



# СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ФОРУМ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ  
СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА –  
VI ФОРУМ ВУЗОВ ИНЖЕНЕРНО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Секция «Молодежное инновационное предпринимательство»

24-28 ОКТЯБРЯ 2017

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

**ФОРУМ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА –  
VI ФОРУМ ВУЗОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**  
Секция «Молодежное инновационное предпринимательство»

Сборник тезисов докладов молодых ученых

24–28 октября 2017 г.

Минск  
БНТУ  
2018

УДК 082(06)  
ББК 74я43  
Ф80

В сборник включены материалы секции «Молодежное инновационное предпринимательство» в рамках Форума проектов программ Союзного государства – VI Форума вузов инженерно-технологического профиля.

ISBN 978-985-583-179-3

© Белорусский национальный  
технический университет, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю.Ю. Загрецкая, М.П. Петров</i> ОСНОВЫ РАБОТЫ С SOFISTIK КАК ПРЕПРОЦЕССОРОМ AUTODESK REVIT НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАЛОЧНОГО МОСТА .....	7
<i>А.В. Колонович, П.И. Новиков, В.А. Ходяков</i> ДИНАМИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКОЙ. ЗАТУХАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ .....	8
<i>Е.С. Кострова, О.В. Костюкович</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВА КАК КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	10
<i>С.В. Новик, О.В. Костюкович</i> ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	14
<i>Н.Р. Соболевский, О.В. Костюкович</i> ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОНИКЕ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....	18
<i>А.В. Татаринович</i> ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКЕ .....	22
<i>С.М. Асотов, В.В. Климаков</i> ПРИМЕНЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ В КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА .....	26
<i>А.М. Белова, А.Ю. Подпругин</i> ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ИННОВАЦИЙ: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	30
<i>В.Э. Блажук, В.Н. Ануфриев, О.И. Родькин</i> ОБРАБОТКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА СООРУЖЕНИЯХ С НИЗКИМИ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОЗАТРАТАМИ .....	31
<i>В.В. Борисейко</i> КОМПЛЕКСНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА .....	34
<i>Г.М. Бровка, Е.О. Щербакова</i> РИСКОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЕАЭС .....	38

<i>Т.Н. Васильева, А.А. Васин</i> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ .....	43
<i>И.В. Качанов, В.В. Власов, С.А. Ленкевич, М.В. Кудин</i> РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКОРОСТНОГО ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЕВОГО ИНСТРУМЕНТА .....	47
<i>Л.К. Галимова, Н.А. Юдина</i> «УМНЫЕ» ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ .....	50
<i>О.А. Доронкин, Т.Н. Васильева</i> ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38/10 КВ МУП РГРЭС .....	54
<i>К.В. Дробышева, Д.Р. Сычёв, М.В. Журкевич</i> ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ .....	59
<i>Д.С. Завацкая, Л.А. Чайка, М.В. Журкевич</i> КЛАСТЕРИЗАЦИЯ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛИТИКИ .....	61
<i>И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.А. Ключник</i> ТЕХНОЛОГИ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКОЙ .....	64
<i>Я.О. Князева, М.А. Кисляков, Н.К. Симаков</i> ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ .....	69
<i>А.А. Колотов, А.Н. Терентьев</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИИ .....	72
<i>М.А. Комарцев, А.Н. Попов, Д.А. Ярков</i> СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ УСТАНОВКИ .....	77
<i>М.М. Ладутько, М.В. Журкевич, А.Ю. Калинин</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИЙ .....	79
<i>В.С. Матвиенко, А.А. Дягилев</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ .....	82

<i>А.И. Минибаяев, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.Р. Мамлеева</i> ИССЛЕДОВАНИЯ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫХ МЕМБРАН .....	85
<i>Д.Б. Муслина, Т.А. Петровская</i> ПЛАНИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ENERGYPLAN .....	90
<i>Л.Р. Мухаметова</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ДИНАМИКУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ .....	93
<i>А.С. Панасюгин, А.И. Теран, В.Н. Ануфриев, С.В. Григорьев, Т.В. Силина</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ С ТЕМПЕРАТУРОЙ КИПЕНИЯ 40-140 °С В ВОДЕ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ МИКРОЭКСТРАКЦИИ (SPME).....	99
<i>С.М. Дмитриев, А.А. Добров, М.А. Легчанов, А.В. Рязанов, А.Н. Пронин, Д.Н. Солнцев, А.Е. Хробостов</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СМЕЩЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	103
<i>Д.В. Русанов, К.Л. Ковалёв, В.А. Подгузов</i> КИНЕТИЧЕСКИЙ НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ .....	106
<i>В.З. Салахутдинова, Н.А. Юдина</i> АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ .....	112
<i>С.М. Дмитриев, Д.В. Доронков, А.Н. Пронин, А.В. Рязанов, Д.Н. Солнцев, А.Е. Хробостов</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ И МАССООБМЕНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРКАХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ВОДОЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ .....	115
<i>В.В. Марцинкевич, С.А. Квасюк</i> ОЦЕНКА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	120

*Н.М. Толкач, Н.В. Вишняков, П.С. Провоторов*  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ  
УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР ..... 125

*Т.Н. Васильева, А.А. Хохликов*  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ..... 130

## ОСНОВЫ РАБОТЫ С SOFiSTiK КАК ПРЕПРОЦЕССОРОМ AUTODESK REVIT НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАЛОЧНОГО МОСТА

*Ю.Ю. Загрецкая, М.П. Петров*

*Белорусский национальный технический университет*

В интегрированном программном комплексе, использующем конечно-элементарный анализ, под названием SOFiSTiK, решается любая инженерная задача, от разнообразных зданий и сооружений до динамического анализа. Различные виды нагрузок, моделирование конструкций, совместная работа грунта с сооружением, а также удобное чтение и моделирование конструкций через AutoCAD и Autodesk Revit.

Наиболее удобно пользоваться препроцессором Revit. Интерфейс SOFiSTiK – Revit обеспечивает полную интеграцию конечно-элементарного анализа со всеми возможностями SOFiSTiK.

Благодаря 3D генераторам, сетка КЭ запускается автоматически в SOFiSTiK с передачей элементов:

- плиты, стены, колонны и балки;
- все группы элементов, описанные аналитической моделью;
- нагрузки: сосредоточенные, распределенные по линии или плоскости;
- загрузки;
- граничные условия;
- разбивочные оси.

Для сравнения с таким препроцессором, как AutoCAD – в нем все выше перечисленные элементы необходимо задавать вручную.

На примере расчета железобетонного балочного моста, выполненного в Autodesk Revit (рис. 1) рассчитывается собственный вес конструкции в SOFiSTiK (рис. 2).

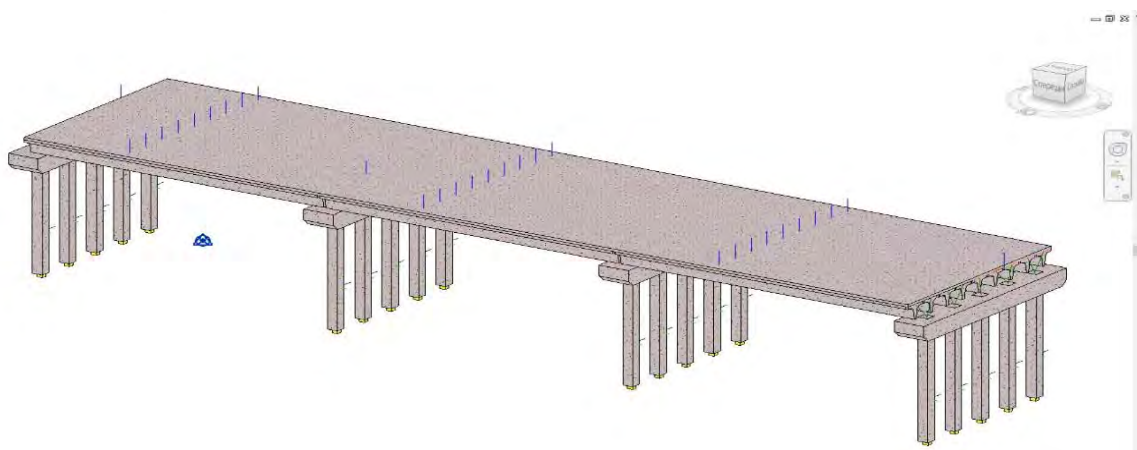


Рисунок 1 – Железобетонный балочный мост,  
выполненный в программе Autodesk Revit



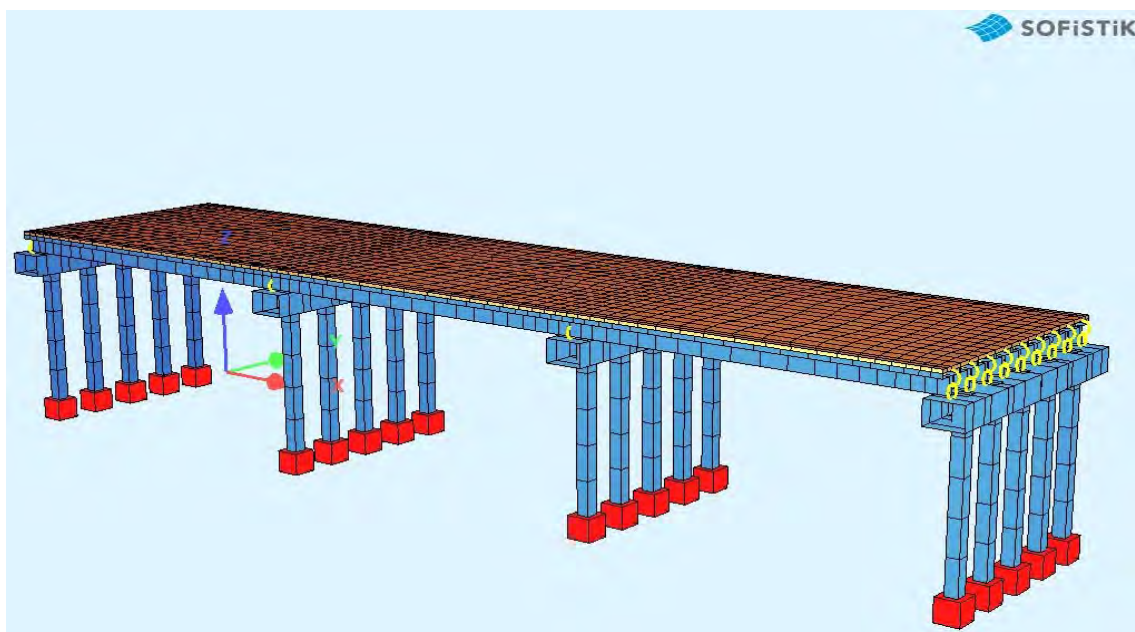


Рисунок 2 – Визуализация моста в SOFiSTiK

Использование Autodesk Revit вместо AutoCAD в связке с SOFiSTiK дает преимущества в виде упрощения, а также ускорения проектирования.

#### **Список использованных источников**

1. Публикация «Переход на BIM-технологии на примере Autodesk Revit 2013», автор Петров М.П.
2. Презентация на тему «Взаимодействие программных комплексов SOFiSTiK и Autodesk Revit» автор Яшанов А. <http://docplayer.ru/37058365-Vzaimodeystvie-programmnyh-kompleksov-sofistik-i-autodesk-revit.html>

УДК 624.042.08

### **ДИНАМИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКОЙ. ЗАТУХАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

*А.В. Колонович, П.И. Новиков, В.А. Ходяков*  
*Белорусский национальный технический университет*

Элементы несущих конструкций мостов постоянно испытывают динамические воздействия. Причинами воздействий являются такие внешние факторы как: порывы ветра, движение автотранспорта по сооружению, поперечные удары от подвижной нагрузки, воздействие ледохода на конструкции опор, сейсмические воздействия и другие.

Цель проведённого нами испытания — это изучение амплитудно-частотных характеристик свободных колебаний металлической балки. Испытательная модель представляла собой балку длиной один метр на шарнирных опорах, одна из которых является подвижной. Импульсное дина-

мическое воздействие моделировалось путем сбрасывания на балку грузов с определенной высоты (рис. 1).



Рисунок 1 – Испытательная установка – балка, с подключенными к ней датчиками

Проводились серии испытаний с изменением колеблющейся массы. При испытании применялись грузы с массой по 500 грамм. Амплитудно-частотные характеристики колебания балки снимались при помощи цифрового акселерометра и электротензометра.

Сбрасывая груз с определенной высоты, мы моделировали импульсную ударную нагрузку. На компьютере фиксировались данные затухания свободных колебаний (рис. 2).

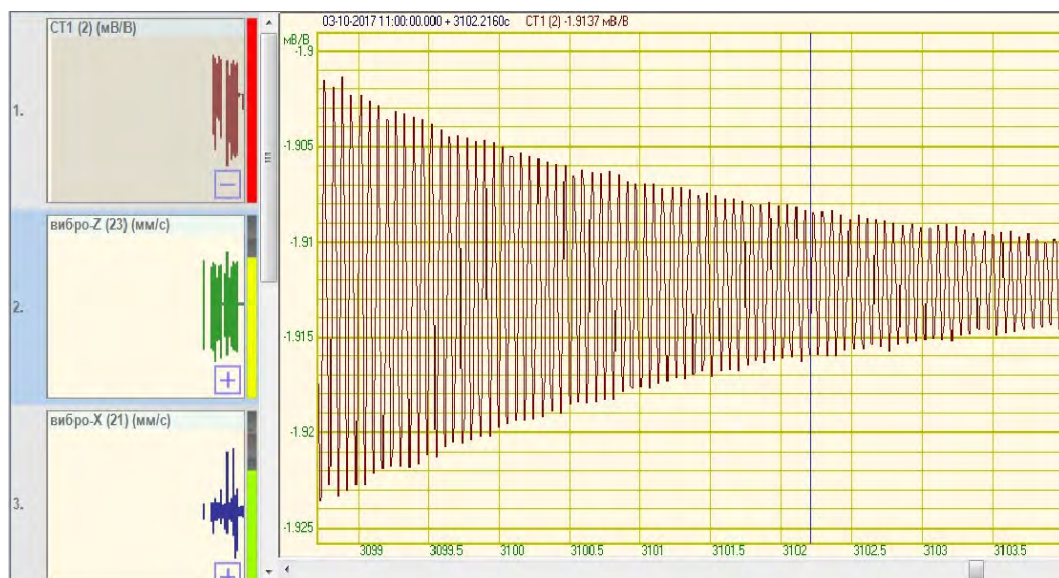


Рисунок 2 – Осциллограмма свободных затухающих колебаний балки при импульсной нагрузке

В каждой серии испытаний производилось более десяти ударных воздействий на балку (рис. 3), что давало возможность максимально корректно изучить затухание свободных колебаний с учётом изменчивости полученных экспериментальных данных.

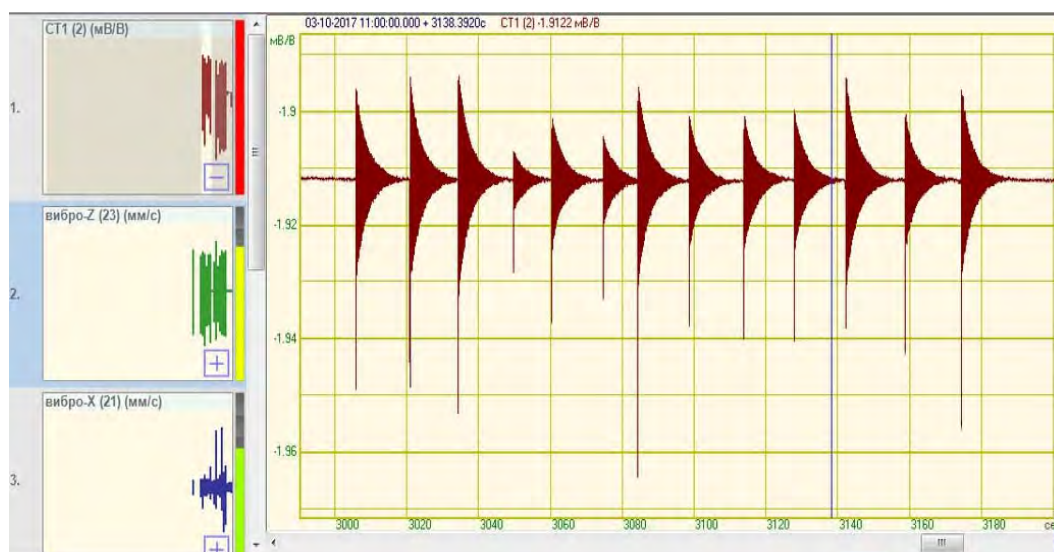


Рисунок 3 – Осциллограмма, полученная после серии испытаний

После обработки данных, были построены графики зависимостей, полученных экспериментальных данных. После анализа графиков были выявлены следующие зависимости: с увеличением массы груза при ударе, частота свободных колебаний уменьшалась, а период колебаний увеличивается, также изменялся декремент затухания свободных колебаний.

Следующим шагом планируется сравнение полученных экспериментальных данных с ручным динамическим расчётом и динамическим расчётом в программном комплексе SOFiSTiK.

УДК 630.181.674

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВА КАК КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Е.С. Кострова, О.В. Костюкович*

*Белорусский национальный технический университет*

В данной работе рассматривается вопрос деревообрабатывающей промышленности в Беларуси. Существующие строительные материалы, не обладают такими свойствами, которые присуще древесине. Дерево достаточно удобно в производственной обработке. Так же, из всех материалов древесина является одной из самой легкой и прочной, долго сохраняющей приятный запах и тепло. Почему же в нашей стране при большом количестве лесов уровень по заготовке и применению древесины не является примером для других стран?

Проведем сравнительный анализ между Республикой Беларусь и США (в частности штата Вашингтон, так как по климату и площади он достаточно схож с Беларусью). Выясним проблемы отставания развития данной отрасли в нашей стране.

На данный момент территория лесов в Беларуси занимает 9247,5 тысячи гектаров или 40 процентов от всей площади страны. Отрасль по деревообработке примерно составляет 2% в структуре промышленного производства республики (таблица 1).

Таблица 1

Подразделение видов промышленности

Промышленность	Примечание
Лесозаготовительная	Сектор лесозаготовок включает: <ul style="list-style-type: none"> <li>– заготовку и вывозку древесины;</li> <li>– раскряжевку древесины;</li> <li>– производство деловой древесины;</li> <li>– производство пиловочника;</li> <li>– производство фанерного, спичечного и технологического сырья;</li> <li>– добыча живицы.</li> </ul>
Деревообрабатывающая (механическая обработка)	Делится на: <ul style="list-style-type: none"> <li>– лесопильную (6,6%);</li> <li>– производство стандартных домов и строительных деталей из дерева (24%);</li> <li>– фанерную (4,9%);</li> <li>– мебельную (62,3%);</li> <li>– производство спичек (2,2%).</li> </ul>
Лесное хозяйство республики функционирует в условиях исключительной государственной собственности на леса, централизованного лесопользования и лесопользования.	

С каждым годом В Беларуси увеличивается объём лесозаготовок. В 2016-м он составил 15,1 млн м<sup>3</sup> ликвидной древесины при плане в 12,5 млн м<sup>3</sup>. К 2025 году данный показатель достигнет 25 млн м<sup>3</sup>. То, что леса в стране заметно поредели, видно уже невооружённым взглядом [2].

В нашей Республике «зеленая территория» представляет одну из самых важных национальных богатств. Для устойчивого социально-экономического развития страны, лесные ресурсы играют большую роль в обеспечении энергетической, экономической, экологической безопасности. По ключевым показателям, характеризующие лесной фонд (запас растущей древесины в пересчете на одного жителя, лесистость территории, площадь лесов) (рис. 1 и 2), Беларусь находится в первой десятке лесных государств Европы.



Рисунок 1 – Возрастной состав лесов



Рисунок 2 – Состав насаждений

В основном предприятия и производства находятся в сфере управления Белорусского производственно-торгового концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности «Беллесбумпром» и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (таблица 2). В настоящее время практически все деревообрабатывающие предприятия в составе концерна «Беллесбумпром» являются акционерными обществами. При таких обстоятельствах государственная доля в уставных фондах изменяется от 16% до 60% (рис. 3) [2].



Рисунок 3 – Отрасли в структурном отношении лесопромышленности

Таблица 2

Предприятия, работающие над определенной продукцией [3]

Вид производства	Примеры предприятий	Город
Производство лесопильных и строительных материалов	ООО «БелПрогрессЛес»	Молодечно
Фанера	ОАО «Борисовдрев»	Борисов
Мебель	УП «Торговый дом «Лагуна»	Барановичи
Стандартны дома, бани, теплицы	ОДО «СПП» Промтехресурс»	Витебск
Строительные детали из дерева	ОАО «Минскдрев»	Минск
Спички	ЗАО «Холдинговая компания Пинскдрев»	Пинск

Лесу необходима рубка ухода. Иначе возрастет пожароопасность. В настоящее время уход стал быть похож на промышленную добычу древесины.

От продажи делянок государство не получает ни копейки, а у лесхоза есть товарная древесина. При достижении «ухоженной» делянки возраста рубки, цена ее стоимости станет намного меньше из-за небольшой ликвидной массы оставшегося древостоя.

Частая вырубка делает лес реже, что является ослаблением его ветроустойчивости, больше всего это заметно после 1-2 лет с момента резки. В результате этого, последствия ураганов становятся «рекордными».

Наша страна имеет огромные территории лесов, большое количество запаса древесины, но страдает обработка. Мы поставляем данный материал в другие страны, а потом покупаем готовые обработанные деревянные детали, различные конструкции. Страны, которые получают необработанную древесину, остаются в более выигрышном положении. Конечно, на обработку материала требуются большие финансовые вложения. Однако, кроме готовых к дальнейшему использованию всевозможных пиломатериалов, завод получает так называемые отходы производства. Они могут послужить для последующего использования в качестве вторичного сырья.

Теперь рассмотрим ситуацию в штатах. Современный способ управления лесами США (рис. 4) достаточно сложен и своеобразен, что объясняется многообразием форм собственности на леса, их целевым назначением, а также тем, что законы и другие нормативные правовые акты могут считаться как органами федеральной власти, так и властями штатов [1].

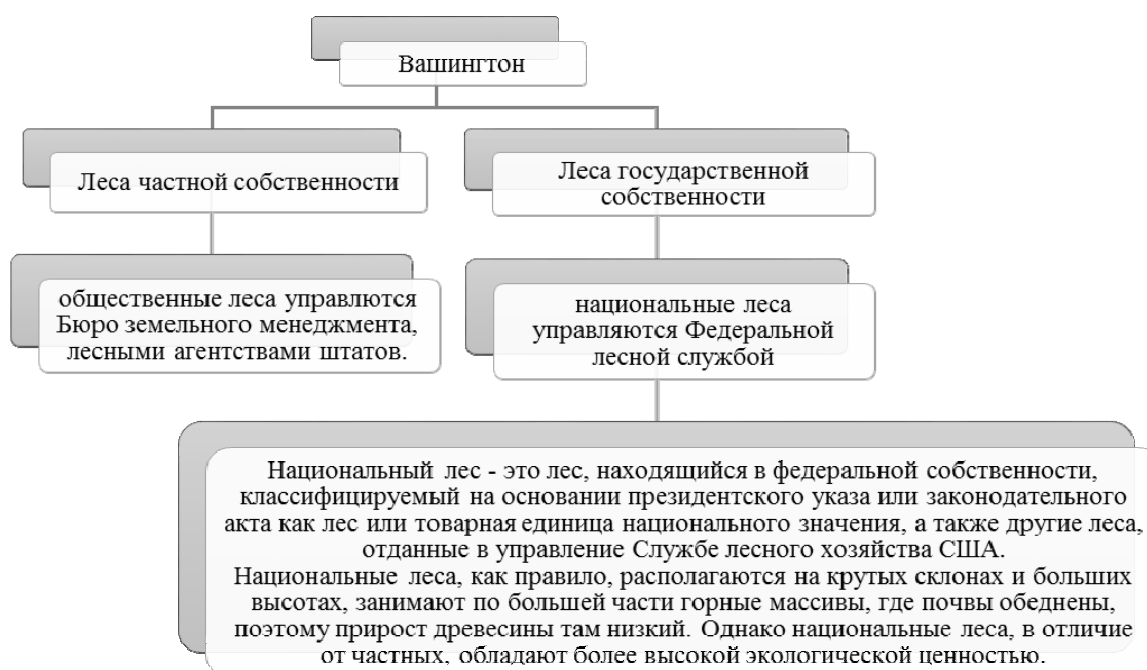


Рисунок 4 – Система управления лесами в Вашингтоне

Исходя из данных рассмотрений, можно сделать вывод, что проблема заключается в отставании развития технологий по переработке древесины.

Недостаточно продуман уход за лесами, что влечет за собой потери «зеленых» площадей.

Нужно, чтобы имеющиеся в стране древесина и макулатура перерабатывались на отечественных предприятиях. Ценное сырье для получения готовых изделий не должно уходить за рубеж по бросовым ценам, а потом возвращаться в виде продукции, которую можно выпускать в республике. Следует загрузить производственные мощности, таким образом обеспечить работу людям и получать хорошую экономическую выгоду. После чего можно усовершенствовать существующие технологии обработки и заготовки древесины, а также строительство деревянных конструкций.

#### **Список использованных источников**

1. Журнал лесопромышленного комплекса Леспромформ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lesprominform.ru/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.
2. Публикация материала для обучения Лекции.Орг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lektsii.org/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.
3. Справочник компаний Беларуси [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://belorussia.su/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.

УДК 624.21.8

### **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*С.В. Новик, О.В. Костюкович*

*Белорусский национальный технический университет*

***Аннотация.** В данной статье рассмотрена коробчато-балочная несущая мостовая конструкция, выполненная с использованием клееных балок на примере путепровода в городе Снек, Голландия. Отмечены характерные особенности и трудности, возникшие на разных этапах строительства. Описан полный технологический процесс, начиная с этапа проектирования и заканчивая сборкой и установкой моста. Проанализированы сильные и слабые стороны древесины как строительного материала. На основе проведенного исследования сделан вывод об актуальности применения древесины в современном мостостроении для Республики Беларусь.*

Вот уже не одно столетие, начиная со второй половины IX века, в строительстве больших и малых мостов по всему миру с большим отрывом господствуют металл и железобетон. При этом последний, в глобальных проектах, за исключением немногих выдающихся примеров металлических мостов-рекордсменов, используется гораздо чаще. Преимущества такого расклада очевидны. Железобетон обладает высокой механической прочностью, отличной огнестойкостью, хорошей сопротивляемостью сейсмическим и динамическим воздействиям, имеет малые эксплуатационные расходы, а также позволяет возводить конструкции любой рациональной

формы, допуская возможность использования местных материалов. И даже несмотря на наличие некоторых недостатков, мало что может заставить проектировщиков и строителей вернуться к таким пережиткам прошлого как камень и дерево.

Исторически, «каменная эра» в мостостроении длилась дольше всего. Древнеримские мосты, протянувшие до нашего времени, стали ярчайшим примером искусности античных строителей и архитекторов. Однако, по мере развития прогресса и технологий использование этого материала плавно сошло на нет и перетекло в вышеупомянутые металл и железобетон. В то время пока средневековая Европа строила мосты из камня, у славян для этих целей использовалось дерево. Наиболее распространёнными на Руси были арочные деревянные мосты, о которых нам известно исключительно по немногим сохранившимся письменным источникам. В XVI и XVII веках появилась необходимость в более крупных мостах, которые могли бы пропускать большие корабли, что свело на нет дальнейшее использование дерева. К тому же наличие таких недостатков как анизотропность, усушка, растрескивание, загнивание и другие оставили дереву лишь скромную роль материала для мелких недолговечных бытовых мостов. Срок службы деревянного моста из обычного леса с соединениями на врубках определяется в 8–10 лет, если не принимают специальных мер против загнивания. Части моста, расположенные в условиях переменной влажности, подгнивают через 5–7 лет. До недавнего времени.

Сейчас, в начале XXI века, когда «зеленые» правят бал в Европе, а вокруг появляются новоиспечённые «веганы», дерево вновь становится дизайнерским трендом, интересным архитекторам по всему миру.

**Описание конструкции.** Рассмотрим коробчато-балочную конструкцию (рис. 1), по которой выполнены одни из ярчайших примеров строительства современных деревянных мостов. Несущая мостовая конструкция такой системы представляет собой блок клееных балок в виде полого или сплошного короба.

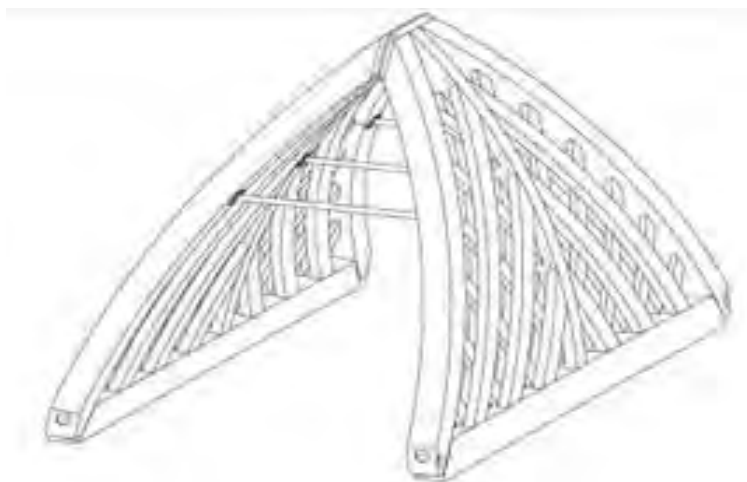


Рисунок 1 – 3D модель коробчато-балочной конструкции пролетного строения



Достоинство такой конструкции – экономичность строительства: короб поступает на стройплощадку в готовом виде. Кроме того, в его пустотах можно разместить дополнительные коммуникации. Несущая конструкция оптимально работает с использованием толстого слоя литого асфальта или металлическим защитным просечно-вытяжным листом. Поручень устанавливается по основной опоре с боковых сторон с обшивкой из палубной доски. Очень важную роль при таком строительстве играет выбор материалов, а именно породы древесины и технологий обработки. Соединение основных балок моста происходит при помощи клееных резьбовых стержней, которые обеспечивают высокую надёжность скрепления, не в ущерб виду моста.

Как только все детали готовы, можно приступать к завершающему этапу строительства. Для этого все сборные детали доставляются в сборочную зону, которая обычно находится вблизи места окончательного моста. Когда сборка завершена и мост обретает завершённый вид, необходимо транспортировать его до конечного места. Так как масса таких конструкций может достигать нескольких сотен тонн, то обычно используют самоходные модульные транспортёры, имеющие до десятка направляющих одиночных осей. По прибытию на место мост тщательным образом выставляется, подгоняется в подготовленные узлы и окончательно закрепляется. Напоследок укладывается дорожное полотно, наносится разметка, монтируются ограждения.

**Пример такой конструкции.** Самыми выдающимися примерами коробчато-балочной мостовой конструкции на сегодняшний день являются два одинаковых деревянных автомобильных моста в городе Снек, Голландия (рис. 2). Эти сооружения по своей технике соединения, сборке и новой модифицированной древесине подчеркивают потенциал «зелёного» материала в строительстве, а также приносят множество новшеств и создают весомый задел в развитие деревянного мостостроения.



Рисунок 2 – Путепровод в г. Снек, пересекающий автомагистраль А7



Рисунок 3 – Клееные конструкционные элементы

Путепровод весит около 450 тонн, имеет 16 метров в высоту и 32 метра в длину, а в ширину достигает 12 в нижней части и 8 метров вверху соответственно. Непосредственное строительство осуществляла немецкая фирма Holzindustrie. Общая сумма постройки составила 3,5 миллиона евро.

Дизайном и проектированием занималась архитектурная фирма ОАК (Onix Achterbosch Architecture), победившая в конкурсе с необычными чертежами. Перед проектировщиками стояла задача подчеркнуть историческое морское прошлое города, а также дать людям, пересекающим мосты, ощущение прохождения ворот. Исходя из этих требований, планировщики разработали смелый проект: прочная, сложная конструкция корпуса из открытых деревянных балок представляющая собой две набегающие друг на друга волны [1].

Помимо желания включить природный материал, необходимо было обеспечить срок службы в 80 лет, обязательный по Голландским законам [2]. В ходе проведенных исследований было выяснено, что стальной мост в таких условиях «прожил» бы 55 лет, а преднапряжённый железобетон – 90 лет. Мост из сортов твёрдой тропической древесины азобе – 45 лет. Что показывает невозможность применения обычного дерева в нормальных условиях для такой открытой, незащищенной конструкции.

Реализовать подобное возможно только с применением конструкционной древесины с высокой прочностью и стабильностью. К тому же для сложной геометрии и большого размера потребовались клееные конструкционные элементы (рис. 3). Тем не менее, прочные леса, такие как азобе или дуб, могут использоваться только снаружи. Поэтому технические инновации в строительстве позволили использовать экологически чистую древесину со стабильной добычей, которая модифицируется в нетоксичном процессе, что приводит к прочности класса 1. Это высокотехнологичное дерево называется Ассоуа и изготавливается Accsys Technologies из сосны из лужги, полученной из Новой Зеландии. Древесину ассоуа производят путем пропитки кислотными соединениями. Такая древесина по долговечности и устойчивости к деформациям значительно превосходит наиболее дорогие сорта тропического твердого дерева. Древесина ассоуа может быть светопрозрачной, ей можно придавать дополнительную гибкость и повышенные акустические свойства. Также, как и все красные породы, древесину Ассоуа можно легко склеить [3].

На этапах производства было встречено несколько проблем, которые были близки к пределу того, что технически осуществимо. Огромная мотивация всех вовлеченных сторон привела к завершению проекта и, вероятно, станет историческим моментом в строительстве деревянных мостов.

Актуальность строительства деревянных мостов для Республики Беларусь заключается непосредственно в природном богатстве «зелёным» строительным материалом. Недаром наша страна входит в семёрку лидеров среди европейских стран по площади леса на душу населения. И хоть белорусская древесина во многом уступает редким и дорогим тропическим

аналогам, однако вполне может использоваться в строительстве небольших мостов на местных дорогах II-V категорий. В настоящее время деревянные мосты в ближнем зарубежье на подобном уровне всё ещё экзотика и интересные решения в этой области могли бы серьёзно укрепить позиции Беларуси в деревянном мостостроении среди стран Европы и СНГ, а также сделать это достопримечательностью нашего государства, не дожидаясь, пока это станет всеобщим трендом.

### **Список использованных источников**

1. Архивности [Электронный ресурс] / Интернет-журнал об архитектуре и дизайне – @arhinovosti.ru, 2005-2008 – Режим доступа: <http://www.arhinovosti.ru/>. – Дата доступа: 10.10.2017 г.
2. EN 1995-2 (2004) (English): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. ArchDaily [Электронный ресурс] / The world most visited architecture website – ArchDaily, 2008-2017 – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/>. – Дата доступа: 11.10.2017 г.

УДК 69.04

## **ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОНИКЕ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

*Н.Р. Соболевский, О.В. Костюкович*

*Белорусский национальный технический университет*

***Аннотация.** В данной статье описывается взаимосвязь природы и создание человеком конструктивных решений, способных улучшить архитектуру и строительство, где за основу берется совершенно новая наука – Бионика – практическое применение природных возможностей и приспособлений, созданных в течение эволюции. Рассматривается и совершенно новый вид моделирования – параметризация, способный вывести строительство на новый уровень. Интегрируя Бионику в параметризацию можно достичь феноменальных успехов.*

Проецирование – свойство архитектуры, означающее отражение в дизайне здания текущего периода развития культуры. Сегодня отрасль строительства не стоит на месте, она постоянно в движении, извиваясь как организм, подстраиваясь под наше представление о красивом, деформируя его и превращая в свой образ.

Один из архитекторов пошел на компромисс с природой, чтобы продемонстрировать свое представление о красивом в архитектуре конструкции. Искусственная среда обитания человека: здания, улицы, и др. постройки стремятся повлиять на психику человека своими формами. Прямоугольные конструкции отрицательно влияют на эмоциональное спокойствие, в отличии от плавных линий. Знаменитый архитектор Заха

Хадид, женщина, подарившая миру новый взгляд на архитектурные проекты и конструктивные решения, создавая гениальные образы и выражая формами свое представление «искусственной природы», заставляла восхищаться очертаниями [3]. Она видела суть природной красоты, что являлось истоком ее вдохновения, используя и продвигая своими работами метод параметризации и бионики.

Заха Хадид чувствовала, насколько тяжелой выглядит строго прямоугольная геометрия традиционной архитектуры и стремилась воссоздать изящные линии (рис. 1 и 2), существующие в окружающей нас биосфере, рассматривая каждый проект индивидуально в зависимости от местоположения и ландшафта [5]. С появлением параметризации она смогла воссоздать эти плавные формы, изображая их математическими уравнениями в пространстве и создавая возможность их расчета с точки зрения напряжений, растяжений и других возможных нагрузок на конструкцию. Создал новый стиль в архитектуре – параметризм.

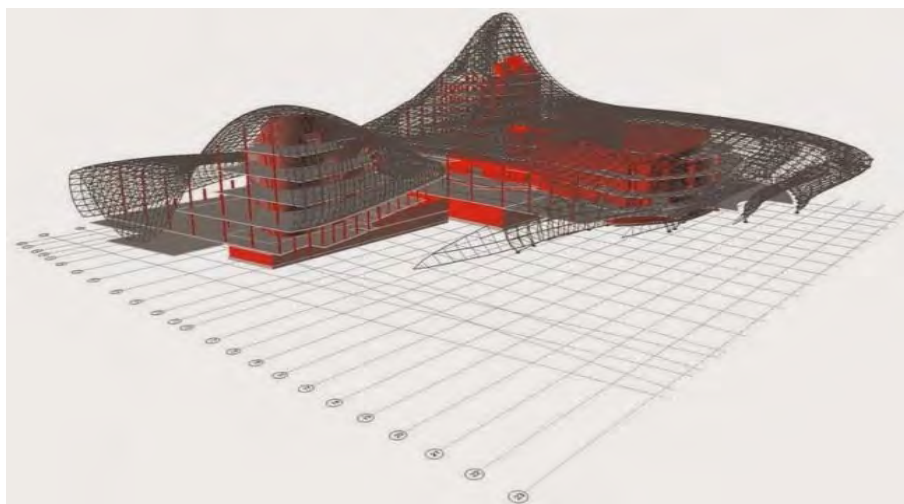


Рисунок 1 – Объемная модель проекта Захи Хадид

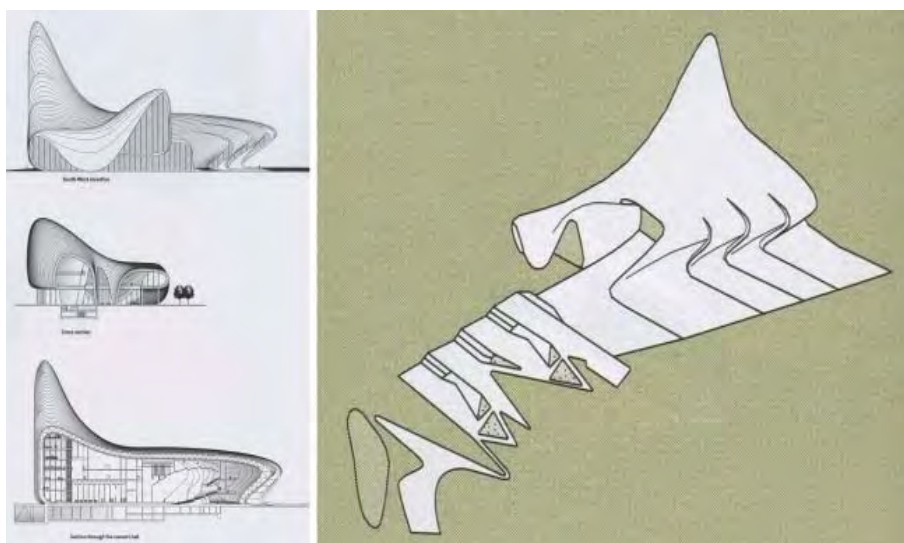


Рисунок 2 – Фасады здания и развёртка проекта Захи Хадид

Благодаря параметрическому моделированию появилась возможность делать технически и экономически выполнимыми сложные криволинейные поверхности, изображая их в математическом виде, пользуясь набором задаваемых параметров. Изменяя количество параметров, их соотношение, происходят изменения конфигурации модели, и в этом случае конструктор выступает архитектором и инженером в одно время. Тем самым найдено оптимальное решение проблемы дизайна и исследования нагрузок на систему конструкции [1]. При параметрическом моделировании учитывается как фактор финансовой поддержки проекта, так и нахождение наименьшего расхода материалов, срока строительства, времени подготовки и другие обстоятельства, связанные со временем жизни проекта.

У человека существует возможность воспользоваться природной изменчивостью, с целью улучшения качества используемых шаблонов для проектирования. В погоне за новым мы не замечаем главного и не обращаем внимания на то, что живем мире, созданным куда более опытным инженером, чем любой человек – живой природой, имеющей немислимые проекты и многовековой опыт.

В природе не существует идеально твердых тел, не существует абсолютной жесткости в материалах, она отдает предпочтение упруго деформируемым телам. Сопротивление нагрузке допущено в формах природных конструкций, но оно не разрушает их, а «пропускает сквозь себя».

Если брать за основу организм человека, как конструкцию, то твердый скелет составляет лишь малый процент от общего объема тела, а остальное же отдано упругим материалам: мышцы, сосуды, кожа [4].

Углубляясь в строение человека, можно найти конструкцию связи, подобную ДНК, узлы соединения, которого имеют своеобразную модель закручивания [2]. Если взять за основу это строение и воссоздать «хромосому» из проволоки и небольшого металлического стержня (рис. 3), получим основу для соединения нескольких узловых конструкций в полигоны и изготовление сетчатой основы. Данная система может получить широкое практическое применения в создании гибких форм.



