The background of the cover is a photograph of an industrial power plant. On the left, a tall, white and red striped chimney is visible, supported by a metal lattice structure. Below it is a white building with a blue horizontal band. On the right, a large, dark metal lattice tower, likely for power transmission, extends from the bottom right towards the top right. The sky is a clear, pale blue.

# **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ, УПРАВЛЯЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

**I Международная  
научно-техническая  
конференция**

**Сборник докладов**

**Белгород  
2016**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Департамент жилищно-коммунального хозяйства Белгородской области  
Департамент экономического развития Белгородской области  
Совет молодых ученых и специалистов Белгородской области  
при Губернаторе Белгородской области  
Филиал ПАО «МРСК-Центр» – Белгородэнерго  
Белгородский институт альтернативной энергетики  
Белгородский филиал НП СРО «Гильдия энергоаудиторов»  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
Харьковская национальная академия городского хозяйства  
Донбасский государственный технический университет, (Алчевск)  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (г. Макеевка)

**I Международная  
научно-техническая  
конференция**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ,  
УПРАВЛЯЮЩИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ**

**Сборник докладов**

(г. Белгород 22–23 декабря 2016 г.)

**Белгород 2016**

УДК 620.9(082)

ББК 3

Э 65

**Энергетические**, управляющие и информационные системы: сб. докладов I Междунар. науч.-техн. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 388 с.

ISBN 978-5-361-00468-3

В сборнике представлены работы, освещающие современное состояние теоретических и экспериментальных исследований по следующим направлениям:

– автоматизация и управление технологическими процессами и робототехническими комплексами;

– информационные технологии и телекоммуникации;

– энергосбережение, альтернативные и возобновляемые источники энергии, экология;

– электроэнергетические и электротехнические системы и комплексы;

– теплоэнергетические и теплотехнические системы и комплексы;

– менеджмент качества и сертификация.

Сборник предназначен для широкого круга научных и инженерных работников, а также аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений.

Издание публикуется в авторской редакции.

**УДК 620.9(082)**

**ББК 3**

ISBN 978-5-361-00468-3

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2016

**Секция 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**  
**Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

<b>Бизянов Е.Е., Гутник А.А.</b> Анализ распределения информации на предприятии .....	8
<b>Войтова Ж.Н., Гаранжа И.М.</b> “REVIT ARCHITECTURE” в учебном проектировании металлических конструкций рабочей площадки .....	12
<b>Гольцов Ю.А., Кижук А.С., Рубанов В.Г.</b> Реализация структуры управления теплотехническим объектом в среде SMLOGIX.....	16
<b>Горин Н.В., Крюков А.В.</b> Поиск по ключевым словам с определением релевантности документа с помощью семантической сети .....	21
<b>Зуев С.В., Давыдов В.В.</b> Топологическое шифрование .....	26
<b>Колтунов Л.И., Гольцов Ю.А., Кижук А.С.</b> Система диспетчерского управления распределенными приточно-вентиляционными установками зданий учебно-научного кампуса .....	29

**Секция 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ  
И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ,  
ЭКОЛОГИЯ**

<b>Аветян Э.В., Щербинина О.А.</b> Сравнение характеристик ВЭУ горизонтальной и вертикальной конструкции на примере компании AEOLOS.....	33
<b>Аветян Э.В., Щербинина О.А.</b> Анализ ветроэнергетического кадастра Белгородской области.....	36
<b>Бирюков А.Б., Харитонов А.Ю.</b> Методика оперативного сбора данных для анализа энергоэффективности теплоснабжения общественных зданий .....	40
<b>Бондаренко А.Н., Тихомирова Т.И.</b> Реализация Программы энергосбережения в Белгородской области.....	45
<b>Головатенко Е. Л., Животова О.И.</b> Беспылевая выдача кокса из печей коксовой батареи.....	50
<b>Головатенко Е. Л.</b> Оценка эколого-экономической эффективности ресурсосбережения при производстве железобетонных конструкций.....	54
<b>Гракова М.А., Гасяк А.В.</b> Совершенствование политики энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве региона .....	58
<b>Калмычѳк А.С.</b> Определение класса энергоэффективности многоквартирных домов г. Губаха Пермского края.....	63



<b>Качан В.Н., Хазипова В.В., Харитонов Б. А.</b> Экологические аспекты оценки территорий, прилегающих к объекту размещения отходов .....	69
<b>Калининихин О.Н., Фёдорова М.В.</b> Использование смолистых отходов в качестве альтернативных источников энергии .....	74
<b>Коверина А.Ю., Кожевников В.П.</b> Капитальный ремонт существующего оконного блока в УК-2 .....	76
<b>Коверина А.Ю., Кожевников В.П.</b> Энергия планеты Земля .....	81
<b>Кожевников В.П., Вайсера С.С., Огнев М.Н.</b> Приоритетные направления деятельности Минобрнауки РФ в области повышения энергоэффективности и энергосбережения .....	85
<b>Кожевников В.П., Попков А. С.</b> Методы уменьшения коррозии тепловых сетей .....	89
<b>Кожевников В.П., Ширриме К.Ж.</b> Экологический аспект в промышленной теплоэнергетике .....	95
<b>Коротков И.А., Кожевников В.П.</b> Обзор способов очистки воздуха с помощью систем вентиляции .....	103
<b>Коротков И.А., Кожевников В.П.</b> Современный подход к утилизации сточных вод – как минусы превратить в плюс .....	106
<b>Кртова М.А., Кожевников В.П.</b> Генерирующая компания ПАО «Квадра» .....	111
<b>Куприянов М., Волобуев Д., Корнилова Н.В.</b> Экономическая и экологическая эффективность использования различных видов ламп .....	116
<b>Орлов С.М., Орлова А.Я.</b> Энергосбережение при очистке газа в циклонах .....	121
<b>Орлов С.М.</b> Энергосбережение при работе усовершенствованного циклона в качестве первой ступени очистки .....	124
<b>Петкевич А.П., Тихомирова Т.И.</b> О потенциале энергосбережения 2015-2020 г. ....	128
<b>Рычков В.В., Вишнякова К.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А.</b> Оценка величины вырабатываемой электроэнергии ветряными электростанциями в Белгородской области .....	132
<b>Рычков В.В., Солдатенкова Е.И., Трубаев П.А.</b> Оценка величины вырабатываемой электроэнергии солнечными электростанциями в Белгородской области .....	138
<b>Свирин М.В., Мелашич Е.А., Тихомирова Т.И.</b> Энергосберегающие стеклопакеты .....	141
<b>Сердюк А.И., Ялалова М.М.</b> Выбросы вредных веществ при электрохимическом извлечении свинца в зависимости от состава электролита .....	145
<b>Сычёв А.И., Румянцев А.В., Воловиков А.А.</b> Грозовая электроэнергетика .....	150

<b>Тихомирова Т.И., Щетинина И.А., Щетинин Н.А.</b> Энергосбережение при утеплении фасадов зданий .....	154
<b>Трубаев К.П.</b> Сравнительный анализ освещённости ламп различного типа .....	157
<b>Трубаев П.А., Гришко Б.М.</b> Анализ энергоэффективности зданий после капитального ремонта.....	161
<b>Шейх А.А., Башевая Т.С.</b> Анализ и оценка существующих методов обращения со строительными отходами.....	168
<b>Щербаков А.К., Суринов Д.Ю., Шатохин И.С., Морозов К.В.</b> Теплотехнический комплекс мини ТЭЦ.....	172

#### **Секция 4. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

<b>Бабенков А.Г., Хохлов С.В., Ждоханин С.А.</b> Исследование показателей качества электроэнергии сетевого ввода №1 на предприятии ЗАО «СК КОРОЧА» .....	178
<b>Воловиков А.А.</b> Анализ рынка УЗИП.....	181
<b>Велиева И. А., Струков А.С., Рогозин И. В., Тоушкин А. Г.</b> Мониторинг систем внутреннего электроснабжения и их управление .....	186
<b>Галенин Д.В., Бобенко С.С.</b> Использование компоновки block-mix для повышения энергоэффективности теплообменников .....	189
<b>Жилин Е.В. , Авербух М.А.</b> Статистическая оценка показателей несинусоидальности и несимметрии в системах электроснабжения ИЖС.....	195
<b>Жуков Н.А.</b> Исследование систем управления активными фильтрокомпенсирующими устройствами.....	200
<b>Канивец И.В., Рошубкин П.В.</b> Исследование регулирующего эффекта нагрузки на примере лампы ДРЛ.....	204
<b>Корнев М.В.</b> Анализ энергопотребления комплекса по убою и переработки ЗАО «Белая птица – Белгород».....	207
<b>Курочкин В.В., Авербух М.А.</b> Построение системы плавного пуска электропривода аппаратов воздушного охлаждения сырого природного газа .....	211
<b>Лемешко К.О., Сахибгараева Р.Ф., Воловиков А.А.</b> Аморфные трансформаторы – достоинства и недостатки .....	216
<b>Махиборода А. Н. , Авербух М.А.</b> Разработка алгоритма оптимизации потерь мощности в асинхронном двигателе .....	221
<b>Нестеренко В.А., Семернин А.Н.</b> Построение контуров эвольвентных зубчатых колёс внутреннего зацепления с помощью программы ZUBEX .....	225
<b>Оксаниченко С.А., Сапрыка А.В.</b> Исследование осветительного комплекса города Белгорода .....	228

