечению военной безопасности, основные направления военного строительства, порядок применения военной силы для вооруженной защиты Республики Беларусь);

2. Доктрина национальной продовольственной безопасности до 2030 года (определяется стратегия устойчивого обеспечения населения продовольствием до 2030 года для полноценного питания и здорового образа жизни путем развития конкурентоспособного аграрного производства, а также создания социально-экономических условий для поддержания потребления основных продуктов питания на рациональном уровне);

3. Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. №3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» (приводятся экономические проблемы, требующие незамедлительного решения; меры для укрепления экономической безопасности и средства их реализации);

4. Закон Республики Беларусь от 14 ноября 2005 г. №60-З «Об утверждении Основных направлений внутренней и внешней политики Республики Беларусь» (определяются основные принципы, стратегические цели, задачи и сферы внутренней и внешней политики государства);

5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23 декабря 2015 г. №1084 «Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь» (определяется сущность деятельности по обеспечению энергетической безопасности Республики Беларусь и надежности энергоснабжения отраслей экономики и населения);

6. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 июля 2013 г. №658 «Об утверждении Концепции борьбы с терроризмом в Республике Беларусь» (обеспечивается единство подходов к организации и осуществлению предупреждения, выявления, пресечения и минимизации последствий террористической деятельности, совершенствование правовых и организационных основ борьбы с терроризмом);

7. прочие.

Таким образом, суммируя все вышеизложенное, можно отметить, что в Республике Беларусь функционирует прогрессивная система национальной безопасности, которая базируется на совокупности нормативных актов, являющихся своеобразным механизмом обеспечения благополучия личности и общества в целом. Политика национальной безопасности – это основа повышения эффективности и консолидации усилий деятельности государственных органов и граждан по защите национальных интересов Республики Беларусь.

Научное издание

Сборник материалов Форума проектов программ союзного государства

22–26 октября 2018 г.

Подписано в печать __. __. 2018. Формат 60х84 ¹/₈. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. ____, Уч.-изд. л. _____. Тираж 100. Заказ ____.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий №1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск

ISBN 978-985-583-340-7



БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

220013, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ,
Г. МИНСК, ПР-Т НЕЗАВИСИМОСТИ, 65
ТЕЛ.: +375 17 292 77 52
ФАКС: +375 17 292 91 37
E-MAIL: BNTU@BNTU.BY
WWW.BNTU.BY