Рисунок 3 – Воссоздание «хромосомы» из проволоки и небольшого металлического стержня

Если же рассматривать частные примеры в природе, то можно выделить одну из самых интересных конструкций, созданных «естественным инженером» – пчелиные соты. Пчелы являются прекрасными конструкторами, они каким-то удивительным образом имеют естественное представление о том, что ячейка сот должна иметь форму правильного шестиугольника и о том, что затраты материала на круг, квадрат, треугольник, и шестиугольник одинаковы, однако именно форма шестиугольника имеет наибольшую внутреннюю площадь. Имея фиксированную высоту, они получают максимально большие пространства для хранения при минимальных затратах материала и замечательную прочность сборной конструкции.

Нахождение оптимальной площади можно заметить в несложных математических вычислениях:

$$S_3 = S_4 = S_6 = S,$$

$$S_3 = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}, a = 2 \sqrt{\frac{S}{\sqrt{3}}}; P_3 = 6 \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{3}};$$

$$S_4 = a^2, a = \sqrt{S}; P_4 = 4 \sqrt{S};$$

$$S_6 = \frac{3a^2 \sqrt{3}}{2}, a = \sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}}; P_6 = 6 \sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}};$$

$$P_3 : P_4 : P_6 = \frac{6}{\sqrt{3}} : 4 : 6 \sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}}} = 4,6 : 4 : 3,7.$$

Моделирование, к примеру, конструкции из «сот» параметрическим способом облегчает дальнейшее использование данной архитектурной формы в качестве опорной конструкции, предварительно заполнив пространство, железобетоном поместив металлическую арматуру в «сотах» вдоль предполагаемой нагрузки.

Основная проблематика этого способа, это недостаточная осведомленность большей части конструкторских компаний в данном направлении проектирования. В следствии специалистам в этой области моделирования не удастся реализовать себя [6].

В Беларуси, в данный период развития, особенно актуальны новые виды моделирования, основанные на использовании программирования. Наша страна уделяет достаточно большое внимание развитию информационных технологий и показывает достойный и конкурентно способный уровень знания в области связанной с компилированием кодов. В параметризации есть необходимость сложного периода обучения. На данный момент, к сожалению, весьма малая доля отведена на подготовительные курсы, специальные учебные предметы и учебные часы, интегрированные в учебные предметы, которые обучают компилированию в моделировании.

В итоге, за счет моделирования параметрами на первом этапе проектирования увеличивается срок производства подготовительных работ,

но происходит уменьшение стоимости проекта и увеличение срока службы. Благодаря параметризации стало возможным применение готовых решений, созданных уже задолго до появления человека нашей природой. Бионика имеет обширное практическое применение в проектировании различных конструкций. В ходе распространения индустриализации, наблюдается переход от исходно-природного мышления к искусственному. Люди пытаются почувствовать себя творцами нового мира, не обращая внимания на то, что самые оптимальные решения проблем конструирования уже существуют вокруг нас.

#### **Список использованных источников**

1. Ермеева А.А., Поморов С.Б. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения.
2. Шевнин Ю.А. Бионический конструктор Элюпюль.
3. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И. Архитектурная бионика.
4. Крайзмер Л.П., Сочивко В.П. Бионика.
5. Параметрическая архитектура будущего Захи Хадид [Электронный ресурс] – Минск, 2015. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/285434/>.
6. Взгляд на параметризацию сбоку [Электронный ресурс] – Мн., 2017. – Режим доступа: <http://sapr.ru/article/6646/>.

УДК 699.8

### **ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКЕ**

*А.В. Татаринович*

*Белорусский национальный технический университет*

Гидроизоляция — это материал, который предназначен для защиты любых сооружений, особенно подземных (тоннели, станции метрополитана и т.д.). Гидроизоляционные материалы могут нагнетать за обделку в виде раствора, зачеканивать швы и заполнять отверстия в сборных конструкциях, наносить на поверхности обделочного слоя гидроизоляцию, теплоизоляцию: оклеечную или обмазочную; возможна обработка торкрет-бетоном.

Нагнетание растворов за обделку подземных сооружений проводят для:

1. заполнения пустот внешней поверхности обделки и выработки. Это обеспечивает совместную работу сооружения и породы, равномерное рассредоточение давления грунта, предупреждение просадки сооружения (наземного и подземного) и уменьшение деформации в обделке;
2. обеспечения повышенной водонепроницаемости в обделке тоннелей, а также уменьшение ее коррозии.

Процесс нагнетания имеет две стадии: первичная и контрольная. В первичном нагнетании применяются цементно-песчаные растворы (1:2-1:3), в контрольном нагнетании только раствор из цемента. Выбор типа и марки

цемента зависит от агрессивности подземных вод. В случае, если при завершении первичной и контрольной стадии не достигается необходимый уровень водонепроницаемости отделки, проводят дополнительное нагнетание.

При дополнительном – уплотнительном – нагнетании применяют бентонитовый, зольный, либо цементно-бентонитовый и цементно-зольный раствор. Для того, чтобы улучшить технологические свойства растворов, снизить расход цемента, повысить плотность и водонепроницаемость затвердевших слоев вводятся специальные добавки.

Итак, правильно подобрав состав нагнетаемых растворов и его добавок можно не только улучшить качество гидроизоляционного материала, но и увеличить его долговечность.

Оклеечная гидроизоляция — это оболочка, выполняющаяся с помощью пластичных водонепроницаемых материалов, состоящих из ковра рулонной гидроизоляции, которую проклеивают битумно-мастичной смесью. Количество слоев в ковре рулонной гидроизоляции устанавливают в зависимости от проекта.

Гидроизоляция бывает внутренней и наружной. Внутренняя гидроизоляция (рис. 1а) наклеивается к внутренней поверхности отделки тоннеля 1, которую поддерживает железобетонная оболочка 5; 2 – выравнивающий слой, 3 – гидроизоляционный ковер на основе битумной мастики, 4 – защитная цементная стяжка. Наружная гидроизоляция 9 (рис. 1б) применяется в открытых способах работ; ее клеят к наружной поверхности конструкций, собранных в котловане 5, на выравнивающий слой 6 перекрытия, после чего на конструкцию укладывают металлическую сетку и покрывают все стяжкой из смеси цемента и песка 7. По бокам наружная гидроизоляция в виде гидроизоляционного ковра 9 покрывается кирпичной стенкой 10, также могут применяться шлакоблоки, либо тонкие железобетонные плиты, зазоры заполняют из раствора с цементом и песком.

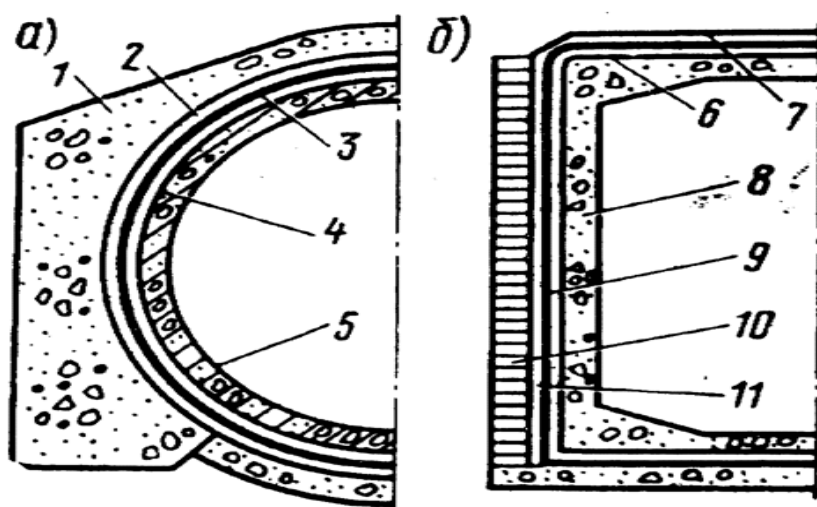


Рисунок 1 – Схема устройства оклеечной гидроизоляции: а – внутренней; б – наружной



Полотна рулонных материалов производят чаще всего с размерами: ширина – 1 м, длина – до 10 м (для гидростеклоизола) и до 19 м (для гидроизола). Такие полотна клеят внахлест на расстоянии около 10 см. Каждый последующий стык имеет смещение вдоль подземного сооружения равное  $1/3$  от ширины всего полотна. На коротких сторонах полотна стыкуют в вилку, двойную вилку либо с разбежкой (рис. 2). Количество слоев, которые наклеивают, чаще всего 2-4. На последний слой наносят битумную мастику.

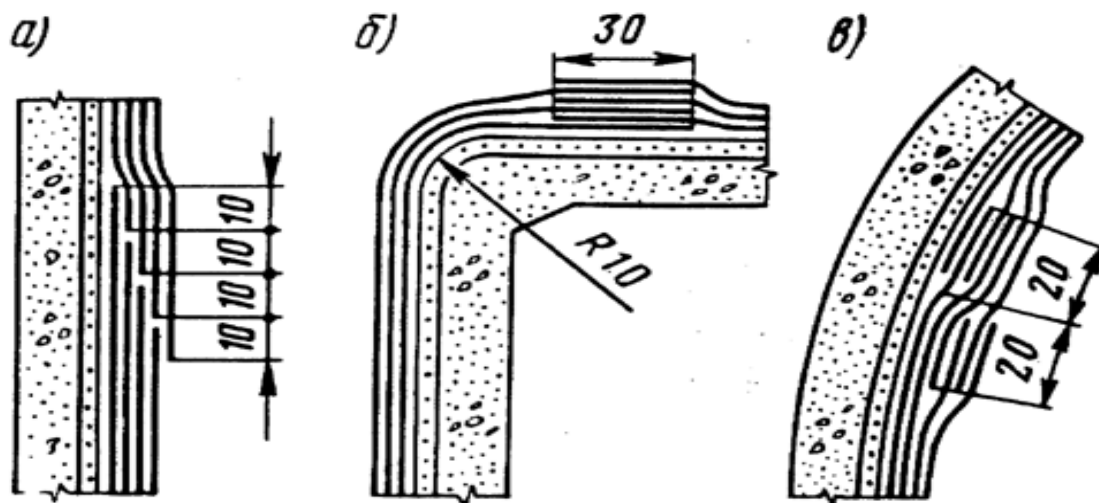


Рисунок 2 – Стыкование гидроизоляционного ковра: *a* – вразбежку; *б* – в вилку; *в* – в двойную вилку (размеры в сантиметрах)

Гидроизолом является рулонный гидроизоляционный материал, который имеет негниющее основание – асбестовая бумага с битумной пропиткой. Гидростеклоизолом называется материал, имеющий армирующее основание из высокопрочной негорючей стеклоткани или стеклосетки с битумной пропиткой. В результате чего материал имеет хорошие показатели морозо- и теплостойкости. Стеклорубиرويد – материал, имеющий армирующее стеклохолстовое основание. Его применяют в качестве подкладочного материала, который укладывают в виде дополнительного слоя.

Обмазочную гидроизоляцию применяют для увеличения свойств, позволяющих не проникать влаге в железобетонные конструкции и их элементы, а также для защиты от коррозии в чугунных тубингах. Материалы для обмазки, которые наносят набрызгом – гидроизоляционный битум, асфальтобетонная мастика, эпоксидная и каменноугольная смола и т.д. Такие материалы могут наноситься на поверхности частей отделки на заводах при их производстве и на строительной площадке. При повреждении гидроизоляции в условиях транспортировки и монтажа проблему устраняют, производя монтаж отделки.

Металлическую гидроизоляцию применяют при сложных гидрологических обстоятельствах, когда на участке тоннеля возникает высокий гидростатический напор и при гидроизоляции ответственных элементов со-

оружения; в местах, где тоннель имеет различный диаметр, в зумфах дренажных перекачек и т.д. Материал, применяемый для такого вида гидроизоляции – листовая сталь 8-12 мм, а одиночные листы сваривают в сплошной оболочке.

Возможно использование гидроизоляции в виде конструкции, которая повышает грузоподъемность обделки и на месте опалубки, производя бетонирование. В таких случаях получаем комбинированную обделку с меньшей толщиной. Конструктивно металлическая гидроизоляция бывает различной (рис. 3).

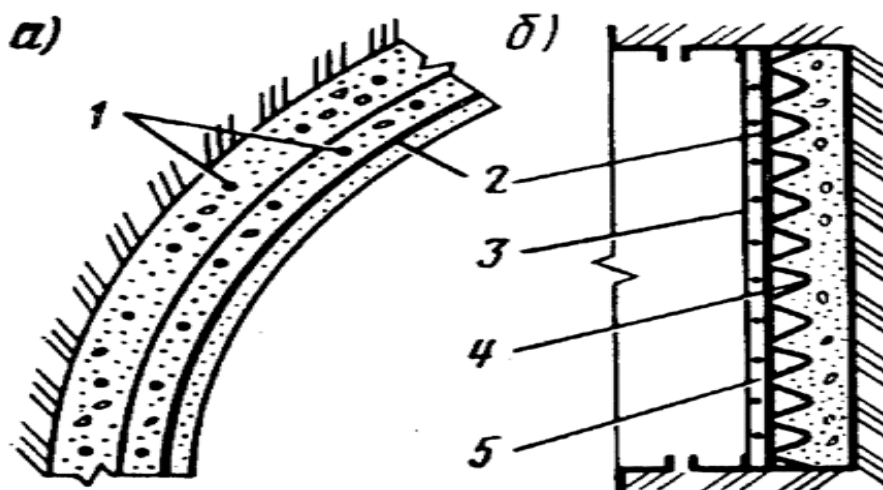


Рисунок 3 – Металлическая гидроизоляция: *а* – для круговых обделок; *б* – для торцовых стен тоннелей; 1 – стержни арматурного каркаса; 2 – стальная оболочка; 3 – покрытие по металлоизоляции; 4 – зигзагообразная арматура; 5 – стальной лист

Гидроизоляцию сборных обделок производят зачеканивая швы (стыки) промеж сборных элементов и уплотненных болтовых отверстий, а также нагнетаемых отверстий. В сборных чугунных обделках зачеканиваются швы тюбингов специализированной замазкой из водонепроницаемого расширяющегося цемента (марка ВРЦ).

В случаях, когда имеется большой приток подземных водотоков и значительный гидростатический напор в швах выполняют гидроизоляцию, применяя свинцовые проволоки и зачеканивая чеканочную канавку на 1/3 свинцом, а оставшуюся «порцию» наполняют цементом.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ В КОНСТРУКЦИИ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА**

*С.М. Асотов, В.В. Климаков*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

В США для обогрева помещений и горячего водоснабжения расходуется до 25% производимой в стране энергии. В России, где климат суровее, эта доля существенно выше. Использование солнечной энергии – относительно простой и достаточно экономический выгодный путь решения указанной проблемы.

Одним из распространенных подходов к улавливанию солнечного излучения является применение различного вида коллекторов, в которых происходит преобразование поглощенной энергии в тепловую с последующим нагревом того или иного теплоносителя. Чаще всего они применяются для отопления и охлаждения промышленных и бытовых помещений, для горячего водоснабжения производственных процессов и бытовых нужд, для обогрева бассейнов, для питания холодильников, для работы двигателей и насосов, для опреснения воды и выработки электроэнергии.

Существует большое разнообразие вариантов исполнения солнечного коллектора. Вакуумный солнечный коллектор представляет собой простое устройство, состоящее из прозрачной вакуумной колбы, с нанесенным адсорбирующим и отражающим слоем на ее внутренней стенке. Для обеспечения связи с баком напорной сети, контура водоснабжения, в конструкцию вводят тепловую трубу. Основными преимуществами такого подхода являются:

1. более низкие теплотери коллектора;
2. работоспособность в холодное время года (до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
3. способность генерировать высокие температуры и тем самым обеззараживать воду;
4. возможность длительной работы в течение суток;
5. низкая парусность;
6. простота монтажа.

Однако у всех конструкций солнечных коллекторов есть общий недостаток – это ограниченный угол их установки (типичный предельный угол установки  $20^{\circ}$ ). На величину значений угла установки с одной стороны влияет угол падения солнечных лучей, а с другой сама конструкция коллектора.

Рассмотрев различные виды солнечных коллекторов, было принято разработать конструкции, главным элементом которой будет являться артериальная тепловая труба. Такое решение является дальнейшим развитием конструкции вакуумных коллекторов, которое расширит диапазон угла установки коллектора и позволит эффективней и быстрее передавать тепловую мощность.

Предлагаемая конструкция солнечного коллектора с тепловой трубой на основе артериальной капиллярной структуры приведена на рис. 1.

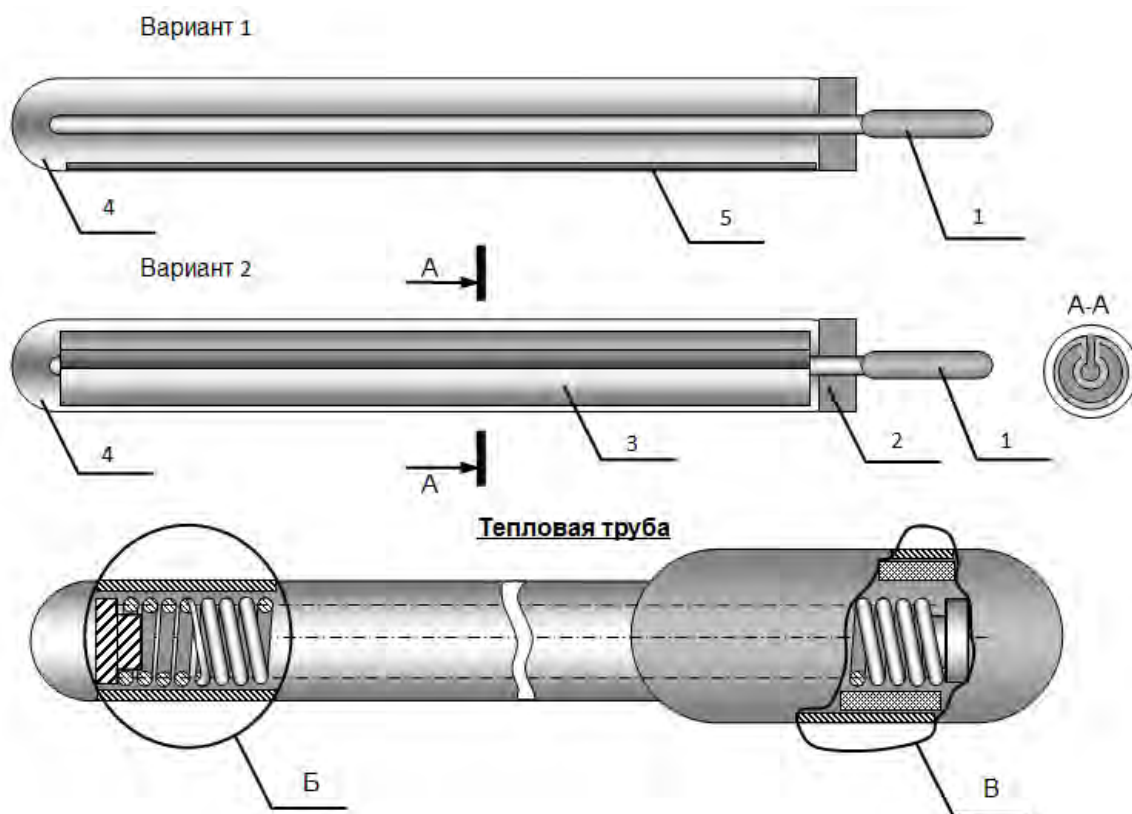


Рисунок 1 – Основные элементы конструкции теплового коллектора с тепловой трубой в виде артерии: 1 – тепловая труба, 2 – заглушка, 3 – пластина поглотителя, 4 – стеклянная колба, 5 – адсорбционный слой

Максимальная мощность, передаваемая тепловой трубой с артериальной капиллярной структурой может быть рассчитана по соотношению [1]:

$$Q(d) = \frac{(4\sigma(T) \cdot d^3 \cdot \cos(\theta) + \rho(T) \cdot g \cdot l \cdot d^4 \cdot \sin(\varphi)) \cdot (\pi \cdot \rho(T) \cdot L(T) \cdot N)}{128 \cdot \mu(T) \cdot l}, \quad (1)$$

где  $\mu(T)$ ,  $\rho(T)$ ,  $L(T)$ ,  $\sigma(T)$  – теплофизические параметры легкокипящей жидкости,  $d$  – диаметр артерий,  $l$  – длина тепловой трубы,  $N$  – количество артерий.

Теоретическая зависимость, отражающая свойства спиральной артериальной капиллярной структуры [2] тепловой трубы, рассчитанная по соотношению (1) для теплоносителя ацетон, приведена на рис. 2. Характер полученного графика отражает монотонность зависимости мощности в рабочем диапазоне температур -40 до +100 °С.

Обоснован выбор геометрических параметров тепловой трубы на основе соответствующих инженерных расчетов. Проведен анализ применения артерий и гомогенных капиллярных структур.

Графики, отражающие зависимость передаваемой мощности от угла наклона тепловой трубы, от температуры теплоносителя, от количества артерий, от диаметра артерий приведены на рис. 3 и 4.

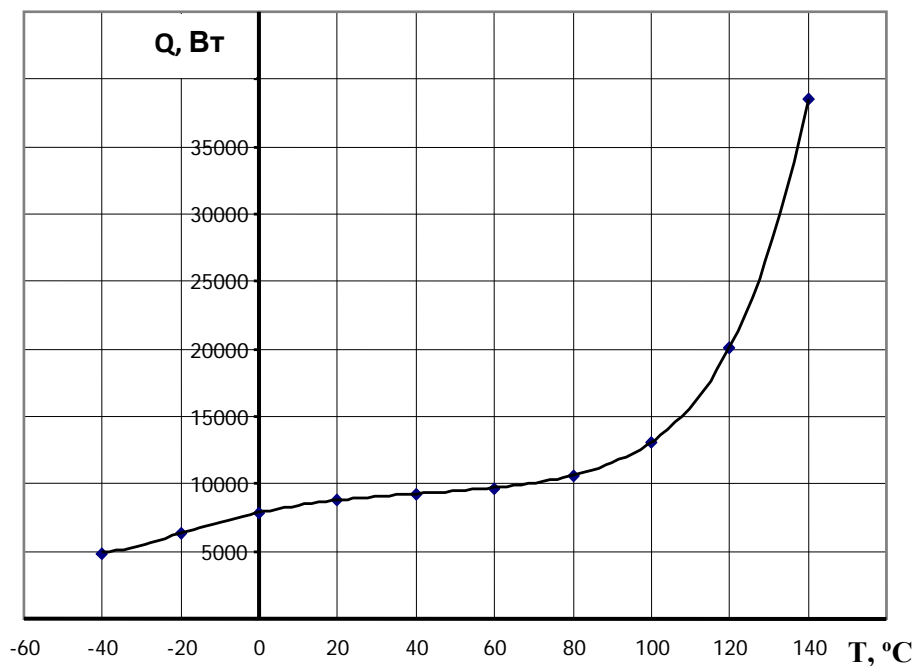


Рисунок 2– Зависимость передаваемой мощности от температуры для артериальной тепловой трубы (длина тепловой трубы  $l = 0.75$  м, диаметр артерии  $d = 2$  мм, теплоноситель ацетон)

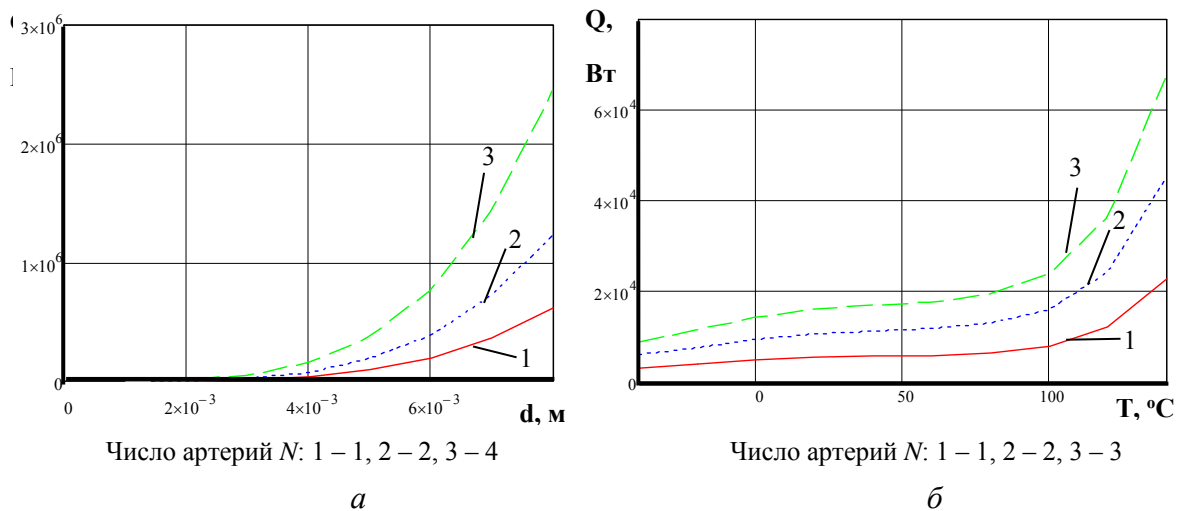


Рисунок 3 – Зависимость передаваемой мощности  $q$  от диаметра артерии  $d$  при разном количестве артерий и от температуры  $t$  при разном количестве артерий и значении  $d = 2.5 \cdot 10^{-3}$  м, (теплоноситель ацетон)

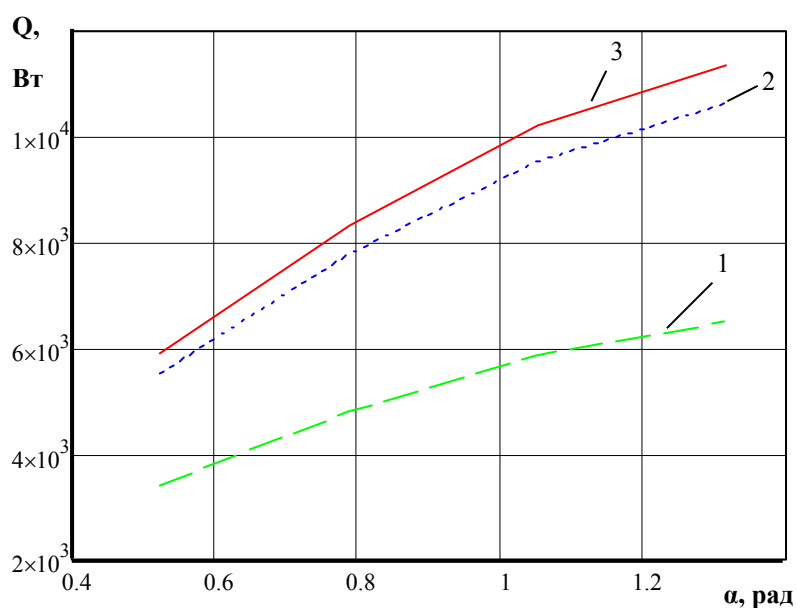


Рисунок 4 – Зависимость передаваемой мощности от угла наклона тепловой трубы  $\alpha$  (угла установки теплового коллектора) при различных значениях температуры  $T$ , °C:  
 1 – -30, 2 – 30, 3 – 60 ( теплоноситель ацетон)

На основании полученных данных предложена конструкция теплового коллектора и способ размещения капиллярной структуры в корпусе тепловой трубы.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. установлена зависимость мощности, падающей на поверхность теплообмена от угла установки коллектора, зависящая от дневного часа и даты;

2. в случае применения в качестве капиллярной структуры сетки для тепловой трубы длиной 0.75 м оптимальным диаметром проволоки и ячейки сетки является  $7.48 \cdot 10^{-4}$  м;

3. капиллярная структура на основе артерии расширит возможность установки коллектора (угол  $\alpha$ ) и позволит эффективней и быстрее передавать тепловую мощность в основной контур системы водоснабжения.

#### Список используемых источников

1. Дан П.Д. Тепловые трубы: пер. с англ. / П.Д. Дан, Д.А. Рей. – М.: Энергия, 1979. – 272 с.

2. Klimakov V.V., Ulitenko A.I., Chirkin M.V., Molchanov A.V. Serpentine loop heat pipe meant for heat rejection from moving objects // Proceedings of Second International Conference “Heat Pipes for Space Application” (2HPSA), Moscow, September 15-19, 2014, R1.7, pp.1-6.

**ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ ИННОВАЦИЙ:  
ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*А.М. Белова, А.Ю. Подпругина*

*Научный руководитель – Н.А. Юдина*

*Казанский государственный энергетический университет*

Венчурное инвестирование в Российской Федерации является одним из путей преодоления инвестиционного кризиса, что так необходимо для крупных компаний. Венчурные фирмы относятся к числу быстроразвивающихся и прибыльных предприятий малого и среднего бизнеса. Венчурный бизнес увеличивает производство наукоемкой продукции, экспорт, улучшает платежность баланса государства, а также создает новые рабочие места для высококвалифицированных специалистов, которые получают возможность реализовать свой творческий потенциал. Термин венчур (англ. venture) означает «рискованное начинание», «рискованное предприятие». Но инвесторы не готовы поддерживать любые рискованные проекты, а только те, чья прибыльность в случае успеха может оказаться намного выше среднерыночной.

На сегодняшний день венчурное инвестирование в Российской Федерации недостаточно развито. Проблемой является несовершенство правового, технического и организационного обеспечения различных аспектов инвестиционной поддержки инновационной деятельности. Для этого Российской экономике необходима модернизация и переход на инновационный путь развития, так как отставание в развитии новейших технологий последнего поколения может повлечь за собой риск снижения конкурентоспособности российской экономики, более того повысить ее уязвимость в условиях нарастающего геополитического соперничества.

В настоящее время необходима современная конкурентоспособная модель национальной экономики, которая основана на инновациях и новых факторах роста. Именно развитие венчурного финансирования в дальнейшем необходимо для реализации инновационных проектов, так как венчурный капитал в основном привлекается для финансирования наукоемких инновационных проектов, которым характерен повышенный уровень риска, поэтому традиционные источники финансирования в данном случае неприменимы.

Представляется, что уровень финансирования инновационной деятельности в России должен повышаться, в первую очередь за счет предпринимательского сектора. Государство, со своей стороны, должно сформировать благоприятные условия для компаний, которые проявляют активность в данной области.

Сегодня усиленно ведется поиск путей выхода из сложившейся ситуации и предприняты определенные шаги для решения данной проблемы.

По нашему мнению, для совершенствования финансов организаций венчурного бизнеса, целесообразно:

- сформировать законодательную базу, способствующую развитию венчурного инвестирования в инновационные проекты;
- разработать механизмы страхования венчурных инвестиций в высокотехнологичные НИОКР;
- применять с целью финансирования венчуров капитал из нескольких фондов одновременно; кроме гарантированного финансового обеспечения проекта, что даст возможность привлекать к его реализации больше квалифицированных экспертов сфере экономики, в сфере техники и современных технологий.

Осуществление указанных мер дает возможность существенно повысить роль венчурного финансирования в активизации инновационной деятельности корпоративных структур.

УДК 628.543.1

## **ОБРАБОТКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА СООРУЖЕНИЯХ С НИЗКИМИ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОЗАТРАТАМИ**

*В.Э. Блажук, В.Н. Ануфриев, О.И. Родькин*

*Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется более 200 сооружений биологической очистки городских сточных вод различной производительности, а их суммарная мощность в ближайшей перспективе будет только возрастать. Одной из наиболее сложных проблем, связанных с функционированием очистных сооружений, является управление образующимися осадками, которые являются одним из видов крупнотоннажных отходов. Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Соответственно масса и объемы образующегося влажного осадка намного выше и в среднем составляют около 0,7 млн. тонн в год. Таким образом, осадки сточных вод являются одним из наиболее распространенных отходов, объем которых продолжает увеличиваться.

В настоящее время осадки складываются или непосредственно на очистных сооружениях или на специально выделенных площадках, которые являются источником долгосрочного воздействия на почву и верхние горизонты подземных вод, главным образом связанного с загрязнением сопредельных сред биогенными элементами и тяжёлыми металлами. Многие предприятия водопроводно-канализационного хозяйства в настоящее время имеют проблемы с получением новых площадок для размещения осадков сточных вод, в тех случаях, когда емкость имеющихся иловых прудов исчерпана.

Размещение и долговременное хранение осадка на иловых площадках для Республики Беларусь весьма распространенным способом утилизации



даже для крупных очистных сооружений. При этом действующие ТНПА (ТКП 45-4.01-202-2010) ограничивают область применения иловых площадок производительностью очистных сооружений не более 25000 м<sup>3</sup>/сут. Для очистных сооружений большей производительностью должны применяться сооружения механического обезвоживания осадка. Как известно, основным направлением при обработке осадка является максимальное уменьшение его объема за счет уменьшения его влажности. Так при снижении влажности осадка с 99,4% (избыточный ил из вторичных отстойников) до 65% (осадок после механического обезвоживания или выдерживания 10-15 лет на иловых площадках) объем осадка уменьшается в 10 раз. Дальнейшее снижение влажности до 10% может достигаться сушкой. Максимально возможное сокращение объема осадка может быть получено при его сжигании с получением золы как конечного продукта. При этом стоимость обработки осадка в случае применения высокотехнологичных методов обработки осадка, которые позволяют снизить с влажностью и соответственно объем обрабатываемого осадка характеризуются резким ростом в сравнении экстенсивными методами (обезвоживание на иловых площадках). Так, например, стоимость капитальных вложений на сооружения механического обезвоживания с использованием ленточных фильтр-прессов варьируются в пределах 80–250 тысяч Евро в зависимости от производительности оборудования. Данное оборудование характеризуется энергопотреблением около 20–30 кВт ч на 1 т сухого вещества осадка. При этом требуется 4–12 кг специального реагента флокулянта на 1 т сухого вещества осадка. Применение методов дополнительной обработки, такой как сушка и сжигание делают процесс обращения с осадком еще более затратным. При сжигании стоимость инвестиций уже достигает уровня 20-40 миллионов Евро. И если для крупных очистных сооружений такие технологии являются приемлемыми из-за большого объема обрабатываемого осадка, то для очистных сооружений небольшой и средней производительности проблема обработки осадка является актуальной в части технических решений, которые при соответствующем уровне санитарной и экологической безопасности характеризовались бы приемлемыми технико-экономическими показателями.

В этом плане представляет определенный интерес замена иловых площадок традиционных конструкций на грунтово-растительные площадки предназначенных для обработки осадков.

Простота устройства грунтово-растительных площадок определяет их эффективность для очистки сточных вод небольших населенных пунктов и к настоящему времени в Республике Беларусь построен ряд сооружений такого типа. В ТНПА Республики Беларусь внесены положения регламентирующие основные правила проектирования таких сооружений.

Грунтово-растительные площадки предназначенных для обработки осадков имеют определенные особенности и требуют проведения специальных исследований по адаптации технических решений к климатиче-

ским условиям Республики Беларусь и разработке усовершенствованных конструкций таких сооружений. Типичная конструкция сооружения приведена на рис. 1.

На площадки осадок подается на поверхность площадки по распределительной системе трубопроводов. В слое загрузки с растениями происходит обезвоживание осадка за счет транспирации, испарения и его частичная минерализация. Профильтрованная вода собирается дренажными трубопроводами, уложенными в нижней части загрузки и отводится обратно на очистные сооружения.

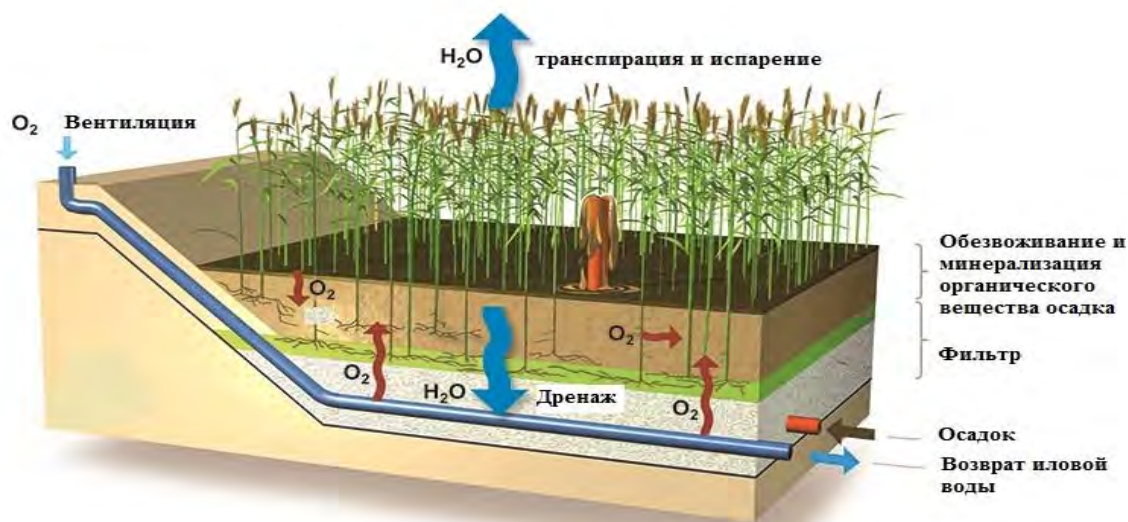


Рисунок 1 – Схема иловой грунтово-растительные площадки

Для предотвращения просачивания иловой вод в нижележащие слои грунта фильтрующая загрузка размещается над слоем гидроизоляции из полимерной пленки таким образом в отличие от традиционных иловых площадок отсутствует фильтрация в грунт иловой воды, профильтровавшейся через загрузку.

Отдельным перспективным направлением является использование на иловых грунтово-растительных площадок вместо макрофитов (камыш, тростник и т.д.) быстрорастущих древесных культур, например, ивы. Такой подход позволяет использовать органические вещества осадка сточных вод как ресурс для получения биотоплива. Урожайность при возделывании быстрорастущей ивы в Беларуси составила от 7 до 12 тонн сухой древесины в год на разных видах грунтов [2]. Таким образом, рассматриваемое предложение может позволить получить техническое решение обеспечивающее утилизацию осадка сточных вод с низкими затратами и минимальным энергопотреблением которое позволяет дополнительно получить энергоресурс в виде древесного биотоплива.

### Список использованных источников

1. Sludge Treatment Reed Beds. Электронный ресурс <http://waterandcarbon.com.au/technology/sludge-treatment-reed-beds/>. – Дата доступа: 15.10.17

2. Родькин О.И. Производство возобновляемого топлива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография/ Родькин О.И. – Мн.: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.

УДК 622.812:658.26-027.236(476)

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

*В.В. Борисейко*

*Белорусский национальный технический университет*

В Республике Беларусь одним из ведущих направлений механической переработки торфа является брикетирование. Торфяные брикеты – удобное и выгодное, в первую очередь, бытовое топливо. Они содержат мало влаги (14-20 %) и обладают высокой теплотой сгорания (до 4500 ккал/кг). Одна тонна брикетов заменяет 2,5-3 м<sup>3</sup> дров или 1,6 т бурого угля. Использование 1 га торфяной залежи на добычу фрезерного торфа и выработку брикетов позволяет сохранить до 30 га леса [1]. В последнее время набирает обороты использование торфяного топлива в промышленности в виде фрезерного торфа для пылевидного сжигания, подготовленной сушенки и измельченных брикетов.

Технологии и оборудование основных европейских стран по переработке сыпучих материалов, (возобновляемые источники энергии – биомасса из кукурузы, соломы, опавших листьев, древесных опилок и др.) для их дальнейшего сжигания по получению тепла и энергии очень близки к технологии получения торфяных брикетов и пеллет и поэтому представляют интерес для торфяной отрасли Республики Беларусь. Предлагаемые технологии представлены в виде комплексных системных решений: сбор, доставка, хранение, подготовка, переработка и направления использования энергии.

Отличительной особенностью некоторых комплексов является применение закрытых систем подачи сырья на подготовку, сушку (варку опавших листьев) (разработка компании SUNCOAL), прессование. При этом в бункерах-накопителях используются подвижные конвейера с гидроцилиндрами (SUNCOAL), широкое применение получил пневмотранспорт с нагнетающими или всасывающими системами (разработка компании NESTRO). Все системы технологического транспорта оснащены рукавными фильтрами (разработчики: TSF-FILTER, PIONIER, NESTRO, SIMATEK), позволяющими повторно применять отфильтрованное сырье, что значительно улучшает культуру производства, увеличивает выход товарной продукции и сводит до минимума выбросы в окружающую среду.

В системных комплексах, используемых европейскими производителями, очень высок уровень автоматизации всего технологического процес-

са. В технологии производства брикетов, пеллет важен контроль влажности исходного сырья перед прессованием. Определенный интерес представляют приборы измерения данного параметра, основанные на датчике контроля количества выбрасываемой влаги в атмосферу (разработчик Rittal-Das Systems). Разница общей массы и массы испаренной влаги дает показания оставшейся влаги в сырье. Автоматизация процесса подачи количества сырья производится через весы, работающие в потоке, частотно-регулируемыми приводами (разработка компании SIEMENS). Датчики контроля влажности в потоке могут крепиться на кронштейнах над ленточным транспортером, либо на днище наклонных коробов (разработка компании FEMAG).

В условиях жесточайшей конкуренции на рынке энергоносителей требуется оптимизация технологических процессов добычи и переработки торфа с учетом разработок европейских компаний. Однако приобретение оборудования европейского производителя влияет на снижение положительного сальдо Республики Беларусь. Значительное снижение себестоимости торфяных брикетов, в первую очередь, возможно путем изменения традиционной технологии добычи торфа скреперами. Так, например, применение пневматической уборки торфяной крошки относится к периоду возникновения поверхностно-послойного способа добычи фрезерного торфа и основано на исследованиях ведущего ученого в области торфяной механики С.Г. Солопова [2]. Однако применение валового учета добычи фрезерного торфа в тоннах привело к незаслуженному исключению из практики пневматической уборки.