<b>Оксаниченко С.А., Тоушкин А.Г.</b> Применение контроллеров управления освещения в целях экономии электроэнергии на объектах ЖКХ в г. Белгороде .....	233
<b>Полилов Е. В., Баранов В. И., Тимофеев Д. И., Руденко Д. В.</b> Исследование законов управления многомассовыми электромеханическими системами .....	240
<b>Прасол Д.А., Морозов В.А.</b> Оценка параметров схемы замещения сети электроснабжения скиповой подъемной установки рудничного предприятия.....	255
<b>Прокопишин Д.И., Солдатенков А.С.</b> Разработка имитационной модели наблюдателя скорости асинхронного трёхфазного двигателя .....	261
<b>Решетников А.А., Прасол Д.А.</b> Сравнение современных счетчиков электроэнергии.....	265
<b>Романова А.А., Тоушкин А.Г.</b> Опасность возникновения ненормальных режимов оборудования в городских сетях.....	270
<b>Роцубкин П.В., Сарасом В.В.</b> Показатели качества электрической энергии и методы их улучшения .....	273
<b>Сапрыка А.В., Панчехин Д.В., Головин Д.А., Кондратенко А.П.</b> Исследование отклонения напряжения в электрических сетях коммунальных предприятий .....	277
<b>Саенко В.С., Эсауленко И.В.,</b> Моделирование вентильного электропривода в пакете Matlab .....	281
<b>Семернин А.Н., Комиссаров А.А.</b> Моделирование динамических процессов в автоматизированном электроприводе насосной установки .....	285
<b>Семернин А.Н. Урванов А.А.</b> Применение программы «ELCUT» для моделирования магнитных полей в электрических машинах .....	289
<b>Федотова Е.К. , Авербух М.А.</b> Особенности построения системы электроснабжения промышленного района.....	292
<b>Хворостенко С.В., Авербух М.А.</b> Особенности моделирования цеховой системы электроснабжения с нелинейными потребителями .....	296
<b>Хохлов С.В., Сапрыка А.В.</b> Методы измерения несимметрии в системах электроснабжения.....	301
<b>Черенков А.Д., Косулина Н.Г., Сапрыка А.В.</b> Открытая электродинамическая система для измерения хемилюминесценции .....	306
<b>Чунин И.Н., Кошлич Ю.А.</b> Оценка мероприятий по повышению энергоэффективности на основе анализа энергопотребления.....	314

## **Секция 5. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

<b>Вердиев Н.Ф., Гусев В.С., Тихомирова Т.И.</b> Основные направления использования теплоизоляции .....	318
---	-----

<b>Выборнов Д.В., Негода И.Н.</b> Влияние материала арматуры на плотность теплового потока в бетонных конструкциях .....	321
<b>Губарев А.В., Бычихин С.А.</b> Анализ способов интенсификации конвективного теплообмена в теплообменных аппаратах с трубчатыми теплообменными поверхностями .....	325
<b>Долгов Н.В., Удовиченко З.В.</b> Экспериментальные исследования работы контура горячего водоснабжения .....	328
<b>Калмычѣк А.С.</b> Анализ потребления теплоты девятиэтажного жилого дома .....	333
<b>Корнилова Н.В.</b> Энергообеспечение сахарных заводов. Варианты решения и их оптимизация.....	338
<b>Лукьянов А.В.</b> Водоподготовка газотрубных теплогенераторов .....	342
<b>Михалева К.Д.</b> Выбор системы отопления частного дома.....	346
<b>Разумова Ю.К., Кожевников В.П.</b> Методика гидропромывки внутренних систем теплоснабжения .....	350

## **Секция 6. МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА И СЕРТИФИКАЦИЯ**

<b>Бенаи Х.А., Гайворонский Е.А.</b> Проблема разработки концепции архитектурно-планировочной организации объектов социального жилья в Донецком регионе .....	355
<b>Васylieва-Керян О.В.</b> Менеджмент качества в органах местного самоуправления .....	359
<b>Гайворонский Е.А., Волгина А.М.</b> Совершенствование архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства в Донецком регионе.....	364
<b>Крахина В.А., Вода И.С., Сухорукова О.В.</b> Экономический механизм обеспечения эффективности деятельности предприятия .....	366
<b>Левицкая К.М., Юракова Т.Г.</b> К вопросу формы организации «Производство точно в срок» .....	371
<b>Радионон Т. В., Анисимов А. В., Андреева С. А.</b> Закономерности пространственной организации медицинских учреждений в структуре квартальной жилой застройки с учетом потребностей маломобильных групп населения .....	376
<b>Степанова М.В.</b> НДТ повышения энергоэффективности как перспективный инструмент .....	379
<b>Ширриме К.Ж., Трубаев П.А.</b> Анализ проблем в реализации систем регионального энергетического менеджмента .....	382

# **Секция 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

## **Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

### **АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

д-р экон. наук, канд. техн. наук, проф. **Бизянов Е.Е.**  
аспирант **Гутник А.А.**

*Донбасский государственный  
технический университет, г. Алчевск*

Промышленное предприятие – сложный объект, внутри которого циркулируют потоки материальных и финансовых ресурсов, при этом их движение осуществляется посредством горизонтальных и вертикальных связей между подразделениями [1]. Обеспечение информацией работы управленческих, финансово-экономических и производственных подразделений предприятия осуществляется его информационной системой, причем большая часть информации поступает в результате реализации бизнес-процессов и отображается в документах и базах данных. Следовательно, анализ распределения и обработки информации внутри предприятия является актуальной задачей.

Целью данной статьи является проведение анализа распределения информации на предприятии.

Представим организационную, информационную и производственную системы предприятия в виде совокупности слоев, связанных между собой информационными потоками: слой организационной структуры, слой бизнес-процессов, слой производства и логистики. Каждый слой представим в виде матрицы, в ячейках которой находятся реальные или виртуальные объекты: подразделения, документы, бизнес-процессы и т.п. Количество объектов и связанных с ними данных в каждом слое различно, поэтому для анализа необходимо использовать структуру данных с динамическими размерами.

Представление оргструктуры предприятия в виде иерархического дерева [1] подходит для отображения движения информации в виде до-

кументов, хотя довольно часто передача информации (в том числе в электронной форме) может осуществляться «перекрестно», через горизонтальные связи между подразделениями и бизнес-процессами, а сам документооборот предприятия может быть представлен в виде сети или гиперболического дерева [2].

При анализе информации, хранящейся в базах данных информационной системы экономического объекта, используют количественные, семантические и вероятностные характеристики информации, такие, как: количество, ценность, структурированность, точность, полноту, репрезентативность, содержательность, достаточность, доступность, актуальность, своевременность, достоверность, понятность, сжатость и устойчивость [3].

Среди перечисленных выше характеристик информации к полностью измеримым можно отнести количество, точность и полноту. Вопрос измерения количества информации достаточно сложен. Использование байта, как единицы измерения, не позволяет в полной мере оценить качество и релевантность информации, принимая во внимание многообразие форматов данных в современных системах обработки и хранения информации. Поэтому для каждого источника информации (рисунки, таблицы, бумажные документы и т.д.) необходимо использовать различные методы преобразования к виду, удобному для количественного анализа.

При оценке распределения информации будем учитывать два измеримых параметра: количество информации и степень ее обработки. Значение степени обработки можно рассчитать, как количество операций (арифметических, логических, семантических), произведенных над данными [3]. Следует также учитывать, что при передаче информации на более высокий уровень управления степень ее обработки возрастает при одновременном уменьшении количества.

Для учета связей между подразделениями целесообразно использовать n-мерные изображения [4], в каждой плоскости которых указываются анализируемые параметры, такие как: свойства отдельного вида информации (степень обработки, новизна информации, частота использования информации, хранимой не в справочниках или словарях), связь информации текущего слоя с другими слоями.

Количественное распределение информации проанализируем на лепестковой диаграмме, значения на осях которой отображают количество информации, используемой в работе определенного подразделения. Кроме того, на этой же диаграмме отобразим количество информации, используемой в бизнес-процессах. Пусть количество

информации изменяется от 100% (вся информация в информационной системе) до 0% (полное отсутствие информации).

Представление количественного распределения информации сделаем в двух вариациях: на оси отчается количество информации в иерархически связанных подразделениях (рис. 1, а) или количество информации в зависимости от степени ее обработки (рис. 1, б).

Для анализа количества информации, участвующей в деятельности определенных подразделений, сведем ее в треугольную матрицу (таблица 1). В ячейки матрицы занесем количество информации, поступающей в подразделение N из подразделения M (числитель дроби), а также же исходящей из него (знаменатель).