При пневматической уборке торфа вследствие отсутствия подфрезерывания торфяной залежи исключается увлажнение фрезерной крошки. Регулирование скорости воздуха во входном отверстии сопла и изменение поступательной скорости пневмоуборочной машины позволяют подобрать такой режим работы, при котором обеспечивается выборочная уборка частиц измельченного торфа определенной влажности и крупности. Фракционный состав торфа при пневматической уборке более однороден, в нем почти отсутствуют посторонние включения, а сыпучесть существенно улучшается [3]. Исследования, проведенные в разное время развития торфяной промышленности, показали, что при этом способе направленное перемещение измельченного торфа под воздействием газового потока может обеспечить высокие технико-экономические показатели процесса и, что особенно важно, заданное качество продуктов переработки торфяного сырья и значительное уменьшение его потерь. Однако указанный способ мало используется при добыче и переработке торфа. Это можно объяснить недостаточной изученностью процесса, недостатком опыта эксплуатации нового оборудования и отсутствием инженерных методик расчета оптимальных режимов работы различных систем пневмотранспорта торфа [4].

Применяемый ранее для уборки торфа пневматический комбайн КПФ-6,4 имеет расчетную производительность  $V_{\max}=30$  тыс. тонн фрезер-

ного торфа за сезон (при влажности 40%, зольности до 23%). Однако из-за некоторых неровностей поверхности расстила при движении происходила деформация сопел пневмоуборочных машин, что увеличивало эксплуатационные затраты, простои на ремонте и снижало их фактическую производительность до 30%. Для увеличения производительности и сохранения постоянных параметров пониженной влажности убираемого торфа (в среднем до 24%), необходимо обеспечить регулировку высоты всасывающих сопел через опорные катки, копирующие поверхность расстила, т.е. усовершенствовать конструкцию комбайна. Это позволит оптимально использовать метеорологические условия сезона и увеличить сезонный сбор торфа с гектара.

В современных условиях бережного отношения к энергоносителям вести учет и сравнение способов добытого топлива только в тоннах не совсем корректно. Государственной программой «Торф» на 2008-2010 годы и на период до 2020 года, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.01.2008 г. №94, поставлена задача внедрения новых и совершенствование существующих технологий для добычи, переработки и использования торфа. Целесообразно сравнить два способа уборки фрезерного торфа: существующий, наиболее используемый в настоящее время механический скреперный способ машинами типа УМПФ-8, и пневмоуборочный, самоходными комбайнами КПФ-6,4 с усовершенствованными всасывающими соплами.

Необходимо отметить, что при механической уборке влажность добытого торфа достигает 40÷50%, а при пневматической уборке диапазон влажности составляет 18÷30%.

При пересчете состава твердого топлива с одной массы на другую через коэффициент влажности  $K_w$ , коэффициент зольности  $K_A$  и достижения фактической средней влажности 24%, средней зольности 14%, добычу пневмоуборочным комбайном КПФ-6,4 составит 21185 т/сезон. Добыча торфа механическим способом УМПФ-8 при фактической средней влажности 45% и зольности 14% составит 24389 т/сезон, т.е. на первый взгляд, производительность одной машины за сезон в тоннах механическим способом в 1,15 раза выше, чем пневматическим. Для уточнения реальной объективной картины расчет производительности уборочных машин необходимо выполнять в тоннах условного топлива, используя низшую теплоту сгорания горючей массы, а также влажность и зольность добываемого топлива. Тепловой эквивалент фрезерного торфа, убранного механическим и пневматическим способом, соответственно составляет 0,282 (при влажности 45%) и 0,464 (при влажности 24%) и фактически составит 6877 т у.т. (при влажности 45%), 9830 т у.т. (при влажности 24%) [5].

Таким образом, максимальная производительность в тоннах условного топлива, убранного фрезерного торфа пневматическим способом в 1,43 раза выше, чем механическим.

Из-за дефицита площадей добычи, некоторые предприятия торфяной промышленности Беларуси все чаще вынуждены осваивать мелкоконтурные залежи торфа. Строительство стационарных новых заводов в таких условиях экономически не целесообразно, так как срок окупаемости таких проектов свыше 20 лет. С учетом некоторых наработок применения модульного мини-брикетного завода (РБК «Владимир», Россия), основной особенностью которого является отсутствие капитальных зданий и сооружений, благодаря усовершенствованным пневмоуборочным комбайнам, появляется возможность строительства модульных мини-брикетных заводов без устройства теплогенераторов и сушилок.

Расчеты показывают экономию сырьевых запасов торфа, из которых будет дополнительно получен брикет в количестве до 22% с одного месторождения, что увеличит, соответственно, срок эксплуатации заводов и значительно снизит себестоимость продукции.

При этом необходимо отметить, что при пневматическом способе добычи торфа нет необходимости затрачивать энергию на перевозку и испарение лишней воды на заводе, так как ее испарение обеспечивается в естественных условиях сушки (18÷30% влажности) солнечной энергией на полях добычи за счет увеличения циклов сборов тонкими равномерными слоями [6].

Однако одномоментный переход на эти технологии невозможен. Проведенные испытания сухих рукавных фильтров типа SimPact 4T-R (Дания) на торфобрикетном заводе и официальная переписка с производителем, подтверждают возможность их использования для утилизации пылепаровоздушной смеси повышенной влажности и температуры до 100 °С. Утилизированная с помощью водоотталкивающих рукавных фильтров с автоматическим устройством регенерации рукавов позволяет осажденную пыль направлять на дополнительное производство готовой продукции, а влагу, испаренную из сырья, конденсировать в отдельную емкость за счет прохождения горячего (81-100 °С) воздушного потока через водяной бойлер. Холодная вода, проходящая через бойлер, под воздействием предварительно очищенного от пыли горячего потока паровоздушной смеси, имеет возможность нагреваться до температуры, приемлемой для использования в быту и на производстве. Дополнительно экономится до 75 тыс. м<sup>3</sup>/год воды (завод мощностью 110 тыс. тонн/год брикетов), конденсируется свыше 31 тыс. тонн/год воды, испаряемой из торфа при его сушке [7].

#### **Список использованных источников**

1. Торфяная промышленность СССР. – Издательство «Недра», Ленинградское отделение, 1971. – 136 с.
2. По страницам полувековой истории торфяной промышленности (1917-1967 гг.). – Торфяная промышленность, 1967. – №2. – С. 41-46.
3. Пневмоуборка торфа из растила / Н.В. Кислов, В.И. Бакшинский. – Минск, «Наука и техника», 1983. – 88 с.

4. Кислов Н.В. Пневматический транспорт торфяного производства. – Мн., 1985 – 80 с.

5. Юренев В.Н., Лебедев П.Д. Теплотехнический справочник. – М., 1975. – Т.1. – С.116.

6. Березовский Н.И., Борисейко В.В. Инновационные энерго- и ресурсосберегающие технологии производства брикетов из торфа // Горная механика и машиностроение, 2014. – №1. – С. 48-55.

7. Березовский Н.И., Борисейко В.В. Энергосберегающие аспирационные системы паротрубчатых сушилок для производства топливных брикетов // Горная механика и машиностроение, 2017. – №1. – С. 31-36.

УДК 338.1(1-67 ЕАЭС)

### **РИСКОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЕАЭС**

*Г.М. Бровка, Е.О. Щербакова*

*Белорусский национальный технический университет*

Евразийский экономический союз (ЕАЭС) – это международное интеграционное объединение, в состав которого входят Республика Беларусь, Республика Казахстан, Российская Федерация, Республика Армения, Киргизская Республика. ЕАЭС создан в целях всесторонней модернизации, кооперации и повышения конкурентоспособности национальных экономик и создания условий для стабильного развития в интересах повышения жизненного уровня населения государств-членов.

Глобальные изменения, ознаменовавшие конец XX – начало XXI вв., поставили мир перед лицом новой социальной и экономической реальности, характеристиками которой признаны, в том числе неопределенность и риски, ставшие инверсным результатом попытки человечества поставить под контроль свое настоящее и будущее. Риск – как социальный контекст, мобилизующая динамика общества, стремящегося к самоизменению и переменам, желающего самостоятельно определять свое будущее, а не полагаясь на религию, традиции или фатальность природной стихии. Согласно точке зрения Э. Гидденса, «понятие риска становится центральным в обществе, которое порывает с прошлым и открывается проблематичному будущему» [2]. Глобализация мирового пространства детерминирует повышенную рискогенность современного общества в интерзависимом, открытом мировом пространстве. Современное общество рискогенно, хотим мы этого или нет: сегодня даже бездействие чревато риском [3].

Следует учитывать, что тенденции к региональной интеграции и глобализации демонстрируют взаимозависимость мирового экономического пространства и открытость социальных систем, но они, же выступают катализатором производства и воспроизводства рисков. Идея риска тесно связана с современностью, ведь даже сам термин «риск» в современном его значении зародился в «ориентированном на будущее обществе», в котором опасности оцениваются в проекции будущих возможностей [3]. Се-

годня проблема риска и безопасности все более актуальна ввиду невозможности контролировать будущее и обеспечивать безопасное протекание инновационных процессов.

Безопасность требует стабильности существующего положения, ограничения и минимизации рисков. Реальная взаимосвязь между развитием и безопасностью носит сложный диалектический характер. Развитие и безопасность – это две стороны общего процесса жизни общества и государства. И, если развитие определяет стремление к более совершенному мироустройству, то безопасность призвана обеспечить развитие, защитить его от различного вида вызовов и угроз (военных, социально-политических, экономических, энергетических, экологических, техногенных и т.д.). В этих условиях сосредоточение внимания на укреплении политической, правовой, экономической интеграции в рамках ЕАЭС следует признать недостаточным без развития образовательной и научной составляющих [1].

Помимо привычного внешнего риска, продуцируемого природой, появился производный риск, продуцируемый вмешательством человека и не поддающийся прогнозированию. Отсюда вытекает постоянная необходимость поиска способов минимизации рисков и воздействия на риски в благоприятных для общественного развития направлениях.

Анализ основных процессов ЕАЭС показал, что при построении рискогенной модели данного экономического сообщества необходимо учитывать специфику истории восточноевропейских и азиатских государств, связанную с функционированием и распадом СССР. У ЕАЭС как у «общества риска» можно выделить институциональное и функциональное измерения [4]. Институциональное измерение «общества риска» отмечено тем, что:

- историко-культурный контекст реформ определен доминированием парадигмы «системной исключительности», то есть системы ценностей, ориентированной на сохранение постсоветского государственного института;
- переход стран-участниц ЕАЭС к рынку породил новые социальные и экологические риски;
- внедрение в реальную жизнь и реальную экономику инновационных технологий, особенно в сфере информатизации привело к появлению инновационных рисков и угроз (инновационные технологии в энергетике, энергетическая безопасность);
- формирование цифровой экономики и применение в жизнедеятельности общества и отдельных граждан высоких технологий и электронных услуг, что привело к развитию рисков и угроз в информационной сфере;
- форсированная маркетизация есть не что иное, как всеохватывающий социально-экономический риск;
- производство рисков, будучи делом прибыльным, стало, в конечном счете одним из ценностных ориентиров новой экономической и политической элиты;
- разрушение ценностной системы советского общества и замена ее на систему ценностей прозападного образца увеличило социальные риски;



– риск превратился в «норму» повседневной жизни. Отсюда стабильность и безопасность, а не изменение и развитие становятся главными ценностными ориентирами;

– в ходе реформ сформировалась и имеет тенденцию к институционализации обширная контр-модернизационная среда;

– наука как социальный институт находится в глубоком кризисе.

Функциональное измерение ЕАЭС определяет, что:

– демодернизация производства и общества столь же рискогенны, как и форсированная или нерелефлексивная модернизация;

– экономическая и политическая стабилизация (устойчивость) общества достигается за счет демодернизации, возврата к архаическим формам социальной организации;

– демодернизация и дезинтеграция общества сопровождаются выделением «энергии распада» (беженцы, вынужденные мигранты, бездомные, криминальные и нелегальные воинские формирования);

– «энергия распада» не отождествима с отклоняющимся поведением, хотя и может принимать его формы;

– эта энергия постепенно институционализируется в форме теневых и криминальных сообществ;

– потенциал самоорганизации общества, а вместе с ним – способность к продуцированию инициатив, снижается;

– несущая способность природной и социальной среды снижается. Эта среда все чаще выступает в качестве источника социальных рисков;

– изношенные технические системы жизнеобеспечения также повседневно чреваты рисками для здоровья и жизни;

– процессы самообучения кланово-корпоративных структур ориентированы исключительно на самозащиту. Быстро растут государственные и частные охранные структуры;

– оборонное сознание, свойственное советским временам, вновь культивируется некоторыми официальными структурами.

Риски современных обществ, входящих в состав ЕАЭС, не ограничены во времени и пространстве в силу глобализации рисков. Они охватывают природную, социальную, экономическую, политическую, энергетическую, информационную, научно-образовательную и технологическую среды. Так, развитие рисков и угроз в информационной сфере с внедрением в жизнь цифровой экономики, высоких технологий является важнейшим фактором постоянно расширяющегося внимания к проблемам информационной и инновационной безопасности. Особенно заметно рискам подвергается население в связи с широким распространением Интернета, социальных сетей, повсеместным использованием мобильных устройств. Под угрозой находятся миллионы пользователей информационно-коммуникационных технологий.

Можно выделить угрозы национальной безопасности в связи с цифровой революцией:

– кибертерроризм и кибершпионаж, ведущиеся против России США, их союзниками, а также другими странами и иностранными террористическими и преступными организациями, а также отдельными лицами и группами лиц;

– те же угрозы со стороны внутренних преступных сообществ, террористических организаций, радикальных религиозных, нацистских и прочих экстремистских группировок и антигосударственных сил;

– уход от налогообложения, незаконный вывоз капитала, отмывание преступно полученных доходов с использованием криптовалют;

– осуществление незаконной предпринимательской деятельности посредством использования сети Интернет, включая электронную торговлю и финансовые услуги [1].

Серьезной угрозой социальной безопасности признается рост безработицы в связи с роботизацией рабочих мест, автоматизацией управленческих процессов, растущим применением 3D принтеров. Но, как показывает трехсотлетний опыт современного промышленного развития, эта угроза частично нейтрализуется другими факторами. К примеру, наряду с застойной безработицей в одних отраслях, всегда есть нехватка рабочей силы в других.

Политической проблемой и риском может стать использование цифровых технологий в сфере государственного контроля. К примеру, применение технологии блокчейн делает невозможным фальсификацию регистрационных документов, подделку разрешительных документов, переделку «задним числом» проверочных актов.

Инновационные риски напрямую связаны с понятием «энергетическая безопасность», поскольку необходимо признать невозможность развития энергетического комплекса без инноваций, т.е. без использования информационно-коммуникационных технологий, нанотехнологий, разработки новых материалов, повышения надежности и эффективности энергетического оборудования, создания новых источников энергии, повышения качества человеческого потенциала, занятого в этой сфере, и т.п. [1].

Одним из положительных примеров деятельности по использованию инновационных технологий в энергетике, а, следовательно, и обеспечению энергетической безопасности государств ЕАЭС является многолетняя работа Научного Центра «Износостойкость» МЭИ, ранее НЦ «Повышения износостойкости энергетического оборудования электростанций» РАО «ЕЭС». Так, разработка и внедрение инновационных технологий: на основе использования свойств поверхностно-активных веществ (ПАВ); технологий формирования ионно-плазменных металлических покрытий в вакууме; создание теплоизоляционных конструкций на основе вакуумных микросфер и др., позволяющих существенно повышать энергоэффективность и надежность энергетического оборудования, наглядно демонстрирует крайнюю необходимость в современных экономических условиях поддержки и развития подобных инновационных центров (технопарков)

как со стороны государств ЕАЭС, так и со стороны собственников энергетических объектов.

Современные риски не предполагают наличие конкретного виновника. Как метафорически отмечают газетные издания, это риски «коллективной ответственности или безответственности». Риски не воспринимаемы органами чувств: последние воспринимаются и осмысливаются только через знание. Риски стран ЕАЭС некомпенсируемы. Например, даже сложно представить, как можно в одночасье решить проблему неудовлетворительного радиационного фона, сокращения продолжительности жизни и др. Современные риски имеют демократичный характер: в конечном счете, риск настигает тех, кто его производит. Современные риски рождают новые формы неравенства в обществе: одни производят риски, другие вынуждены их потреблять, жить в рискогенной среде. Риски не калькулируемы в соответствии с существующими правилами, пытающимися «усмирить» риск, но в итоге только лишь создающие видимость. Например, система страхования, техники безопасности и др. Производство рисков изменяет политическую систему общества.

Выделим следующие типы рисков, свойственные ЕАЭС как «обществу риска»: социогенные (порождаемые процессами жизнедеятельности самого общества, его развития, распада или перехода в качественно новое состояние); геополитические (порожденные идеологией политического режима); средовые (порождаемые самой природной средой); идеологические (порожденные приоритетом идеологии над культурой, а системы над человеком); информационные (возникающие при формировании цифровой экономики); инновационные (возникшие с внедрением в реальную и экономику инновационных технологий).

#### **Список использованных источников**

1. Бровка Г.М. Инновационное развитие и национальная безопасность. – Мн.: РИВЦ, 2017. – С. 280.
2. Гидденс Э. Судьба, риск и безопасность // THESIS, 1994. – № 5. – С. 107-134.
3. Гидденс Э. Устроение общества: Очерк теории структуризации. – М.: Академический проект, 2005. – 426 с.
4. Renn O. Concepts of Risk: A Classification // Social Theories of Risk. – N.Y., 1992. – Pp. 53–79.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

*Т.Н. Васильева, А.А. Васин*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

При ремонте и обслуживании выведенных в ремонт воздушных линий необходимо помнить об опасностях, которые создаются наведенным напряжением. Известно, что на любой ВЛ, проходящей параллельно или под углом с другими ВЛ, непрерывно наводится сторонний потенциал, обусловленный взаимным влиянием электромагнитных полей этих линий друг на друга. Значение потенциала зависит от рабочего напряжения, токов нагрузки, расстояния между фазными проводами линий и длины участка параллельного их расположения.

Актуальность проводимой работы заключается в исследовании влияния действующих линий различных классов напряжения (от 10 кВ до 110 кВ) на выведенные в ремонт линии 0,4 кВ и 0,22 кВ. Существующий стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» позволяет оценить влияние линий напряжением 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ, 500 кВ на линии 10 кВ и выше. Соответственно, существующей методики недостаточно для проводимых исследований.

Целью выполнения научно-исследовательской работы является разработка технологии измерения наведенного напряжения и количественная его оценка на отключенной линии. Работа проводится на воздушных линиях МУП «Рязанские городские электрические распределительные сети».

**Методика исследования.** На рис. 1 представлен пример совместного подвеса действующей линии напряжением 10 кВ и выведенной в ремонт линии напряжением 0,4 кВ.

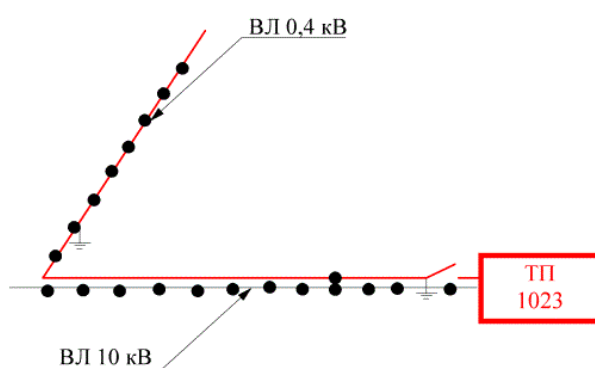


Рисунок 1 – Совместный подвес линий напряжением 10 кВ и 0,4 кВ

В ходе выполнения исследования необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическую модель функции  $F(a)$  для отключенной линии напряжением 0,4 кВ;

- выбрать схему замещения для отключенной ВЛ;

– провести расчет схемы замещения и определить величину наведенного напряжения;

– сделать выводы по итогам расчета.

В первую очередь необходимо провести расчет функции  $F(a)$  для отключенной ВЛ 0,4 кВ и влияющей ВЛ 10 кВ для различных расстояний между линиями и получить функцию, аппроксимирующую эту зависимость.

Функция  $F(a)$  является коэффициентом индуктивной связи линий (рис. 2) и имеет вид:

$$F(a) = 6,5016 \cdot e^{-0,036 \cdot a}, \quad (1)$$

где  $a$  – расстояние между линиями, м.

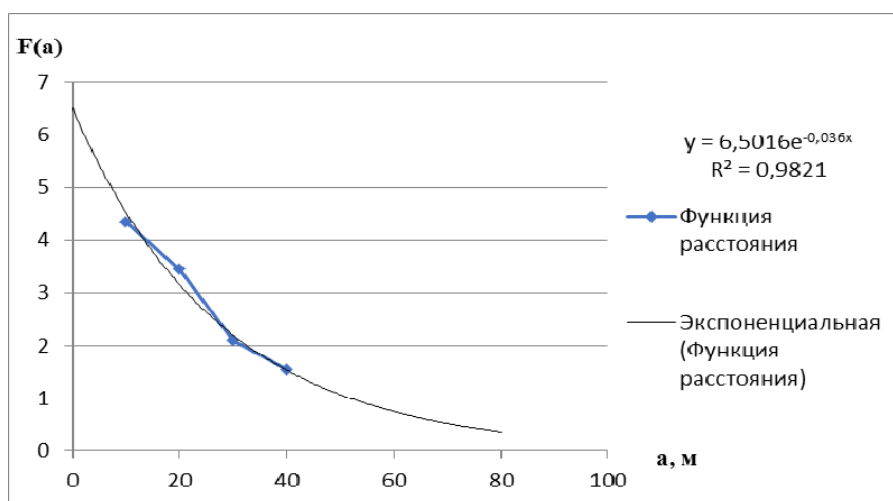


Рисунок 2 – График функции  $F(a)$  в зависимости от расстояния между линиями

В представленном нами примере расстояние между линиями составляет 1,2 м. Тогда по формуле 1 получаем:

$$F(a) = 6,5016 \cdot e^{-0,036 \cdot 1,2} = 6,227.$$

В качестве схемы замещения принимается схема с двумя заземлениями по краям исследуемого участка отключенной ВЛ (рис. 3).

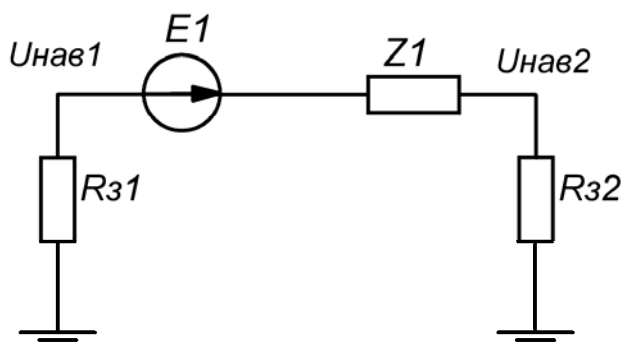


Рисунок 3 – Схема замещения отключенной ВЛ напряжением 0,38 кВ

Для количественной оценки наведенного напряжения необходимо знать сопротивление участка отключенной ВЛ  $Z_1$ , марку провода, сопротивления заземляющих устройств  $R_{з1}$  и  $R_{з2}$ , расстояние между ВЛ  $a$ , протяженность участков, влияющих ВЛ  $l$ , а также коэффициент индуктивной связи линий  $F(a)$ .

Согласно стандарту организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.018-2009, ЭДС, наводимая в отключенной линии, рассчитывается по формуле:

$$E_1 = F(a) \cdot I_1 \cdot l_1, \quad (2)$$

где –  $F(a)$  – коэффициент индуктивной связи линий;

$I$  – ток во влияющей линии, кА;

$l$  – протяженность участка влияющей ВЛ, км.

Наведенные напряжения  $U_{нав1}$  и  $U_{нав2}$  определяются как:

$$U_{нав1} = \frac{E_1 \cdot R_{з1}}{\sqrt{(R_{з1} + R_{з2})^2 + Z_1^2}}; \quad (3)$$

$$U_{нав2} = \frac{E_1 \cdot R_{з2}}{\sqrt{(R_{з1} + R_{з2})^2 + Z_1^2}}. \quad (4)$$

В ходе исследования были получены следующие результаты. Сопротивление заземления в ТП-1023  $R_{з1}=4$  Ом, сопротивление заземления на опоре  $R_{з2}=14$  Ом. Также известны сопротивление отключенной линии  $Z_1=2,86$  Ом, ток во влияющей линии  $I_1=0,1$  кА, длина совместного подвеса  $l=5$  км, коэффициент индуктивной связи  $F(a)=6,227$ . Подставив данные в формулу 2, найдем значение ЭДС, наводимой в отключенной линии:

$$E_1 = 6,227 \cdot 0,1 \cdot 5 = 3,113 \text{ В}.$$

Рассчитаем величину наведенного напряжения по формулам 3 и 4:

$$U_{нав1} = \frac{3,113 \cdot 4}{\sqrt{(4 + 14)^2 + 2,86^2}} = 0,683 \text{ В};$$

$$U_{нав2} = \frac{3,113 \cdot 14}{\sqrt{(4 + 14)^2 + 2,86^2}} = 2,391 \text{ В}.$$

Максимальное значение наведенного напряжения составляет 2,391 В и наблюдается в точке с худшим заземлением (заземление на опоре ВЛ 0,4 кВ). Минимальное значение наведенного напряжения составляет 0,683 В и наблюдается в точке с лучшим заземлением (заземляющее устройство ТП-1023).

Полученные данные фиксируем в таблице 1.

Таблица 1

Перечень ВЛ, находящихся под наведенным напряжением

ВЛ под наведенным напряжением	Класс напряжения, кВ	0,4
	Диспетчерское наименование	ТП-1023
	Участок вблизи влияющей ВЛ	Оп. ВЛ-10кВ 14,15,16 (совм. подв 1,2м)
Влияющая ВЛ	Класс напряжения	10
	Диспетчерское наименование	ТП-1023
Описание схемы заземления		На ближайшей опоре и ТП
Наибольшее значение наведенного напряжения, В		2,391
Наименьшее значение наведенного напряжения, В		0,683
Измеренное значение наведенного напряжения, В		–

Если расчетная величина наведенного напряжения составляет менее 25 В, то линия рассматривается как не находящаяся под наведенным напряжением. Измерение наведенного напряжения прибором не требуется.

**Выводы:**

- 1) функция  $F(a)$  для 1,2 м. имеет значение 6,227;
- 2) ВЛ напряжением 0,4 кВ, отходящая от ТП-1023, не находится под наведенным напряжением.

Для уменьшения наведенного напряжения в случае, если его величина превышает 50 В, предлагаются следующие мероприятия:

- уменьшение сопротивления заземляющего устройства на опорах 0,4 кВ;
- увеличение сечения провода отключенной ВЛ с целью уменьшения его сопротивления;
- при проектировании новых линий увеличить расстояние между линиями для повышения энергоэффективности.

**Список использованных источников**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.

2. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС»: Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. – М: ВЛ-спецэнерго, 2009. – 27 с.

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКОРОСТНОГО  
ГОРЯЧЕГО ВЫДАВЛИВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО  
СТЕРЖНЕВОГО ИНСТРУМЕНТА**

*И.В. Качанов, В.В. Власов, С.А. Ленкевич, М.В. Кудин  
Белорусский национальный технический университет  
Белорусская государственная академия авиации*

**Ключевые слова:** *биметаллические стержневые детали, штамповая оснастка, метод скоростного горячего выдавливания.*

Высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами. Нами были проведены экспериментальные исследования возможности получения биметаллических стержневых деталей штамповой оснастки скоростным горячим выдавливанием в режиме высокотемпературной термомеханической обработки с целью экономии штамповых сталей и повышения качества полученных изделий.

В настоящее время остро стоит вопрос создания современных, оснащенных прогрессивными техпроцессами и оборудованием, специализированных предприятий по проектированию и изготовлению высококачественной технологической оснастки и инструмента. Как показывает мировой промышленный опыт, машиностроительным предприятиям необходимо применять инструмент, штампы и пресс-формы качеством на порядок выше, чем выпускаемая продукция. Это связано с усложнением выпускаемой продукции и сокращением ее жизненного цикла в соответствии с требованиями рынка.

Благодаря ряду преимуществ, (адиабатные условия протекания процесса, снижение контактного трения, благоприятное действие сил инерции, способствующие лучшему заполнению матричной полости и т.д.) процессы скоростного формоизменения, особенно скоростного горячего выдавливания (СГВ), создают эффективные условия для обработки малопластичных и труднодеформируемых материалов, широко используемых в инструментальном производстве [1, 2]. В связи с тем, что высокоскоростная штамповка обеспечивает получение точных заготовок с повышенными механическими свойствами, она может быть использована как технологический процесс изготовления стержневых деталей штамповой оснастки [3, 4].

В БНТУ на кафедре «Кораблестроение и гидравлика» разработаны техпроцессы создания биметаллического стержневого инструмента, предназначенного для осуществления операций горячей и холодной штамповки [5].

Существенным инновационным моментом в разработанных техпроцессах является формирование сварного соединения разнородных сталей на основе диффузионного переноса легирующих элементов в зоне соединения, что обеспечивает высокое качество и прочность соединения [6].



Для проведения исследований использовались составные заготовки, состоящие из композиций сталей 40X+5XНМ и 40X+45X3В3МФС (ДИ23). Формообразование и соединение разнородных металлов осуществляли в конических разъёмных полуматрицах специальной конструкции по новому запатентованному способу изготовления стержневых деталей за счет совместного скоростного пластического истечения обоих металлов в осевом направлении с последующим затеканием в кольцевую канавку, расположенную на расстоянии от донной части на высоте  $\lambda l$ , пропорциональной высоте рабочей части составной заготовки и коэффициенту вытяжки  $\lambda$ , который принимал значения  $\lambda=2-5$  [7, 8].

При совмещении процессов СГВ биметаллических изделий и режима ВТМО в первую очередь необходимо установить температурный режим, который обеспечит термическую активацию для качественного соединения двух сталей и полное растворение карбидов легирующих элементов в аустените, что обеспечит высокую твердость и требуемые механические свойства.

Для композиции сталей 40X+5XНМ температурный интервал штамповки, обеспечивающий наилучшую пластичность составляет:

$$40X - T_{ш1} = 800-1250^{\circ}\text{C}; 5XНМ - T_{ш2} = 850-870^{\circ}\text{C}$$

Температуры критических точек  $A_{c3}$ , обеспечивающие проведение полной закалки составляют:  $782^{\circ}\text{C}$  (40X);  $780^{\circ}\text{C}$  (5XНМ). Следовательно, с учетом подстуживания заготовки при переносе в штамп, оптимальная температура нагрева составной заготовки в печи должна составлять  $T_{з1} = 1150^{\circ}\text{C}$  и время нагрева 1 мин на 1 мм сечения образца.

Некоторые результаты формообразования и полученных соединений из разнородных металлов представлены на рис. 1.

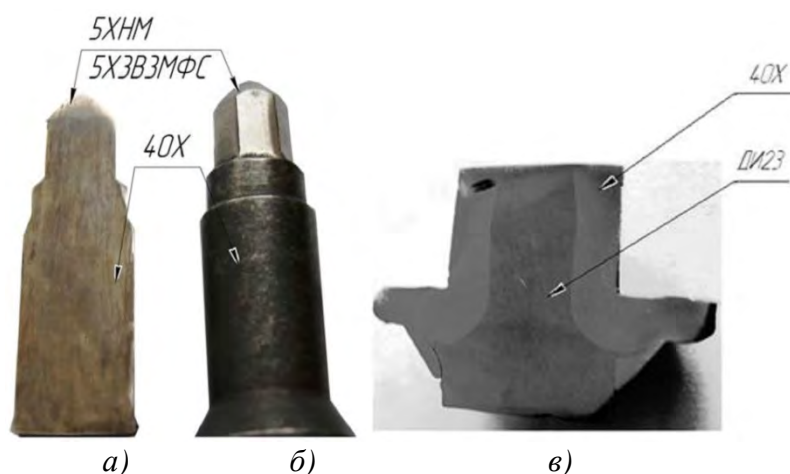


Рисунок 1 – Вид продольных шлифов (а, в) и поковки биметаллического пуансона (б) после скоростного выдавливания при  $V_0 = 70-80$  м/с,  $T_0 = 1150 \pm 20^{\circ}\text{C}$ ;  $\lambda=2$  и 5 (а, б);  $\lambda=3$  (в)

Из рассмотрения на рис. 1 продольных шлифов, изготовленных из биметаллических образцов, которые были отштампованы по схеме скоростного горячего выдавливания в разъёмных полуматрицах, хорошо вид-

ны четкие, контрастные границы соединения разнородных металлов как в поперечном (рис. 1а), так и в осевом (рис. 1в) направлениях.

Исследования сварного соединения биметаллического пуансона, на качество шва, проводилась на рентгеноскопической системе контроля качества X-CUBE contrast. Рентгенограммы стержневой части биметаллического образца представлены на рис. 2.

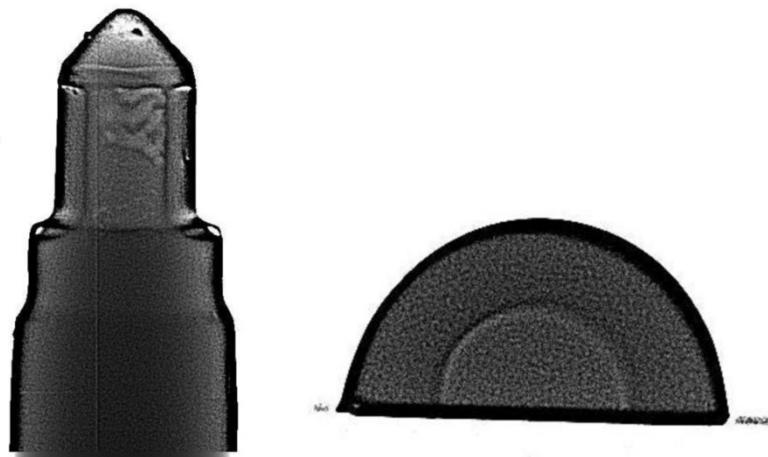


Рисунок 2 – Рентгенограмма биметаллических образцов, полученных при выходном напряжении и токе равных 198 kV-6,3 mA; режимы изготовления образцов  $V_0 = 70-80$  м/с,  $T_0 = 1150 \pm 20^\circ\text{C}$

Как видно из рис. 2, образцы имеет четко выраженную однородную структуру в зоне сварного соединения с отсутствием окисных включений, что благоприятно сказывается на эксплуатационных и физико-механических характеристиках биметаллического инструмента, предназначенного, как для металлообработки.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- разработаны технологические процессы создания биметаллического стержневого инструмента, предназначенного для осуществления операций горячей и холодной штамповки;

- установлена возможность получения качественного биметаллического соединения при деформировании со скоростью  $V_0 = 70-80$  м/с и температуре составной заготовки  $T = 1150 \pm 20$  °С, которое формируется при совместном пластическом течении на поверхности контакта двух частей заготовки с удалением поверхностных оксидных пленок.

#### **Список использованных источников**

1. Качанов И.В. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий / И.В. Качанов; под ред. Л.А. Исаевича. – Мн.: Технопринт, 2002. – 327 с.

2. Здор Г.Н. Технологии высокоскоростного деформирования материалов / Г.Н. Здор, Л.А. Исаевич, И.В. Качанов. – Мн.: БНТУ, 2010. – 456 с.

3. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий с плакированием торцевой части / И. В. Качанов [и др.]. – Мн.: БНТУ, 2011. – 198 с.

4. Голованенко С.А. Производство биметаллов / Л.В. Меандров. – М.: Металлургия, 1966. – 153 с.

5. Качанов И.В., Здор Г.Н., Исаевич Л.А., Шарий В.Н. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий с плакированием торцевой части. – Мн.: БНТУ, Техническая литература, 2011. – 198 с.

6. Капранов В.Н. Особенности высокоскоростного горячего выдавливания формовочного инструмента повышенной точности / В.Н. Капранов, В.Я. Осинных // Повышение качества и эффективности изготовления технологической оснастки методами пластического деформирования / Сборник тезисов всесоюзной научно-технической конференции. – Таллин, 1977. – С. 125-129.

7. Способ изготовления стержневой детали; МКИ В21 J 5/00 / И.В. Качанов, В.Н. Шарий, М.В. Кудин, В.В. Власов, С.А. Ленкевич, А.А. Рубчеля; заявитель БНТУ, заявка № а20140489; заявл. 16.09.14.

8. Качанов И.В. Способ штамповки деталей со стержнем: пат. 18113 Респ. Беларусь, МКИ В 21 J 5/00 / И.В. Качанов, Г.Н. Здор, Л.А. Исаевич, В.Н. Шарий, М.В. Кудин, В.В. Власов; заявитель БНТУ. – № А20110844; заявл. от 16.06.2011 г; опубл. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014.

УДК 621.31

## **«УМНЫЕ» ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

*Л.К. Галимова*

*Научный руководитель – Юдина Н.А.*

*Казанский государственный энергетический университет*

Smart Grid («умные сети») – это система передачи электроэнергии от производителя к потребителю, которая самостоятельно распределяет и отслеживает потоки электричества для достижения максимальной эффективности использования энергии. Применяя инновационные информационные и коммуникационные технологии, всё оборудование «умных сетей» взаимодействует друг с другом, образуя единую интеллектуальную систему энергоснабжения.

Современный подход формирования электроэнергетики в соответствии с концепцией Smart Grid основан на целостной системе подходов, принципов и инструментов создания технологической базы с целью преобразования электроэнергетической отрасли в соответствии с растущими требованиями к энергетической и экологической эффективности экономики.

Концепция «умные сети» основана на внедрении в электроэнергетике следующих инновационных технологий:

1) «интеллектуальный учет» (многоотраслевые приборы учета, автоматическое снятие показаний, дистанционное управление приборами учета, двусторонняя коммуникация, системы управления данными учета);

2) «интеллектуальная сеть» (удаленное автоматическое управление сетью, учет и анализ технических нарушений, оптимизация потерь электроэнергии, оптимальное построение сети);

3) «энергоэффективность» (хранение электроэнергии, управление регулированием нагрузки, интервальная тарификация, формирование культуры энергопотребления);

4) «потребительские технологии» (интеллектуальные бытовые приборы, электромобили, многоканальная доступность информации).

Концепция формирования Smart Grid в области организации «интеллектуального учета» получила государственную поддержку и в Российской Федерации, что закреплено в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

С экономической точки зрения внедрение технологий концепции Smart Grid в российской электроэнергетике рассматривается как средство увеличения экономической и энергетической эффективности экономики. Так, для России можно отметить следующие факторы, стимулирующие внедрение технологий концепции Smart Grid:

1) регулирование спроса на электроэнергию и снижение ее издержек в электрических сетях;

2) значительное увеличение пропускной способности действующих и новых линий электропередачи;

3) наиболее точный мониторинг и регулирование режимов потребления электроэнергии;

4) снижение площади земель, отводимых под электросетевые коммуникации.

Осуществление крупномасштабных проектов в области разработки, финансирования, практического внедрения и сопровождения инновационных решений в области «интеллектуальных электросетей», включающих проблемы увеличения эффективности системы «производство – передача – потребление» электроэнергии, должна реализовываться на базе формирования государственно-частного партнерства, которое обеспечит правовую, экономическую и научно-техническую поддержку развития не только электроэнергетики, но многих других высокотехнологичных отраслей российской экономики.

Формирование государственно-частных партнерств по реализации инновационных проектов в области практического использования «интеллектуальных электросетей» даст возможность: энергетическим фирмам – уменьшить потери электроэнергии и улучшить управление активами; конечным потребителям – увеличить безопасность энергоснабжения и общий уровень обслуживания; органам, регулирующим энергетический рынок –

совершенствовать процессы управления энергосистемой, системы поставок и учета электроэнергии, уменьшить ее потери; органами государственной власти – обеспечить рост ВВП и новые рабочие места, уменьшить цены на электроэнергию.

Переход к инновационному варианту развития на основе интеллектуальной энергетики будет сопровождаться существенным уменьшением вводов новых электростанций и связанных с ним сетевых объектов для выдачи мощности. Вследствие, чего снижение капиталовложений является наиболее значимым системным экономическим эффектом.

Следующим наиболее крупным эффектом является снижение топливных расходов электростанций. Дополнительный эффект может быть достигнут с учетом экономической стоимости выбросов парниковых газов.

В качестве примера рассмотрим моделирование внедрения умных сетей на территории единой энергетической системы (ЕЭС) Российской Федерации.