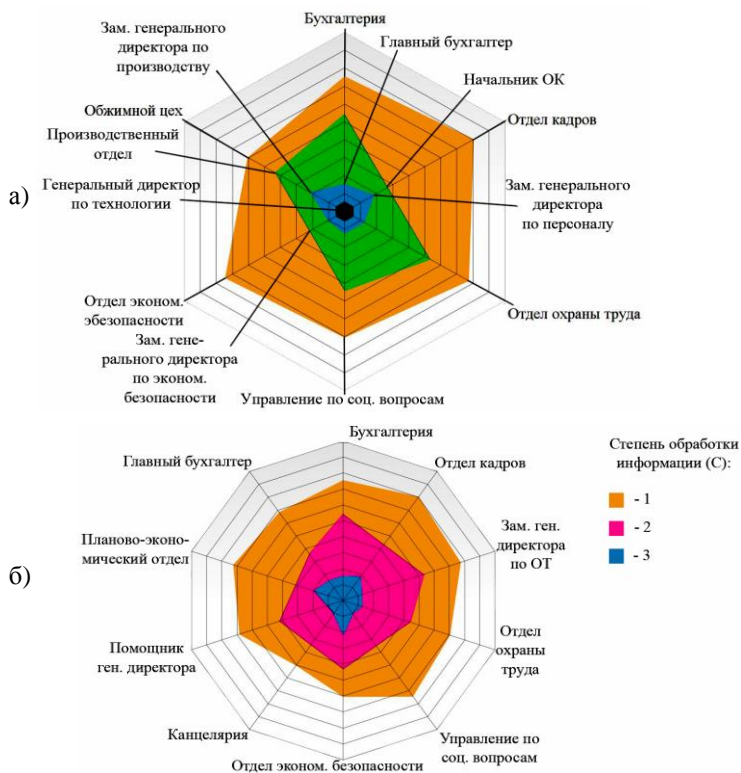


Рис. 1. Диаграмма, отображающая количество информации, распределенной по подразделениям: а) показатели иерархически связанных подразделений; б) информация при разной степени обработки

Таблица 1

**Матрица исходящей/входящей информации для подразделений**

Подразделение	Отдел охраны труда	Производственный отдел	Канцелярия	...	Организационно-аналитическое бюро
Отдел охраны труда		200/300	134/210	.../...	50/146
Производственный отдел			100/145	.../...	78/90
...	...	...	...	...	...
Канцелярия				.../...	125/150

Кроме того, целесообразно проанализировать участие подразделений в каждом из бизнес-процессов. Для этого таблицу 1 представим в виде графика, на котором по оси абсцисс отложены номера подразделений, а по оси ординат – количество информации, исходящей из них. К этому графику добавим ось  $z$ , по которой отложим номера всех бизнес-процессов предприятия и получим куб данных (рис. 2).

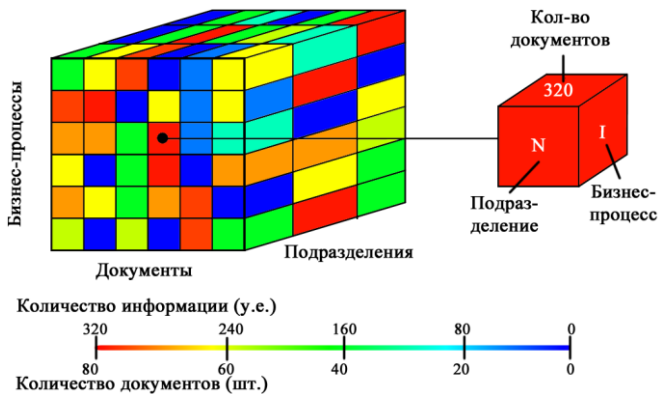


Рис. 2. Пример куба данных,

его ячейки и шкалы градации количества информации

На основе анализа предложенного куба данных можно получить количество информации и количество документов, участвующих в  $i$ -м бизнес-процессе  $k$ -го подразделения (рис. 2). Цвет каждой ячейки куба соответствует определенному количеству информации в документах



данного подразделения (количеству документов) – согласно шкале градации. Количество информации показано в условных единицах.

Таким образом, предлагаемый подход к анализу распределения информации на предприятии позволяет оценить, информационную загруженность (обеспеченность информацией) подразделений и бизнес-процессов предприятия. Результаты анализа позволяют принять решений о необходимости перераспределения информационных потоков внутри предприятия или о повышении степени обработки информации на уровне подразделений или бизнес-процессов.

**Вывод.** Проведенные исследования показали, что при анализе распределения информации на предприятии необходимо учитывать не только количество информации, но и степень ее обработки, а также структуру предприятия, его бизнес-процессы и документы. Визуализация распределения информации с использованием лепестковой диаграммы, а также отображение указанного распределения при помощи куба данных, позволяют проанализировать обеспеченность информацией отдельных подразделений и бизнес-процессов предприятия, что дает возможность принимать решения о перераспределении информационных потоков, либо об увеличении степени ее обработки.

#### **Библиографический список**

1. Лапыгин Ю.Н. Теория организаций. М.: Инфра-М, 2006. 324 с.
2. Lamping J. A., Rao R., Pirolli P. Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies // Proc. ACM Conf. Human Factors in Computing Systems. 1995. P. 401-408.
3. Бизянов Е.Е. Функция полезности экономической информации: особенности построения и использования // Бизнес Информ. 2011. № 9. С.23-26.
4. Пескова О.В. О визуализации информации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия "Приборостроение". 2012. С. 157-173.

### **“REVIT ARCHITECTURE” В УЧЕБНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ**

канд. техн. наук, доц. **Войтова Ж.Н.**

канд. техн. наук, доц. **Гаранжа И.М.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Глобализация строительных рынков труда в современном мире повлекла за собой и глобальные изменения в системе образования [2].

Трансформация технического образования показывает, что старые методы получения знаний всегда немного отстают от мира практики. Эти изменения дают понять, что образование стало лишь очередным этапом становления инженера. Чтобы стать квалифицированным и успешным инженером надо понимать, что для этого нужна интенсивная и длительная самоподготовка.

Вместе с тем, нельзя не отметить, что роль образовательных учреждений также начинает обновляться в соответствии с требованиями мировых практик: учебные программы подготовки будущих инженеров все больше и больше должны содержать новые методы проектирования в строительстве.

Наибольший интерес на сегодняшний день вызывают так называемые BIM-технологии проектирования объектов (от принятого в английском языке термина Building Information Modeling). Или иными словами, BIM – это вся имеющая числовое описание и нужным образом организованная информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса [4].

BIM-технологии предполагают наличие большого количества разных программ для решения задач любого строительного направления: от архитектурного и конструкторского до создания сметной и прочей документации.

11 июня 2016 года президент России определил несколько важнейших задач строительной отрасли, среди которых – широкое внедрение BIM-технологий [5, 6].

Учитывая все вышесказанное можно сделать вывод, что изучение BIM-технологий проектирования в строительстве становится одним из приоритетов обновления учебных программ высших учебных заведений строительного и архитектурного профиля.

Изучение компьютерных технологий, применяемых в строительстве, в ГОУВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» происходит на протяжении всего процесса подготовки квалифицированного специалиста. На тот момент, когда студент приступает к изучению основных строительных дисциплин, он уже владеет навыками необходимыми для получения требуемой квалификации.

При работе студента над курсовой работой «Проектирование конструкций рабочей площадки стальной балочной клетки» кроме традиционных CAD программ можно использовать “REVIT Architekture”.

Такой подход в дальнейшем даст не только задел для повышения квалификации, но и перспективу для развития BIM-специалиста.

Для проектирования каркасного здания состоящего из металлических элементов мы используем шаблон несущей конструкции, как шаблон с наиболее подходящими параметрами [1].

“REVIT Architecture“ содержит каталог типоразмеров семейств (элементов конструкции в данном случае), из которого следует выбрать требуемое семейство компонентов каркаса. Используя каталоги, можно выполнять сортировку типоразмеров и загружать только необходимые для выполнения проекта. Это способствует уменьшению размера проекта и сокращению списка типов, предназначенного для выбора типоразмеров несущих конструкций [1].

Добавление любого несущего элемента выполняют через вкладку «Конструкция» а не «Архитектура». Элементы, добавленные через вкладку «Архитектура» не будут иметь свойства несущей конструкции, а будут чисто архитектурными элементами (рис.1).

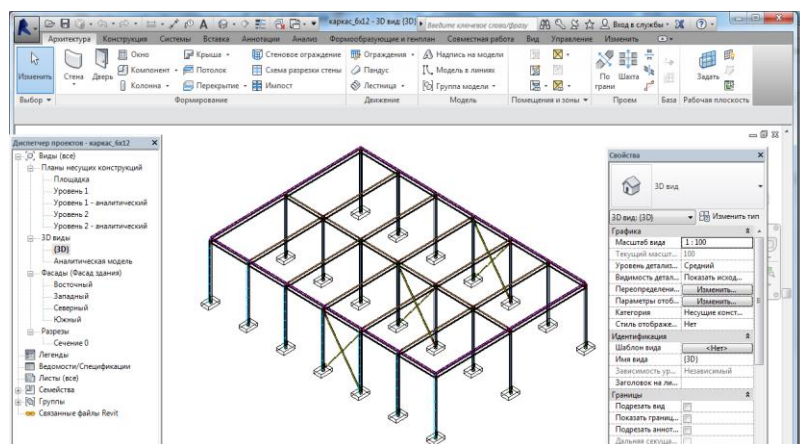


Рис.1. Создание несущих конструкций рабочей площадки

В свойствах добавляемых колонн выставляем в поле «Закрепление сверху» – «Соединение колонн с изгибной нагрузкой», «Закрепление снизу» – «Обозначение опорной плиты». Там же в свойствах колонны в поле «включить аналитическую модель» ставиться галочка, чтобы данный параметр был активизирован. Далее мы расставляем щелчком левой клавишей мыши (ЛКМ) колонны на пересечении осей.

Расстановка фундаментов выполняется по такому же принципу, как и расстановка колонн. Здесь программа сразу же выдает предупреждение о том, что примыкающий фундамент несущей конструкции автоматически перенесется в нижнюю часть колонны.

После расстановки фундаментов переходим на «Уровень 2» для добавления в модель несущих балок. Во вкладке «Конструкция», активизируем команду «Балки» и так же, как и для колонн добавляем семейство несущих балок (см.п.4 [1]).

Расстановка балок выполняется щелчком ЛКМ в начале и конце балки: т.е. на пересечении разбивочных осей. Так же не стоит забывать, что при активизированной кнопке «Марки при размещении», балки будут маркироваться автоматически.

Расстановку балочных систем выполняем щелчком ЛКМ по осям, между которыми будут укладываться второстепенные балки.

После устройства второстепенных балок создадим еще один уровень, на котором будет размещаться перекрытие рабочей площадки.

Для обеспечения жесткости каркаса также требуется добавить раскосы. Во вкладке «Конструкция», активизируем кнопку «Раскосы». Также как и для предыдущих элементов загрузим семейство и выберем требуемые нам сечения. Расстановка раскосов выполняется в вертикальных плоскостях объекта (фасады, разрезы).

Для дальнейшей работы над конструкцией каркаса, добавляем требуемые аналитические уровни [1]. Создавая из библиотечных элементов каркас здания, мы автоматически создаем и расчетную схему. В дальнейшем необходимо лишь задать тип сопряжения в узлах (жесткое, шарнирное), типы опор, тип работы элементов в конструкции, здесь же можно приложить все действующие на здание нагрузки [3], добавить граничные условия и выполнить аналитические проверки.

Наиболее часто используемые программы анализа и расчета конструкций это “Robot Structure”, “Лира”, “SCAD office” и т.п.

После выполнения расчета в аналитической программе проектировщик уточняет сечения элементов конструкций и вносит изменения в файле “Revit”.

Наибольшие трудности при работе над проектированием металлических конструкций рабочей площадки обычно возникают при создании спецификаций КМД: в программе не предусмотрена функция сборки таблиц ведомостей отправочных элементов, ведомостей монтажных болтов, ведомостей сварных швов и монтажных схем. Анализ литературы и интернет источников показывает, что в данном случае опытные проектировщики обычно вынуждены использовать специально создава-

емые надстройки (созданные с помощью Dynamo, Python и т.п.), что зачастую практически невыполнимо для рядового студента. Поэтому самым простым решением в данном случае является доработка таблиц вручную, что не совсем соответствует философии BIM-технологии.

### **Выводы**

1. Введение курса BIM-технологий в обучение студентов ВУЗов строительных специальностей обусловлено наращивание компьютерной оптимизации процессов в строительной сфере. Изучение основ проектирования в программе „REVIT Arcitecture“ позволит поднять уровень подготовки квалифицированного специалиста на современный уровень.

2. В современных версиях программы „REVIT Arcitecture“ отсутствует возможность создания корректных спецификаций к разделу КМД в соответствии требованиями отечественных строительных норм. Создание данных таблиц потребует индивидуального подхода при оформлении чертежей проекта металлических конструкций.

### **Библиографический список**

1. Войтова Ж.Н., Гаранжа И.М. Учебно-методическое пособие по проектированию металлических конструкций рабочей площадки с помощью программного комплекса «Autodesk Revit». Макеевка: ДонНАСА, 2016. 79 с.

2. [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=18874](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18874).

3. [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15242](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15242).

4. [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14078](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078).

5. <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/52154>.

6. <http://ardexpert.ru/article/6787>.

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ В СРЕДЕ SMLOGIX**

аспирант **Гольцов Ю.А.**

канд. техн. наук, доц. **Кижук А.С.**

д-р техн. наук, проф. **Рубанов В.Г.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Поддержание заданной температуры в процессе выращивания кристалла сапфира является одной из важнейших технологических задач, поскольку даже незначительное отклонение от заданной температуры приводит к нарушению основных параметров качества и структуры кристалла, таких как прозрачность, целостность и др. [1, 2].

Обеспечение температурных режимов нагревателя высокой мощности предлагается с использованием регуляторов дробного порядка [3, 4]. Для реализации и исследования дробных законов управления спроектирован и реализован теплотехнический объект электрическая печь сопротивления [5].

В качестве среды программирования управляющего контроллера SMH2Gi выбрана система «SMLogix», являющаяся стандартной и официально поставляемой компанией Segnetic [6]. Система «SMLogix» позволяет реализовать все необходимые подпрограммы для работы контроллера в структуре управления теплотехническим объектом.

Предложена и реализована управляющая программа, состоящая из следующих макросов: «Ввод данных для регулятора», «Ввод параметров нагрева, остывания», «Датчик», «Настройка регулирования», «Пересчет», «Время разгона, остывания», «ПИД». Макрос «Ввод данных для регулятора» позволяет задавать и корректировать значения коэффициентов регулятора и необходимую температуру, сохраняя последнее введенное значение каждой из составляющих. В блоке «Ввод параметров нагрева, остывания» задаются параметры нагрева и поддержания температуры. Приложение «Датчик» преобразует информацию с датчика температуры в значения температуры в градусах Цельсия. В случае выхода температура за пределы, установленные пользователем, блоком «In MAX» формируется сигнал аварии, изменяющий режим работы установки. Макросы «Настройка регулирования» и «Пересчет», используя расчетные показатели и выведенные зависимости, информируют о температуре в печи (рис.1), а «Время разгона/остывания», используя математические преобразования и зависимости, позволяет получить переходные кривые процесса нагрева в соответствии с заданием.

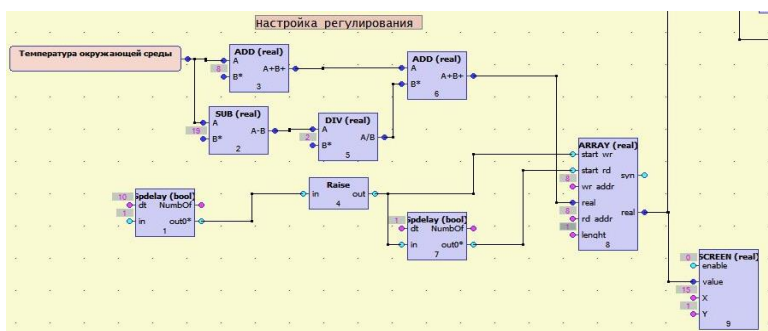


Рис. 1. Структура макроса «Настройка регулирования»

Основной подпрограммой системы регулирования является макрос «ПИД» (рис. 2). При наличии дрейфа параметров объекта управления, а также воздействии внешних и параметрических возмущений, типовые ПИД-регуляторы не обеспечивают необходимых статических и динамических показателей. По этой причине рационально использовать широтно-импульсную модуляцию [7, 8]. Макрос, работающий как с целыми, так и с дробными ПИД-регуляторами, позволяет получить широтно-импульсный закон управления, реализующий до 1000 возможных времен включения нагревателя с периодом работы 10 сек.

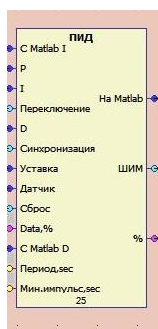


Рис. 2. Общий вид макроса «ПИД»

Обмен данными с программой Matlab ведется с использованием ModBus переменных «C Matlab» и «На Matlab» (рис. 3). Выбор режима работы контроллера осуществляется блоком «Переключение режима».

Скрипт обработки данных в программе Simulink Matlab предоставляет собой набор блоков для считывания ModBus переменных (OPC Read) и конвертации в библиотеку FOMCON (Data Type Conversion) [9, 10], вычисление дробного интеграла и дробного дифференциала (Fractional integrator, Fractional derivative) [11], запись и сохранение полученных значений (OPC Write, To Workspace) (рис. 3).

Предложена структура системы управления теплотехническим объектом в классе регуляторов дробного порядка (рис. 5), представляющая собой стык из контроллера SMH2010 и ПК с ОС Windows 7. Передача данных осуществляется по протоколу MODBUS посредством конвертора RS232-RS485.