Для предварительной оценки возможных системных эффектов в ЕЭС России при создании интеллектуальной электроэнергетики были использованы данные по результатам пилотных проектов Smart Grid, осуществление которых начата в разных странах. Следует выделить, что согласно многим причинам сохраняется крайне высокая неопределенность ожидаемых результатов от внедрения элементов Smart Grid. Результаты представлены ниже на рис. 1:

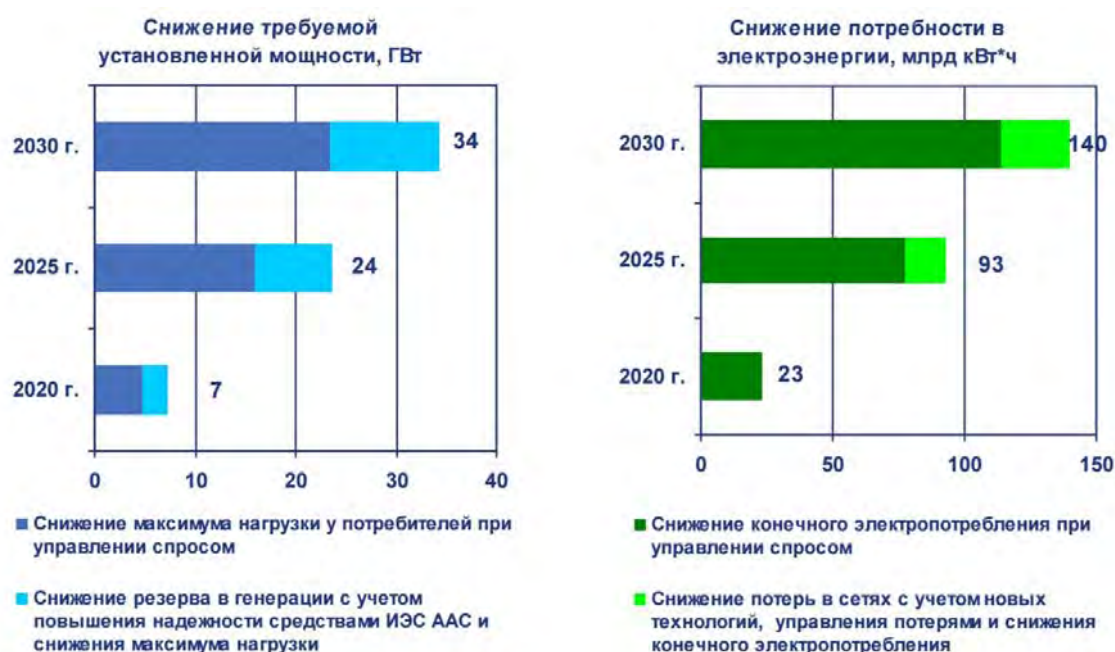


Рисунок 1 – Количественная оценка изменения балансовых условий в ЕЭС России при развитии интеллектуальной энергетики

Сравнение экономических результатов и необходимых затрат на формирование «умной сети» показывает, что уже к 2030 г. экономические выгоды от реализации проекта интеллектуальной энергетики в масштабе ЕЭС Рос-

сийской Федерации окажутся сопоставимыми с необходимыми капиталовложениями (рис. 2):



Рисунок 2 – Характеристика затрат и эффектов создания интеллектуальной энергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) в электроэнергетике России до 2030 г., млрд руб. на 2017 г.

Актуальность инновационного развития российской электроэнергетики на основе интеллектуальной энергосистемы обусловлена низким потенциалом увеличения производительности применения энергоресурсов (возможности увеличения производительности оборудования практически исчерпаны) и ограниченностью инвестиционных ресурсов.

Фактически Smart Grid объединяет в себе новые коммуникационные и энергоэффективные технологические процессы и является элементом глобальной программы интеграции во всеобщую систему применения возобновляемых источников энергии. В концепции Smart Grid рассматриваются возможности объединения систем накопления энергии и распределенных генерирующих мощностей, а также формирования всеобщей сенсорной сети, позволяющей осуществлять мониторинг и оптимизацию локальных процессов производства и потребления электроэнергии.

В связи с этим использование технологий «умные сети» преследует целью обеспечения надежности и увеличения производительности функционирования всего электросетевого комплекса. В целом же решение задач энергосбережения и увеличения энергетической эффективности экономики на основе этой концепции даст возможность упростить процессы продвижения и распространения инновационных энергосберегающих технологий, а также нормализовать технологические регламенты и методики энергетического анализа и аудита.

## **ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38/10 КВ МУП РГРЭС**

*Т.Н. Васильева, О.А. Доронкин*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

Наведенное напряжение – это разность потенциалов между проводящими частями электроустановок (ВЛ или оборудованием ПС) и точкой нулевого потенциала, возникающие вследствие влияния электромагнитного поля действующего электрооборудования на электроустановки, находящиеся в непосредственной близости.

Наведенное напряжение является очень опасным, так как отсутствует реакция аппаратуры защиты на данное напряжение. При попадании человека под наведенное напряжение, он будет находиться под опасным влиянием, пока его не эвакуируют.

Наведенное напряжение характеризуется тремя составляющими влияния:

1. Емкостное влияние. Это тип влияния, при котором на отключенной и выведенной в ремонт ВЛ возникает электрический заряд под действием электрического заряда ВЛ, находящейся под рабочим напряжением. Данное влияние полностью исчезает после заземления (с малым сопротивлением) отключенной линии хотя бы в одной точке.

2. Кондуктивное влияние. Данный тип влияния возникает на отключенной ВЛ при обрыве провода на действующей ВЛ, пересекающей отключенную, в месте пересечения. Проявление данного влияния весьма редко, но оно является наиболее опасным из-за возникновения больших напряжений прикосновения к заземленным опорам и механизмам.

3. Индуктивное влияние. Оно проявляется в появлении на отключенной ВЛ продольной ЭДС от переменного магнитного поля действующей ВЛ. Наличие поперечно емкостных и активных сопротивлений приводит к появлению напряжений «провод – земля». Индуктивное влияние возникает как на разземленной, так и на заземленной отключенной ВЛ. Индуктивное влияние создает напряжение на ВЛ при любых схемах заземления и без заземления проводов отключенной ВЛ.

Изучение проявления данных явлений необходимо начать с определения линий, находящихся под наведенным напряжением.

**Воздушная линия под наведенным напряжением** – ВЛ и ВЛС, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока и на отключенных проводах которых при различных схемах их заземления и при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ наводится напряжение более 25 В.

По заданию МУП РГРЭС необходимо исследовать линии, находящиеся под наведенным напряжением. Были предоставлены перечни данных

линий. В них представлены 39 линий, их наименования и характеристики, а также наименования наводящих линий.

Цель работы является выбор наиболее безопасного и информативного метода измерения наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ.

#### **Задачи работы:**

- выбор методики измерения наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ;
- выбор приборов для измерения наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ;
- составление методических указаний по измерению наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ, обслуживаемых МУП «РГРЭС».

Методика исследования наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ. Измерение наведенного напряжения необходимо производить в местах, где значения наведенных напряжений наибольшие, а именно: в начале и конце ВЛ; в местах разделения двухцепных ВЛ на одноцепные; в точках, где изменяется расположение воздушных линий относительно друг друга; в местах транспозиции отключенной или наводящей ВЛ (рис. 1).

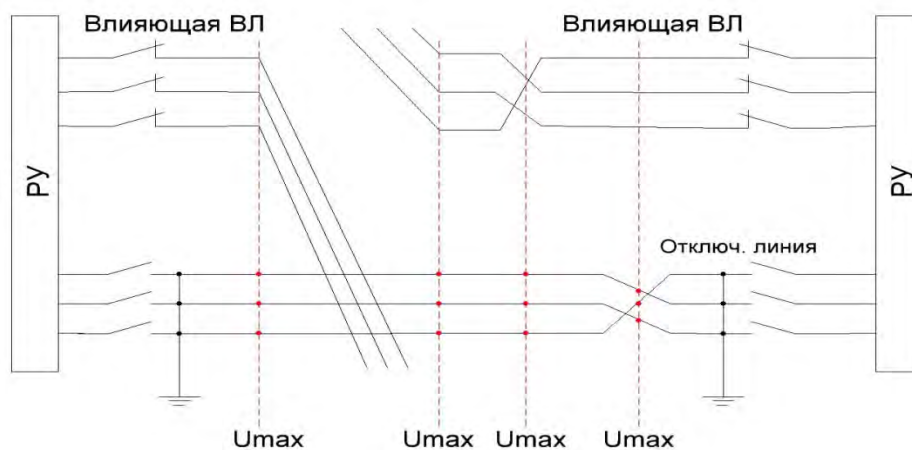


Рисунок 1 – Максимальные значения наведенного напряжения

Согласно первому методу измерения наведенного напряжения на отключенной ВЛ проводятся при нормальном режиме работы влияющей линии в период передачи наибольшей мощности. При прохождении отключенной ВЛ и ВЛС вблизи нескольких влияющих линий основное влияние на значение наведенных напряжений оказывает, как правило, линии, ближайšie к отключенной ВЛ и ВЛС, а в отдельных случаях – линии, более удаленные, но с наибольшей токовой нагрузкой. До начала измерений воздушная линия, на которой предусматривается проведение измерений, должна быть отключена и заземлена по концам (в РУ). В местах отключения должны быть заземлены все три фазы ВЛ. В общем случае измерения на отключенной ВЛ производятся с заземлением на месте измерения одновременно всех трёх фаз; при этом все установленные в месте измерения переносные заземления должны быть присоединены к одному и тому же заземлителю (опоре, заземляющему спуску) (рис. 2).



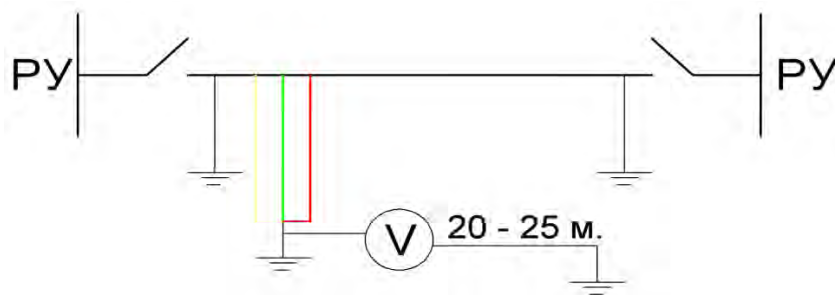


Рисунок 2 – Измерение по первому методу

Наведенное напряжение находится по формуле:

$$U_{\text{навед.макс.}} = U_{\text{навед.изм.}} \cdot \frac{I_{\text{нб}}}{I_{\text{факт}}}, \quad (1)$$

где –  $U_{\text{навед.изм.}}$  – измеренное напряжение, В;

$I_{\text{нб}}$  – наибольший рабочий ток влияющей ВЛ, А;

$I_{\text{факт}}$  – ток нагрузки влияющей ВЛ при измерении, А.

Данный метод не подходит, так как требуется более точное определение воздействия, при условии, что количество наводящих линий более одной, а также определение наведенного напряжения в каждом фазном проводнике.

Второй метод – измерение наведенного напряжения при различных схемах заземления (рис. 3).

ВЛ отключается и заземляется, устанавливается переносное заземление на рабочем месте (в целях безопасности в рамках подготовки рабочего места), на диэлектрический коврик устанавливается переключатель и измерительные приборы, на расстоянии не менее 20 метров от опоры и других заземляющих устройств в землю загибается измерительный электрод, собирается схема (рис. 3).

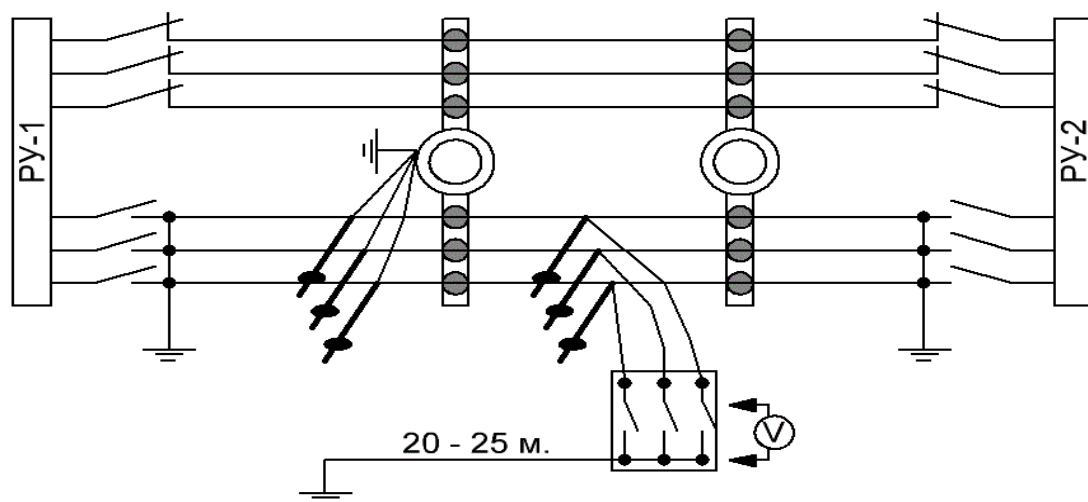


Рисунок 3 – Измерение наведенного напряжения при различных схемах заземления

Заземленные измерительные провода подключаются к проводам ВЛ, снимается переносное заземление, установленное на рабочем месте, с использованием изолирующих штанг и переключателя выполняется отключение заземления измерительных проводов и их поочередное соединение с измерительным прибором. Перебором вариантов заземления или разземления проводов и подключения измерительного прибора выбирается схема с максимальным значением наведенного напряжения.

Для определения значения наведенного напряжения при различных схемах заземления и без заземлений ВЛ продолжают в следующем порядке:

1. отключается заземление в первом РУ и проводится измерение наведенного напряжения по схеме без заземления в первом РУ;
2. отключается заземление во втором РУ и проводится измерение на незаземленной ВЛ при помощи киловольтметра;
3. включается заземление в первом РУ, проводится измерение наведенного напряжения по схеме без заземления во втором РУ.

На ВЛ, имеющих более двух РУ, измерение выполняется аналогично.

По окончании измерения рассчитывают значение наведенного напряжения при наибольшем рабочем токе влияющей ВЛ:

$$U_{\text{макс.}} = U_{\text{изм.}} \cdot \frac{I_{\text{макс.}}}{I_{\text{ном.}}}, \quad (2)$$

где –  $U_{\text{изм.}}$  – измеренное напряжение, В;

$I_{\text{ном.}}$  – ток нагрузки влияющей ВЛ в момент измерения, А;

$I_{\text{макс.}}$  – наибольший рабочий ток влияющей ВЛ, А

При прохождении ВЛ в коридоре нескольких влияющих ВЛ:

$$U_{\text{макс.}} = U_{\text{изм.}} \cdot \frac{I_{\text{общ.макс.}}}{I_{\text{общ.ном.}}}, \quad (3)$$

где –  $I_{\text{общ.макс.}}$  – сумма максимально возможных значений токов, протекающих по влияющим ВЛ, А. Рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{общ.макс.}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{макс.}i}, \quad (4)$$

где –  $I_{\text{общ.ном.}}$  – сумма максимально возможных значений токов, протекающих по влияющим ВЛ, А. Рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{общ.ном.}} = \sum_{i=1}^n I_{\text{ном.}i}. \quad (5)$$

Для измерения наведенного напряжения в сетях напряжением 0,38/10 кВ был выбран второй метод, удовлетворяющий необходимой информативности. В качестве прибора измерения будет использован ИНН-15 (рис. 4).



Рисунок 4 – Измеритель наведенного напряжения ИНН-15

Составление методических указаний по измерению наведенного напряжения в сетях напряжением 0,38/10 кВ.

Измерения производятся на отключенной ВЛ, с заземлением фаз в РУ. Перед началом измерений (в целях безопасности) устанавливается переносное заземление. В момент измерения прибором ИНН-15 переносные заземления должны быть отключены. Все измерения производятся в соответствии со вторым методом.

Результаты работы:

- улучшение условий труда персонала, эксплуатирующего линию;
- выбрана методика измерения наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ;
- выбран современный прибор измерения – ИНН-15;
- составлены методические указания по измерению наведенного напряжения в сетях напряжением 0,38/10 кВ.

#### **Список использованных источников**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.

2. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС»: Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. – М: ВЛ-спецэнерго, 2009. – 27 с.

3. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок РД 153-34.0-03.150-00, ПОТ Р М-016-2001.

4. Стандарт организации «М.СПО. ОРГРЭС»: Методические указания по измерению наведенного напряжения. –М: ПЭВМ, 1993 г. –12 с.

**ВЕНЧУРНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ  
ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ**

*К.В. Дробышева, Д.Р. Сычѳв, М.В. Журкевич  
Белорусский национальный технический университет*

В наше время в высокоразвитых странах широкое распространение получает венчурное финансирование. Его суть заключается в долгосрочных (5-7 лет) высокорисковых инвестициях частного капитала в акционерный капитал вновь создаваемых малых высокотехнологичных перспективных компаний, ориентированных на разработку и производство наукоѳмких продуктов, для их развития и расширения, с целью получения прибыли от прироста стоимости вложенных средств.

Главная проблема молодых фирм, которые внедряют инновации, – отсутствие уверенности в том, что их начинания увенчаются успехом. Из-за высоких рисков, которым подвергаются подобные компании, им крайне сложно получить кредиты. Дополнительные трудности возникают также из-за того, что потенциальные инвесторы далеко не всегда полностью осведомлены о проектах, которые запланировали новаторы. Однако такие компании все же могут получить необходимые средства. Для этого им нужно прибегнуть к венчурному финансированию.

Характерные особенности венчурных инвестиций: инвестиции предоставляются новым компаниям или уже существующим, но обладающими существенным потенциалом роста; одним из основных критериев целесообразности предоставления венчурных инвестиций является опыт менеджеров проекта (и, разумеется, грамотно составленный бизнес-план), так как никаких «железных» гарантий успешности развития финансируемого проекта, в принципе, быть не может; средний предполагаемый срок окупаемости проекта обычно составляет 3-7 лет; разившись в полную силу, проект, под который изначально привлекались венчурные инвестиции, переходит на другие источники финансирования; средний размер венчурных инвестиций составляет \$500 тыс. – \$5 млн. [1].

История венчурного финансирования зародилась в США. Ее основателем принято считать генерала Джорджиза Дориота. В 1946 году Дориот основал Американскую Корпорацию Исследований и Развития (АКИР), величайшим успехом которой стала Диджитал Эквипмент Корпорейшн. Когда Диджитал Эквипмент разместила свои акции на бирже в 1968 году, она обеспечила АКИР рентабельность 101 % в год. 70 тысяч долларов, которые АКИР инвестировала в Диджитал Корпорейшн в 1959 году, имели рыночную стоимость 37 миллионов долларов в 1968 году. Принято считать, что первой компанией, которая была создана венчурным финансированием, является Фэйрчайлд Семикондактор, основанная в 1959 году фирмой Венрок Эсоушиэйтс.

Развитие Силиконовой долины оказало непосредственное влияние на становление венчурного финансирования. Во время 60-х и 70-х гг. XX в. венчурные фирмы сфокусировали свои инвестиции главным образом на компаниях на начальной стадии развития и на стадии расширения. Как правило, эти компании использовали достижения в электронных и информационных технологиях, а также в технологиях в области медицины. В результате, венчурное финансирование стало синонимом финансирования технологий. В 1974 году венчурные фирмы пережили временный спад из-за того, что рухнула фондовая биржа, и, естественно, инвесторы настороженно относились к этому новому типу инвестиционного фонда. Показатели 1978 года стали рекордно высокими для венчурного капитала. Доходы этой индустрии в 1978 году составил 750 миллионов долларов [2].

Самым успешным проектом за всю историю венчурного инвестирования является компания Cisco Systems, один из мировых лидеров производства сетевых маршрутизаторов и телекоммуникационного оборудования. В 1987 году Дон Валентин приобрел за 2,5 млн. долларов пакет акций Cisco. Через год стоимость его пакета составила 3 млрд. долларов. Кроме этого, такие компании, как Microsoft, Intel, Apple Computers, Sun Microsystems, на этапе их возникновения были профинансированы именно венчурными фондами [3].

На сегодняшний день большой популярностью пользуется криптовалюта. Наиболее ярким представителем рынка криптовалют является биткоин.

Биткоин является одним из самых ярких примеров венчурной сделки. На сегодняшний день в мире существует более 800 криптовалют. Торговля криптовалютой обладает существенным риском. Ее стоимость не обеспечивается никаким государством или центральным банком, способным повысить ликвидность и доступность на рынке. Виртуальная валюта обладает риском полного обесценения в случае потери доверия к ней пользователей, которое может быть подорвано действиями разработчиков, изменением программной поддержки, появлением альтернативных валют, ограничениями и запретами на криптовалюты, вводимыми различными государствами. Кроме того, доверие к валюте может снизиться из-за системных технических проблем, действий хакеров. Ввиду этого при торговле криптовалютой существует высокий риск и возможность потерять все вложенные в него средства [4].

Несмотря на множество рисков, связанных с нестабильностью биткоина, люди продолжают вкладывать деньги в виртуальную валюту, что способствует дальнейшему развитию венчурного финансирования.

Развитие венчурной экосистемы в Республике Беларусь – один из способов, стимулирующих развитие новых сегментов и отраслей. С этой целью в 1998 г. был создан Белорусский инновационный фонд.

БИФ – государственная организация, подведомственная структура Государственного Комитета по науке и технологиям. Это не венчурный фонд, но до недавних пор он был единственным, кто содействовал иннова-

ционному развитию белорусской экономики — прежде всего, за счёт финансовой поддержки проектов.

По инициативе БИФ, озвученной в 2015 году, был создан Белорусско-российский венчурный фонд. Формирование фонда ориентировано на то, чтобы внедрять в РБ современные рыночные механизмы финансирования инновационных проектов. Объём фонда составляет 25 млн долларов США. Вклады сделаны с двух сторон по 50%, с российской стороны партнёрами выступили российская венчурная компания и её дочерняя компания Инфрафонд РВК. Договор инвестиционного товарищества подписан в конце декабря 2016 года, фонд на данный момент создан в российской юрисдикции, на территории Российской Федерации [5].

Рассмотрев вопрос о развитии венчурного капиталовложения, плюсы и минусы венчурных сделок, мировой опыт финансирования, мы пришли к выводу, что рост популярности криптовалюты, разработка инновационных проектов, поиски новых путей сотрудничества Белорусского инновационного фонда с другими странами способствует прогрессированию и закреплению венчурного финансирования в качестве основного способа привлечения инвестиций.

#### **Список использованных источников**

1. Нехорошев Л.Н. Венчурные фонды как инструмент привлечения инвестиций в высокотехнологичный сектор / Л.Н. Нехорошев, С.А. Егоров // Материалы X Международного симпозиума «Технологии – Оборудование – Качество». Минск, 15-18 мая 2007 г.

2. Ивина Л.В., Воронцов В.А. Терминология венчурного финансирования. Учебное пособие для вузов. – М.: Академический проект, 2002. – 256 с.

3. Ягудин С.Ю. Венчурное предпринимательство – М.: Книга по Требованию, 2011. – 256 с.

4. История создания Биткоина [электронный ресурс]. URL: <http://finansy.name/kriptovaljuta/istorija-sozdaniya-bitkoina.html>

5. Белорусский инновационный фонд. [электронный ресурс]. URL: <http://startuplelife.by/bventure-four.html>

УКД 334.7.021

#### **КЛАСТЕРИЗАЦИЯ.**

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛИТИКИ**

*Д.С. Завацкая, Л.А. Чайка, М.В. Журкевич*

*Белорусский национальный технический университет*

Повышение конкурентоспособности национальной экономики является главным приоритетом социально-экономической политики всех государств. Одной из современных концепций повышения конкурентоспособности национальной экономики является кластерная. Она основана на государственном стимулировании создания и развития кластеров в стране.

По опыту развитых стран, благодаря кластеризации усиливается конкурентоспособность и ускоряется инновационная деятельность. Поэтому базовым элементом успешных стратегий развития большинства стран является повышение конкурентоспособности посредством кластерных инициатив.

Процедура создания кластеров имеет два условия:

– она должна привлечь представителей республиканской, региональной и местной власти, которые, имея свои интересы в ходе развития территорий, обладают достаточными рычагами (правовыми, финансовыми, административными) для влияния на ситуацию в регионе;

– к процессу работы над созданием кластеров в регионе должна быть подключена общественность в лице представителей предприятий, населения, общественных организаций.

В состав кластера могут входить не только промышленные предприятия, но и финансовые и инвестиционные компании, в том числе специализированные инвестиционные банки и лизинговые компании.

Кластер, являясь социально-экономическим явлением и территориально-хозяйственной системой, имеет свои преимущества и недостатки. Что касается преимуществ:

1) существует возможность экономии ресурсов благодаря проведению совместных мероприятий участников кластера;

2) координирование действий участников кластера по согласованным направлениям коллективной деятельности;

3) формулирование и продвижение совместных интересов соучастников кластера при взаимодействии с государственными органами и другими участниками рынка.

4) стимулирование развития малого и среднего бизнеса в регионах;

5) рост экспорта в международном кластере;

6) увеличение занятости, повышение доходности регионального производства.

Из недостатков:

1) в меру сложное управление, сосредоточение, координация и согласование интересов участников кластера;

2) вероятность утраты индивидуальных конкурентных преимуществ;

3) вероятность усиления зависимости от более высокоразвитых и экономически стабильных участников кластера.

На данный момент под кластерной политикой понимаются меры, направленные на повышение конкурентоспособности кластеров данного региона путем вовлечения в данный процесс фирм кластера, а также государственных структур и научных институтов. Кластерная политика во многом определяет микроэкономическую политику государства, и при ее разработке учитываются региональные, инвестиционные и другие аспекты, влияющие на развитие малого и среднего бизнеса.

Использование кластерного подхода является обоснованным этапом в развитии экономики, а его распространение можно рассматривать в каче-

стве основной черты всех высокоразвитых экономик. Объединение в кластер создает преимущества как для самих субъектов кластера, так и для региональной и национальной экономики в целом. Мировой опыт демонстрирует роль кластеров в экономическом развитии и повышении конкурентоспособности региональных и национальных экономик, что подтверждается следующими обстоятельствами:

- кластеры способствуют активизации инновационной деятельности, а инновации являются важным фактором повышения конкурентоспособности;
- кластеры способствуют росту ВВП/ВНП и налоговых поступлений в бюджеты, что означает возникновение совместных с членами кластера инвестиций, в том числе привлечения иностранных инвестиций, привлечения средств местных бюджетов для финансирования инновационных проектов развития технологий и инфраструктуры в рамках проектов государственно-частного партнерства, взаимного кредитования участников кластера, а также взаимных гарантий и поручительств в случае устойчивых долговременных кооперационных связей.

Типология кластеризации экономики России строится на формировании базовых типов кластеров (промышленного, инновационного, туристического, инфраструктурного, образовательного) и тех видов кластерно-организованных групп предприятий и организаций, кооперирующихся на основе межкластерного взаимодействия.

Кластерная координация инфраструктурных предприятий, обеспечивающая не только выполнение каждой отрасли и предприятиями своих непосредственных функций, но и за счет координации усилий (эффекта кластера), обеспечивающих снижение финансовых потерь и рост качества жизни.

Задача повышения веса и значения России в мировой экономике и политике побуждает ее искать и формировать альянсы с другими государствами, которые способствовали бы утверждению многополярности мира и успешности развития России, ее конкурентоспособности и устойчивости. Поиск выгодного партнерства имеет основания – наша страна является одной из мировых держав со значительным потенциалом.

В этом процессе оправдано и необходимо использование не только традиционных, например, межгосударственных форм сотрудничества, но и новых форм кооперации, характерных для современной глобальной экономики, таких как кластеры, сети и т.д. Недаром западные аналитики включают в свое рассмотрение и Российскую Федерацию (сопредельные этому региону области). Экономическое и политическое мышление в условиях глобализации выходит за узкорегionalные или национальные рамки, потому что появляются новые эффективные формы кооперации и интеграции. К ним относятся и кластеры.

Формирование же международных кластеров будет способствовать повышению конкурентоспособности союзных государств России, Беларуси за счет развития предпринимательства и обеспечения занятости; организации новых бизнесов в рамках кластеров, а также благодаря реализации сотрудни-



чества в сфере науки и образования. Международные кластеры обеспечат рост экспорта в наших странах посредством реализации совместных программ маркетинга и сбыта продукции в третьих странах; активизируют инновационно-инвестиционную деятельность в результате совместных инвестиционных проектов кластеров в рамках государственно-частного партнерства, привлечения иностранных инвестиций; активизируют деловую активность в трансграничных регионах посредством реализации программ трансграничного сотрудничества кластеров.

#### **Список использованных источников**

1. Инновационные системы современной экономики [Текст]: монография / Л.Н. Нехорошева, Н.И. Богдан. – Мн.: БГЭУ, 2003. – 219 с.
2. Крупский Д. М. Руководство по созданию и организации деятельности кластеров в Республике Беларусь [Текст]: Мн., 2015. – 4 с.
3. Портер М.Э. Конкуренция. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
4. Эдилерская А.А. Кластерно-сетевые принципы организации современного предпринимательства //Актуальные проблемы развития общества, экономики и права / Сб. науч. трудов аспирантов, 2008.

УДК 669:620.197

#### **ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКОЙ**

*И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.А. Ключник  
Белорусский национальный технический университет*

Для современного машиностроительного производства Республики Беларусь характерно отсутствие собственной сырьевой базы, результатом чего является существенная зависимость от импортных материальных ресурсов, поставляемых по мировым ценам. При таких условиях работы эффективность производства может быть достигнута за счет экономии и использования энерго- и ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих получение высококачественной и конкурентоспособной продукции [1–10]. Эффективность реализации целого ряда технологических процессов напрямую зависит от качества очистки поверхностей от коррозии. Так, например, для подготовки стальных листов под лазерную резку (ЛР) необходимо после очистки от коррозии иметь высококачественную поверхность с шероховатостью  $R_a = 0,4–1,0$  мкм с минимальным уровнем упрочнения (микротвердость  $H_{\mu}$  после обработки по сравнению с исходным значением  $H_{\mu 0}$  должна находиться в пределах  $H_{\mu} = 1,5–1,6 H_{\mu 0}$ ) и низкой отражательной способностью [11, 12].

Однако обеспечение такого качества поверхности является экономически затратным, требует значительного количества расходных материалов (чугунная, стальная дробь), участия в работе высококвалифицированного персонала.

Исследования, проведенные в лаборатории кафедры «Кораблестроение и гидравлика» БНТУ показали, что весьма экономично и с гораздо меньши-

ми затратами мощности можно подготовить листовые стальные материалы к последующей ЛР применяя для удаления продуктов коррозии реверсивно-струйную очистку (PCO), основанную на струйном воздействии рабочих жидкостей на обрабатываемую поверхность. При этом в качестве рабочих жидкостей используются водные составы с добавками на начальном этапе очистки речного песка и бентонитовой глины – на завершающем этапе. При такой последовательности обработки листовых материалов на очищенной поверхности формируется микронеровность  $R_a$  порядка 2–4 мкм, покрытая антикоррозионным защитным покрытием, которое имеет химсостав бентонитовой глины и характеризуется низкой отражательной способностью, что является актуальным при ЛР. Испытания на лазерных комплексах, относящиеся по типу к газовым лазерам, показали повышение скорости ЛР для образцов, обработанных по указанной технологии на 10–20 %, по сравнению, например, с материалами, очищенными с применением традиционных (дробеструйных, пескоструйных) технологий.

Для проведения экспериментальных исследований процесса PCO стальных листовых материалов был разработан экспериментальный стенд, представленный на рис. 1.

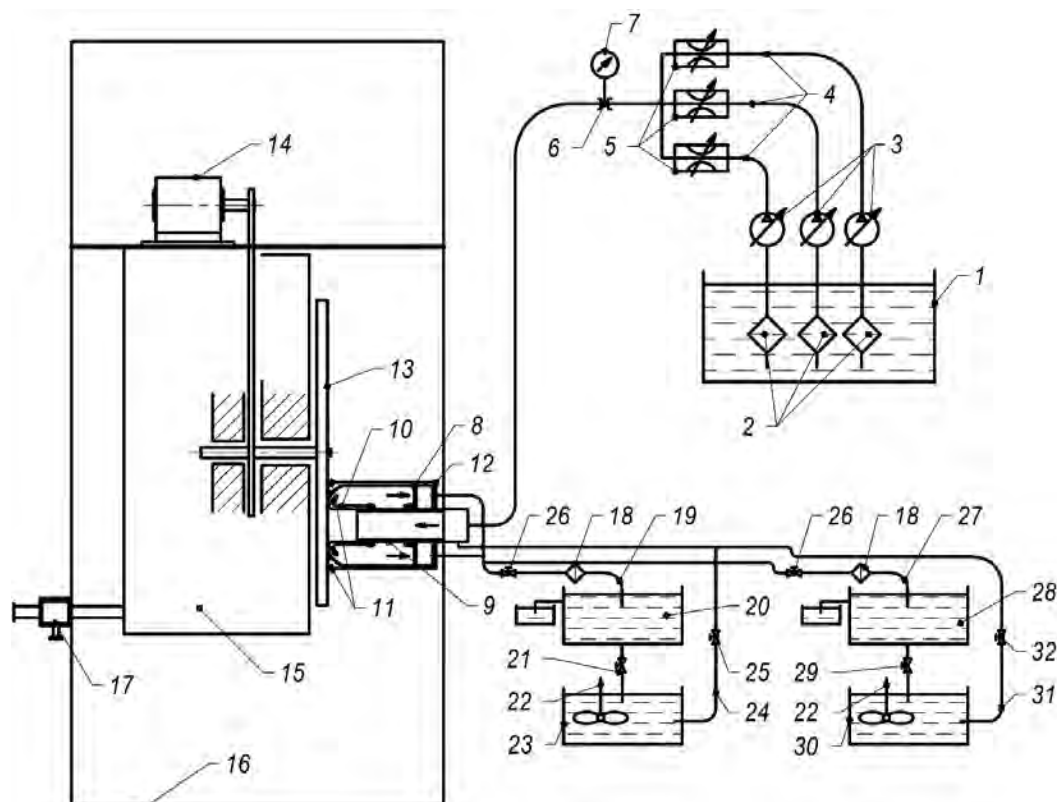


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда для исследования процесса PCO

Как уже отмечалось, для подготовки стальных листов к ЛР использовалась технология PCO, основанная на струйном воздействии рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность. Схематично струйное устройство 8, предназначенное для реализации PCO, представлено на рис.1 и содержит

конусное сопло 10, установленное соосно в стакане 12. Стакан 12 через уплотнение 11 плотно прижимается к обрабатываемой поверхности 13.

При подключении данного устройства к насосной установке струйный поток рабочей жидкости, проходящий через сопло 1, после взаимодействия с обрабатываемой поверхностью 4 разворачивается на  $180^\circ$  относительно своего первоначального движения. Этот разворот обуславливает возникновение реактивной силы, которая, складываясь с силой от воздействия струи, приводит к увеличению максимальной силы струйного воздействия силы  $P_{\max}$  в 1,5–1,75 раз (теоретически в 2 раза) по сравнению с традиционной схемой очистки, когда струя после взаимодействия с поверхностью растекается под углом  $90^\circ$  по отношению к последней.

За счет отмеченного повышенного силового воздействия при неизменной подаче для данной конструкции РСО, которая имеет патентную новизну [13], характерно снижение мощности на 30–50%, увеличение производительности на 30–40% по сравнению с традиционными струйными методами очистки.

В работах [14, 15] в результате решения вариационной задачи по установлению минимальной мощности обработки было установлено, что минимальная сила разрушения слоя коррозии на обрабатываемой поверхности отмечается (при прочих равных параметрах (давление на входе в сопло  $p_c$ , расстояние  $L$  от сопла до обрабатываемой поверхности) при коэффициенте обжата струи  $\lambda = 0,063$ ).

Работа на стенде осуществлялась следующим образом. При включении насосов высокого давления 3 рабочая жидкость (вода) из бока 1 через фильтры 2 по напорным линиям 4 подается в сопло 9, смонтированное в стакане 8. С помощью эффекта эжекции по линиям 31 либо 24 в сопло 9 подается рабочая жидкость, состав которой подбирается с учетом требований того либо иного этапа очистки.

В частности, исследованиями была установлена целесообразность проведения очистки в три этапа. При этом на первом этапе очистки для обеспечения повышенной производительности из рабочего бака 30 рабочая жидкость в сопло 9 подавалась с высокой степенью абразивного воздействия на обрабатываемую поверхность. В качестве такой рабочей жидкости, использовалась вода, содержащая речной песок с размером фракций 0,1–0,63 мм и полиакриламид. Концентрации речного песка  $K_{р.п.}$  и полиакриламида  $K_n$  в баке 30 составляли соответственно 8–10% и  $10^{-6}$ – $10^{-20}$ % от общего объема рабочей жидкости. Предварительная подготовка речного песка по фракционному составу осуществлялось в устройстве гравитационного типа действия, которое характеризуется патентной новизной [16].

На втором этапе РСО использовалась чистая вода, подаваемая насосами из бака 1 на обрабатываемую поверхность по линиям 4, с целью полной промывки ее от мелкодисперсных фракций речного песка, что необходимо для проведения третьего этапа очистки.

На третьем этапе осуществления РСО из бака 23 по линии 24 эжектировалась рабочая жидкость, содержащая воду, в которой были размешаны бентонитовая глина и кальцинированная сода с концентрациями соответственно  $K_b = 5-20\%$  и  $K_{к.с.} = 2-10\%$  от общего объема. Указанные концентрации после эжектирования в струйном сопле 9 снижались в струе, действующей на обрабатываемую поверхность, до значений  $K_{б,с} = 2-5\%$  и  $K_{к.с.с} = 0,2-1,0\%$ . Указанные диапазоны были установлены как оптимальные при подготовке очищенной поверхности под ЛР.

При этом отличительным моментом реализации третьего этапа РСО является операция сушки образцов при комнатной температуре ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в течение 20-24 ч. Указанная операция позволяет сформировать на обработанной поверхности за счет заполнения впадин микронеровностей антикоррозионный защитный слой с толщиной  $\delta$ , составляющий не менее  $1,1-1,2$  от максимальной высоты выступов микронеровностей  $R_{a,max}$  ( $\delta > 1,1-1,2 R_{a,max}$ ).

Эксперименты для оценки влияния качества сформированной поверхности на эффективность процесса лазерной резки (ЛР) проводились на комплексе Nureg Gear 510 корпорации Yamazaki Mazak Optonics Corp. (Япония). Для проведения исследований были подготовлены образцы размером  $120 \times 120$  мм из стали Ст3пс толщиной от 3 до 10 мм. Заготовки были разбиты на три группы: 1-ая группа образцов была обработана по технологии РСО; 2-ая группа – предоставлена в условиях поставки, без дополнительной обработки поверхности; 3-ая группа образцов прошла механическую обработку – дробеструйную, согласно технологической карты.

Указанные образцы подвергались ЛР на различных режимах резки, с увеличением скорости резки от 2,5 до 4 м/мин (рис. 2).

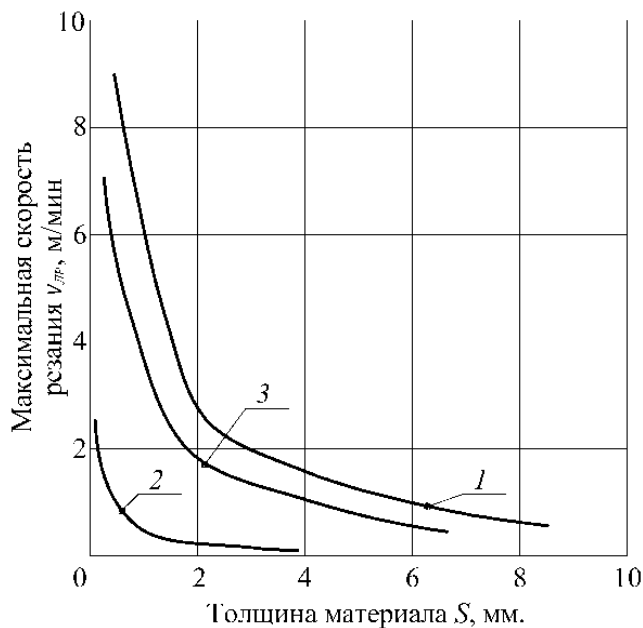


Рисунок 2 – Зависимость максимальной скорости резания от толщины материала:  
1, 2, 3 – номера групп образцов

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что применение РСО обеспечивает повышение скорости ЛР в среднем на 10–20 %. Отмеченное увеличение скорости ЛР для 1-ой группы образцов можно объяснить малой величиной упрочнения поверхностного слоя, отсутствием эффекта рассеяния энергии лазерного луча от существенно шероховатой поверхности ( $R_a = 2\text{--}4$  мкм), за счет того, что на этой поверхности в результате РСО формируется защитное пленочное покрытие. Последнее, на основании экспериментальных данных характеризуют светопогложительными свойствами, которые исключают отражение лазерного луча от поверхности разрезаемого материала.

#### Список использованных источников

1. Банников, И.И. Механизация очистки и окраски подводной части судов / Банников И.И., Финкель Г.Н., Хейфец В.Л. // Л.: Судостроение, 1980. – 116 с.
2. Агасарян Р.Р. Струйно-абразивная обработка металлов / Р.Р. Агасарян – Ереван: АрмНИИНТИ, 1990. – 51 с.
3. Меркулов В.Н. Перспективные процессы гидрообработки материалов в машиностроении / К.Н. Меркулов. – Киев: УкрНИИНТИ, 1987. – 10 с.
4. Тихомиров Г.А. Гидрорезание судостроительных материалов / Г.А. Тихомиров. – Л.: Судостроение, 1987. – 164 с.
5. Крайко А.Н. Механика жидкости и газа. Избранное / Под общей ред. А.Н. Крайко. Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажий, Г.А. Любимов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 752 с.
6. Вилькер Д.С. Лабораторный практикум по гидромеханике / Вилькер Д.С. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1959. – 351 с.
7. Гибсон А. Гидравлика и ее приложения / А. Гибсон; пер. с 6-го англ. изд. А.Е. Стратоницкой и С.С. Соколова; под ред. М.В. Потапова. – М.; Л.: Гос. энергетическое изд-во, 1934. – 610 с.: ил. – Указ.: с. 606-610.
8. Френкель Н.З. Гидравлика / Н.З. Френкель. – М., Л.: Госэнергиздат, 1956. – 456 с.
9. Кудинов В.А. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В.А. Кудинов, Г.В. Бобров – М.: Металлургия, 1992. – 432 с.
10. Комов В. А. Гидравлика. – М., Л., 1951. – 230-233 с.
11. Качанов И.В. Теоретические и экспериментальные исследования по определению струйного давления рабочей жидкости на обрабатываемую плоскую поверхность / И.В. Качанов, А.В. Филипчик // Наука и техника, 2012. – №1. – С. 79-85.
12. Памфилов Е.А. Формирование качества поверхностей при лазерной обработке / Е.А. Памфилов, В.Д. Северин // Вестник машиностроения, 1982. – №4. – С. 46-48.
13. Устройство для очистки от коррозии плоских стальных поверхностей: пат. № 16526 Респ. Беларусь, МПК В 08В 3/00, В63В 59/08 / Кача-

нов И.В., Жук А.Н., Шаталов И.М., Шарий В.Н., Мяделец С.О.; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20100719; заявл. 12.05.2012; опубл. 30.10.2012.