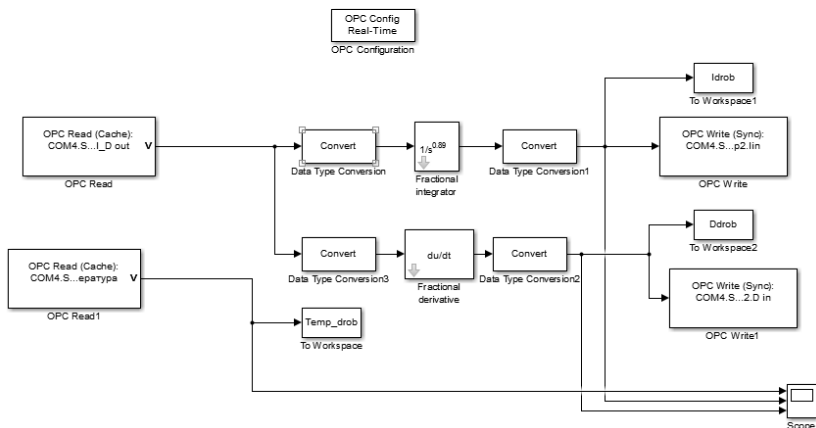


Рис. 4. Визуализация скрипта обработки данных в среде Simulink Matlab

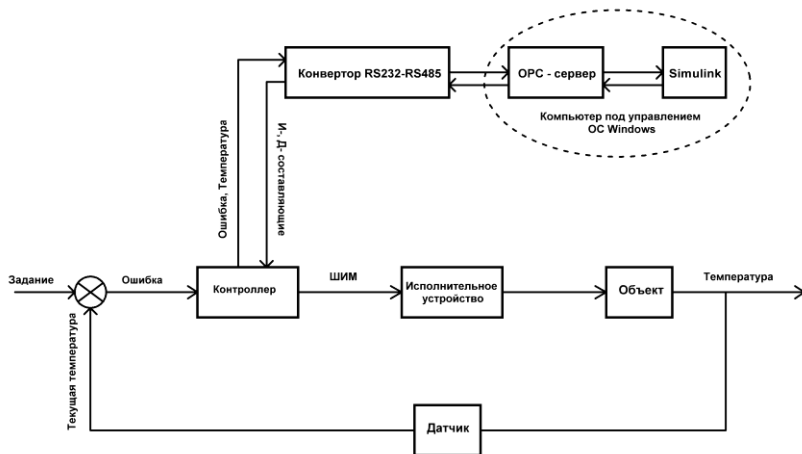


Рис. 5. Структура системы управления теплотехническим объектом в классе регуляторов дробного порядка

Под управление ОС Windows 7 настроена программа «Lectus Modbus OPC/DDE» сервер с загруженной картой переменных из системы программирования SmLogix. Операция дробного интегрирования реализована в системе Matlab в пакете Simulink с использованием свободно распространяемой библиотеки «FOMCON». Считывание данных с сервера «Lectus Modbus OPC/DDE» производится с использованием



встроенной библиотеки OPC Toolbox. Такая реализация дробного регулятора позволяет в реальном времени производить считывание, обсчет и запись значения дробного интеграла.

### **Заключение**

Разработана и реализована структура управления в среде SMLogix температурным режимом нагревательной установки в форме модели дробного порядка в технологическом процессе выращивания кристалла сапфира. Применение дробных законов управления широтно-импульсной модуляцией позволило улучшить качество системы и заметно сократить время регулирования.

В среде Simulink разработаны специализированные функциональные блоки, реализующие дробные алгоритмы управления, а также даны рекомендации по настройке регуляторов дробного класса в структурах управления теплотехническими объектами.

Освещённые в работе методики и приёмы моделирования структур управления дробного класса динамических систем с распределёнными параметрами могут быть использованы и для решения более широкого круга задач, связанных с автоматизацией технологических объектов в других областях промышленности.

Дальнейшее совершенствование системы управления температурным полем нагревательной установки в технологическом процессе выращивания кристалла сапфира возможно за счет введения дополнительных контуров регулирования охлаждения, разряжения и т.п., причем подсистемы могут быть реализованы на том же контроллере SMH 2010 (его оставшиеся ресурсы оказываются достаточными для этих целей).

*Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы, дог. № А-4/15 от 14.04.2015 г.*

### **Библиографический список**

1. ООО «Техсапфир» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.techsapphire.ru/>.
2. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. М.: Мир, 1974. 540 с.
3. Monje C. A., Chen Y.Q., Vinagre B.M., Xue D., Feliu V.. Fractional-order Systems and Controls Fundamentals and Applications. Springer-Verlag, London, 2010.
4. Мишунин В.В., Рубанов В.Г. Системы автоматического управления и контроля с дробно-иррациональными передаточными функциями: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. 255 с.
5. Гольцов Ю.А., Кижук А.С, Рубанов В. Г. Управление температурным полем нагревательной установки в форме модели дробного порядка // СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 2. С. 38-43.
6. Segnetics Systems Incorporated. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.segnetics.com/> (дата обращения: 01.12.2016).

7. Zhusubaliyev, Zh.T. and E. Mosekilde, 2003. Bifurcations and Chaos in Piecewise-Smooth Dynamical Systems. Singapore: World Scientific, pp: 363.

8. Banerjee, S. and G. C. Verghese, 2001. Nonlinear Phenomena in Power Electronics, IEEE Press, New York, USA.

9. Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/> (дата обращения: 01.12.2016).

10. AutoWorks. [Электронный ресурс]. URL: <http://autoworks.com.ua/programmirovanie-kontrollerov/matlab-simulink-opc-toolbox/> (дата обращения: 01.12.2016).

11. FOMCON.NET [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fomcon.net/> (дата обращения: 01.12.2016).

12. Величко Д.В., Магергут В.З. Построение детерминированной и стохастической динамических моделей процесса нагрева пеностеклянной шихты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 90-94.

## **ПОИСК ПО КЛЮЧЕВЫМ СЛОВАМ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕЛЕВАНТНОСТИ ДОКУМЕНТА С ПОМОЩЬЮ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ**

студент **Горин Н.В.**

ст. преп. **Крюков А.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Задача поиска информационных ресурсов заключается в нахождении информации, соответствующей потребностям пользователей. Современный информационный поиск – это огромное количество пользователей, огромные объемы данных, мощные вычислительные системы, сложные алгоритмы. Для повышения точности поиска используются инновационные решения, осваиваются новые способы поиска, например, поиск по картинке, голосовой поиск, привлекаются методы машинного обучения, анализа мультимедийной информации, компьютерная лингвистика, геоинформационные сервисы, исследуется психология пользователей и их социальные связи и т.д.

Большую роль при этом играет смысловой поиск информации. В этом случае извлекаемая в ответ информация может не только иметь другую грамматическую форму, но и вообще не упоминаться в тексте запроса, однако имеет с ним смысловую связь. Например, в ответ на запрос "финансовые преступления" могут быть выданы фрагменты текста, в которых говорится о подложных чеках.

Большинство существующих систем информационного поиска используют метод поиска информации с использованием ключевых слов. Проблемы такого метода связаны, во-первых, с синонимичностью терминов – так как для обозначения одного понятия можно использовать различные термины (например, «машина» и «автомобиль»). Во-вторых, возникает проблема многозначности терминов – один термин может иметь много значений (например, «граф» как титул или «граф» как структура данных). В связи с этой проблемой система может возвращать нерелевантные результаты.

Именно поэтому большую роль играют те приложения, в которых учитываются существующие недостатки классических методов поиска. В них в альтернативу классическому используется семантический поиск, алгоритм которого построен так, что учитывается смысл слов в поисковом запросе. В этом случае пользователь получает не только фрагменты текста, в которых встречалось упоминание поисковых слов, но и конкретную информацию, соответствующую сути запроса.

Целью работы как раз и является разработка приложения, которое работает с семантиками документов, используя семантическую сеть, то есть множество понятий текста, связанных между собой по смыслу, служащее основой для всех видов дальнейшего анализа. При этом каждое понятие, многократно повторявшееся в различных местах текстов, представляется в сети единственным элементом. К каждому понятию сети предлагается список других понятий, в сочетании с которыми оно встречалось в предложении текста. Однако следует учитывать, что все пары понятий связаны двусторонне и каждый смысловой путь – бесконечен, так как может пересекаться сам с собой. Избежать подобного неудобства поможет представление семантической сети в виде так называемой тематической структуры.

Тематическая структура описывает содержание анализируемых текстов в виде иерархии связанных тем и подтем и имеет вид дерева, в корне которого стоят главные темы, в ветвях – подтемы. Так, если вся информация в текстах подчинена единой теме, структура будет иметь вид дерева с единственным корнем. Если же содержание текстов политематично, то вместо дерева получим множество деревьев, корни которых представляют главные темы, несвязанные друг с другом. Для определения наличия некоторого запроса в тексте документа необходимо найти соответствующие ему понятия в сгенерированной семантической сети с сохранением их следования в запросе.

Рассматриваемый подход основан на автоматическом извлечении знаний из текста с помощью смыслового анализатора текста, который

генерирует семантический портрет документа в виде семантической сети. В настоящее время для реализации данного подхода существует достаточно много инструментов текстомайнинга, таких как WordStat, Aerotext, Businessobjects Text Analysis, Attensity Text Analytics suite и др. [1]. Построение семантической сети в нем происходит в три этапа. На первом этапе из текста удаляется нетекстовая информация, текст сегментируется на слова и предложения, из текста удаляются стоп-слова, рабочие и общеупотребимые слова, а оставшиеся слова подвергаются морфологической обработке. Далее с помощью программной модели искусственной нейронной сети из нейроподобных элементов формируется словарь корневых основ. На следующем этапе выявляются частоты встречаемости корневых основ понятий и их устойчивых сочетаний, и частоты их попарной встречаемости в предложениях текста. И, наконец, на третьем этапе, частоты встречаемости перенормировываются в смысловые веса с использованием итеративной процедуры. В результате итеративной процедуры перенормировки наибольшие веса получают понятия, связанные с наибольшим числом других понятий с большим весом. Полученные таким образом смысловые веса ключевых понятий показывают значимость этих понятий в тексте.

Важной задачей является выдача результатов запроса согласно степени совпадения документа и поискового запроса или индекса релевантности. Решение такой задачи может происходить различными способами [2]. За основу возьмем следующее правило вычисления релевантности статьи поисковому выражению:

1. Анализируется путь от каждого слова в поисковом выражении до каждого ключевого слова данного текста.

2. Пути от каждого слова в поисковом выражении до каждого ключевого слова текста ставится в соответствие числовой коэффициент следующим образом:

- если слова совпадают, то коэффициент равен 1;
- если слова не совпадают и по семантической сети нет пути между ними, то коэффициент равен 0;
- если слова не совпадают, но по семантической сети есть путь между ними, то коэффициент рассчитывается по формуле  $1/2^n$ , где  $n$  – количество переходов между словами в пути от ключевого слова до слова в поисковом выражении.

3. Индекс релевантности данной статьи данному поисковому выражению рассчитывается как сумма коэффициентов.

Допустим, имеется документ, содержащий несколько статей (рис.1).

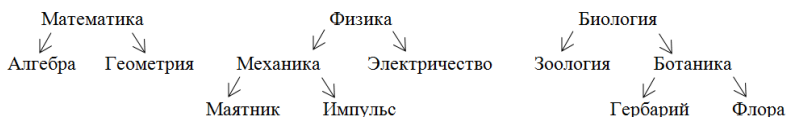


Рис. 1. Семантическая сеть документа

Каждая статья, содержащаяся в документе, имеет собственные ключевые слова:

Идентификатор статьи	Встречающиеся ключевые слова
1	Геометрия, Физика, Гербарий
2	Математика, Маятник, Электричество
3	Алгебра, Импульс, Флора
4	Физика, Зоология, Ботаника
5	Механика, Ботаника, Флора

Пусть необходимо рассчитать индекс релевантности поискового выражения «Импульс, Зоология, Флора» в статье с идентификатором 3.

Очевидно, что всего существует 9 пар слов, среди которых связи нет (коэффициент равен 0) между: Импульс-Алгебра, Импульс-Флора, Зоология-Алгебра, Зоология-Импульс, Флора-Алгебра, Флора-Импульс. Для остальных пар:

- 1) Импульс-Импульс. Слова совпадают. Коэффициент 1;
- 2) Зоология-Флора. Связь есть. Путь Зоология-Биология-Ботаника-Флора содержит три перехода. Коэффициент 0,125;
- 3) Флора-Флора. Слова совпадают. Коэффициент 1.

Индекс релевантности рассчитывается как сумма полученных коэффициентов, то есть:  $0+1+0+0+0+0.125+0+0+1 = 2,125$ .

Все вышеизложенные алгоритмы (определение индекса релевантности, построение семантической сети и тематического дерева и др.) и легли в основу разработанного приложения. Оно обладает следующим функционалом: формирование и визуальное представление тематического дерева с возможностью ручного его редактирования; реферирование текстов; сравнение нескольких текстов (статей, рабочих программ, учебных изданий); формирование ответа на смысловой запрос пользователя. Исследуемый текст может быть введен в программное средство через буфер обмена, текстовый файл, либо с использованием URL-ссылки на ресурс. Результаты работы программы, кроме отображения в программной среде, также могут быть сохранены в файл.

Разработанное средство может применяться в качестве анализатора степени соответствия учебного пособия рабочей программе при рецен-

зировании учебно-методических изданий. Например, пусть имеется фрагмент семантической сети (табл., рис. 2) и следующие дидактические единицы: интеллектуальные информационные системы; нейронные сети; реализация экспертных систем; базы знаний.

В результате поиска во фрагменте семантической сети были выделены подграфы. Был обнаружен подграф, частично изоморфный дидактической единице «Реализация экспертных систем». Подграф, изоморфный дидактической единице «Базы знаний» найден не был.

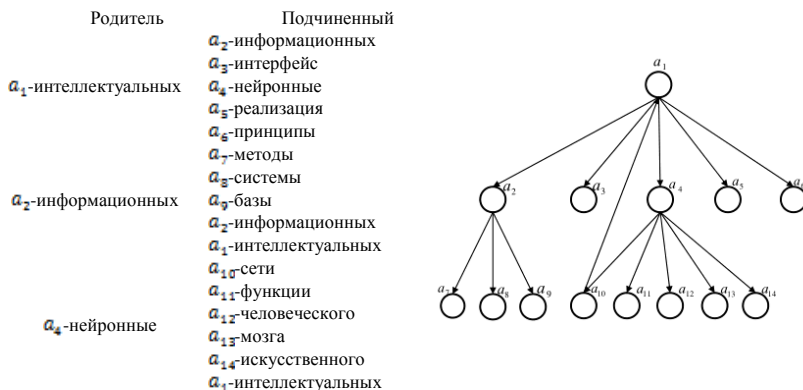


Рис. 2. Фрагмент семантической сети

Для каждой дидактической единицы можно подсчитать степень их совпадения в документе:

$$Z_{d_1} = \frac{3}{3} = 1, Z_{d_2} = \frac{2}{2} = 1, Z_{d_3} = \frac{2}{3} = 0.67, Z_{d_4} = \frac{0}{2} = 0.$$

Тогда степень соответствия учебного пособия рабочей программе равна:

$$S = \frac{1+1+0.67+0}{4} = 0.6675.$$

Также разработанное средство может использоваться в библиотеках для поиска информации в электронном каталоге и употребляться в качестве дополнительного инструмента при семантическом анализе текстов технических заданий.

### Библиографический список

1. Беленький А. Извлечение информации из неструктурированных текстов // КомпьютерПресс. 2008. №10. С. 174 -179.
2. Рязанов Ю.Д., Севальнева М.Н. Анализ синтаксических диаграмм и синтез программ-распознавателей линейной сложности // Научные ведомости

БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2010. № 3. С. 173–1763.

3. Синюк В.Г., Поляков В.М., Панченко М.В. Алгоритмическое и программное обеспечение средств создания интеллектуальных проблемно-ориентированных систем, основанных на нечеткой логике // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 159-161.

## ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ШИФРОВАНИЕ

канд. физ.-мат. наук, доц. **Зуев С.В.**

студент **Давыдов В.В.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В настоящее время активно идут исследования в области квантовых вычислений и квантовых компьютеров [1, 2], реализация которых позволит решать некоторые задачи, чье решение является экспоненциально сложным. В частности, на квантовых компьютерах существует возможность реализовать алгоритм Шора [3], что представляет угрозу для такого популярного алгоритма шифрования как RSA. В настоящей статье изложена идея топологического шифрования. Такой вид шифрования устойчив к известному криптоанализу квантовыми методами.

Согласно великой теореме Ферма, уравнение  $a^n + b^n = c^n$  имеет целочисленные решения для неплоских поверхностей с координатами  $(a, b)$  и параметром  $c$  только при  $n = 2$ . Такие поверхности, с точностью до гомеоморфизма, являются сферами или торами различных размерностей [4].

В основе предлагаемого нами топографического шифрования лежит свойство топологической неэквивалентности плоскости и сферы [4]. В евклидовой геометрии любые наборы из 4 точек могут иметь 3 варианта расположения: 1) нахождение в одной плоскости; 2) в разных плоскостях на поверхности сферы; 3) в разных плоскостях вне сферы.

Простейшим примером будет сфера радиусом 1. Возьмем точки с целочисленными координатами (рис.1, табл. 1). Согласно указанным выше вариантам расположения наборов точек в пространстве, разделим наборы на 2 класса по признаку принадлежности плоскости и/или сфере и поставим в соответствие им числа 1 (принадлежат одной плоскости, и принадлежат сфере) и 0 (не принадлежат одной плоскости, но принадлежат сфере). Класс точек, не лежащих на сфере, в данной работе не

рассматривается, хотя может быть применен в концепции топологического шифрования в дальнейшем.

Теперь, видя распределение точек, можно зашифровать любое сообщение с помощью последовательности псевдослучайных чисел, где нулю будут соответствовать числа 4, 8 и 13, а единице – все остальные. Это будет наиболее простым вариантом топологического шифрования.

Зашифруем число 42, тип данных – unsigned short, занимающий 2 байта. Его двоичный код будет следующим 0000 0000 0010 1010. Это число можно зашифровать  $3^{13} + 12^3 = 1\,596\,051$  последовательностями из  $15^{16} = 6\,568\,408\,355\,712\,890\,625$  возможных последовательностей. Табл. 2 в этом случае является закрытым ключом.

Таблица 1

**Координаты точек с целочисленными координатами на окружности радиуса 1**

Точка	x	y	z
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	-1	0	0
5	0	-1	0
6	0	0	-1

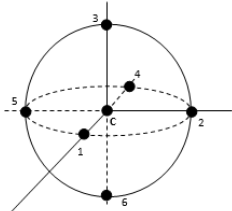


Рис.1. Целочисленные точки на сфере радиуса 1

Таблица 2

**Распределение наборов точек по классам**

Номер набора	Набор точек	Класс (0 или 1)
1	1234	1
2	1235	1
3	1236	1
4	1245	0
5	1246	1
6	1256	1
7	1345	1
8	1346	0
9	1356	1
10	1456	1
11	2345	1
12	2346	1
13	2356	0
14	2456	1
15	3456	1

Важной особенностью топологического шифрования является обилие комбинаций для любого сообщения, то есть оно может быть закодировано псевдослучайным образом. При этом сложность алгоритма подбора точек с такими координатами будет  $R^N$ , где  $R$  – радиус сферы,  $N$  – ее размерность.