14. Качанов И.В. Технология струйной гидроабразивной очистки и защиты от коррозии стальных изделий с применением бентонитовой глины / И.В. Качанов, А.В. Филипчик, В.Е. Бабич, А.Н. Жук и С.И. Ушев. Моногр. – Мн.: БНТУ, 2016. – 167 с.

15. Качанов И.В. Математическая модель расчета минимального давления разрушения поверхностного слоя коррозии от воздействия реверсивной струи рабочей жидкости / И.В. Качанов, В.В. Веремеюк, А.Н. Жук // Наука и техника, 2014. – № 2. – С. 46–51.

16. Устройство для отбора осветленной гидросмеси на земснаряде пат. № 14172 Респ. Беларусь, МПК Е 02F 3/88/ Качанов И.В., Жук А.Н., Песцов Г.В., Чернобылец А.Н.; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – №а20081686; заявл. 24.12.2008; опубл. 30.04.2010.

УДК 681.51.03

## **ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

*Я.О. Князева, М.А. Кисляков, Н.К. Симаков*

*Ижевский технический университет имени М.Т. Калашникова*

***Аннотация.** В данной статье поднимается вопрос о внедрении цифрового управления расчетов коммунальных услуг энергоэффективных жилых зданий. Рассмотрены методологии доступности передовых измерительных технологий для возможности передачи данных. Предложено программное обеспечение, позволяющее решить острые вопросы, возникающие в сфере жилищно-коммунального хозяйства.*

***Ключевые слова:** цифровое управление, цифровая экономика, энергоэффективность, автоматизация.*

В настоящее время используемые человечеством энергоресурсы постепенно иссякают, стоимость их добычи увеличивается, а нерациональное использование сказывается на экологии. Эффективное применение энергоресурсов за счет использования инновационных методов является ключом к решению этой проблемы [1].

Цифровая экономика, как глобальная концепция развития рыночных экономик, задает новые стандарты качества жизни, работы и коммуникации между людьми. Перед городами стоят задачи, обусловленные быстрым ростом городского населения, высоким уровнем ожиданий горожан, а также нередко строгими бюджетными ограничениями. Чтобы обеспечить удовлетворённость и удержать в городе талантливых горожан, создать новые рабочие места и привлечь инвестиции, городам необходимо стать "умнее": применять современные технологии для повышения эффективности, удобства жизни и устойчивости развития [2].

Оптимизацию и рационализацию использования различных видов энергии при эксплуатации зданий можно рассматривать в двух аспектах:

- аспект строительных и конструкторских технологий, а также правильной организации проектных работ с применением межотраслевых консультаций;

- аспект доступности магистральных и сетевых систем автоматизации зданий, обеспечивающих интеграцию функционирования разных устройств и подсистем инфраструктуры зданий.

Первый из них затрагивает очень существенную проблему добротной подготовки проекта нового здания либо разработки ремонтной документации для него таким образом, чтобы строительные работы, благоустройство и монтаж проводились оптимально с использованием новейших технологий и с учетом мнений всех сторон, участвующих в таких предприятиях.

При правильной организации этапа проектирования и выполнения участники работ не будут мешать друг другу, и, что не менее важно, при выполнении работ одними будут приниматься во внимание замечания, предложения и потребности других. В настоящее время в конструкциях зданий применяется много современных строительных и изоляционных материалов, а также инновационные решения в области отопления, вентиляции, систем кондиционирования воздуха, которые способствуют улучшению комфорта и энергоэффективности таких объектов.

Принимая во внимание доступность передовых измерительных технологий и возможности передачи данных, усилия, направленные в дальнейшей перспективе на повышение и оптимизацию параметров энергоэффективности зданий должны, прежде всего, сосредоточиться на разработке передовых методологий измерений и принципах организации мультиизмерительных систем зданий [3].

Программа «АБРИС» будет использоваться в сфере ЖКХ для оптимизации и отслеживания расхода ресурсов, жизненно необходимых для комфортного проживания населения.

При использовании данного программного обеспечения позволяет добиться таких преимуществ, как:

- внедрение автоматизированных систем сбора данных на основе искусственного интеллекта, позволяющие наблюдать, корректировать, а также поддерживать жилые дома в надлежащем для проживания состоянии;

- защиту информации: за счет применения технологии «Блокчейн» – так собранная информация одновременно хранится на множестве компьютеров одновременно, что не позволяет её повредить;

- экономия времени и экономия денежных средств – две основные выгоды при использовании программы «АБРИС»;

- финансовая экономика – достигается за счет уменьшения затрат на электроэнергию, что актуально при постоянно растущих тарифах.

Для реализации создания программного обеспечения «АБРИС» привлечена технология «Блокчейн».

Блокчейн (цепочка блоков) – это распределенная база данных, у которой устройства хранения данных не подключены к общему серверу. Эта база данных хранит постоянно растущий список упорядоченных записей, называемых блоками. Каждый блок содержит метку времени и ссылку на предыдущий блок.

Главные преимущества использования блокчейна – это прозрачность проводимых транзакций и множественное копирование всех этих транзакций таким образом, что у каждого участника процесса всегда есть информация о каждом шаге всех партнеров. Но при этом у всех участников разный доступ к данным файлам.

Информация, хранящаяся в блокчейне существует как общая и постоянно сверяемая база данных. Такой способ использования сети имеет очевидные преимущества. База данных блокчейна не хранится в каком-то единственном месте, а это означает, что он сохраняет записи действительно публично и они легко проверяются. Не существует централизованной версии этой информации, которую бы мог повредить хакер. Копии хранятся на миллионах компьютеров одновременно, и ее данные доступны для всех желающих в Интернете [4].

Блокчейн-технология, как и Интернет, имеет встроенную устойчивость к ошибкам. Сохраняя блоки информации, идентичные во всей сети, блокчейн не может:

1. контролироваться кем-то одним;
2. не имеет единой точки отказа.

Программа «АБРИС» тесно связано с технологией «Умный дом», а именно: информация, собранная с различных по специфике работы специальных датчиков технологии «Умный дом», установленных в жилых зданиях для сбора информации, будет формироваться в независимую базу данных, в рамках технологии «Блокчейн». Таким образом, такая база данных позволяет решить проблему непрозрачности начисления платы за коммунальные услуги: «АБРИС» позволит наблюдать о начислениях платы даже со смартфонов, скачав определенное необходимое программное обеспечение.

Участникам не нужно постоянно сверять друг с другом данные, потому что они собраны все в одну независимую базу данных. Это решает еще одну проблему, остро волнующую население, такую как частые скрытые перерасчеты, а также дополнительные добавочные начисления, за якобы использованные коммунальные услуги.

По мнению экспертов, возможная экономия энергии, при условии грамотного спроектированной системы технологий «Умный дом» составляет до пятидесяти процентов. По отношению инженерных систем, устанавливаемых в больших зданиях и объектах к квартирам этот процент, повышается.

Сегодня, «умные» технологии в строительстве и эксплуатации жилых домов – это грамотное вложение денежных средств, снижающее расходы на проживание, а также экономящее денежные средства при исполь-



зовании различных инженерных систем, повышающее комфорт проживания и сокращающее временные затраты на управление всеми возможностями жилого дома [5].

Создание цифровой экономики – это один из приоритетов национальной повестки на ближайшее десятилетие. Главный посыл президента страны заключается в предложении: «Цифровая экономика – новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, общества». Несомненно, инновации придут во все без исключений отрасли экономики страны. В таких условиях переход на концепцию цифровой экономики даже в отдельно взятой строительной отрасли уже откроет огромные возможности и позволит взглянуть на многие вещи с иного ракурса [2, 6].

#### **Список использованных источников**

1. Энергоэффективные здания – [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-130062>.
2. Цифровизация: победитель получает все? // Делвой квадрат, 2017. – №9.
3. Грахов В.П., Мохначев С.А., Егорова В.Г. Эффективность энергосберегающих мероприятий в жилищном строительстве // Современные проблемы науки и образования, 2015. – № 2. – С. 273.
4. Что такое блокчейн? Расскажем простыми словами– [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://coinspot.io/beginners/chto-takoe-blokchejn-rasskazhem-prostymi-slovami/>
5. Намиот Д.Е. Умные города 2016 //International Journal of Open Information Technologies, 2016. – Т.4. – №1. – С. 1-3.
6. Угрозы цифровой эпохи//Делвой квадрат, 2017. – №9.

УДК 621.643

### **ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИИ**

*А.А. Колотов*

*Научный руководитель – А.Н. Терентьев*

*Ижевский государственный технический университет*

*e-mail: kolotoff.afanasy2015@yandex.ru*

**Аннотация.** *Автором предлагается модернизация стандартной схемы протекторной электрохимической защиты за счет размещения анодного электрода непосредственно внутри трубопровода, используя в качестве электролита дренируемую жидкость, чтобы восстановление металла проходило на внутренней стенке трубы. Кроме стандартной электрохимической защиты, при распаде анодного электрода, возможно образование оксида железа  $Fe_3O_4$ , который должен закупоривать существующие поры и препятствовать контакту с агрессивной средой.*

*Для проверки работоспособности теории, был сконструирован и собран протекторный антикоррозионный модуль, подобран сплав для анод-*

ного протекторного электрода. Относительная скорость коррозии трубопровода без защиты на установившемся режиме составила 0,73 мм/год. Относительная скорость коррозии трубопровода с антикоррозионным модулем составила 0,25 мм/год на исследуемом участке.

Проведены опытно-промысловые испытания на производственных трубопроводах: ОАО «Удмуртнефть», Роснефть, ООО «РН-Юганскнефтегаз». Благодаря антикоррозионному модулю коррозия снизилась на 62,5%. Участок трубопровода, защищенный антикоррозионным модулем, не склонен к образованию АСПО и солеотложений. Разработанная конструкция позволит увеличить межремонтный период промысловых трубопроводов на 30...60%, позволит увеличить защиту ОПС от разливов на 40...50%.

**Ключевые слова.** внутренняя коррозия, протекторный антикоррозионный модуль, протекторная защита, электрод, промысловый трубопровод, оксид железа, ОПС, ОПИ, активный металл.

На сегодняшний день в России эксплуатируется порядка 350 тыс. км промысловых трубопроводных систем. Ежегодно фиксируется около 100 тысяч отказов трубопроводов или примерно 30 миллионов разлитых баррелей нефти в год, из которых 90% так или иначе связаны с коррозионным износом.

Коррозия – это фундаментальная проблема на протяжении многих десятилетий: это миллиарды недополученной прибыли, ежедневные отказы, разливы нефтепродуктов, заражение почвы, животных, птиц и непоправимый ущерб для окружающей среды [1]. Причин возникновения коррозии довольно много: наличие в металле механических примесей, наличие участков с динамической нагрузкой на трубопровод, агрессивная среда: сера, соль, вода, кислород, безусловно, ускоряют коррозионный процесс [2]. Как показывает практика, наиболее опасна именно внутренняя коррозия, так называемый – «канавочный» износ.

На сегодняшний день существует ряд технологий, позволяющих, так или иначе, снизить коррозионное воздействие (ингибирование, футерование, композиционные материалы и т.д.). Безусловно, каждая из технологий имеет свои достоинства и недостатки. Но, основная задача – разработка метода защиты уже для существующих трубопроводов, без их демонтажа, чтобы не нарушать равновесие ОПС. Кроме того, применяемая технология должна идеально работать с уже существующими способами защиты от коррозии.

При использовании протекторного способа защиты внешний источник тока не требуется, в паре работают два металла, из-за разности потенциалов между ними возникает электрический ток, и частицы металлов в виде ионов переходят к катодным участкам.

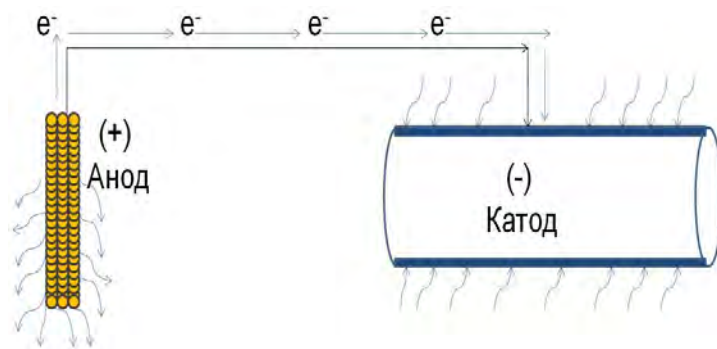


Рисунок 1 – Стандартная схема протекторной электрохимической защиты

Предлагается модернизация стандартной схемы протекторной электрохимической защиты за счет размещения электрода не в грунте, а непосредственно внутри трубопровода, используя в качестве электролита транспортируемую жидкость, чтобы в результате окислительно-восстановительной реакции восстановление металла проходило на внутренней стенке трубы.

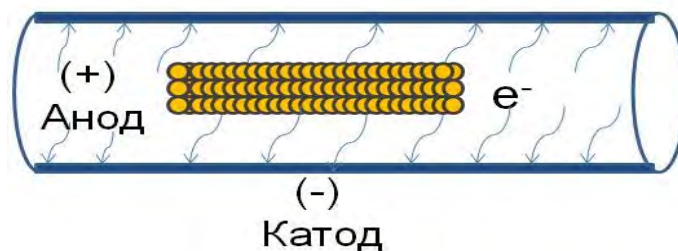


Рисунок 2 – Модернизация схемы протекторной электрохимической защиты

Кроме стандартной электрохимической защиты, при распаде анодного электрода, возможно образование оксида железа  $Fe_3O_4$ , который должен покрывать тонкой пленкой внутреннюю стенку трубы, закупоривая существующие поры, дефекты, микротрещины и препятствовать контакту с агрессивной средой.

Для проверки работоспособности теории, был сконструирован и собран протекторный антикоррозионный модуль.

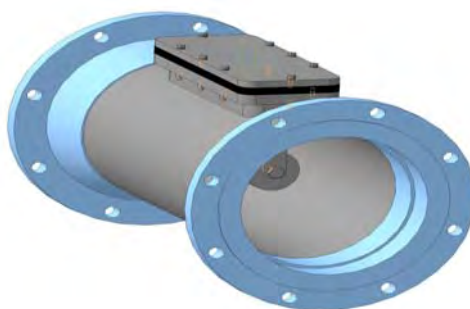


Рисунок 3 – Модель антикоррозионного модуля

Следующим шагом был выбор активного металла для обеспечения электрохимической защиты. В промышленности наиболее распространены три типа активных металлов, это цинк, магний, алюминий.

Для оптимального воздействия был создан электрод – алюминиевый сплав с 45% содержанием магния.



Рисунок 4 – Протекторный антикоррозионный модуль

По результатам проведения испытаний на дренажной линии РВС-5000 УПН «Киенгоп», были получены данные, характеризующие потерю массы образца-свидетеля и характер коррозионного разрушения.



Рисунок 5 – Проведение опытно-промысловых испытаний

Целью первого этапа являлось получение значения потери массы образцов-свидетелей в начальный момент, до установки протекторного модуля. Период замера с 4 мая 2016 года по 19 мая 2016 года. Суммарная потеря массы образцов-свидетелей во время фонового замера составила 0,1395 г. Коррозионное разрушение выражено в виде язвенной коррозии по всей поверхности образцов-свидетелей. Замер фоновой скорости коррозии снимался трижды.

После установки протекторного модуля, по результатам первого замера, было отмечено уменьшение потери массы образца-свидетеля до 0,0093 г за период с 2 по 16 июня 2016 года. На образцах-свидетелях №710 и №725 выявлены незначительные коррозионные разрушения.

Второй этап ОПИ, проходящий в период с 16 по 30 июня 2016 года, также характерен незначительной потерей массы ОСК (0,0052 г). На образцах-свидетелях №700 и №516 выявлены незначительные коррозионные разрушения.

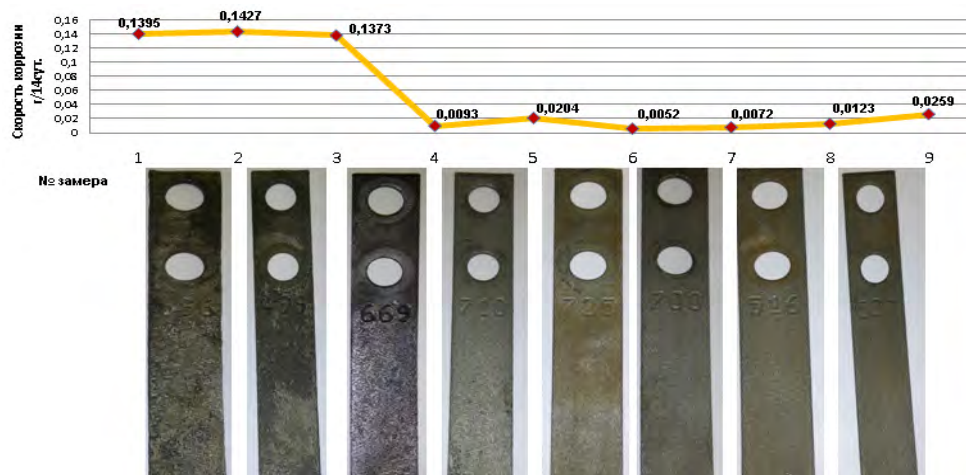


Рисунок 6 – Незначительные коррозионные повреждения на втором этапе ОПИ

Заключительный третий этап ОПИ, проходящий в период с 30 июня по 14 июля 2016 года, характерен в разы меньшей потерей массы ОСК (0,0123 г) и отсутствием видимых изменений на образцах №532.

После проведения опытно-промышленных испытаний антикоррозионного протекторного модуля констатировать, что потеря массы образца-свидетеля коррозии сократилась до 14 раз. Предложенный способ защиты показал свою эффективность. Последующие проведенные опытно-промышленные испытания на участках Роснефть и ООО «РН-Юганскнефтегаз» подтвердили первоначальный результат.

#### Список использованных источников

1. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей, 2008. – С. 97.
2. Красноярский В.В., Цикерман Л.Я. Коррозия и защита подземных металлических сооружений, 1968. – С. 43.

## **СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ УСТАНОВКИ**

*М.А. Комаревцев, А.Н. Попов, Д.А. Ярков*

*Северный арктический федеральный университет им. М.В. Ломоносова*

Гибридная энергоустановка представляет собой систему, работающую на основе традиционных и альтернативных источников энергии. Эта система позволяет решить такую проблему, как энергообеспечение удаленных населенных пунктов.

Основными трудностями энергоснабжения являются высокие затраты на топливо для дизельных электростанций (ДЭС), высокая степень износа энергооборудования, следствием чего является пониженная надежность работы.

Гибридная энергоустановка позволяет решить эти проблемы за счет модернизации энергооборудования путем замены изношенных линий электропередач (ЛЭП), аккумуляирования энергии и снижения количества необходимого топлива, благодаря использованию возобновляемых источников энергии.

Для проекта было выбрано село Койда Архангельской области, находящееся на берегу Белого моря. Электрообеспечение осуществляется ДЭС мощностью 360 кВт, топливо доставляется по морю. Станция расходует 360 тонн топлива в год и обеспечивает электричеством 478 жителей. В дополнение к уже существующей ДЭС устанавливается ветровая электрическая станция (ВЭС). Последняя включает в себя 8 ветрогенераторов с номинальной мощностью 60 кВт каждый, 40 аккумуляторных батарей с единичной емкостью 200 Ач на один ветрогенератор, ЛЭП, контроллеры. В качестве нетрадиционного источника энергии был выбран ветер, исходя из непосредственной близости населенного пункта к морю, что характеризует его высокий ветровой потенциал (рис. 1 и 2).

Анализируя рис. 1, можно утверждать, что наибольшие скорости ветра наблюдаются с октября по февраль, а также в мае и июне. Согласно рис. 2 ветрогенератор работает 323 дня в год, учитывая, что стартовая скорость для этой модели – 2,5 м/с. Исходя из данных графиков, можно говорить о целесообразности использования ветра в качестве возобновляемого источника энергии в этой местности.

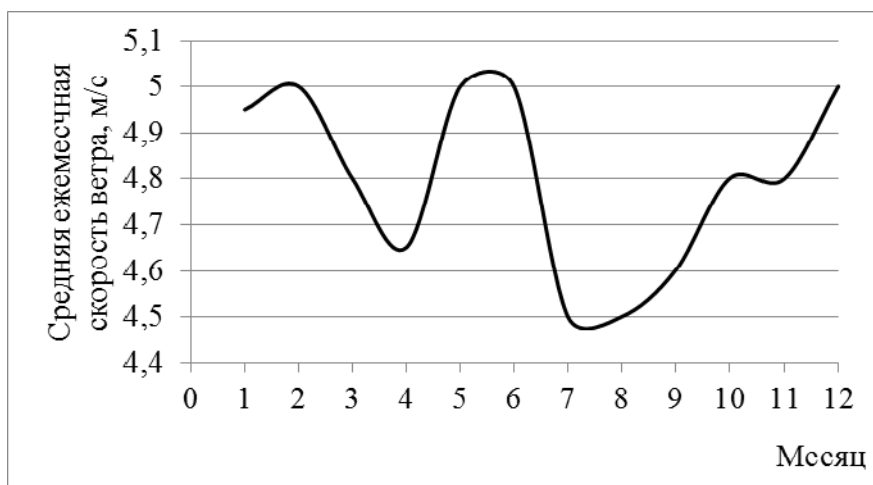


Рисунок 1 – Средние ежемесячные скорости ветра

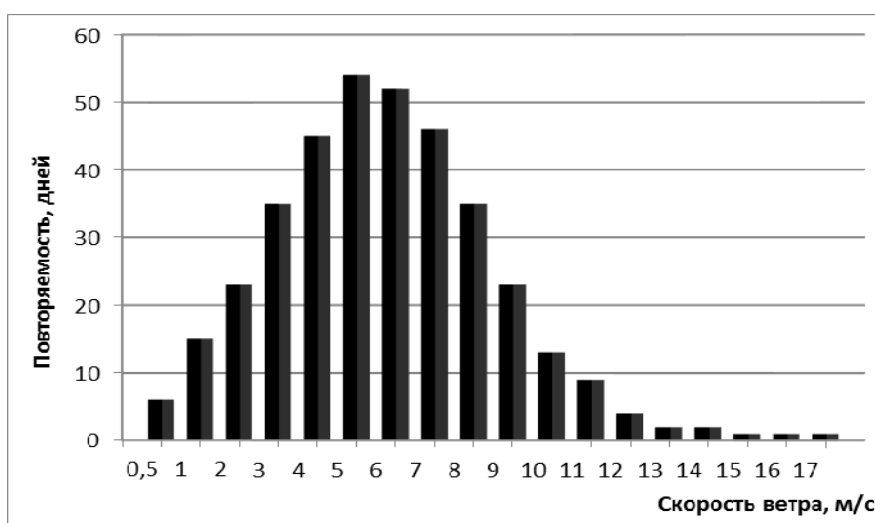


Рисунок 2 – Повторяемость скоростей ветра

После установки ветрогенераторов энергоснабжение села Койда и близлежащих населенных пунктов будет осуществляться в основном за счет энергии ветра. Для обеспечения потребителя необходимой мощностью при низкой скорости ветра или его полном отсутствии подключается дизель-генератор. Если наблюдается переизбыток мощности, то осуществляется непосредственная подзарядка аккумуляторных батарей. Такая схема позволяет бесперебойно снабжать населенные пункты необходимым количеством электрической энергии.

В настоящий момент в Северном Арктическом Федеральном Университете имени М. В. Ломоносова построена лаборатория, в которой проводятся исследования по использованию гибридных энергоустановок в условиях Севера. Эта лаборатория исследует работу следующих установок: ветрогенератор, солнечные панели, а также их взаимодействие с дизельным генератором.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИЙ**

*М.М. Ладутько, М.В. Журкевич, А.Ю. Калинин  
Белорусский национальный технический университет*

В течение последних двух десятилетий проблема инноваций постоянно находится в центре внимания экономистов и ученых разных стран мира. Вопросы инновационной деятельности являются ключевыми для большинства индустриально развитых стран, поскольку в условиях глобализации и выхода экономики на постиндустриальный уровень развития инновации превращаются в важнейший фактор конкурентоспособности. Способность к созданию и практическому использованию инноваций становится необходимым условием достижения качественного экономического роста.

В настоящее время в Республике Беларусь действует ряд законодательных актов, направленных на регулирование вопросов инновационной деятельности, а также деятельности субъектов инновационной инфраструктуры.

В Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года инновации названы одним из приоритетных направлений. Одна из ключевых целей инновационной политики, описанных в НСУР-2030, состоит в содействии переходу Республики Беларусь к экономике, основанной на знаниях. При этом предусматриваются следующие меры: модернизация научной сферы; создание новых научных школ и реализация стратегических программ НИОКР; обеспечение интеграции в международные процессы; и обеспечение воспроизводства компетентных научно-технических кадров.

Инновационная политика и практика в Республике Беларусь получили значительный стимул к развитию с принятием в 2012 году нового Закона о государственной инновационной политике и инновационной деятельности (далее Закон). Настоящий Закон направлен на определение правовых и организационных основ государственной инновационной политики и инновационной деятельности в Республике Беларусь. Государственные программы инновационного развития (ГПИР) являются программным средством реализации государственной стратегии и политики в сфере инноваций в соответствии с общим 5-тилетним циклом государственного планирования в Беларуси [1].

Беларусь уже выполнила две подобных программы: ГПИР 2008-2010 (с более коротким сроком реализации, так как она была принята в середине регулярного цикла планирования) и ГПИР 2011-2015. На данный момент в стране реализуется ГПИР 2016-2020, которая включает целый ряд амбициозных проектов и целей модернизации экономики Беларуси и укрепления ее конкурентоспособности на международном уровне.

Однако по оценке экспертов европейской экономической комиссии ООН, представленной во Втором обзоре инновационного развития Рес-



публики Беларусь, стартовавшая в 2016 году ГПИР 2016–2020 повторяет ошибки прежней политики в сфере развития науки и инноваций.

Программа эклектически сочетает плохо связанные между собой меры в рамках предельно общей политической ориентации, без указания конкретных бюджетных ассигнований для их выполнения. ГПИР 2016–2020 сохраняет устаревшее стратегическое понимание инновации как линейного процесса, проходящего от стадии НИОКР до стадии коммерциализации результатов исследований с максимально коротким временным циклом [2].

Дальнейшее развитие инфраструктуры поддержки инноваций является одним из компонентов ГПИР на 2016-2020 годы.

Инновационная инфраструктура представляет собой интегрирующую подсистему Национальной инновационной системы, способствующую объединению интересов всех блоков инновационной системы для более полной реализации инновационного потенциала. Исходя из этого, развитие инновационной инфраструктуры является очень важным для роста конкурентоспособности государства, что делает необходимым изучение опыта построения и развития инфраструктуры инновационной деятельности за рубежом, а также определение роли государства в этом процессе.

В Республике Беларусь формирование инновационной инфраструктуры началось более 10 лет назад. Указом Президента Республики Беларусь от 3 января 2007 г. № 1 «Об утверждении Положения о порядке создания субъектов инновационной инфраструктуры» был определен порядок создания субъектов инновационной инфраструктуры, в том числе приобретения юридическим лицом статуса субъекта инновационной инфраструктуры и лишения такого статуса, а также основные направления деятельности субъектов инновационной инфраструктуры.

Законодательные акты республики Беларусь определяют инновационную инфраструктуру как совокупность субъектов инновационной инфраструктуры, осуществляющих материально-техническое, финансовое, организационно-методическое, информационное, консультационное и иное обеспечение инновационной деятельности [3].

К субъектам инновационной инфраструктуры относятся технопарки, центры трансфера технологий и венчурные организации. Однако в Законе о государственной инновационной политике и инновационной деятельности Республики Беларусь упоминаются также и иные юридические лица, которые могут иметь такой статус в случаях, предусмотренных законодательными актами.

В Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2016-2020 годы развитие существующих технопарков, результатом деятельности которых является создание благоприятных условий для осуществления инновационной деятельности субъектами хозяйствования Республики Беларусь является одним из механизмов развития инновационной инфраструктуры.

Согласно Закону Технопарк – это субъект инновационной инфраструктуры, имеющий среднесписочную численность работников до 100 человек, целью деятельности которого являются содействие развитию предпринимательства в научной, научно-технической, инновационной сферах и создание условий для осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, являющимися резидентами технопарка, инновационной деятельности. В Указе №1 данное определение трактуется с незначительными изменениями. В нем, в отличие от Закона, технопарк – коммерческая организация, а инновационная деятельность рассматривается как заверченный цикл – от поиска (разработки) нововведения до его реализации [4].

Тут возникает основное противоречие. Согласно законодательству, технопарки предназначены для оказания систематической поддержки резидентам технопарка в осуществлении инновационной деятельности. Однако согласно Гражданскому кодексу Республики Беларусь, их главная цель – преследование извлечения прибыли, так как они в основном являются коммерческими организациями. И если технопарк не осуществляет никакой деятельности, кроме поддержки своих резидентов при отсутствии внешних инвесторов, то весь объем его прибыли будет, в какой-то степени, частью издержек резидентов.

Стремление технопарка к получению максимальной прибыли неизбежно ведет к конфликту интересов с его резидентами, имеющими аналогичную цель, а также к противоречию между удовлетворением их потребностей и следованием интересам учредителей, которым нужен чистый доход.

В мире существует достаточное количество примеров убыточных субъектов инновационной инфраструктуры, где отрицательное сальдо доходов и расходов покрывает в том числе государство. Подобные субъекты создаются также и с участием крупных транснациональных компаний. В первую очередь для них важен долгосрочный эффект, которые могут принести технопарки. Таким образом, если не признавать первичности и важности выполнения инновационной инфраструктурой долгосрочных социальных и других целей перед прибылью, мы неизбежно будем сталкиваться с многими проблемами [4].

Поэтому необходимо создавать технопарки как некоммерческие организации, которые будут нацелены, в первую очередь, на оказание систематической поддержки резидентам технопарка в осуществлении инновационной деятельности для достижения долгосрочного социального эффекта.

#### **Список использованных источников**

1. Закон Республики Беларусь от 10 июля 2012 г. № 425-З «О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь».
2. Лаврухин А. Государственная программа инновационного развития: возвращение в старую колею / А. Лаврухин // Белорусский ежегодник 2017:

Сборник материалов по развитию ситуации в Республике Беларусь в 2016 году. – В. Логвінаў, 2017. – С. 170-178.

3. Положение «О порядке создания субъектов инновационной инфраструктуры», утв. Указом Президента Республики Беларусь от 3 января 2007 г. – № 1.

4. Скуратович Н. О формировании инновационной инфраструктуры / Н. Скуратович // Наука и инновации, 2015. – №7(149). – С. 19-25.

УДК 621.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ**

*В.С. Матвиенко*

*Научный руководитель – А.А. Дягилев*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

Работу технологической установки можно рассматривать как технологический процесс, направленный на распределение электрической энергии. Установке необходима система контроля для повышения оптимизации управления и повышения надежности. Для этого можно использовать автоматические выключатели, контролируемые специальным диспетчерским оборудованием или PLC контроллерами.

Актуальность данной темы заключается в усовершенствовании систем управления технологическими установками на предприятиях. При усовершенствовании систем управления предприятие станет более безопасным для рабочего персонала и повысится энергоэффективность из-за контроля работы электрооборудования, обновления части оборудования.

Целью выполнения научно-исследовательской работы является оценка существующего оборудования управления технологическими установками и применение в них автоматических выключателей.

Автоматические выключатели в таких установках должны иметь функцию обмена данными, которая позволяет:

– передавать сигналы о срабатывании защиты и информацию о состоянии выключателя;

– принимать команды от этой системы (например, на включение или отключение выключателя) или установки функций защиты, делая возможным дистанционное управление аппаратом. Для реализации дистанционного управления, выключатели должны быть оборудованы моторным приводом с электронным интерфейсом.

Рассмотрим применение распределительной электроустановки в системе централизованного автоматизированного управления объектом. Предположим, что на неё воздействуют два потока:

– поток энергии, состоящий из электроэнергии, которая передается потребителям, питая нагрузки предприятия;

– цифровой поток, включающий информацию, данные и команды, используемые для управления распределительной электроустановкой. Именно потоком информации управляет система управления.

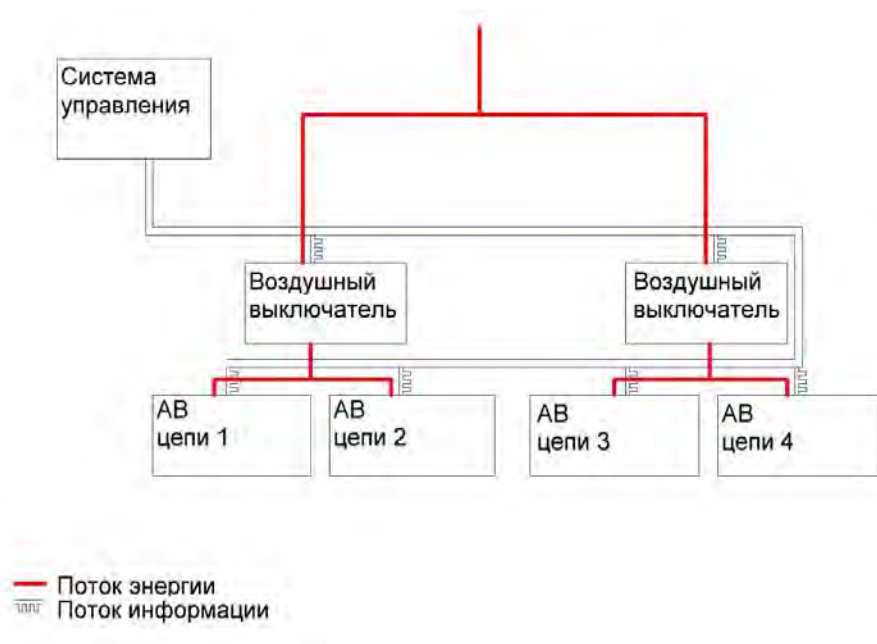


Рисунок 1 – Пример схемы управления с потоком энергии и потоком информации

Можно создавать системы контроля с разной архитектурой, от двухуровневой до наиболее сложной (многоуровневой).

В двухуровневых архитектурах можно выделить уровни:

1) уровень управления, чаще всего представляющий собой компьютер с установленным ПО. На этом уровне данные с датчиков регистрируются, отображаются, обрабатываются и передаются на механизмы. Таким образом, оператор может контролировать технологические установки;

2) полевой уровень, включающий исполнительные механизмы и аппараты защиты, оборудованные соответствующими электронными расцепителями, датчики, расположенные в электроустановке и взаимодействуют с ней.

Основные функции полевого уровня:

- 1) передача информации на уровень управления;
- 2) исполнение команд (например, включение/отключение выключателей), поступающих с уровня управления.

Два уровня взаимодействуют между собой через шину. Информационный поток по шине складывается из информации (например, измеренных значений), передаваемой с полевого уровня на уровень управления, и команд, следующих в противоположном направлении.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) (англ. Programmable Logic Controller, PLC) или программируемый контроллер – электронная составляющая промышленного контроллера, специализированного (компьютеризированного) устройства, используемого для автоматизации технологических процессов.

Плюсом использования PLC является возможность его длительной работы без обслуживания и вмешательства человека, в том числе в неблагоприятных погодных условиях.

Программируемые логические контроллеры для промышленных производств должны отвечать строгим требованиям:

- устойчивость к неблагоприятному воздействию внешней среды;
- возможность длительной автономной работы;
- простота обслуживания.

Иногда на ПЛК строятся системы числового программного управления станком (ЧПУ). ПЛК являются устройствами реального времени в отличие от микроконтроллера (однокристального компьютера). Областью применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства. Также в отличие от компьютеров, ПЛК ориентированы на работу с машинами и имеют развитый "машинный" ввод-вывод сигналов датчиков и исполнительных.

В системах управления технологическими установками преобладают логические команды над числовыми операциями, что позволяет получить мощные действующие системы в режиме реального времени. В современных ПЛК числовые операции реализуются наравне с логическими. Также в ПЛК обеспечивается доступ к отдельным битам памяти, что является преимуществом перед компьютером.

ПЛК программируются, диагностируются и обслуживаются с помощью программаторов, основанных на базе компьютеров или ноутбуков.

В системах управления технологическими процессами ПЛК взаимодействуют с различными компонентами систем человеко-машинного интерфейса (например, операторскими панелями) или рабочими местами операторов на базе ПК, часто промышленных, обычно через промышленную сеть.

Датчики и прочие устройства подключаются к ПЛК:

- централизованно (непосредственно к ПЛК с помощью вводов/выводов);
- по методу распределённой периферии (датчики и исполнительные устройства связаны с ПЛК посредством каналов связи).

**Выводы:**

- в системах управления обязательно должны быть автоматические выключатели для возможности защиты и контроля оборудования;
- для управления технологическими установками автоматические выключатели должны иметь возможность подключения к системе управления и обмена данными;
- для построения небольшой управляемой системы удобней и надежней использовать PLC контроллеры;
- при построении крупной системы управления технологическими установками лучше использовать PLC контроллеры совместно с диспетчерским оборудованием для возможности контроля, повышения надежности и энергоэффективности оборудования.

**ИССЛЕДОВАНИЯ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ,  
ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ  
ИОНОСЕЛЕКТИВНЫХ МЕМБРАН**

*А.И. Минибаев, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.Р. Мамлеева  
Казанский государственный энергетический университет*

Тепловые электрические станции (ТЭС) являются одним из основных источников высокоминерализованных стоков, оказывающих негативное влияние на экологию водных систем региона. Ядром высокоминерализованных стоков на ТЭС являются водоподготовительные установки (ВПУ), прежде всего установки ионитного обессоливания. В настоящее время на большинстве ТЭС кислые высокоминерализованные стоки с катионитовых фильтров и щелочные высокоминерализованные стоки с анионитовых фильтров ВПУ взаимно нейтрализуют и конечный высокоминерализованный сток сбрасывают.

Практикуемый в ряде стран способ утилизации высокоминерализованных стоков упариванием с захоронением твердых солей нельзя назвать удачными, так как при этом способе безвозвратно теряются все ценные химические компоненты стоков [1].

В решении проблемы представляет интерес использование электродиализного концентрирования стоков, до их нейтрализации до уровня, пригодного для повторного использования в цикле ТЭС. При этом особый интерес представляют щелочные стоки ВПУ, поскольку они не содержат ионов жесткости, а сама щелочь – дорогостоящий реагент [2].

Процесс электродиализного концентрирования достаточно хорошо изучен, поэтому задачи работы включали проверку работоспособности с использованием перспективных электромембранных аппаратов и мембран. В качестве электромембранных аппаратов использовали аппараты линейки ЭМА производства JSC «MembraninesTechnologijos LT» отличающихся надежностью работы в концентрированных растворах при высокой токовой нагрузке. В качестве мембран использовали ионселективные катионо- и анионообменные мембраны IONSEP-НС/МС предназначенные для работы со сточными водами.

Поток соли через мембранную пару ( $j_s$ ) при проведении экспериментов определяли двумя методиками [3, 4, 5].

По первому методу потоки определяли по изменению концентрации соли в циркуляционных накопительных емкостях ( $\Delta c_d$  – для емкости диализата,  $\Delta c_k$  – для емкости концентрата):

$$j_s = \frac{\Delta c_d \cdot V_d}{s \cdot \tau}, \quad (1)$$

где  $V_d$  – объем емкости диализата.

По второму методу поток определяется по изменению концентрации соли внутри аппаратов между входом и выходом:

$$j_s = \frac{\Delta c_d \cdot v}{s \cdot \tau}, \quad (2)$$

где  $v$  – скорость потока,  $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ ,

$$\frac{j_s}{\Delta c} = -P_s + \frac{\eta}{F} \cdot \frac{i}{\Delta c}, \quad (3)$$

где  $\Delta c$  – градиент концентрации между концентратом и дилуатом,  $\frac{\text{л}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ ;

$P_s$  – коэффициент диффузионной и осмотической проницаемости соли,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$\eta$  – выход по току,  $\frac{\text{моль}}{\text{Ф}}$ .

Полученные экспериментальные результаты обрабатывались в рамках модели электродиализного концентрирования. Согласно модели, поток соли и воды через мембрану складываются из диффузии осмотических и электромембранных потоков:

$$j_s = -P_s(c_k - c_d) + \eta \frac{1}{F},$$

$$j_w = P_w(c_k - c_d) + t_w \frac{1}{F},$$

где  $j_w$  и  $j_s$  – соответственно потоки соли и воды в камеры концентрирования;

$P_s = P_s^a + P_s^k$ ,  $P_w = P_w^a + P_w^k$  – диффузионная и осмотическая проницаемость мембранной пары соответственно;

$t_w = t_w^a + t_w^k$  – число переноса воды через мембранную пару;

$\eta = 1 - t_w^a - t_w^k$  – выход по току для переноса катионов (к) и анионов (а);

$c_k$  и  $c_d$  – концентрация соли в камерах концентрирования и обессоливания, соответственно.