Описанный алгоритм можно улучшить, перейдя от сферы к тору или к другой топологической поверхности, являющейся комбинацией



сфер и торов. Тогда закрытым ключом можно считать топологию фигуры, а открытым – характерные размеры (радиусы) топологических элементов. Построение фигур в каждом следующем измерении можно изобразить на примере построения двумерного тора из окружности. Рассмотрим каноническое уравнение окружности

$$x_1^2 + x_2^2 = r_1^2.$$

Введем новую переменную

$$x_2^2 := \left( \sqrt{x_2^2 - x_3^2} - r_2 \right)^2.$$

Получим

$$x_1^2 + \left( \sqrt{x_2^2 - x_3^2} - r_2 \right)^2 = r_1^2.$$

Это есть уравнение двумерного тора.

В общем виде расширение в пространство высшей размерности будет выглядеть так

$$x_n^2 \rightarrow \left( \sqrt{x_n^2 - x_{n+1}^2} - r_n \right)^2$$

Так строятся фигуры с топологией  $S^1 \times \dots \times S^1$ . Имеется возможность построить подобным образом фигуры с топологией  $S^{n_1} \times \dots \times S^{n_k}$ , где  $n_1 + \dots + n_k$  есть размерность фигуры. Это можно сделать, приравняв значения определенных  $r_i$  нулю.

Для случая простейшего шифрования, описанного в начале статьи, алгоритм был программно реализован. Результат доступен по ссылке <https://goo.gl/U4qXTM>.

В заключение следует отметить, что существует гипотеза о том, что многокубитовую систему можно представить, как топологию многомерных торов. По этой причине данное шифрование обладает потенциалом использования в квантовых вычислениях [5].

### Библиографический список

1. Gorjan Alagic, Alexander Russell. Quantum-Secure Symmetric-Key Cryptography Based on Hidden Shifts. 2016. 30 p. (<https://arxiv.org/abs/1610.01187>).
2. Kevin Marshall, Christian S. Jacobsen, Clemens Schafermeier, Tobias Gehring, Christian Weedbrook, Ulrik L. Andersen Practical quantum computing on encrypted data. 2016. 14 p. (<https://arxiv.org/abs/1607.07372>).
3. Shor P. W. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer // Foundations of Computer Science : Conference Publications. — 1997. — P. 1484–1509.

4. Бурбаки Н. Элементы математики. Общая топология. Основные структуры. М.: Наука, 1968. 272 с.

5. Дж. Прескилл Квантовая информация " квантовые вычисления. Том 1. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2008. 464 с.

6. Зуев С.В. Моделирование квантовых вычислений на классическом компьютере // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 135-139.

## **СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПРИТОЧНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ УСТАНОВКАМИ ЗДАНИЙ УЧЕБНО-НАУЧНОГО КАМПУСА**

магистрант **Колтунов Л.И.**

аспирант **Гольцов Ю.А.**

канд. техн. наук, доц. **Кижук А.С.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В состав централизованного теплоснабжения здания входят системы отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования, приточно-вентиляционные установки (ПВУ) и др. Одно из основных направлений решения проблем энергосбережения в существующих системах теплоснабжения зданий связано с реконструкцией элеваторных тепловых узлов, приточно-вентиляционных установок (ПВУ), тепловых завес и других инженерных систем зданий путем создания локальных систем автоматического регулирования (САР) и учета тепловой энергии на базе современного энергосберегающего оборудования.

В условиях рынка и роста стоимости теплоносителя актуальной задачей является применение современных технологий автоматизации для систем теплоснабжения распределенных комплексов зданий в виде создания автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) с целью повышения эффективности систем теплоснабжения и снижения расходов на тепловую энергию.

При этом не менее важными являются вопросы обеспечения качества воздуха с учетом решения проблем энергосбережения. В современных системах вентиляции и кондиционирования значительное развитие получили электростатические воздухоочистители, особенно в городах промышленно развитых стран, в которых уровень загрязнения воздуха находится вблизи опасной зоны с предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Современные электрические способы очистки воздуха

используются в ПВУ учебно-научных, офисных и другого назначения зданий, в производственных условиях для улавливания и очистки воздуха от сварочного дыма, пыли и др. твердых частиц при различных способах сварки, в зданиях аэропортов для повышения качества воздуха, в системах кондиционирования и вентиляции воздуха для «чистых помещений» и объектов здравоохранения и др. Один из представителей эффективных электрических способов очистки воздуха – это двухзонный электростатический фильтр, применяемый в энергоэффективной вентиляционной системе (рис.1).

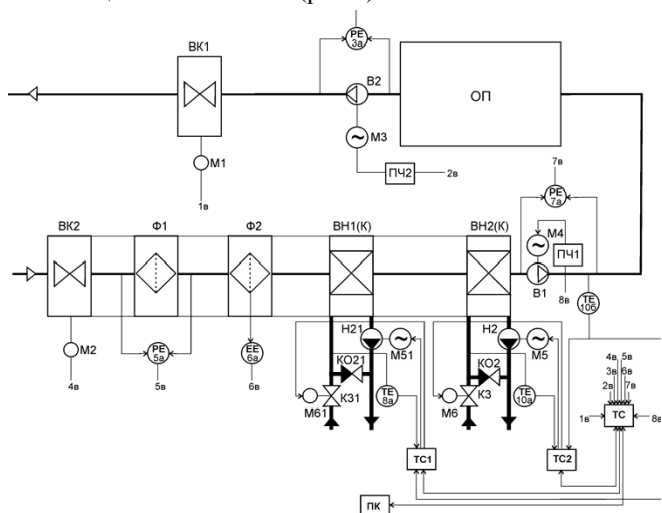


Рис. 1. Пример энергоэффективной вентиляционной системы с использованием двухзонного электрофильтра

Электрофильтр состоит из секций ионизационных камер (ионизаторов), состоящих из параллельных заземленных пластин и коронирующих электродов между ними, а также расположенных за ними осадительных камер (осадителей), состоящих из набора параллельных чередующихся заземленных и потенциальных электродов, расположенных на равном расстоянии друг от друга. При этом высокое напряжение на коронирующие электроды ионизационной камеры подается от источника  $U_1$ , а на потенциальные электроды осадительной камеры – от  $U_2$ .

Вентиляционная система снабжена локальными САР температуры приточного воздуха, подаваемого в обслуживаемое помещение (ОП) здания. Локальные САР входят в состав нижнего уровня АСДУ инже-

нерными системами здания. Состав элементов нижнего уровня системы следующий: воздушные клапаны (ВК1, ВК2) с исполнительными механизмами (М1, М2), фильтры (Ф1 и Ф2 – 1 и 2 степени очистки), воздухонагреватели (ВН1(К), ВН2(К)), вентиляторы приточной (В1) и вытяжной (В2) систем с соответствующими электроприводами (М3, М4), циркуляционные насосы (Н21, Н2) с электроприводами (М51, М5), регулирующие клапаны (К31, К3) с исполнительными механизмами (М61, М6), обратные клапаны (КО21, КО2), частотные преобразователи (ПЧ1, ПЧ2), локальные регуляторы (ТС1, ТС2) на базе специализированных контроллеров со встроенными функциями, датчики температуры теплоносителя (ТЕ8а, ТЕ10а), датчик температуры приточного воздуха (ТЕ10б), датчики перепада давлений на элементах оборудования (РЕ) и датчик пробоев межэлектродного пространства (ЕЕ6а) в электрофильтре Ф2. Часть датчиков предназначена только для автоматического контроля: датчик перепада давлений РЕ5а на фильтре Ф1 для сигнализации о степени засоренности Ф1; датчик пробоев межэлектродного пространства (ЕЕ6а) в электрофильтре Ф2 для сигнализации о степени загрязненности осадительной камеры; датчики перепада давлений РЕ3а и РЕ7а на вентиляторах В1 и В2 для контроля работы вентиляторов [1].

На среднем уровне АСДУ находится контроллер телеметрии (ТС). На верхнем уровне АСДУ расположено автоматизированное рабочее место диспетчера на базе персонального компьютера (ПК). ТС представляет собой контроллер для выполнения вычислительных и логических функций (универсальный контроллер) и предназначен для передачи сигналов управления с верхнего уровня на локальные регуляторы САР и сбора информации с ее предварительной обработкой с регуляторов нижнего уровня и первичных измерительных преобразователей и с последующей передачей на верхний уровень.

Регулирование вентиляционной системой обеспечивается с диспетчерского пульта управления через контроллер ТС на основе алгоритма управления этой системой. При этом в отопительный период наружный воздух, пройдя воздушный клапан ВК2 и фильтры Ф1 и Ф2, поступает в воздухонагреватель ВН1(К) первой степени, в котором нагревается до заданной температуры, регулируемой с помощью регулятора ТС1 локальной САР1. Затем подогретый воздух поступает в воздухонагреватель ВН2(К), в котором нагревается до величины, стабилизируемой с помощью регулятора ТС2 локальной САР2. Основной целью регулирования в приточно-вентиляционной установке (ПВУ) является обеспечение заданной температуры приточного воздуха, поступающего в помещение (актовый зал, спортивный зал и т.д.) здания [2].