В модели предполагалось, что в концентрированных растворах электроосмотический перенос свободной воды пренебрежимо мал (вода переносится преимущественно в составе гидратных оболочек ионов). Поэтому число переноса воды представлялось в виде  $t_w = t_w^a + t_w^k = h\eta$ , где  $h$  – число гидратации соли. В этом приближении уравнение для потока воды можно записать в виде:

$$j_w = P_w(c_k - c_d) + h\eta \frac{1}{F},$$

Все четыре феноменологических параметра модели:  $P_s$ ,  $P_w$ ,  $\eta$  и  $h$  можно определить путем линеаризации уравнений (2) и (3), делением их правых и левых частей на  $(c_k - c_d) = \Delta c$ :

$$\frac{j_s}{\Delta c} = -P_s(c_k - c_d) + \frac{\eta}{F} \frac{i}{\Delta c},$$

$$\frac{j_w}{\Delta c} = -P_w(c_k - c_d) + \frac{\epsilon_w}{F} \frac{i}{\Delta c}.$$

Экспериментальные данные с использованием метода наименьших квадратов обрабатывали в координатах  $\frac{j_s}{\Delta c} - \frac{i}{\Delta c}$  и  $\frac{j_w}{\Delta c} - \frac{i}{\Delta c}$  для определения транспортных характеристик мембранной пары. На рис. 1–3 представлены результаты проведенных экспериментов.

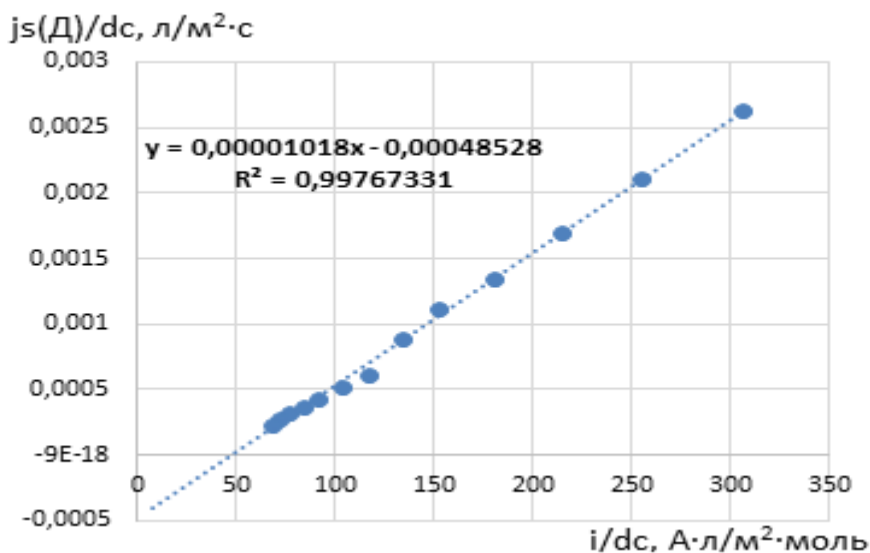


Рисунок 1 – Зависимость потока соли через мембранную пару от плотности тока

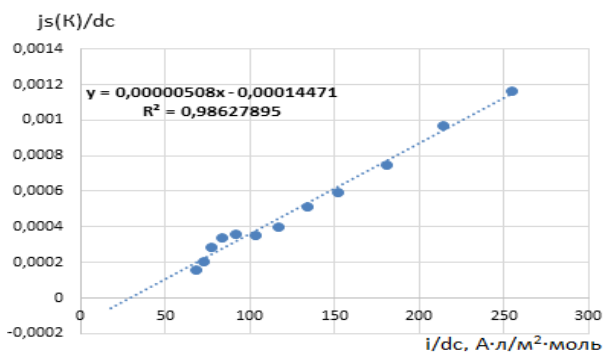


Рисунок 2 – Поток соли из концентрата

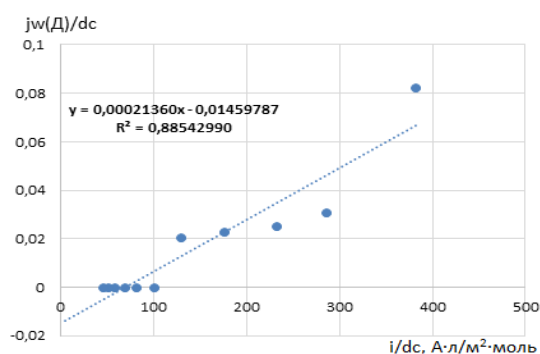


Рисунок 3 – Поток воды из дилюата



Характеристики массообменных процессов при концентрировании модельных растворов на каскаде из двух ЭМА

N	$\vartheta_{д}$ , л/ч	$\vartheta_{к}$ , л/ч	$P_s$ (д), кг/м <sup>2</sup> ·ч	$\eta_s$ (д)	$P_w$ , л/м <sup>2</sup> ·ч	$\eta_w$ (д)	h, МОЛЬ/МОЛЬ	$\frac{\Delta M_w}{\Delta M_s}$ , МОЛЬ/МОЛЬ
1	2000	2000	1,40	0,907	25,38	8,45		6,4
2	6000	6000	1,595	0,704		3,5		17,8
3	4000	4000	0,91	0,75		9,65		17,5
4	3000	3000	0,67 0,936 (к)	0,59 0,715 (к)	17,9	10,61	14,84	14,2
5	5000	5000	0,72 1,47 (к)	0,675 0,75 (к)		≈ 9,16	12,2 (к)	18,2
6	1000	1000	1,44	0,933	14,9	5,45	5,84	12,9
7	2000	1000	1,44	1,022	52,56	20,61	20,2	19,2
8	1000	600	0,03	0,982	55,44	14,57	14,8	11,2

В таблице 1 приведены результаты работы каскада двух аппаратов ЭМА-400/2 при концентрировании модельного раствора хлорида натрия.

Масса перешедшей соли из диализата в концентрат:

$$\frac{(C_{с,д}^1 - C_{с,д}^2)}{1000} \cdot V_{д}, \text{ кг},$$

$$j_s = \frac{\Delta C_{с,д} \cdot V}{S \cdot \tau}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Эффективность процесса:

$$\frac{V_{д} \cdot (c^{1д} - c^{2д})}{57,5 \cdot (Q_1 + Q_2)} \frac{\text{МОЛЬ}}{F},$$

где  $Q_1 = \frac{(I_1 + I_2) \cdot (\tau_2 - \tau_1)}{2 \cdot \text{к.в.}}$ , а  $\Pi_1$  – число камер по I тракту, 200 шт.

Поток соли через мембранную пару:

$$j_s = \frac{\Delta C_{с,д} \cdot V_{д}}{\Delta \tau \cdot 57,5 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 0,08 \text{ м}^2 \cdot 15 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{М}^2 \cdot \text{с}}}$$

Градиент:

$$\Delta C_{к/д} = \frac{C_{к/ср} - C_{д/ср}}{\frac{C_{к1} + C_{к2}}{2} - \frac{C_{д1} + C_{д2}}{2}}$$

Перенос воды:

$$J_w = \frac{\Delta M_{w,g}}{\Delta t \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 3600 \frac{\text{с}}{\text{час}} \cdot 0,08 \text{ м}^2 \cdot 15' \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}}$$

В ходе данной работы проведены теоретические и экспериментальные исследования массообменных процессов, протекающих при регенерации ионоселективных анионо- и катионообменных мембран высокоминерализованными растворами сложного состава.

Получены зависимости влияния потока соли через мембранную пару в зависимости от плотности тока. Данные исследования затрагивали поток воды из дилуата и поток соли из концентрата.

Данные исследования позволили выявить закономерности электромембранной переработки вод с различной степенью минерализации. Полученные результаты были учтены при выборе ионоселективных анионо- и катионообменных мембран для электромембранного аппарата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерством образования и науки РФ прикладных научных исследований и экспериментальных разработок в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы». (Соглашение № 14.577.21.0238 от 03.10.2016 г., этап 2). Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57716X0238.

#### **Список использованных источников**

1. Королев А.Г. Ресурсосберегающая технология утилизации продувочной воды испарителей водоподготовительной установки ТЭС на базе электромембранных модулей: диссертация ... кандидата технических наук. Казан. гос. энергет. ун-т. – Казань, 2013.
2. Вафин Т.Ф. Разработка электромембранных методов утилизации высокоминерализованных жидких щелочных отходов ТЭС: диссертация ... кандидата технических наук. Казан. гос. энергет. ун-т. – Казань, 2013.
3. Заболоцкий В.И., Шудренко А.А., Гнусин Н.П. // Электрохимия, 1988. – Т.24. – №6. – С. 744.
4. Заболоцкий В.И., Никоненко В.В. Перенос ионов в мембранах. – М.: Наука, 1996. – 393 с.
5. Заболоцкий В.И., Протасов К.В., Шарафан М.В. Исследование процесса электродиализного концентрирования хлорида натрия с гибридными органо-неорганическими ионообменными мембранами. // Электрохимия, 2010. – Т.46. – №9. – С. 1044-1051.

**ПЛАНИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ НАЦИОНАЛЬНОЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ENERGYPLAN**

*Д.Б. Муслина, Т.А. Петровская*

*Белорусский национальный технический университет*

**Введение.** Моделирование долгосрочных сценариев развития национальных энергетических систем и энергетики в целом актуально для всех стран без исключения. Однако, от того насколько обдуманно будут разработаны сценарии, взвешенно произведена оценка их рентабельности и осуществлен выбор дальнейшей долгосрочной энергетической стратегии, будет зависеть в целом дальнейшее развитие экономики государства. Это, в свою очередь носит крайне серьезный характер.

Осуществление технико-экономической оценки эффективности внедрения тех или иных инновационных технологий выработки энергии в будущем в масштабах страны с учетом графиков спроса на тепловую и электрическую энергии, и имеющихся уже в составе энергосистемы мощностей, крайне трудоемко. Для создания модели энергосистемы приходится идти на ряд допущений, которые порой могут привести к искажению результатов. Более того, на формирование подобной модели потребуется значительное количество времени и ресурсов.

Эта задача значительно упрощается при использовании такого инструмента моделирования развития энергосистемы, как EnergyPLAN. Основным назначением модели EnergyPLAN является разработка долгосрочных стратегий, призванных помочь руководству будущей местной, национальной, региональной или даже глобальной энергетической системы.

Планирование долгосрочных энергетических стратегий часто проводится с использованием комплексных подходов, которые учитывают, как наличие собственных энергоресурсов, так и роль энергоэффективности в снижении потребностей в импортируемом топливе.

Планирование энергетической стратегии традиционно играет важную роль в установлении структуры энергоисточников для регулирования в энергетическом секторе. В сфере ответственности планирования лежит выбор типов электростанций, которые будут построены, оценка возможной стоимости вырабатываемых вторичных энергоресурсов, учет тенденций в сфере цен на топливо и пр.

Поэтому при организации планирования в сфере энергетики должны учитываться результаты экономического развития страны, динамика потребления энергоресурсов промышленностью и населением, экологическая ситуация. Учет экологических последствий потребления и производства энергии приобрел в последние годы особую актуальность в странах ЕС и США в свете угрозы глобального изменения климата, обусловленной выбросами парниковых газов.

Например, многие страны ОЭСР и некоторые штаты США теперь при оценке эффективности регулирования своих энергетических систем прибегают к целевым показателям выбросов CO<sub>2</sub> и других парниковых газов. В свете этих событий широкое использование интегрированного энергетического планирования может становиться все более актуальным [1].

EnergyPLAN рассматривает три основных сектора любой национальной энергетической системы: теплоэнергетику, электроэнергетику и транспорт. Поскольку в последние годы в ряде европейских стран доля возобновляемой энергии на основе ветра, солнца, воды в энергобалансе становится все более заметной, обеспечение устойчивости и маневренности энергосистемы становится ключевой задачей. Для решения обозначенной задачи в модели EnergyPLAN доступны следующие варианты: интеграция комбинированных теплоэнергетических установок, тепловых насосов, ввод электрических транспортных средств, производство водородного топлива.

Важно отметить, что EnergyPLAN моделирует работу национальных энергетических систем на основе графиков часовых нагрузок энергосистемы по тепловой и электрической энергии с учетом выработки энергопотоков от различных энергоисточников, в том числе АЭС, КЭС, ТЭЦ, котельных и источников, установленных на промышленных предприятиях.

EnergyPLAN также позволяет моделировать стратегии со 100% снабжением электроэнергией от возобновляемых источников. Такая стратегия на сегодняшний день разработана и принята для энергетической системы Дании.

Аналогичные исследования, посвященные широкомасштабной интеграции ВИЭ, уже проводились европейскими учеными для энергетических систем Хорватии, Сербии, Финляндии при использовании инструмента моделирования EnergyPLAN. Результаты этих исследований указывают на способность энергосистемы принять и использовать более высокую долю различных видов ВИЭ.

**Описание модели EnergyPLAN.** EnergyPLAN разработан и исследовательской группой по устойчивому энергетическому планированию Ольборгского Университета (Дания). Модель используется многими исследователями, консультантами и политиками по всему миру благодаря тому, что основное внимание при разработке модели было направлено на ее общедоступность и удобство интерфейса (рис. 1-3).

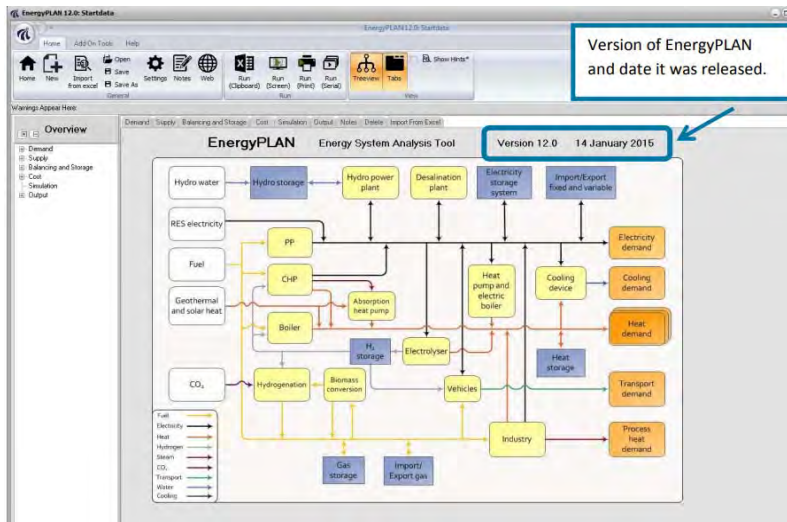


Рисунок 1 – Стартовая страница модели EnergyPLAN

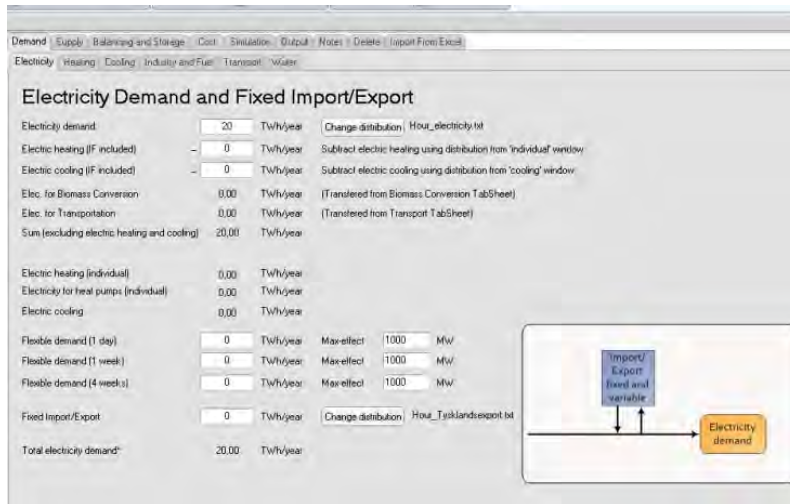


Рисунок 2 – Страница модели EnergyPLAN по введению данных по электропотреблению и импорту/экспорту электроэнергии



Рисунок 3 – Страница модели EnergyPLAN по введению данных по теплотреблению по видам потребителей

EnergyPLAN распространяется как бесплатное программное обеспечение. К нему имеется множество учебных материалов, руководство к использованию. Более того, существующие модели уже доступны для многих стран, а полученные с ее помощью результаты давно используются в множестве научных публикаций.

Для создания стратегий необходимо придерживаться определенной логики, основанной на структурированном процессе принятия решений на основе шести ключевых шагов, а именно:

1. изучение текущей ситуации и воссоздание существующей ситуации в модели EnergyPLAN;
2. проверка созданной модели на достоверность;
3. изучение потенциала страны по различным возобновляемым источникам энергии, таким как энергия солнца, ветра, приливов и отливов, биогазовые комплексы и установки на биомассе. Оценка потенциала промышленных и муниципальных ВЭРов, бытовых отходов и пр.;
4. разработка конкретных стратегий и возможностей, которые возможно реализовать в рамках процесса планирования устойчивой энергетики;
5. создание ряда моделей для прогнозирования вероятного воздействия различных сценариев с помощью инструмента EnergyPLAN, основанного на математическом моделировании;
6. анализ полученных результатов для выбора и обоснования наилучшей стратегии энергетического развития. Определение финансовых затрат, требуемых для реализации стратегии.

**Выводы.** Таким образом, EnergyPLAN – это удобный инструмент математического моделирования, который позволяет планировать устойчивое энергетическое развитие стран и регионов и наиболее подходит тем, кто намереваются развивать свою энергетическую безопасность, используя при этом в своих процессах планирования наилучшую доступную в мире практику.

УДК 338.45

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ  
ПРОЕКТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НА ДИНАМИКУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

*Л.Р. Мухаметова*

*Казанский государственный энергетический университет*

Формирование программ социально-экономического развития требует построения прогнозных сценариев ее воздействия на факторы окружающей среды и определения реакции населения региона.

Оценка эффективности развития региональной экономики требует учета влияния множества факторов, различные комбинации которых позволяют получить многогранную оценку эффективности развития.

Существующие системы факторов энергосбережения обладают достаточно фрагментарным характером, не позволяющим выявить взаимосвязь энергосбережения с эффективностью и устойчивостью регионального развития, что актуализирует необходимость дополнительного уровня управления диффузией инновационных решений в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности, что позволит обеспечить повышение эффективности операционного управления входными ресурсами в виде потребления энергетических ресурсов, и, кроме того, позволит осуществлять выбор и реализацию технических, технологических, эксплуатационных, организационных и экономических мероприятий по энергосбережению.

Обеспечение системности в реализации процессов регионального энергосбережения обуславливает повышение эффективности принятия управленческих решений, формирующих повышение результативности использования энергоресурсов и влияющих на снижение энергоемкости ВРП. Формирование алгоритма управления процессами регионального энергосбережения должно основываться на следующих этапах процесса управления: определение целей и задач, планирование деятельности по энергосбережению и повышению энергоэффективности, реализация планов путем привлечения информационных, финансовых, трудовых ресурсов, определении системы учета, контроля и анализа результатов реализации программ по энергосбережению и повышению энергоэффективности, оперативное управление и регулирование процессов энергосбережения и повышению энергоэффективности, что будет способствовать формированию банка идей потенциальных мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности региона.

Выявленные особенности формирования программ регионального энергосбережения и повышения энергоэффективности требуют: во-первых, проведения анализа и оценки деятельности энергетического хозяйства путем обследования объектов энергопотребления, сбора и обработки документальной информации о потребляемых топливно-энергетических ресурсах непосредственно перед определением энергосберегающих мероприятий и использованием их в инвестиционных проектах; во-вторых, необходимо на основании анализируемой документации определить показатели энергетической эффективности и размер резервов энергосбережения субъектов федерации, что позволит выявить потенциальные направления энергосбережения и повышения энергоэффективности, на основании которых формируются подпрограммы по энергосбережению; в-третьих, необходимо определить ранг каждого потенциального энергосберегающего мероприятия в соответствии с региональными программами по энергосбережению и рассчитать затраты на их реализацию, а также внутреннюю норму доходности для каждого мероприятия. Результатом предложенных действий будет являться непредвзятый отбор объективно необходимый мероприятий.

Формирование метода оценки воздействия региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической

эффективности на траекторию и динамику регионального развития основывается на принципе построения системы показателей, отражающего отдельные аспекты эффективности хозяйствования.

Предлагается использовать следующие показатели:

1. Доля реализованных региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Данный показатель рассчитывается как среднееарифметическое отношения числа реализованных региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности к общему количеству принятых на рассмотрение региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в динамике за определенный период.

$$I_{rp} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{P_{ri}}{P_{gi}}}{N},$$

где  $P_{ri}$  – число реализованных региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, шт.;

$P_{gi}$  – общее количество принятых на рассмотрение региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, шт.;

$N$  – количество исследуемых периодов.

2. Динамика валового регионального продукта на душу населения, представляющий собой удельный вес изменения валового регионального продукта на душу населения за исследуемый период

$$I_{GRP} = \frac{GRP_N - GRP_1}{GRP_N},$$

где  $GRP_N$  – валовый региональный продукт на душу населения в последнем исследуемом периоде, руб.

$GRP_1$  – валовый региональный продукт на душу населения в первом исследуемом периоде, руб.

$N$  – количество исследуемых периодов.

С помощью данного обобщенного показателя экономической деятельности региона возможно оценить исчисленную в рыночных ценах совокупную стоимость конечной продукции, созданной в течение анализируемого года в данном регионе и приходящейся на одного жителя региона. Положительная динамика индикатора характеризует повышение устойчивости развития региональной экономики.

Индекс инновационной деятельности представляет собой среднееарифметическое индексов инновационного развития регионов, рассчитываемого



в рамках рейтинга инновационного развития субъектов Российской Федерации, подготовленного Институтом статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и представленному четырьмя блоками: социально-экономические условия инновационной деятельности, научно-технический потенциал, инновационная деятельность, качество инновационной политики. Далее определяется региональный инновационный индекс как взвешенное среднее значение субиндексов, нормированные для обеспечения равномерности вкладов отобранных показателей.

$$I_{ir} = \frac{n_1}{N} \cdot I_{r1} + \frac{n_2}{N} \cdot I_{r2} + \frac{n_3}{N} \cdot I_{r3} + \frac{n_4}{N} \cdot I_{r4},$$

где  $n_1$  – число показателей в блоке социально-экономические условия инновационной деятельности;

$n_2$  – число показателей в блоке научно-технический потенциал;

$n_3$  – число показателей в блоке инновационная деятельность;

$n_4$  – число показателей в блоке качество инновационной политики;

$N$  – общее число показателей в системе;

$I_{r1}$  – индекс региона по блоку социально-экономические условия инновационной деятельности;

$I_{r2}$  – индекс региона по блоку научно-технический потенциал;

$I_{r3}$  – индекс региона по блоку инновационная деятельность;

$I_{r4}$  – индекс региона по блоку качество инновационной политики.

3. Индекс изменения показателя энергоёмкости валового регионального продукта, представляющий собой удельный вес изменения энергоёмкости валового регионального продукта за исследуемый период. Энергоёмкость валового регионального продукта в соответствии с Методикой расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях, утвержденной Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 7 июня 2010 г. №273 рассчитывается как отношение потребления топливно-энергетических ресурсов к валовому региональному продукту:

$$I_{EC} = \frac{\frac{C_{ER_N}}{GRP_N} - \frac{C_{ER_1}}{GRP_1}}{\frac{C_{ER_N}}{GRP_N}},$$

где  $\frac{C_{ER_N}}{GRP_N}$  – энергоёмкость региона за последний исследуемый период;

$C_{ER_N}$  – потребление топливно-энергетических ресурсов в последний исследуемый период;

$GRP_N$  – валовый региональный продукт за последний исследуемый период.

Данный показатель представляет собой основополагающий в системе стоимости товаров и услуг, характеризую долю добывающих отраслей и тяжелого машиностроения в региональной экономической структуре, а также и наличие отсталых неэнергосберегающих технологий, и в динамике демонстрирует сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов за счет энергосберегающих технологий. Сокращение данного показателя характеризует повышение устойчивости регионального развития.

4. Индекс промышленного производства предоставляется Федеральной службой Государственной статистики, приведенный показатель рассчитывается как среднее арифметическое индексов промышленного производства за исследуемый период.

Сводный индекс экологической эффективности представляет собой комплексный показатель успешности (эффективности) региональной экологической политики и представляет собой сумму показателей, входящих в блок оценки экологической устойчивости региона.

$$I_e = \sum_{i=1}^N P_i,$$

где  $P_i$  – показатели, входящие в блок оценки экологической устойчивости региона;  
 $i$  – номер показателя;

$N$  – число показателей в выборке.

5. Показатель бюджетной обеспеченности рассчитывается в соответствии с методикой распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2004 г. №670 «О распределении дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации». Нормативное значение представляет собой отношение расчетного объема дотации региона к прогнозируемому объему налоговых доходов от налога на доходы физических лиц, подлежащих зачислению в бюджеты всех уровней бюджетной системы РФ по территории соответствующего региона.

$$I_b = \frac{I_{TP} \cdot P \cdot a + Tr}{I_{BC} \cdot P \cdot a},$$

где  $I_{TP}$  – индекс регионального налогового потенциала;

$P$  – численность населения региона;

$a$  – среднерегionalный уровень налоговых доходов в расчете на душу населения, прогнозируемый на соответствующий год (руб./чел.);

$Tr$  – объем трансферта региону;

$I_{BC}$  – индекс бюджетных расходов данного региона.

Данный показатель демонстрирует фактический объем средств регионального бюджета и внебюджетных фондов, обеспечивающих функционирование объектов социальной и производственной инфраструктуры. Кроме того, это показатель финансирования регионального социально-экономического развития в расчете на одного жителя региона и представляет уровень социальной обеспеченности населения региона. В целях гармонизации представленных данных, для каждого показателя в динамике нужно найти среднюю арифметическую, что позволит в дальнейшем провести корреляционный анализ.

Проведенный нами анализ статистических данных по Приволжскому федеральному округу за пятилетний период показал наличие положительной корреляции между всеми указанными факторами за исключением показателя энергоемкости ВРП, а также наличие сильной отрицательной корреляции между показателями доли реализованных региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и энергоемкости ВРП, это подтверждает эффективность проводимых программ в области энергосбережения, а также позволяет провести регрессионный анализ между предиктором – долей реализованных региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и критериальной переменной – валовым региональным продуктом на душу населения, также отрицательно коррелирующим с энергоемкостью ВРП, что означает увеличение ВРП на душу населения при снижении энергоемкости ВРП как следствия реализации региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Таким образом, реализация региональных инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности оказывает положительное влияние на динамику ВРП на душу населения за счет снижения показателя энергоемкости ВРП, и в целом способствует достижению устойчивого развития региона. Различия в типе инноваций и в скорости их распространения выступает необходимой предпосылкой устойчивого развития отдельных региональных образований, для реализации которой представляется необходимым разработку адаптированных к условиям поляризованного экономического пространства мер управляющего воздействия со стороны государства, использующего принципы программно-целевого управления и инструменты патерналистской политики.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО  
СОСТАВА НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ  
С ТЕМПЕРАТУРОЙ КИПЕНИЯ 40-140<sup>0</sup>С В ВОДЕ МЕТОДОМ  
ТВЕРДОФАЗНОЙ МИКРОЭКСТРАКЦИИ (SPME)**

*А.С. Панасюгин, А.И. Теран, В.Н. Ануфриев, С.В. Григорьев, Т.В. Силина  
Белорусский национальный технический университет*

***Аннотация.** В статье рассмотрен метод определения количественного и качественного состава нефтяных фракций с температурой кипения 40-160 °С в воде методом твердофазной микроэкстракции. Принцип метода основан на сорбции анализируемого компонента из водных объектов сорбционным материалом (полидиметилсилоксан). Далее при термодесорбции в испарителе газового хроматографа и анализируемый компонент определяли по стандартной процедуре с использованием пламенно-ионизационного детектора.*

*В результате ряда измерений в работе показана принципиальная возможность использования рассматриваемого метода для определения нефтепродуктов различного состава в водных средах.*

***Ключевые слова:** нефтяное загрязнение, нефтепродукты, газовая хроматография, твердофазная микроэкстракция.*

**Введение.** При эксплуатации объектов энергетики одной из распространенных проблем является сброс в водные объекты сточных вод, содержащих нефтепродукты. Кроме того, поступление в водные объект нефтепродуктов сопряжено с авариями и другими нештатными ситуациями на объектах энергетики и транспорта. В этих случаях загрязнения носят локализованный характер и могут распространяться на большие площади [1].

В настоящее время для определения нефтепродуктов в водах различного происхождения широко используют метод твердофазной микроэкстракции (Solid Phase Microextraction – SPME) [1-2]. Отличительной чертой этого метода является совмещение в одном устройстве системы пробоотбора и ввода пробы в хроматограф [2]. Проведенные эксперименты показали, что метод твердофазной микроэкстракции лишен ряда недостатков, присущих существующим методикам. Это метод пробоподготовки в котором исключено использование органических растворителей в качестве экстрагентов. Он также характеризуется простотой и экспрессностью, особенно при анализе водных матриц.

Рассматриваемый метод также удовлетворяет требованию к методикам контроля нефтепродуктов в воде СанПиН 10-124 РБ 99, согласно которому в случае превышения ПДК необходимо определять не только количественный, но и качественный состав нефтепродуктов в воде.

В основе метода лежит использование микроколичества экстракционной фазы, как правило, менее 1 мкл. Экстракционной фазой может твердый сорбент, обладающий развитой пористой структурой для увеличения адсорбции.

Таким образом, метод измерения основан на количественном и качественном определении анализируемых компонентов методом газовой хроматографии с предварительным концентрированием пробы методом твердофазной микроэкстракции (SPME). Анализ проводится на колонке с неполярной неподвижной фазой.

Возможности метода твердофазной микроэкстракции иллюстрируются на примере определения нефтепродуктов в водных средах.

**Методика.** Выполнение измерений методом твердофазной микроэкстракции (SPME) осуществлялось на газожидкостных хроматографах серии «Цвет» и «Хромас», оснащенных пламенно-ионизационными детекторами с использованием двух колоночной схемы.

Хроматографическая колонка №1 для количественного определения: материал – стекло; длина – 30 м; внутренний диаметр – 0,6-0,65 мм; неподвижная фаза – полидиметилсилоксан (SE 30), эффективность колонки – не менее 30000 тт. по толуолу при 170 °С производства НП ОДО «Люкэп».

Хроматографическая колонка №2 для качественного определения: материал – стекло; длина – 60 м; внутренний диаметр – 0,4-0,45 мм; неподвижная фаза – полидиметилсилоксан (SE 30), эффективность колонки – не менее 150000 тт. по толуолу при 170°С, производства НП ОДО «Люкэп».

На первой колонке определяли количество нефтепродуктов в пробе, при этом нижний предел обнаружения составлял 0,064 мг/л. При содержании нефтепродуктов выше 1,0 мг/л необходимо проводить качественное определение типа нефтепродукта, которое проводят на колонке 2.

Устройство для твердофазной микроэкстракции, снабженное экстракционной нитью, покрытой слоем полидиметилсилоксана толщиной 100 мкм, производства фирмы «Supelco». После экстракции нефтепродуктов из пробы устройство вводят в испаритель хроматографа, где происходит термодесорбция нефтепродукта.

Растворы с известным качественным и количественным составом нефтепродуктов в пробе готовили на основе водопроводной воды. В воду, химический состав которой приведен ниже, помещали расчетное количество смеси нефтепродуктов.

Химический состав воды: рН – 7,46; Na<sup>+</sup> – 7,38 мг/л; K<sup>+</sup> – 1,27 мг/л; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 0,21 мг/л; Ca<sup>2+</sup> – 43,4 мг/л; Mg<sup>2+</sup> – 4,9 мг/л; Cl<sup>-</sup> – 29,11 мг/л; SO<sub>2</sub><sup>2-</sup> – 41,2 мг/л; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 2,03 мг/л; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – менее 0,1 мг/л; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 167,0 мг/л; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> – необн. Br<sup>-</sup> – 0,12 мг/л; F<sup>-</sup> – 0,1 мг/л; SiO<sub>2</sub> – 11,44 мг/л; общая жесткость – 2,65 мг-экв/л; карбонатная жесткость – 2,49 мг-экв/л.

В качестве модельной смеси нефтепродуктов использовали паспортизованные фракции фирмы FLUKA: петролейный эфир температура кипения 40-60 °С, лигроин температура кипения 60-100 °С, бензин температура кипения 65-100 °С, бензин температура кипения 80-110 °С, бензин темпе-

ратура кипения 100-140 °С. Классификация химической чистоты всех реактивов – ч.д.а.

Градуировочную характеристику, выражающую зависимость площадей хроматографических пиков определяемых нефтепродуктов от их содержания в градуировочной пробе устанавливали по 5 растворам различной концентрации. Их готовили из смеси нефтепродуктов, аликвоту, которых растворяли в ацетоне, далее разбавлением в воде достигали следующего содержания нефтепродуктов в пробе 0,053; 0,525; 1,05; 1,575; 2,625 мг/л, соответственно от 0,5 до 26 ПДК.

Каждую градуировочную пробу хроматографировали 5 раз, начиная с самой низкой концентрации определяемых компонентов. Условия проведения анализа и градуировки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия проведения анализа и градуировки

Показатель	Значение
Температура термостата колонки, °С	200
Температура испарителя, °С	270
Температура детектора, °С	250
Суммарный расход газа-носителя, см <sup>3</sup> /мин	35
Коэффициент деления потока на входе в колонку	1/5
Расход газов для ионизационно-пламенного детектора, см <sup>3</sup> /мин:	
водород	30
воздух	300

**Результаты и их обсуждение.** При определении количественного содержания нефтепродуктов в воде использовали метод абсолютной калибровки. Концентрацию нефтепродуктов в воде ( $C$ , мг/дм<sup>3</sup>) определяли по формуле (1). Для этого используют среднее арифметическое площадей пиков, полученных при обработке не менее 2 хроматограмм.

$$C_i = H_i / a, \quad (1)$$

где  $H_i$  – сумма площадей пиков;

$a$  – коэффициент регрессии, который определяли процессе градуировки.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов анализа двух параллельных проб.

Полученные хроматограммы показаны на рис. 1-2.

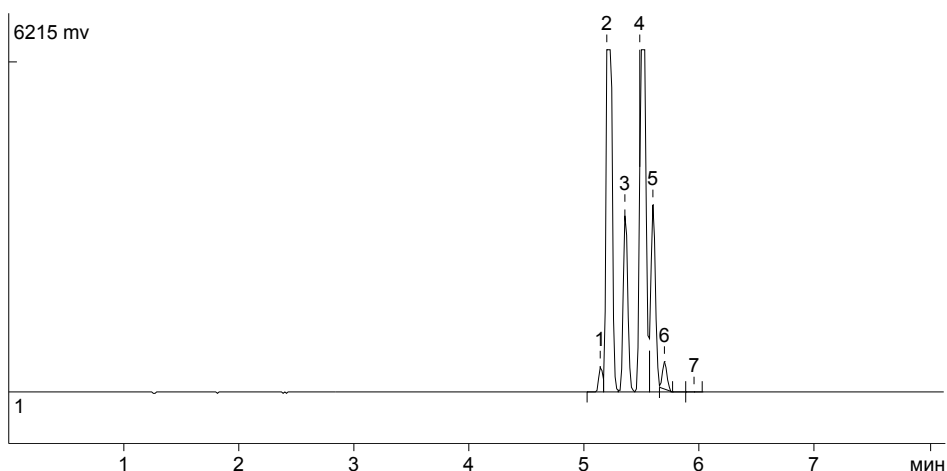


Рисунок 1 – Хроматограмма низкокипящих нефтепродуктов для смеси петролейного эфира- лигроина

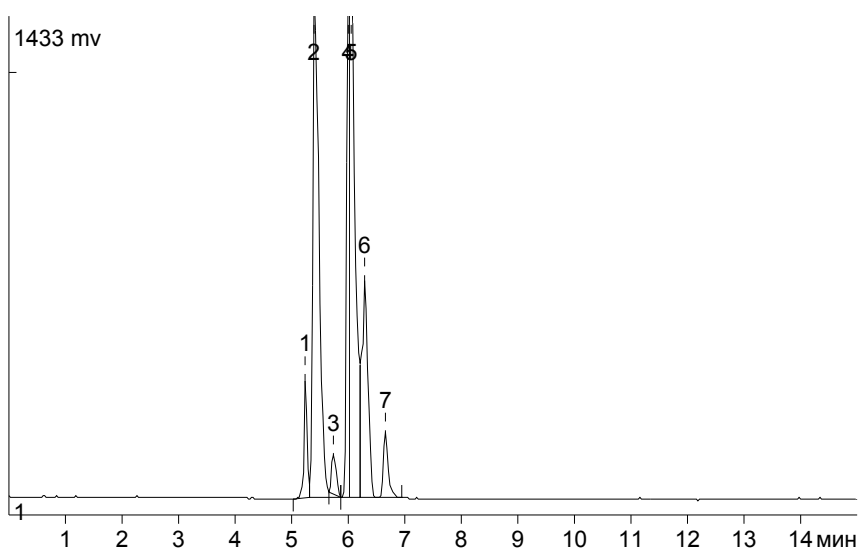


Рисунок 2 – Хроматограмма легких бензиновых фракций 100-140 °С

**Заключение.** В данной работе нами были разработаны и апробированы подходы для применения метода твердофазной экстракции для определения нефтепродуктов в воде. Рассмотренный метод измерения основан на определении анализируемого компонента методом газовой хроматографии с ионизационно-пламенным детектированием и предварительным концентрированием пробы методом твердофазной микроэкстракции (SPME) равновесной газовой фазы.

#### Список использованных источников

1. Панасюгин А.С., Азаров С.М., Машерова Н.П., Сивак Ю.Б. Модульная система очистки вод различного происхождения от нефтепродуктов // Литейное производство и металлургия, 2005. – Вып. 2. – С.179-181.
2. Волков С.М., Черновец А.Н. Новая конструкция устройства для осуществления микроэкстракции // Сорбционные и хроматографические процессы, 2011. – Т.11. – Вып. 3. – С. 367-372.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

*С.М. Дмитриев, А.А. Добров, М.А. Легчанов, А.В. Рязанов,  
А.Н. Пронин, Д.Н. Солнцев, А.Е. Хробостов*

*Нижегородский государственный технический университет*

Процессы смешения неизотермических потоков существенно влияют на параметры теплоносителя на входе в активную зону, что определяет её теплотехническое состояние. На входе в реактор могут возникать неравномерные потоки теплоносителя по разным петлям, приводящие к локальным отклонениям параметров от номинальных. Процессы, протекающие при отклонении параметров теплоносителя от допустимых значений, необходимо оценивать при обосновании безопасной работы ядерных энергетических установок, поскольку они приводят к существенной неравномерности теплогидравлических характеристик в камере смешения реактора и на входе в каналы активной зоны. Такие явления нуждаются в детальном изучении при помощи CFD-кодов, которые должны проходить процедуру верификации основе представительных экспериментальных данных.

На базе кафедры «Атомные и тепловые станции» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева был создан экспериментальный стенд (рис. 1) для исследования смешения потоков в модели водо-водяного реактора с целью детального изучения процессов локального отклонения изучаемых параметров. Стенд спроектирован в виде двух контуров: исследовательского контура смешения потоков с установленной экспериментальной моделью и контура охлаждения, необходимого для отвода тепла и подготовки «холодного» теплоносителя.

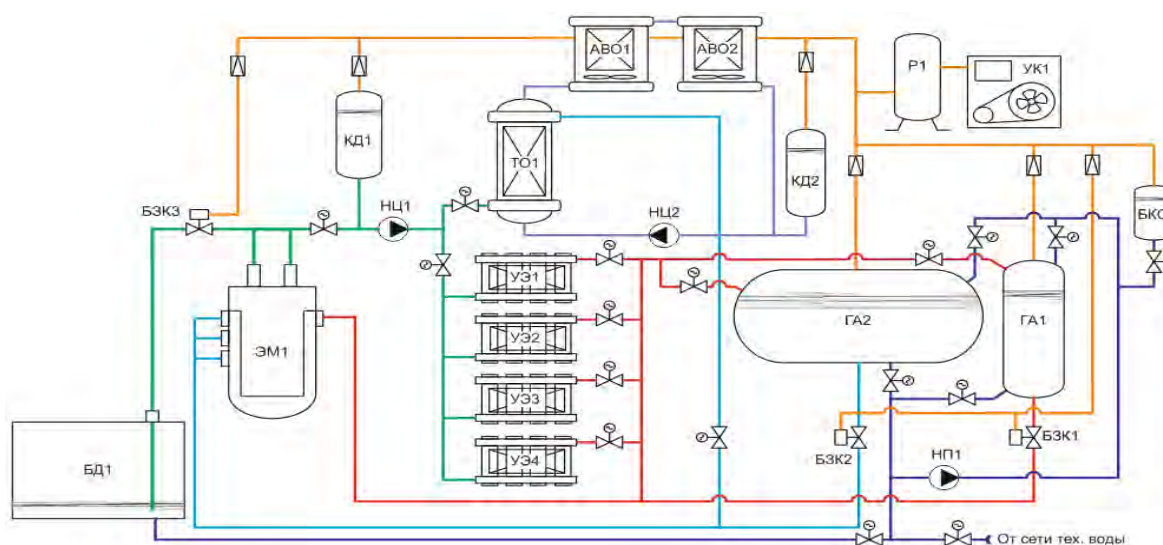


Рисунок 1 – Принципиальная схема стенда



Оборудование стенда позволяет создать режимы как ламинарные, так и турбулентные течения при различной температуре, расходах и концентрации примесей в потоке теплоносителя. Параметры, при которых может осуществляться моделирование, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры экспериментального стенда

Параметр	Значение
Число имитирующих петель циркуляции теплоносителя	6
Мощность нагревательных установок (суммарная), кВт	800
Мощность контура охлаждения (максимальная), кВт	960
Расход через экспериментальную модель, м <sup>3</sup> /ч	До 200
Температура смешиваемых потоков, °С	15-200
Диаметры исследуемых моделей по внешней обечайке, мм	400-1500
Давление в контуре смешения потоков, кгс/см <sup>2</sup>	до 20
Удельная электрическая проводимость теплоносителя	до 4000 мкСм/см

Экспериментальная модель (ЭМ) представлена на рис. 2. Экспериментальная модель оснащена четырьмя патрубками ввода теплоносителя, по одному из которых подается соленый поток, по трем другим дистиллированная вода. Теплоноситель проходит от входных патрубков ЭМ вниз по опускной кольцевой камере, попадает в нижнюю напорную камеру, откуда распределяется по дросселированным каналам имитаторам активной зоны. По окончании подъема в каналах имитатора теплоноситель выходит в верхнюю сливную камеру и удаляется из модели через два выходных патрубка в крышке.



Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной модели

Экспериментальные исследования основывались на методе пространственной кондуктометрии. Измерительная система стенда состоит из технологической части, необходимой для контроля режимных параметров работы установки, а также исследовательской части, при помощи которой выполняются замеры физических характеристик в области турбулентного смешения потоков в модели реактора. Исследовательская часть измерительной системы основана на применении кондуктометрических датчиков сетчатой и стержневой конструкции (рис. 3).



Рисунок 3 – Исследовательская часть измерительной системы:  
а – сетчатый датчик (верхняя камера); б – стержневые датчики

Датчики установлены на всем протяжении опускной камеры экспериментальной модели (в трех плоскостях с азимутом  $20^\circ$  между соседними датчиками), а также на входе и выходе из области, имитирующей каналы активной зоны. Характеристики измерительной системы дают возможность работать с потоками в широком диапазоне проводимостей рабочих сред, а также получать частотно-энергетические характеристики флуктуаций значений локальной концентрации для последующего восстановления спектра турбулентных пульсаций в потоке.

Экспериментальные исследования проводились при различных параметрах. Изменяя два параметра – вязкость и скорость теплоносителя, удалось провести исследования в диапазоне чисел Рейнольдса от 10000 до 40000. Обработка показаний исследовательской измерительной системы позволила получить поле относительного солесодержания в экспериментальной модели на входе и выходе имитатора активной зоны экспериментальной модели (рис. 4). В ходе обработки данных эксперимента выявлено наличие закрутки потока при движении по кольцевому зазору экспериментальной модели по часовой стрелке на угол порядка  $180^\circ$ .

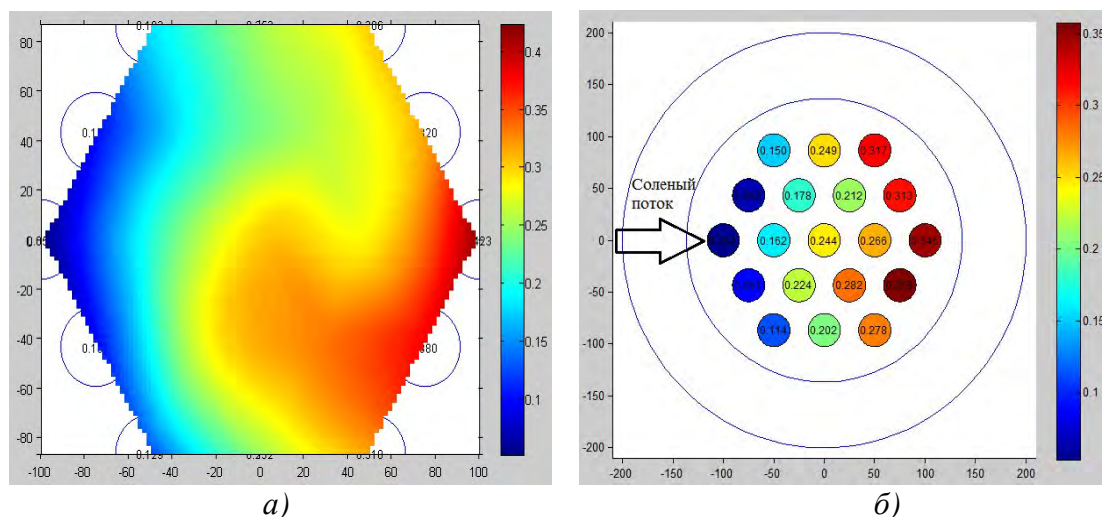


Рисунок 4 – Распределение относительной концентрации в нижней камере экспериментальной модели (а) и на выходе из каналов-имитаторов (б) ( $Re = 10000$ ,  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Претестовые и посттестовые CFD-расчёты позволили оценить эффективность использования моделей, заложенных в расчётные программы, а также определить явления и эффекты, которые изначально не были учтены. Таким образом, уже на данном этапе возможности стенда позволяют получить представительные экспериментальные данные, которые могут быть использованы в качестве верификационной базы для расчётных программ.

В рамках проведения следующего этапа исследований на стенде планируется выполнить следующие экспериментальные работы:

- исследование процессов смешения теплоносителя в напорной камере реактора при варьировании критерия Рейнольдса за счет изменения скорости потока;

- исследование процессов смешения теплоносителя в напорной камере реактора при варьировании критерия Рейнольдса за счет изменения молекулярной вязкости (температуры среды);

- исследование процессов смешения теплоносителя в напорной камере реактора при варьировании критерия Рейнольдса за счет изменения гидравлического диаметра (для этого будет изготовлена экспериментальная модель диаметром 600 мм с сохранением подобия геометрических размеров с действующей моделью 400 мм).

УДК 621.313

## КИНЕТИЧЕСКИЙ НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ

*Д.В. Русанов, К.Л. Ковалев, В.А. Подгузов*

*Московский авиационный институт*

*(национальный исследовательский университет)*

**Введение.** Существует несколько видов накопителей энергии, основанных на разных физических принципах: аккумуляторные батареи, конденсаторные батареи, сверхпроводниковые индуктивные накопители, кинетиче-

ские накопители энергии с магнитными подвесами на основе постоянных магнитов и массивных высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). В данной статье рассматриваются кинетические накопители энергии.

Кинетический накопитель энергии (КНЭ) – это устройство для накопления и хранения энергии, которое преобразует кинетическую энергию вращающегося маховика в электрическую энергию мотор – генератора.

КНЭ можно использовать в качестве резервного источника питания, источника бесперебойного питания для ответственных потребителей, например, медицинских учреждений, информационно-вычислительных центров, объектов атомной промышленности или высокотехнологичных производств. Также КНЭ может использоваться в составе энергосети для "сглаживания" пиков потребления электроэнергии (в дневные часы нагрузка на сеть выше по сравнению с ночными часами).

**Анализ разработок КНЭ в мире.** Работы по созданию КНЭ ведутся во многих странах. В США разработкой кинетических накопителей занимается компания Boeing. В 2001-2003 гг. ею были изготовлены, а затем испытаны два прототипа кинетических накопителей: на 3 кВт/10 кВт·ч (36 МДж) и на 100 кВт/ 5 кВт·ч (18 МДж) [2].

В Японии разработкой КНЭ занимается "Chubu electric power company incorporated" и "Mitsubishi heavy industries". Ими был создан накопитель с запасаемой энергией 3,6 МДж. Также в их планах создать накопитель с запасённой энергией 360 МДж.

В Корее создан КНЭ с запасённой энергией 1,08 МДж.

Разработки КНЭ ведутся в Германии. В рамках проекта "Energiespeicherwerk fur Gleichstromnetze im Nahverkehr" был разработан и испытан накопитель с запасённой энергией 14,4 МДж. Мощность мотор-генератора составляет 2 кВт.

Параллельно с работами по созданию КНЭ ведется разработка бесконтактных опор для них. Наиболее перспективной опорой для КНЭ является подвес на основе высокотемпературных сверхпроводников и постоянных магнитов. Также в качестве опор для КНЭ возможен вариант использования комбинации активных (подвес на основе электромагнитов) и пассивных (магнитный подвес) опор.

Компанией "Adelwitz Technologiezentrum GmbH (ATZ)", Германия, был создан ВТСП подвес для КНЭ с запасённой энергией 5 кВт·ч (18 МДж) и мощностью мотор-генератора 250 кВт. Подвес для стабилизации маховика массой 400 кг обладает жесткостью в радиальном направлении 1,5 кН, а в осевом 3 кН. Максимальная осевая нагрузка, которую может выдержать созданный ВТСП подвес, составляет 8 кН [3].

**Кинетический накопитель энергии 5 МДж.** МАИ совместно с АО «НИИЭМ» г. Истра, МГТУ им. Баумана, АО «КБ Салют», АО «ВПО Точмаш» был разработан и испытан КНЭ с ВТСП подвесом. Запасённая энергия накопителя составляет 5 МДж. Характеристики созданного накопителя следующие:

- максимальный уровень запасаемой энергии не менее 5 МДж;
- выходная мощность мотор-генератора 100 кВт при частоте вращения маховика 8000-5000 об/мин;
- диапазон выходного напряжения 350-150 В (без использования инвертора на выходе);
- частота напряжения 50 Гц (с использованием инвертора на выходе);
- время разряда 50 с;
- время заряда 300 с;
- масса маховика 650 кг.

Основными элементами конструкции КНЭ являются: герметичный корпус, маховик, мотор-генератор, ВТСП подвесы, подвижные опоры и магнитная опора (рис. 1). Преобразование электрической энергии в механическую энергию вращения маховика и обратно происходит в мотор-генераторе. Ось вращения маховика фиксируется ВТСП подвесами. В дополнение к ВТСП подвесам осевую нагрузку маховика удерживает магнитная опора. Нижняя и верхняя подвижные опоры необходимы для установки маховика в правильное положение перед захолаживанием ВТСП подвесов. Также в случае нарушения работоспособности ВТСП подвесов, подвижные опоры фиксируют ось вращения маховика. Это происходит следующим образом: установленные на концах опор конические подшипники, в случае нештатной ситуации опоры, выдвигаются и зажимают вал маховика. В рабочем режиме опоры выведены и не касаются вала маховика. В случае разрушения маховика для гашения кинетической энергии разлетающихся осколков предусмотрена система безопасности. Система безопасности состоит из двух цилиндров, вставленных друг в друга с радиальным зазором. Пространство между цилиндрами заполнено несколькими слоями металлической сетки. Перед запуском КНЭ из полости корпуса откачивается воздух, это необходимо, чтобы исключить потерю энергии на трение о воздух маховика.

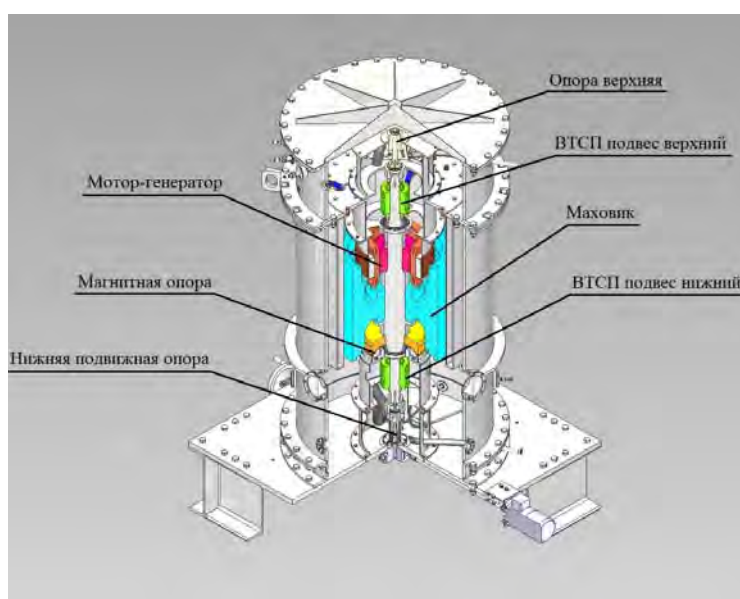


Рисунок 1 – Конструкция КНЭ

В ходе выполнения работ по созданию опытного образца коллективом разработчиков и конструкторов были созданы методики расчетов маховика, ВТСП подвесов, магнитной опоры. Была разработана конструкторская и технологическая документация. В АО «НИИЭМ» создан стенд для проведения испытаний КНЭ различных типоразмеров.

**ВТСП подвесы.** В созданном накопителе применены ВТСП подвесы. Работа ВТСП подвеса основана на эффекте вмораживания магнитного потока в высокотемпературный сверхпроводник при его охлаждении ниже критической температуры в присутствии внешнего магнитного поля.

Расчет и разработка конструкции подвеса выполнены МГТУ им. Баумана. Изготовлением и испытанием подвесов занималось АО «КБ Салют». ВТСП подвесы расположены в верхней и нижней частях вала маховика. ВТСП подвес необходим, чтобы жестко закрепить ось маховика в вертикальном положении, сохранять равномерный зазор между вращающимися и статичными частями КНЭ, а также демпфировать радиальные колебания маховика. Общий вид ВТСП подвеса КНЭ приведен на рис. 2. Подвес включает в себя ротор и статор, которые в рабочем положении удерживаются взаимодействием магнитного потока от магнитов на роторе с вмороженным магнитным потоком от статора.

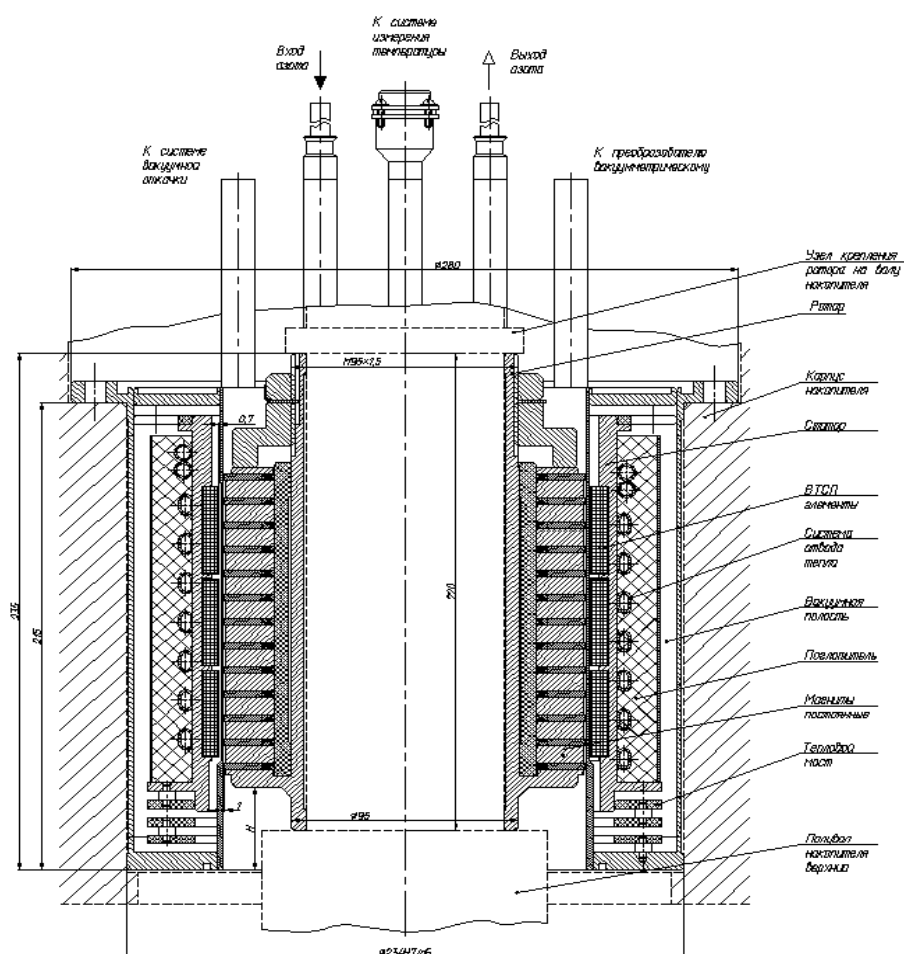


Рисунок 2 – Конструкция верхнего подвеса

Ротор ВТСП подвеса закреплен на валу маховика. На роторе установлены кольцевые Ne-Fe-B магниты. Между магнитными кольцами находятся пластины из электротехнической стали. Магниты и пластины склеены между собой эпоксидным клеем. Соседние кольца намагничены параллельно оси вращения, навстречу друг другу.

Статор ВТСП подвеса состоит из вакуумного кожуха с экранно-вакуумной изоляцией, выполненного из нержавеющей стали, кольцевого медного цилиндра с ВТСП элементами и тепловых мостов, предназначенных для распределения тепловых потоков от ВТСП элементов. Охлаждение ВТСП элементов осуществляется путем прокачки жидкого азота через медные трубки, намотанные и припаянные к медному цилиндру.

Параметры ВТСП подвеса следующие: диаметр ротора 150 мм и высота 120 мм, вертикальная жесткость 1500 Н/мм, радиальная жесткость 800 Н/м.

**Магнитная опора.** Вес маховика удерживается магнитной опорой. Конструкция опоры представляет собой две обоймы из нержавеющей стали с установленными в них Ne-Fe-B магнитами. Одна обойма неподвижна (статор), другая устанавливается на вал маховика (ротор). Обоймы с магнитами устанавливаются таким образом, чтобы намагниченность магнитов была встречной. Обоймы отталкиваются друг от друга и удерживают вес маховика. Рабочий зазор между статором и ротором магнитной опоры составляет 2-4 мм. Для увеличения прочности обойма ротора магнитной опоры дополнительно усилена углеволоконным бандажом. Магнитная опора рассчитана на нагрузку 6000 Н при зазоре 2-4 мм.

**Мотор-генератор.** Мотор-генератор КНЭ представляет собой бесконтактную синхронную электрическую машину с возбуждением от постоянных магнитов.

Так как работа КНЭ предусматривает продолжительное время в режиме хранения энергии, то для уменьшения потерь на перемагничивание магнитопровода статора, мотор-генератор выполнен из немагнитных материалов. Статор набран из листов нержавеющей стали, а ротор из титановых листов.

Обмотка статора трехфазная, двухслойная. Ротор имеет следующую конструкцию: из листов титана набирается обойма, в которую вклеиваются постоянные Ne-Fe-B магниты. Магниты устанавливаются по схеме Хальбаха.

**Испытания КНЭ.** В конце 2015 г. были проведены испытания созданного КНЭ. На основе проведенного анализа полученных экспериментальных данных можно сформулировать следующие выводы:

- выбранная конструкция основных элементов КНЭ показала свою надежность во всем рабочем диапазоне;
- расчетные методики достаточно точно описывают прочностные процессы в элементах маховика;
- выбранные материалы и технология намотки бандажа обеспечили надежную работу маховика в рабочем режиме;

- анализ результатов экспериментальных исследований позволяет рекомендовать принятые конструктивные решения и использованные расчетные методики при проектировании типоразмеров КНЭ.



Рисунок 3 – КНЭ на испытательном стенде

**Заключение.** В заключение можно сказать, что разработка и внедрение накопителей энергии в систему электроснабжения представляет собой перспективное направление для развития электросетей в условиях постоянно повышающихся требований со стороны потребителей электроэнергии.

#### **Список использованных источников**

1. Ковалев Л.К., Ковалев К.Л., Дежин Д.С., Полтавец В.Н., Вержбицкий Л.Г. / Кинетический накопитель энергии с ВТСП-магнитным подвесом // News-кабель. – №2 (март-апрель), 2011.
2. Strasik M., Hull J.R., Mittleider J.A., Gonder J.F., Johnson P.E., McCrary K.E., McIver C.R. Overview of Boeing flywheel energy-storage systems with high-temperature superconducting bearings, 2009.
3. Werfel F.N., Floegel-Delor U., Rothfeld R., Riedel T., Wippich D., Goebel B. 250 kW Flywheel with HTS Magnetic Bearing for Industrial Use, 2008.
4. Canders W.-R., May H., Hoffmann J. Contactless magnetic bearings for flywheel energy storage systems, 2005.



## АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

*В.З Салахутдинова*

*Научный руководитель – Н.А. Юдина*

*Казанский государственный энергетический университет*

Развитие современных экономических отношений ведет к необходимости страхования от результатов аварий и бедствий. Воздействие органов управления и общественных организаций на промышленную безопасность энергообъектов требует разработки нормативно-методической базы, которая позволит провести анализ аварийности в электроэнергетических системах.

К авариям на электроэнергетических системах относят:

- 1) аварии, возникшие на автономных электростанциях с длительным перебоем электроснабжения всех потребителей;
- 2) аварии в электроэнергетических сетях с продолжительной приостановкой электроснабжения существенных потребителей или внушительных территорий;
- 3) поломка электроконтактных транспортных сетей.

Стоит отметить, что в настоящее время системы исследований по анализу аварийности технических комплексов, которые носят научный характер и итоги которых уменьшали бы потребность в практике использования крупных систем энергетики, отсутствуют. Нельзя не сказать об актуальности данного направления исследований, так как воздействие обширных технических систем на развитие человечества растёт.

Исходя из итогов осенне-зимнего периода 2016-2017 годов руководитель Федеральной службы экологического, атомного и технологического надзора сообщил, что было зафиксировано 14 аварийных процессов на объектах электроэнергетики, что свидетельствует об уменьшении числа подобных аварий. По итогам 2015-2016 года произошло 23 происшествия, которые были изучены Ростехнадзором.

Повреждение оборудования, нарушения изоляции, неверная работа различных устройств и аппаратов, ошибки в рабочем процессе персонала являются следствием аварийных процессов в энергосистеме. Выделяя причины аварийности на участках электроэнергетики, особое внимание уделяют снижению эффективности энергетических систем, поломкам турбин, генераторов, а также силового трансформатора, что способствует долгосрочному бездействию оборудования.

Вопросы изучения, анализа и учета, относящихся к технологии сбоев на электростанциях и энергосистемах регулярно контролируется и фиксируется в руководящих отраслевых документах.

Такие основные свойства, как экономичность, безопасность и надежность, являются основными свойствами результативности технической системы. Данные свойства тем или иным образом взаимосвязаны с проблемами неполадок в системе.

Сталкиваясь с вопросом аварийности в электроэнергетических системах, необходимо знать её характеристики:

1) Разнородность составляющих элементов. Дифференциация оборудования, строений, имеющих различные производственные характеристики, сроки полезного использования и показатели безопасности.

2) Неповторимость. Отражается данная характеристика во всевозможном числе несхожих элементов каждой системы. Исключает такие методы изучения, которые ориентированы на схожие объекты и подразумевают приведение итоговых результатов к единому для всех систем равноценному показателю.

3) Неизменное развитие, модернизирование. Заключается в совершении ремонтных работ, как предусмотренных планом, так и внеплановых. Внедрение новейших составляющих, ввод развивающихся технологических и технических разработок с непрерывным выполнением функций производства.

4) Адаптивность к влияниям. В связи с различными видами запасов отклонение одного или же нескольких составляющих электроэнергетической системы способно сохранить работоспособность с условием преобразования некоторых действующих характеристик и критериев. В таком случае, как правило, все технологические перебои рассматриваются как повреждения.

5) Инертность признаков. Преобразование качеств и характеристик имеет неоперативный характер, так как преобладает большое количество элементов.

6) Иерархия строения и управления. Электроэнергетические системы по своему строению, организации использования и основам управления можно соотнести к многоуровневым комплексам. Отдельный уровень.

7) Причина вероятностного поведения электроэнергетических систем. Совокупность множества случайных факторов выступает причиной возникновения технологических сбоев в системе, а также влияет на местоположение и особенности протекания нарушения. Предварительные выводы относительно проведения комплексной системы могут быть актуальны в рамках категорий с вероятностным характером.

В процессе проведения анализа аварийных процессов в энергетике все причины технологических сбоев необходимо дифференцировать на три сегмента:

1) нарушения, которые связаны с техническим состоянием техники, зданий и прочих конструкций, отражают состояние основных производственных фондов и эффективность деятельности элементов всей системы;

2) нарушения из-за ошибок в эксплуатации. Сбои такого рода позволяют оценить уровень процесса организации разработки и степени профессиональной подготовленности персонала;

3) нарушения по причине возникновения опасных внешних факторов – отражают влияние внешней среды на комплекс в целом.

Ключевой целью регулирования электрической системы в аварийном режиме заключается в уменьшении потерь от снижения электропотребления

или поломке электрооборудования за счет совершения надлежащей мобилизации источника воздействий и их наиболее приемлемого использования. Отсюда следует, что важна безотлагательная ликвидация источника проблемы и проведения работ против распространения результатов аварии. В данном случае управление будет происходить таким комплексом автоматических устройств, как релейная защита. Из-за стремительного развития процессов, фигурирование человека в управлении исключено.

Исходя из анализа аварийности, который выявит причины технических ошибок, компоненты системы с большим потоком сбоев и последствия от данных нарушений с учетом возможных рисков, будет выявлен вердикт на управляющее воздействие. Он может влиять на устранение или на снижение воздействия конкретных причин технологических сбоев. Так же может быть рассмотрено влияние на сам объект, в таком случае управляющее действие заключается в замещении, ремонте, установлении программ диагностики неисправного оборудования.

Такие статистические данные, как количество, местоположение, факторы и итоги технологических перебоев, являются исходными в вопросе анализа аварийности в электроэнергетических системах. Контроль ведется как за масштабными авариями, так и за незначительными технологическими ошибками. Несущественные расстройства порой становятся результатами крупных аварий, поскольку технологический перебой с незначительными, на первый взгляд, последствиями способен в других условиях увеличиться в масштабах и усилить неблагоприятные условия.

Владение вероятностно-статистической информацией о технологических кризисах в электроэнергетических системах за длительный период эксплуатации позволит, прибегнув к анализу аварийности, обоснованнее принимать решение по разработке мероприятий связанной с экологической безопасностью объектов энергетики. Возможна подготовка проектов по снижению показателя аварийности в структуре, мониторинг последствий аварий на технико-экономические коэффициенты функционирования организации, формирование отношений по защите имущественных интересов от исхода катастроф. Также способствовать повышению продуктивности деятельности электроэнергетических систем может подготовка рабочего персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях.

Анализ аварийных процессов в энергетике, изучение сбоев и факторов их появления показало, что ключевыми причинами большей части аварий, стали:

- 1) Пониженный уровень организации работы элементов электроэнергетики. Организации, эксплуатирующие данные объекты, несвоевременно и неудовлетворительно осуществляют обслуживание и техническую проверку техники, его ремонт и не осуществляют замену приборов, которые выработали установленные сроки эксплуатации. Примером является ситуация, сложившаяся 20 августа 2010 года. Из-за нарушений в работе двух подстанций с общей мощностью 300 киловатт без электричества остались пять районов Санкт-Петербурга и Всеволожский район Ленинградской об-

ласти. Нельзя не отнести сюда и аварию на Чернобыльской АЭС. Реактор, несоответствующий нормам безопасности имел опасные конструктивные особенности, что привело к крупнейшей в своем роде аварии за всю историю атомной энергетики.

2) Низкая квалификация руководящего и обслуживающего персонала использующих предприятий. Неспособность быстро оценить ситуацию и предпринять оптимальные действия в сложившейся аварийной ситуации в условиях нехватки времени ведут к росту сбоев в электроэнергетических системах. Так, к примеру, летом 2011 года работник крупной американской АЭС, не вышедший из диагностического режима, вызвал срабатывание автоматического отключения, что привело к веерным отключениям, лишившим света более десяти миллионов человек.

3) Внешние факторы, такие как погодные условия. Усиленный ветер, падение деревьев или прочих сооружений, образование замыканий в проходах, крушение опор линий электропередач, связанное с подземными толчками, значительными затоплениями или оползнями. В январе 2012 года ураганный ветер со скоростью 40 метров в секунду обесточил двести пятьдесят тысяч человек Краснодарского края.

Данные обстоятельства в значительной мере способствуют происхождению аварийных процессов в энергетике.

УДК 621.039

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ И МАССООБМЕНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРКАХ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ВОДОЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

*С.М. Дмитриев, Д.В. Доронков, А.Н. Пронин,  
А.В. Рязанов, Д.Н. Солнцев, А.Е. Хробостов*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева*

Уровень развития современного реакторостроения в значительной мере зависит от изучения гидродинамики и тепломассообмена теплоносителя в активной зоне (АЗ) ядерного реактора. Необходимость знания тепломассообмена и гидродинамики потока определяется тем, что ядерные реакторы представляют собой высокоэнергонапряженные аппараты, в которых данные процессы проявляются в весьма сложной форме. С одной стороны, принятие существенных запасов по параметрам теплоносителя ограничивает как мощность, так и КПД ядерно-энергетической установки в целом, это нецелесообразно с экономической точки зрения. С другой стороны, превышение локальных параметров теплоносителя (теплового потока, температуры, энтальпии) в активной зоне до сверх пороговых пределов недопустимо с точки зрения безопасности.

Одними из задач атомной энергетики РФ являются: повышение мощности и надежности работающих АЭС, создание первой в мире плавучей АЭС и др. Привнося значительный вклад в достижение поставленных целей, в АО «ОКБМ Африкантов» (РФ, г. Нижний Новгород) проводятся разработки ТВС для реакторов различных типов. К таким кассетам относятся: ТВСА для реакторов ВВЭР-1000 и ТВС КЛТ-40С для плавучей атомной станции. Перечисленные топливные сборки имеют принципиальные конструктивные отличия от других типов ТВС аналогичного назначения, что позволяет получать более высокие эксплуатационные показатели при сохранении уровня теплотехнической надежности. Конструкции данных ТВС предусматривают наличие решеток интенсификаторов. Таким образом, необходимы исследования, которые позволят оценить влияние перемешивающих и дистанционирующих решеток на поток теплоносителя, с целью выбора оптимальной конструкции с точки зрения интенсивности перемешивания и гидравлических потерь.

Для оценки влияния на поток теплоносителя различных типов решеток, устанавливаемых в ТВС, в базовой научно-исследовательской лаборатории «Реакторная гидродинамика» (РФ, г. Нижний Новгород, НГТУ) создан экспериментальный стенд, представляющий собой аэродинамический контур, через который прокачивается воздух (рис. 1).

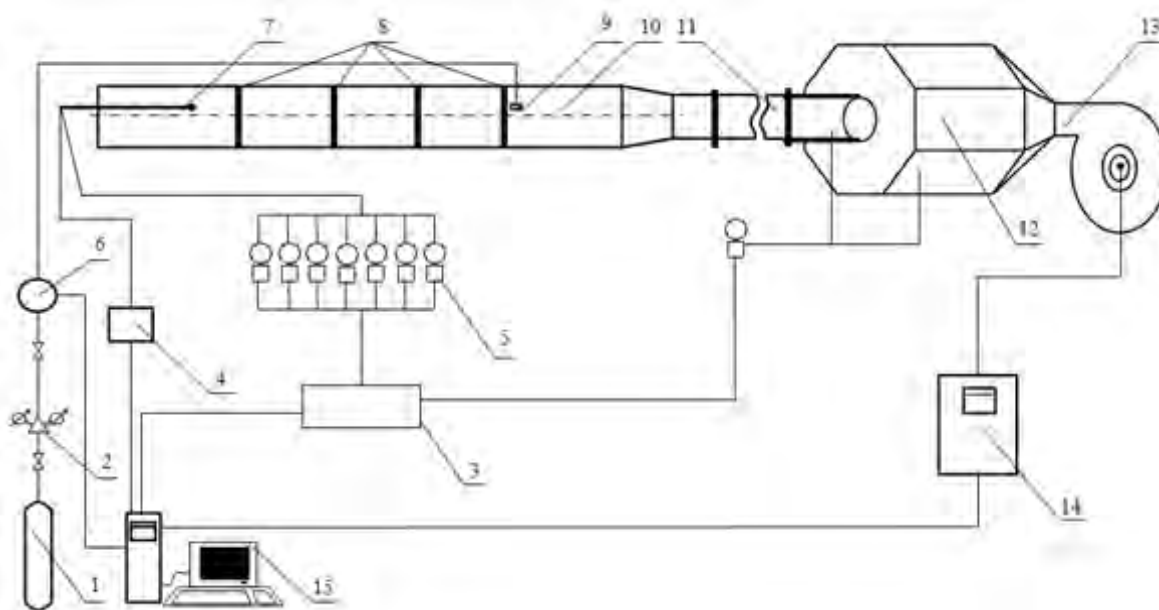


Рисунок 1 – Схема аэродинамического стенда:

- 1 – газовый баллон, 2 – редуктор, 3 – базовый блок коммутации/измерения, 4 – модульный газоанализатор, 5 – преобразователи давления, 6 – регулятор расхода газа, 7 – отборный зонд, 8 – статические отборы, 9 – устройство ввода трассера в ячейку ЭМ, 10 – экспериментальная модель, 11 – успокоительный участок, 12 – ресиверная емкость, 13 – вентилятор высокого давления, 14 – преобразователь частоты, 15 – ЭВМ

Исследования локальных характеристик межъячеечного массообмена потока в экспериментальных моделях (ЭМ) ТВС проводились методом

трассера. В качестве трассера выбран пропан, поскольку он обладает наиболее близкими к воздуху свойствами, возможностью быстрой и достаточно точной регистрации, что позволяет получать большие объемы данных в ограниченное время. Принцип проведения исследований заключается в том, что поток воздуха посредством радиального вентилятора высокого давления поступает в ресиверную емкость, движется через расходомерное устройство и успокоительный участок, а затем, пройдя через ЭМ, выбрасывается в атмосферу. Газ-трассер подается через впускной зонд (рис. 2а) в характерную ячейку пучка твэлов в начале исследуемого участка и также выбрасывается в атмосферу вместе с газоздушной смесью. При помощи трубки Пито (рис. 2б), используемой в качестве отборного зонда и линии транспортировки пробы газа, за исследуемым поясом перемешивающей решетки (ПР) производится замер концентрации трассера по длине и сечению ЭМ. Каждая из исследуемых ЭМ в поперечном сечении условно делилась на ячейки, каждой из которых присваивался свой порядковый номер. Также по длине каждая изучаемая сборка разбивалась на определенное количество сечений, в зависимости от места установки исследуемой решетки. Измерение полей скорости в ЭМ производилось при помощи пневмометрического пятиканального зонда. Данным зондом (рис. 2в) определяется вектор скорости в точке по трем его компонентам путем измерения давлений в отверстиях чувствительной головки зонда и последующего пересчета по тарировочным характеристикам.

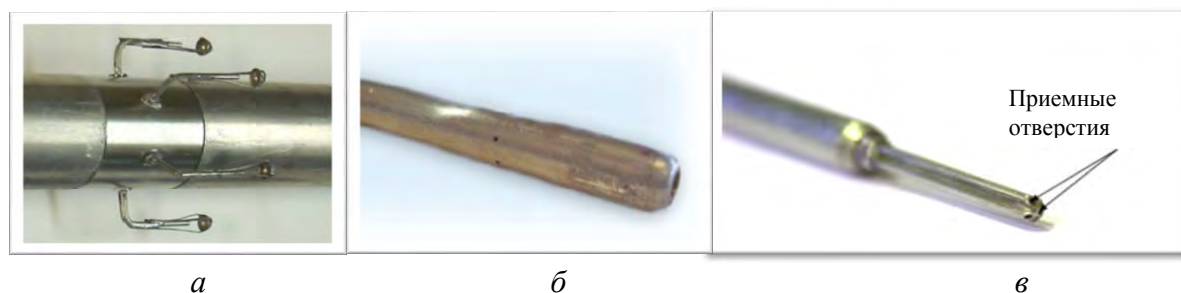


Рисунок 2 – Оснастка для проведения экспериментов по исследованию локальной гидродинамики и массообмена потока: *а* – впускные насадки, *б* – трубка Пито, *в* – пятиканальный пневмометрический зонд

На аэродинамическом стенде были также определены коэффициенты гидравлического сопротивления (КГС) всех исследуемых решеток. Анализ результатов исследований КГС показывает, что выбранные конструкции и геометрические характеристики изучаемых решеток в диапазоне требуемых чисел  $Re$  обеспечивают их необходимое гидравлическое сопротивление, а полученные значения соответствуют гидравлическому сопротивлению натуральных решеток. Погрешности измерения концентрации газатрассера не превышают 1,5%, подача газа обеспечивается регулятором расхода газа El-Flow с отклонениями 0,5% массового расхода. Измерение давлений в каналах пневмометрических зондов осуществлялось при по-

мощи преобразователей избыточного давления с пределом допускаемой основной погрешности 0,25%, погрешность получаемых проекций скорости не превышала 7% от ее абсолютного значения.

**Результаты исследований течения в моделях кассеты ТВСА.** Исследования локальных характеристик потока в ТВСА проводились на различных стержневых экспериментальных моделях, представляющих собой масштабные копии фрагментов активной зоны и сегментов кассет (рис. 3). 57 и 94 стержневые модели имитируют область АЗ на стыке соседних ТВС реакторов ВВЭР и ВБЭР, что дает возможность исследования межкассетных взаимодействий в потоке.

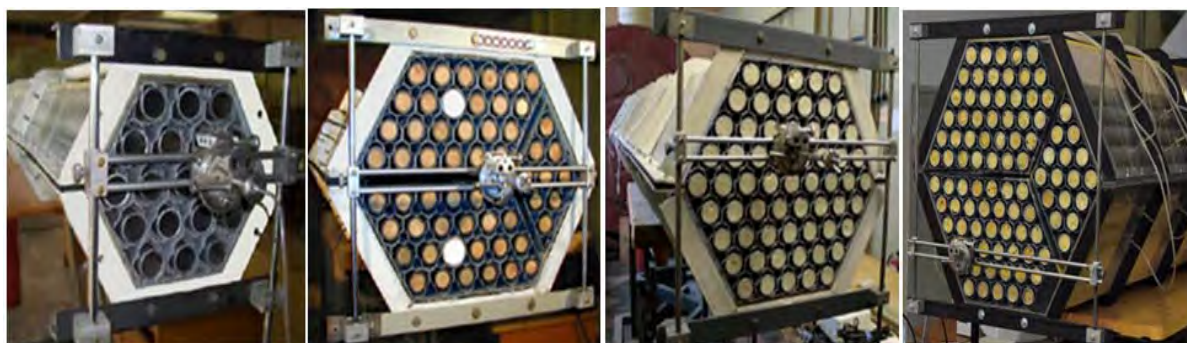


Рисунок 3 – Экспериментальные модели ТВСА

В ходе исследований определялась оптимальная конфигурация установки ПР типа «порядная прогонка» и «закрутка вокруг твэла». По результатам комплексных исследований были сделаны следующие выводы: экспериментально определены расходы через характерные ячейки модели; наличие дефлекторов приводит к возникновению направленного конвективного движения потока по направлению отгиба соответствующих дефлекторов и, как следствие, появлению поперечных постепенно затухающих составляющих скорости; изменение концентрации трассера в ячейках показывает, что не весь поток теплоносителя движется по направлению расположения дефлекторов. Часть трассера передается в соседние ячейки за счет турбулентного массообмена, имеющего значительно большую величину за ПР вследствие дополнительной турбулизации потока; определены длины затуханий возмущений массообменных процессов за ПР ( $l/d \approx 14,16$ ,  $d$  – гидравлический диаметр модели); при последовательной постановке двух перемешивающих решеток типа «порядная прогонка» происходит более равномерное распределение концентрации трассера в поперечном сечении экспериментальной модели, по сравнению с одной ПР типа «порядная прогонка» или ПР типа «закрутка вокруг твэла».

**Результаты исследований течения в моделях ТВС КЛТ-40С.** Необходимость проведения детальных теплогидравлических расчетов в обоснование теплотехнической надежности ТВС для РУ КЛТ-40С обусловила постановку ряда экспериментальных исследований гидроди-

намики и массообмена. Эксперименты проводились с использованием 18 и 84-стержневых моделей ТВС КЛТ-40С (рис. 4). Вследствие сложной геометрии пластинчатой ДР в ТВС присутствуют 14 различных по затеснению проходного сечения типов ячеек, что создает существенную неравномерность расходов и коэффициентов межъячейкового массообмена.

Для получения полной информации о трехмерном течении потока исследования проводились в трех характерных областях: стандартной (преимущественная часть ячеек), области вытеснителя и периферийной области (рис. 5).

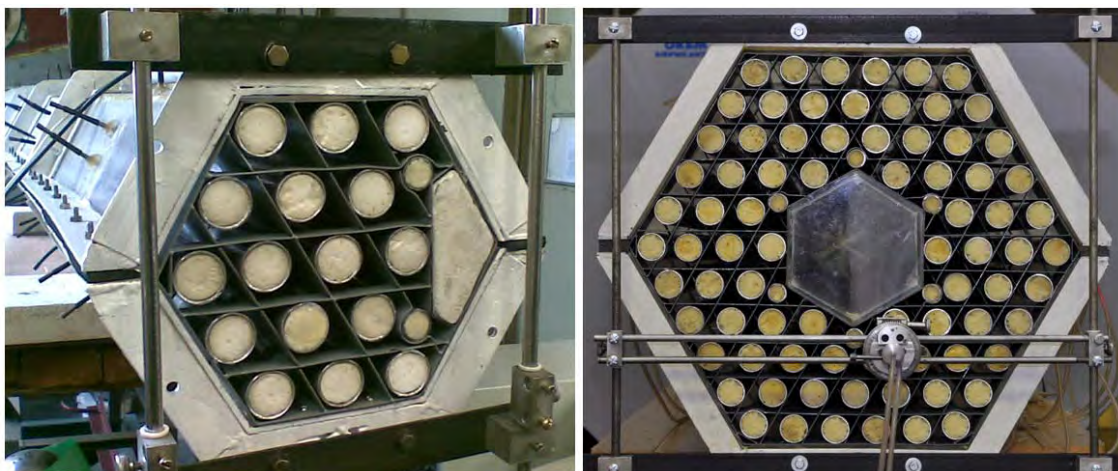


Рисунок 4 – Модели ТВС КЛТ-40С

В результате обработки экспериментальных данных выявлены следующие особенности течения теплоносителя: во всех ячейках ТВС реактора КЛТ-40С поток теплоносителя носит осевой характер. Значения относительных поперечных скоростей не превышают 5%; в стандартных ячейках, области вытеснителя, где пластины дистанционирующей решетки располагаются в виде «треугольника» расход теплоносителя на 10 % больше, чем через ячейки, где пластины дистанционирующей решетки располагаются в виде «звезды»; в стандартных ячейках, периферийной области, через ячейки, где пластины дистанционирующей решетки располагаются в виде «треугольника» расход теплоносителя на 20 % больше, чем через ячейки, где пластины дистанционирующей решетки располагаются в виде «звезды»; через ячейки области вытеснителя и периферийной области расход теплоносителя на (30–50)% меньше чем через стандартные ячейки ТВС реактора КЛТ-40С.

**Выводы.** В результате экспериментальных работ выявлены основные закономерности течения в топливных сборках различных конструкций. На основе исследований массообменных характеристик был создан расчетный алгоритм, заложенный в программу для ЭВМ. Созданная программа позволяет оценивать распределения концентрации, используя экспериментально полученные поля скоростей. Анализ результатов работы программы показал, что предельные отклонения расчетных концентраций от экспериментальных составляет не более 10 %. Результаты расчетов были использо-



ваны для вычисления коэффициентов массообмена между определенными ячейками модели ТВС КЛТ-40С, а также эффективного коэффициента перемешивания ПР для ТВСА реакторов ВВЭР, используемых при инженерных расчетах АЗ в качестве замыкающих соотношений.

Накопленная база данных по течению теплоносителя в ТВС для реакторов различных типов легла в основу инженерного обоснования конструкций АЗ. Рекомендации по выбору оптимальных вариантов ПР учитывались конструкторами АО «ОКБМ Африкантов» при создании вводимых в эксплуатацию ТВС. Результаты исследований используются для верификации CFD-кодов и программ детального поэлементного расчета активных зон с целью уменьшения консерватизма при обосновании теплотехнической надежности.

УДК 336.7

## **ОЦЕНКА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*В. В. Марцинкевич*

*Научный руководитель: С.А. Квасюк*

**Введение.** В условиях современной рыночной экономики предприятия нуждаются в регулярной объективной переоценке финансового и хозяйственного состояния. Данные меры называются финансовым анализом (либо расчетом основных финансовых показателей) и применяются для определения:

- уязвимых мест на производстве, с целью их устранения;
- вероятной области возникновения проблем, с целью проверки и профилактики минимизации убытков в данной сфере производства;
- сильных, экономически устойчивых сторон предприятия, с целью их дальнейшего развития и создания условий максимизации прибыли.

При сравнительном анализе финансовых показателей настоящей деятельности предприятия и итогов работы более ранних периодов, прогнозируются и определяются основные, преимущественные, более перспективные направления дальнейшей работы организации, обеспечивающие рентабельность и прибыльность.

Основной целью финансового анализа является нахождение решения аналитических проблем, при помощи детализированного разбора всех экономических отраслей предприятия (бухгалтерской, управленческой и т.д.).

Финансовый анализ фирмы, а, следовательно, и объективная оценка ее положения, аргументируется на основе расчетов финансовых коэффициентов (математически обоснованное соотношение отдельных данных учета).

Для определения финансовой оценки деятельности предприятия существует множество показателей, приоритет определения которых может зависеть от различных факторов (от отраслевой деятельности, от количе-

ства предприятий-конкурентов, от масштабов организации бизнеса и т.д.). Примерами частных случаев таких показателей могут являться:

- доход предприятия;
- чистая прибыль;
- товарооборот;
- постоянные и переменные издержки;
- налоги;
- объем амортизационного фонда;
- уровень рентабельности (в том числе рентабельность активов, продукции, продаж);
- соотношение между фондом потребления и фондом накопления предприятия;
- соотношение между потребностью в собственных денежных средствах и располагаемых финансах и др.

Экспертами выделены основные показатели, отражающие различные стороны финансового состояния предприятия, которые наиболее часто применяются в финансовом анализе:

- ликвидность;
- рентабельность;
- деловая активность;
- финансовая устойчивость.

Рассмотрим более подробно каждый из показателей, методы их оценки и способы снижения возможных рисков.

**Ликвидность.** Данный финансовый показатель характеризует достаточность оборотных активов организации для погашения собственных долгов краткосрочного характера, т.е. состояние платежеспособности предприятия.

Финансовый анализ ликвидности включает в себя нахождение показателей мгновенной и текущей ликвидности, показатель зависимости от межбанковского рынка, показатель небанковских ссуд, показатель структуры привлеченных средств, чистый оборотный капитал (в денежных единицах) и т.д.

Однако показатель общей краткосрочной ликвидности (ПЛ) рассчитывается как отношение стоимости оборотных текущих активов к стоимости текущих пассивных обязательств [1]:

$$ПЛ = \frac{\text{Оборотные активы}}{\text{Текущие пассивные обязательства}} \cdot 100\%$$

Таким образом, ликвидное состояние предприятия означает способность (или неспособность) его активов быть реализованными, т.е. превращенными в деньги.

Ликвидность предприятия зависит от множества факторов, примером могут являться: своевременная поставка продукции, оформление и ско-

рость платежного документооборота, величина спроса на продукцию, наличие конкурентов, платежеспособности покупателей и др.

Следовательно, можно выделить основные риски ликвидности:

1. потенциальные убытки. Причина: отклонение от сроков погашения обязательства предприятия по активам и пассивам. Данный вид рисков можно минимизировать путем введения лимитов по суммам и срокам для контроля разрывов в структуре активов и пассивов. Примером могут служить ограничения размеров сделок, а также выборочное кредитование и пересмотр срока погашения кредитной задолженности;

2. недополученная прибыль. Причина: отвлечение ресурсов технологического процесса для поддержания ликвидности предприятия. Прогнозировать и контролировать риски, связанные с частичной потерей прибыли можно путем использования комплекса мероприятий связанных с реструктуризацией активов и, к примеру, увеличения уставного капитала.

**Рентабельность.** Коэффициент рентабельности характеризует эффективность использования средств собственников фирмы, т.е. показывает, насколько прибыльна деятельность предприятия и количество чистой прибыли от каждой единицы проданного товара.

Финансовый анализ рентабельности включает в себя комплекс расчетов по выявлению рентабельности продаж, оборотных и внеоборотных активов, инвестиций и производства, а также рентабельность собственного капитала и др.

Для расчета показателя общей рентабельности (ПР) сумма чистой прибыли делится на сумму средней прибыли от реализации чистых активов предприятия за выбранный период.

$$\text{ПР} = \frac{\text{Прибыль (убыток) до налогообложения}}{\text{Выручка}} \cdot 100\%$$

Рентабельность предприятия зависит от чистой прибыли и затрат за определенный период времени, т.е. рентабельность – это отношение результата труда к затратам.

Существует ряд основных рисков, связанных со снижением рентабельности:

– риск снижения оборачиваемости активов, причиной возникновения которых может служить не востребованность запасов, переполнение складов продукции. Избежать финансовых потерь можно путем увеличения конкурентоспособности продукции, нахождения дополнительных рынков сбыта, а также бизнес-плана предприятия с анализом и расчетом дальнейшей деятельности;

– риск снижения прибыльности собственного капитала, характеризуется неполучением ожидаемых доходов от капиталовложений, т.е. дохода от стоимости акций и дивидендов.

В международной практике данные риски прогнозируются при помощи учета рентабельности финансовых инструментов (кредитов, лизинга, факторинга и т.д.), а минимизируются путем корректирования операционной доходности на превалирующую процентную ставку.

**Деловая активность.** Финансовый показатель, характеризующий количество финансовых средств, получаемых от реализации каждой денежной единицы определенного вида активов. Наглядно демонстрирует скорость оборачиваемости финансовых и материальных ресурсов организации, т.е. позволяет провести анализ того, насколько эффективно предприятие использует свои средства.

Коэффициент деловой активности предприятия можно выразить с помощью анализа коэффициентов оборачиваемости рабочего капитала и основных средств, оборачиваемости активов запасов, а также коэффициента оборачиваемости дебиторской задолженности и т.д.

Для расчета общего показателя деловой активности (ПА) – коэффициент оборачиваемости активов – берется отношение чистой прибыли за выбранный период к средней стоимости затрат в материальном выражении, деньгах и ценных бумагах краткосрочного характера [2].

$$ПА = \frac{\text{Объем реализации}}{\text{Средняя стоимость активов}} \text{ (раз)}$$

Следует отметить, что для этого показателя отсутствует нормативный предел, но управленческие силы предприятий стремятся к ускорению оборачиваемости.

Риски деловой активности, ведущие к потере финансовых средств предприятия, включают в себя:

– риск, связанный с приостановкой деловой активности. Страхование суммы возможных потерь на весь период остановки деятельности является эффективным способом снижения риска приостановки деловой активности;

– риск, связанный с эффективностью использования средств и оптимальными темпами развития. Минимизировать риск возможной потери прибыли можно путем совершенствования хозяйственного процесса, рационального использования оборотных средств, увеличения скорости обращения оборотных средств и т.д. Необходимо найти оптимальные темпы развития (роста) предприятия.

**Финансовая устойчивость.** Показатель финансовой устойчивости (ПУ) характеризует степень соотношения собственных и заемных капиталов предприятия (в частности, сколько приходится позаимствованных средств на 1 рубль денег, вложенных в материальные активы), т.е. показывает величину финансовой независимости предприятия от кредиторов.

Для оценки структуры капитала используются коэффициенты финансовой независимости и покрытия процентов, отношение суммарных обяза-

тельств к суммарным активам, отношение долгосрочных обязательств к внеоборотным активам и др. [3].

$$ПУ = \frac{\text{Собственный капитал} + \text{Долгосрочные финансовые обязательства}}{\text{Валюта баланса}}$$

Следует учитывать, что, если математическое значение показателя при расчете получается более 0,7, значит финансовое положение предприятия нестабильно.

Деятельность предприятия в некоторой степени зависит от привлечения внешних заемных средств.

Выделяют основные риски, связанные со снижением финансовой устойчивости предприятия, которые влияют на финансовое положение предприятия:

- риск денежных потерь по причине превышения доли заемных средств в структуре капитала, что приводит к снижению устойчивости финансовых потоков;
- риск неплатежеспособности, вызванный низкой ликвидностью активов;
- инвестиционный риск, т.е. потери финансовых средств, связанные с инвестиционной деятельностью.

Стратегия управления данными рисками включает в себя ряд мероприятий, таких как минимизация рискованных операций, если риск превышает допустимые пределы (долю заемных средств); страхование финансовых средств предприятия на случай неплатежеспособности; прекращение сотрудничества с маловероятными лицами, с целью снижения рисков связанных с вложениями инвестиций.

**Заключение.** Анализ финансовых показателей предприятия является эффективным способом выявления сильных и слабых сторон производства. Не следует недооценивать значения показателей: в случае, если значения коэффициентов отличаются от рекомендованных, то необходимо выяснить и устранить причину отклонений с целью оптимизации финансового состояния предприятия.

Однако, следует помнить, что допустимые значения показателей могут отличаться не только для разных отраслей производства, но и для разных предприятий одной отрасли и полную картину финансового состояния компании можно получить только, анализируя всю совокупность финансовых показателей с учетом особенностей ее деятельности. Поэтому, приведенные значения показателей носят чисто информационный характер и не могут быть использованы как руководство к действию.

#### **Список использованных источников**

1. Шеремет А.Д., Сайфуллин Р.С. Методика финансового анализа. – М.: ИНФРА-М, 1996. –С. 45-47.
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: ООО «Новое знание», 2001.

3. Любушин Н.П., Лещева В.Б., Дьякова В.Г. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия. – М.: Юнити-Дана, 2000. – С. 98.
4. Пястолов С.М. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. – М.: Мастерство, 2012. – 256 с.
5. Зорина М.А. Планируй, управляй и контролируй / М.А. Зорина // Рокрай БИЗНЕС, 2010. – С. 32-35.
6. Шуляк П.Н. Финансы предприятия: Учебник. – М.: Издательский Дом «Дашков и К°», 2002. – 978 с.
7. Международные автомобильные перевозки, Ч.1. Организационные и правовые аспекты: Учебное пособие / под. ред. Ю.С. Сухина, В.С. Лукинского. – СПб.: СПбГИЭА, 2010. – 170 с.

УДК 004.2/004.31/538.975/535.3

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР**

*Н.М. Толкач, Н.В. Вишняков, П.С. Провоторов*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

Программная индустрия производит все более продвинутые и ресурсоёмкие продукты, что предъявляет все более серьезные требования к вычислительным ресурсам выпускаемой техники. До недавнего времени рост вычислительных ресурсов происходил по закону Мура, в соответствии с которым число компонентов на чипе удваивается каждые 2 года при стабильной цене изготовления такого чипа. В настоящее время данный закон перестает действовать, рост вычислительных мощностей приближается к пределу возможностей электронной техники, невозможно бесконечно уменьшать размеры электронных схем, существуют естественные ограничения, связанные с атомарной природой вещества. В ближайшее десятилетие рост вычислительных мощностей техники станет возможным только за счет увеличения количества активных вычислительных элементов и слоев интегральных схем, что непременно будет вести к увеличению размеров, цене изготовления и уровню потребляемой электроэнергии такой техники. В виду этого необходимо создание новой технологии производства вычислительных компонентов. Возможным решением из данной ситуации является переход с электронных технологий обработки сигналов на оптические.

Замена электронных компонентов на оптические позволит в десятки раз сократить потребляемую вычислительными устройствами электроэнергию и в идеале позволит передавать информацию со скоростью близкой к скорости света.

При приобретении товара, как правило, для потребителя немаловажным параметром является энергопотребление, цена и время работы. Снижение потребляемой вычислительной техникой электроэнергии является положительным фактором, как для потребителей вычислительной техники (понижение расходов на электроэнергию, потребляемую стационарными устройства-

ми, повышение времени работы мобильных устройств от встроенной батареи), так и для разработчиков (снижение требований к системам охлаждения, размерам конструкции, объемам энергоресурсов, например, емкости аккумулятора), т.к. влияет на снижение себестоимости, что в свою очередь повысит спрос на вычислительную технику.

В настоящее время мировым научным сообществом ведутся активные работы по поиску новых материалов для создания полностью оптически управляемого элемента, позволяющего посредством светового воздействия эффективно управлять световыми сигналами, по аналогии с электронным транзистором. К одному из видов подобных материалов относятся халькогенидные стеклообразные полупроводниковые (ХСП) структуры на основе системы соединений  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (аббревиатура GST) (рис. 1).

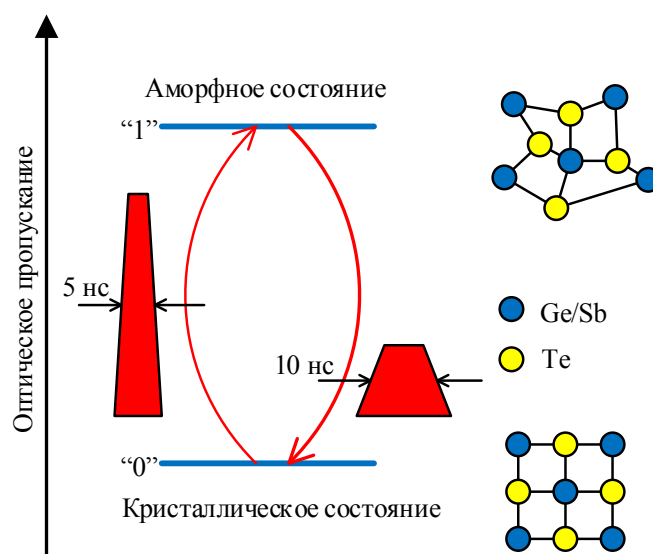


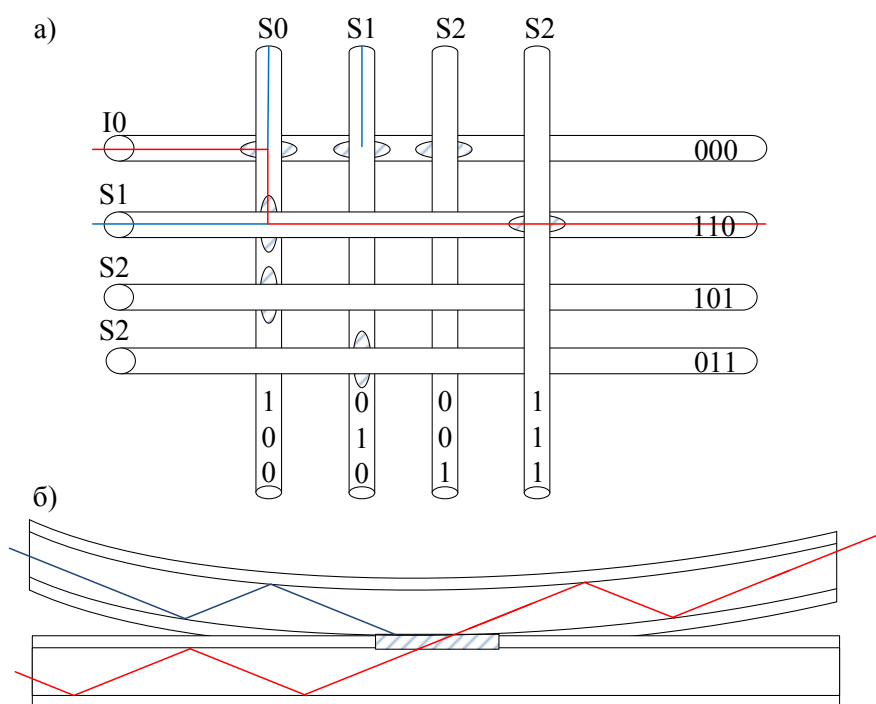
Рисунок 1 – Иллюстрация свойств GST при изменении фазовой структуры

Главным свойством, позволяющим применять данный материал в качестве активного элемента, является способность находиться в двух устойчивых фазовых состояниях кристаллической решетки: аморфном и кристаллическом [1]. Изменение фазового состояния можно осуществлять, например, низкоэнергетическими воздействиями светового импульса. Структурное отличие аморфной и кристаллической фазы приводит к значительным различиям в оптических свойствах, что можно использовать на практике для бинаризации оптического сигнала.

Кроме того, материалы на основе GST обладают стабильностью их фазового состояния при комнатной температуре, сверхмалым временем переключения в наноразмерных структурах (2-150 нс), низкой потребляемой мощностью (500 фДж на одно переключение вычислительного компонента) [2, 3]. У современных электронных вычислительных компонентов энергозатраты составляют около – 100 пДж на одно переключение, что в 200 раз больше, чем у оптических компонентов.

Создание на основе материалов GST полностью оптического активно-го элемента открывает широкие возможности применения в вычислительных устройствах. Например, для управления оптическими сигналами нет необходимости в двойном преобразовании сигналов: сначала из оптической формы в электрическую, и затем, после их модификации, вновь в электрическую. Управление сигналами производится сразу на оптическом уровне путем изменения траектории оптических лучей, перенаправляемых с одного оптического элемента на другой.

Во многих работах приводят разные способы реализации простейших оптических вычислительных устройств, выполняющих функцию переключателя, элемента памяти. Наиболее актуальные на основе материалов GST приведены в работах [4-6]. В работе [4] продемонстрирован способ коммутации каналов путем вариации направлением распространения отраженного от пленки GST луча. Варьировать направлением хода луча можно благодаря свойству GST материала, связанному с изменением его показателя преломления, в результате смены аморфного фазового состояния на кристаллическое. Также в связи с изменением фазового состояния изменяется коэффициент пропускания пленки, что позволяет использовать слой материала GST, как активный затвор [5, 6].




Условные обозначения:

I0 - информационный вход; S0-S2 – входы управления;

000-111 – выходы;

 - область контакта из пленки GST;

 - траектория информационного луча;


 - траектория управляющего луча.

Рисунок 2 – Архитектура оптоволоконного коммутатора 4x8: *а* – оптоволоконное построение; *б* – передача оптического сигнала в месте контакта двух оптоволоконных линий



На рис. 2а показан пример, разработанной нашим коллективом, архитектуры оптоволоконного коммутатора 4x8, имеющего 3 управляющих входа – S0-S2, один информационный вход – I0 и 8 выходов 001-111. Рис. 2б демонстрирует общий принцип передачи оптического сигнала в месте контакта двух оптоволоконных линий. В месте контакта расположена пленка GST, при прохождении управляющего светового импульса через которую, изменяются отражающие и пропускающие свойства материала пленки. Таким образом, при подаче соответствующего оптического импульса по верхнему оптоволокну пленка меняет свое состояние и либо пропускает и направляет распространение информационного сигнала по верхнему оптоволокну, либо отражает сигнал и направляет его распространение дальше по нижнему оптоволокну. Например, как видно на рис. 3, а, при подаче на входы S0, S1 оптического импульса сигнал со входа I0 перенаправляется на выход 110.

**Заключение.** Таким образом, в данной работе проведены разработки полностью оптических вычислительных устройств на основе материалов, состоящих из халькогенидных стеклообразных полупроводниковых тонкопленочных структур системы соединений  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ . Разработана и продемонстрирована схема построения архитектуры коммутатора переключения сигнала с одного входа на один из выходов для оптоволоконной системы. Данная конфигурация устройства вполне пригодна для выполнения простейших вычислительных операций, что в совокупности с преимуществами от ее полностью оптического построения, позволит обрабатывать информацию при сверхмалых энергозатратах и со скоростями близкими к световым. Данная работа имеет фундаментальный характер, ее дальнейший путь развития направлен на создание экспериментального макета и первых прототипов полностью оптических вычислительных устройств, коммерциализацию технологии создания этих устройств и их внедрение в массовое производство.

В заключение стоит отметить, что российская микроэлектронная промышленность достаточно сильно отстала и уже вряд ли сможет нагнать передовые страны. Достигнутая на данный момент технология производства микроэлектронных компонентов у лидеров в данной области составляет – 5 нм (по данным из публикаций Intel, IBM [7]), в России составляет – 65 нм (по данным с сайта ПАО «Микрон» [8]). С учетом несформировавшегося у передовых производителей электронной техники решения проблемы по замене технологии создания вычислительных компонентов, альтернатива в виде оптических технологий является актуальной, российской микроэлектронной промышленности имеет смысл обратить внимание на это и активизировать исследовательский потенциал в данную область. Возможно, тогда российская промышленность и наш продукт смогут занять более значительную долю в будущем мировом рынке вычислительной техники.

Для справки объем рынка полупроводниковой электроники в мире в 2017 году [9] составил около 378 миллиардов долларов и в дальнейшем

прогноз предполагает его рост. Доля России в данном рынке составляет всего 2.6 миллиарда [10], что меньше 1%.

#### **Список использованных источников**

1. Kozyukhin S., Kudoyarova Vю, Huy Phuc Nguyen, Smirnov A., Lebedev V. Influence of doping on the structure and optical characteristics of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> amorphous films // *Physica Status Solidi C*, 2011. – Vol. 8. – No.9. – Pp. 2688-2691. doi:10.1002/pssc.201084060.

2. Yamada N. Rapid phase transitions of GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> pseudobinary amorphous thin films for an optical disk memory / N. Yamada, E. Ohno, K. Nishiuchi et al. // *J. Appl. Phys*, 1991. – Vol. 69. – P. 2849.

3. Meinders, E. R. Optical Data Storage Phase-Change Media and Recording / E. R. Meinders, A. V. Mijiritskii, L. van Pieterse et al. // *Philips Research Book Series*. – Berlin: Springer-Verlag, 2006. – V.4.

4. Zou L., Cryan M., Klemm M. Phase change material based tunable reflectarray for free-space optical inter/intra chip interconnects // *Optics Express*, 2014. – Vol. 22. – Issue 20. – Pp. 24142-24148. Doi: 10.1364/OE.22.024142.

5. Ríos C., Stegmaier M., Hosseini P., Wang D., Scherer T., Wright C.D., Bhaskaran H., Pernice W. Integrated all-photonics non-volatile multi-level memory // *Nature Photonics*, 2015. – V. 9. – Pp. 725–732. Doi:10.1038/nphoton.2015.182.

6. Gholipour B., Zhang J., MacDonald K.F., Hewak D.W., Zheludev N.I. An All-Optical, Non-volatile, Bidirectional, Phase-Change Meta-Switch // *Advanced materials*, 2013. – Vol. 25. – Issue 22. – Pp. 3050–3054. Doi: 10.1002/adma.201300588.

7. IBM unveils world's first 5nm chip. [Электронный ресурс] // *Ars Technica UK*. URL: <https://arstechnica.co.uk/gadgets/2017/06/ibm-5nm-chip/> (дата обращения: 10.10.2017).

8. О компании Микрон. [Электронный ресурс] // Сайт компании Микрон. URL: <http://mikron.ru/company/> (дата обращения: 10.10.2017).

9. Semiconductor industry sales worldwide 1987-2019. [Электронный ресурс] // *The Statistics Portal*. URL: <https://www.statista.com/statistics/266973/global-semiconductor-sales-since-1988/> (дата обращения: 10.10.2017).

10. Состояние и перспективы мирового и российского рынков микроэлектроники. [Электронный ресурс] // *Frost & Sullivan: International Data Corporation*. URL: <https://ww2.frost.com/news/press-releases/sostoyanie-i-perspektivy-mirovogo-i-rossijskogo-rynkov-mikroelektroniki/> (дата обращения: 10.10.2017).

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

*Т.Н. Васильева, А.А. Хохликов*

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

Актуальность работы заключается в совершенствовании электротехнических характеристик трансформаторной подстанции для прогнозирования нагрузок в сети и более энергоэффективного потребления электрической энергии с наибольшей экономической выгодой.

Целью работы является поиск возможных решений для улучшения и сбережения электроэнергии после изучения потребляемых мощностей объектов ГУЗ «Рязанская областная клиническая больница».

Задачи: рассмотреть активную и реактивную составляющие нагрузки, рассчитать коэффициенты использования, включения, загрузки, формы графика, заполнения графика.

Электроснабжение объектов ГУЗ «Рязанская областная клиническая больница» осуществляется от ТП 714,715,716 (рис.1). Объект является потребителем 1 категории по надежности электроснабжения.

По протоколу записей показаний электрической энергии и определения нагрузок зимнего и летнего режимных дней 2015 и 2016 гг. соответственно построим суточные графики нагрузки ТП-715.

Графики строятся в относительных единицах и выражают нагрузки в соответствующие часы [1-3]. Максимальную нагрузку принимаем за 100%, для перевода нагрузок в относительные единицы применяем формулы:

$$P^* = \frac{P_i}{P_{\max}}, \quad (1)$$

$$Q^* = \frac{Q_i}{Q_{\max}}, \quad (2)$$

$$S^* = \frac{S_i}{S_{\max}}, \quad (3)$$

где  $P_i$  – активная мощность  $i$ -го часа, кВт;

$Q_i$  – реактивная мощность  $i$ -го часа, кВАр;

$P_{\max}$  – максимальная активная мощность за час в сутки, кВт;

$Q_{\max}$  – максимальная реактивная мощность за час в сутки, кВАр;

$S_i$  – полная мощность  $i$ -го часа, кВА.

Данные потребители электроэнергии запитаны от двух трансформаторов ТП-714, ТП-715, ТП-716, на которых установлены счетчики активной и реактивной мощности.

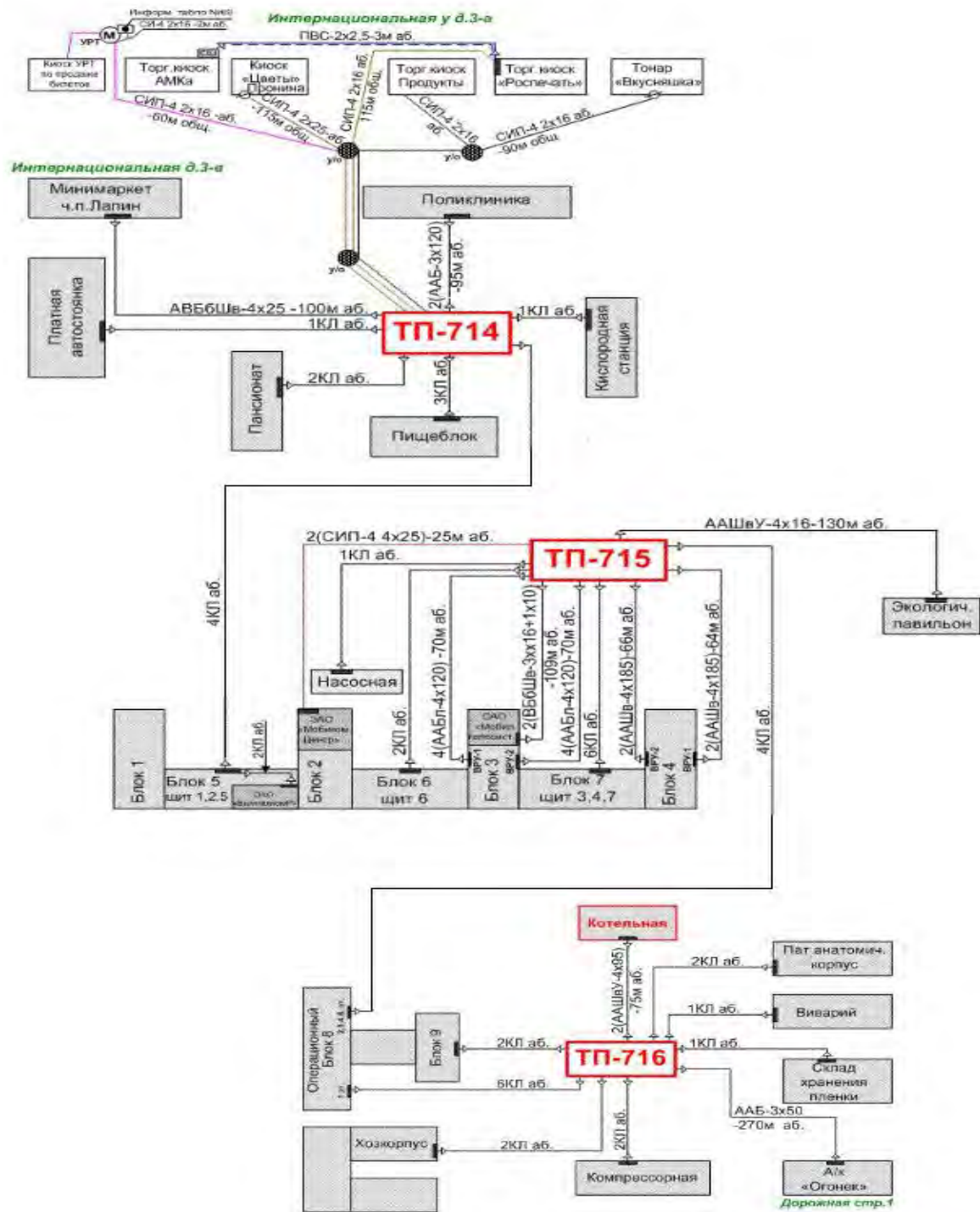


Рисунок 1 – Схема электроснабжения объекта

Расчет выполним для каждого часа дня. По рассчитанным показателям построим суточные графики активной, реактивной и полной нагрузки (рис. 2 и 3).

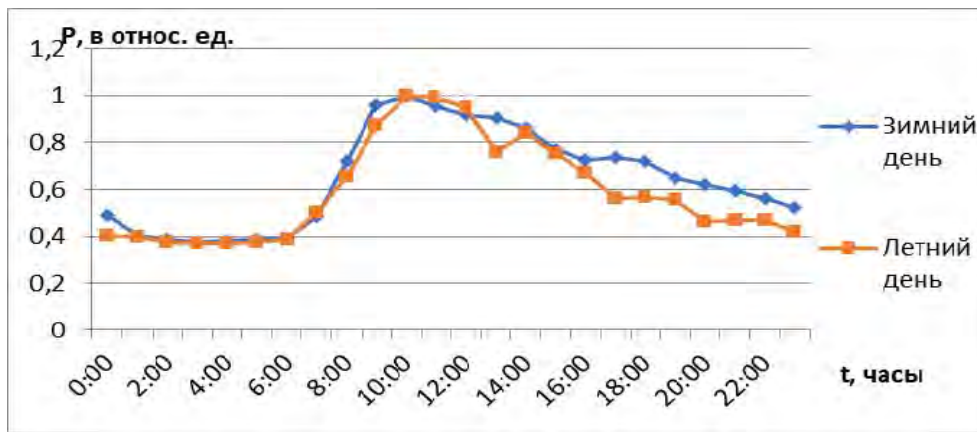


Рисунок 2 – График изменения активной мощности за сутки

При анализе суточного графика активной мощности выявлено, что максимальная нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $P_{o.e.} = 1$  о.е. в  $10^{00}$ , вечерняя  $P_{o.e.} = 0,734$  о.е. в  $17^{00}$ . Максимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $P_{o.e.} = 1$  о.е. в  $10^{00}$ , вечерняя  $P_{o.e.} = 0,566$  о.е. в  $18^{00}$ . Максимальная нагрузка в зимний режимный день превышает максимальную нагрузку летнего режимного дня на 0% дневную и на 29% вечернюю. Минимальная нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $P_{o.e.} = 0,378$  о.е. в  $3^{00}$ , вечерняя  $P_{o.e.} = 0,522$  в  $23^{00}$ . Минимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $P_{o.e.} = 0,371$  о.е. в  $04^{00}$ , вечерняя  $P_{o.e.} = 0,373$  о.е. в  $3^{00}$ . Дневная минимальная нагрузка в зимний режимный день превышает соответствующую минимальную нагрузку летнего режимного дня на 2%, а вечерняя на 41%.

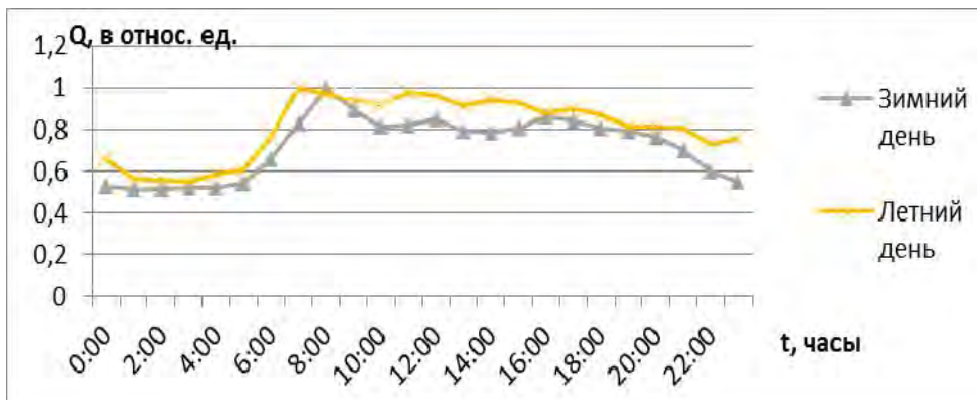


Рисунок 3 – График изменения реактивной мощности за сутки

При анализе суточного графика реактивной мощности определено, что максимальная нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $Q_d = 1$  о.е. в  $8^{00}$ , вечерняя  $Q_v = 0,86$  о.е. в  $16^{00}$ . Максимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $Q_d = 1$  о.е. в  $7^{00}$ , вечерняя  $Q_v = 0,89$  о.е. с  $17^{00}$ . Максимальная нагрузка в летний режимный день превышает максимальную нагрузку зимнего режимного дня на 3% в вечернее время суток и равны в дневное время суток. Минимальная реактивная

нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $Q_d = 0,655$  о.е. в  $6^{00}$ , вечерняя  $Q_v = 0,512$  о.е. в  $2^{00}$ . Минимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $Q_d = 0,548$  о.е. с  $6^{00}$  до  $7^{00}$ , вечерняя  $Q_v = 0,597$  о.е. с  $1^{00}$  до  $2^{00}$ . Минимальная нагрузка в зимний режимный день превышает соответствующую минимальную нагрузку летнего режимного дня на 37% (в 1.59 раза) в дневное время суток и на 29% (в 1.41 раза) в вечернее время суток.

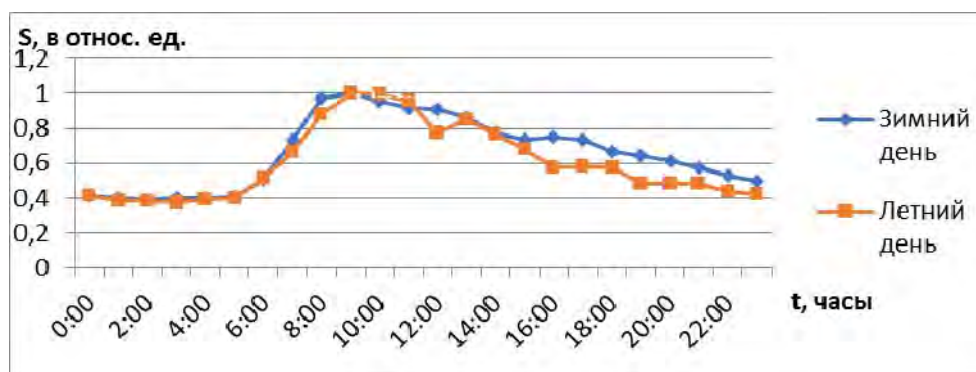


Рисунок 4 – График изменения полной мощности за сутки

При анализе суточного графика реактивной мощности выявлено, что максимальная нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $S_d = 1$  о.е. с  $10^{00}$  до  $11^{00}$ , вечерняя  $S_v = 0,747$  о.е. с  $16^{00}$  до  $17^{00}$ . Максимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $S_d = 1$  о.е. с  $10^{00}$  до  $11^{00}$ , вечерняя  $S_v = 0,497$  о.е. с  $16^{00}$  до  $17^{00}$ . Максимальная нагрузка в зимний режимный день превышает максимальную нагрузку летнего режимного дня на: 48% (в 2 раза) в вечернее время суток и равны в дневное время суток. Минимальная нагрузка в зимний режимный день составляет: дневная  $S_d = 0,506$  о.е. с  $5^{00}$  до  $6^{00}$ , вечерняя  $S_v = 0,41$  о.е. с  $00^{00}$  до  $1^{00}$ . Минимальная нагрузка в летний режимный день составляет: дневная  $S_d = 0,276$  о.е. с  $4^{00}$  до  $5^{00}$ , вечерняя  $S_v = 0,371$  о.е. с  $3^{00}$  до  $4^{00}$ . Минимальная нагрузка в зимний режимный день превышает соответствующую минимальную нагрузку летнего режимного дня на: 45% (в 1,83 раза) в дневное время суток и на 68% (в 3,2 раза) в вечернее время суток.

Произведем расчет коэффициентов, характеризующих потребление электрической энергии на ТП-715. Для расчета и анализа электрических нагрузок используем метод вероятно-статистических моделей. Определены математические ожидания, дисперсия, среднеквадратическое отклонение активной, реактивной и полной мощности, а также коэффициент использования активной мощности, включения, загрузки, формы группового графика нагрузок, заполнения графика нагрузок (таблица 1).

## Коэффициенты потребления электроэнергии, для ТП-715 ТМ-1

Параметр	Зима			Лето		
	P, кВт	Q, Вар	S, кВА	P, кВт	Q, Вар	S, кВА
Средняя величина мощности	202,533	63,387	212,420	91,641	24,433	94,968
Среднеквадратичная мощность	212,543	64,637	222,154	97,185	24,838	100,309
Коэффициент использования	0,550	0,404	0,531	0,249	0,156	0,237
Коэффициент включения	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Коэффициент загрузки	0,550	0,404	0,531	0,249	0,156	0,237
Коэффициент формы	1,049	1,020	1,046	1,061	1,017	1,056
Коэффициент заполнения графика	0,647	0,720	0,654	0,592	0,808	0,602
Номинальная мощность	368,000	156,767	400,000	368,000	156,767	400,000
Максимальная мощность	312,880	88,000	325,020	154,800	30,240	157,726

Для силового трансформатора коэффициент включения равен 1. Коэффициент формы характеризует неравномерность графика во времени. Нормальное значение коэффициента находится в пределах  $1,02 \div 1,25$ . Коэффициент загрузки составляет 0,156-0,550.

**Выводы:**

1. Максимальная активная мощность в зимний режимный день превышает максимальную нагрузку летнего на 0% дневную и на 29% вечернюю. Дневная минимальная активная мощность в зимний режимный день превышает соответствующую минимальную нагрузку летнего режимного дня на 2%, а вечерняя на 41%.

2. Максимальная реактивная мощность в летний режимный день превышает максимальную нагрузку зимнего режимного дня на 3% вечером и равны днем. Минимальная реактивная мощность в зимний режимный день превышает минимальную нагрузку летнего режимного дня на 37% (в 1,59 раза) в дневное время суток и на 29% (в 1,41 раза) в вечернее время суток.

3. Максимальная нагрузка в зимний режимный день превышает максимальную нагрузку летнего режимного дня на: 48% (в 2 раза) в вечернее время суток и равны в дневное время суток. Минимальная нагрузка в зимний режимный день превышает минимальную нагрузку

летнего дня на: 47% (в 2,1 раза) в дневное время суток и на 68% (в 3,2 раза) в вечернее время суток.

4. Коэффициент включения ТМ-1 равен 1. Значения коэффициента формы ТМ-1 находятся в допустимом интервале  $1,02 \div 1,25$ . Коэффициент загрузки и коэффициент использования в зимний режимный день в 2-2,5 раза превышают значения летнего режимного дня.

5. Проведенные расчеты коэффициентов и построенные графики нагрузок позволяют совершенствовать схему электроснабжения потребителей.

#### **Список использованных источников**

1. Федоров А.А. Теоретические основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1976. – 272с.

2. Васильева Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 152 с.: ил.

3. Электроснабжение сельского хозяйства / Лещинская Т.Б., Наумов И.В. – М.: Колос С, 2015. – 655 с.



Научное издание

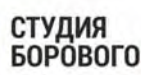
**ФОРУМ ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА –  
VI ФОРУМ ВУЗОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОФИЛЯ**

Сборник материалов секции  
«Молодежное инновационное предпринимательство»

24–28 октября 2017 г.

---

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



GetClean

ISBN 978-985-583-179-3



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