На примере показано, как решается основная задача для систем вентиляции, а именно, подача в помещения здания чистого воздуха с заданной температурой для замещения загрязненного. В типовые схемы систем вентиляции могут входить фильтры различной эффективности и, соответственно, сопротивления. Новые технологии очистки воздуха предоставляют совершенно новые возможности. Совмещая электрические способы очистки с другими способами, можно добиться высокой эффективности без значительного увеличения расхода энергии в вентиляционной системе. Аэродинамическое сопротивление двухзонных электрофильтров производительностью 1-4 тыс. м<sup>3</sup>/ч составляет 0,02 кПа, а расход электроэнергии на очистку 1000 м<sup>3</sup> воздуха составляет не более 0,08 кВт·ч (без учета затрат на его перемещение).

В представленной трехуровневой АСДУ предполагается формирование управляющих воздействий диспетчером с верхнего уровня только в случае изменения программного задания, нештатной или аварийной ситуации. Управление в штатном режиме функционирования осуществляется непосредственно локальными регуляторами нижнего уровня. Диспетчер, наблюдая за состоянием контролируемых параметров, может включиться в процесс управления путем изменения задания или настроек регуляторов. При этом особенность настройки регуляторов систем ПВУ зданий образовательно-научного назначения включает учет расписания занятий в помещениях и аудиториях, в которые подается приточный воздух, так как это позволяет существенно экономить теплоноситель путем включения/выключения автоматизированных систем ПВУ.

*Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы, дог. № А-4/15 от 14.04.2015 г.*

### **Библиографический список**

1. Колтунов Л.И. Основы математического моделирования двухзонных электрофильтров и некоторые особенности их применения в энергоэффективных вентиляционных системах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2006. № 5-6. С. 69-84.
2. Колтунов Л.И., Потапенко Е.А., Белоусов А.В. Особенности компьютерного моделирования при проектировании электростатических систем процессов фильтрации и ионизации воздуха // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 12 С. 15-20.
3. Сергеев С.К., Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Математические модели управления процессами теплоснабжения зданий для автоматизированных систем управления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 1. С. 113-117.

# Секция 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ЭКОЛОГИЯ

## СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ AEOLOS

студент **Аветян Э.В.**  
канд. техн. наук, ст. преп. **Щербинина О.А.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Наиболее эффективными и распространенными из предлагаемых на рынке ветрогенераторов являются трехлопастные горизонтальные и ортогональные вертикальные. Для сравнения берем вертикальный ортогональный ветрогенератор Aeolos V5 (внешний вид которого представлен на рис. 1) и горизонтальный трехлопастной ветрогенератор Aeolos H5 (внешний вид которого представлен на рис. 2).



Рис. 1. Вертикальный ортогональный ветрогенератор Aeolos V5



Рис. 2. Горизонтальный трехлопастной ветрогенератор Aeolos H5

ВЭУ с вертикальной осью вращения вследствие своей геометрии при любом направлении ветра находится в рабочем положении. Эффективность работы вертикально осевых ветроэлектрических установок принципиально не зависит от направления ветра, в связи с чем, отпадает

необходимость в механизмах и системах ориентации на ветер, упрощается конструкция и уменьшаются гироскопические нагрузки, вызывающие дополнительные напряжения в лопастях, системе передач и прочих элементах установок с горизонтальной осью вращения.

#### **Преимущества:**

1) в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 уровень шума около зданий в дневное время не должен превышать 55 дБА, а ночью (с 23 до 7 ч утра) — 45 дБА. Уровень шума вертикальных ветрогенераторов не превышает 45 дБА, что позволяет их использовать в городских условиях;

2) вибрации у ветрогенератора данной конструкции практически отсутствуют. Это достигается при помощи схемы установки на основе эффекта магнитной левитации. Известно, что магниты отталкивают друг друга если приближаются одинаковыми полюсами;

3) значительно меньшие теле-радио помехи;

4) более низкая вероятность столкновения лопастей с птицами.

#### **Недостатки:**

1) малый диапазон мощностей вертикальных ВЭУ (от 500 Вт до 30 кВт);

2) эффективность работы лопастной системы вертикальных ВЭУ, в частности ортогональных установок, является более низкой по сравнению с горизонтально-осевыми, т.к. в процессе одного оборота ротора, углы атаки потока ветра на лопасть меняются в широких диапазонах.

Трехлопастные горизонтально-осевые ВЭУ являются наиболее распространенными из предлагаемых на рынке. Их номинальная мощность составляет от нескольких ватт до 7 МВт. Эксплуатация горизонтально-осевых ветроустановок выявила их основные преимущества и недостатки:

#### **Преимущества:**

1) широкий диапазон мощностей ВЭУ (от 500 Вт до 7 Мвт);

2) более высокая эффективность работы при постоянном ветре за счет меньшего разброса углов атаки на рабочих режимах, а также за счет возможности управлять углом установки лопастей;

3) сокращение выбросов углекислого газа в процессе производства электрической энергии.

#### **Недостатки:**

1) горизонтальные ВЭУ могут значительно уменьшать вырабатываемую электрическую энергию при частой смене направления ветра;

2) необходимость ориентации на ветер требует наличия в конструкции горизонтальных ВЭУ механизмов и систем для непрерывного

слежения за ветровой обстановкой, поиска направления с максимальным ветровым потенциалом, поворота ветроколеса в этом направлении и его удержания в таком положении, что усложняет ветроагрегат и снижает его надежность. Также данные системы слежения влекут дополнительный расход электрической энергии;

3) высокий уровень шума и вибраций, а также убийство десятков тысяч птиц каждый год.

Сравним характеристик ВЭУ горизонтальной и вертикальной конструкции на примере компании Aeolos (табл. 1).

Наиболее эффективными и распространенными из предлагаемых на рынке ветрогенераторов являются трехлопастные горизонтальные Aeolos H5 и ортогональные вертикальные Aeolos V5.

Измерение данных о количестве полученной электрической энергии происходило в искусственно созданных условиях постоянного ветра, дующего в одном направлении. В действительности же направление и скорость ветра в течение дня изменяется, за счет чего выработка электрической энергии горизонтальными ветрогенераторами значительно уменьшается.

Таблица 1

### Сравнение горизонтальной и вертикальной ВЭУ

Критерии отбора	Aeolos V5	Aeolos H5
Диапазон рабочих температур	от -20°C до +50°C	от -20°C до +50°C
КПД генератора	96 %	> 96%
Наличие особых механизмов	Опорные подшипники на основе эффекта магнитной левитации	Система ориентации на ветер
Вес	285 кг	180 кг
Диаметр ротора	4м	6,3м
Материал лопасти	Алюминий	Стекловолокно
Уровень шума	<45 дБ(А)	≤45 дБ(А)
Скорость страгивания, м/с	2	3
Скорость при выход на максимальную мощность, м/с	13	13
Генерация электрической энергии, кВт·ч, при скорости ветра:		
3 м/с	1 752	1 489
4 м/с	3 942	4 030
5 м/с	5 256	8 147
6 м/с	7 008	12 816
7 м/с	10 512	19 360
8 м/с	17 520	26280



Можно сделать вывод о том, что вертикальные ветрогенераторы лучше использовать в местах с высокой турбулентностью, постоянно меняющимся направлением ветра, средней скоростью ветра на более 4 м/с и в городских условиях, где не требуется высокой эффективности. Горизонтальные ветрогенераторы имеют более широкий спектр применения и устанавливаются во всех остальных случаях.

### Библиографический список

1. Безруких П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. М.: «ИАЦ Энергия», 2007. 272 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату России, 2011.
3. <http://altenergo.su/>
4. Виноградов А.А., Нестеров А.М., Нестеров М.Н. Энергостабильность региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 124-126.

## АНАЛИЗ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КАДАСТРА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

студент **Аветян Э.В.**

канд. техн. наук, ст. преп. **Щербинина О.А.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Под ветроэнергетическим кадастром понимают совокупность данных ветрового режима, позволяющую проследить изменения ветра в течение суток, месяца, года, а также определить энергетические характеристики ветра (ветроэнергетический потенциал), выработку ВЭУ и ВЭС. Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

*Мгновенная скорость ветра* ( $v$ ) – скорость в данный момент времени. Мгновенная скорость определяется за период 2 секунды (разрешающая способность метеорологических приборов) и измеряется в: [м/с], [км/час], км/час = 0,44 м/с.

*Средняя скорость ветра:*

$$v_{cp} = \sum_{i=1}^n v_i / n, v_{cp} = \sum_{i=1}^n v_i / n \quad (1)$$

где  $v_i$  – мгновенная скорость ветра;  $n$  – число замеров.

*Среднесуточная скорость* определяется по формуле (1) как среднее значение замеров мгновенных скоростей в течение суток (табл. 1).

Таблица 1

**Данные скорости ветра за январь 2015 г. в г. Белгород, м/с**

Дата	Среднесуточная скорость			Максимальный порыв ветра за сутки
	минимальная	средняя	максимальная	
01.01.2015	0,5	0,9	1,3	3,6
02.01.2015	0,5	0,9	1,4	4,3
03.01.2015	0,4	0,8	1,2	2,9
04.01.2015	0,4	0,7	1,0	3,5
05.01.2015	0,6	1,0	1,5	5,3
06.01.2015	0,9	1,4	2,1	5,1
07.01.2015	0,7	1,2	1,6	7,1
08.01.2015	1,1	1,6	2,3	6,6
09.01.2015	2,0	3,0	4,3	12,5
10.01.2015	1,2	1,8	2,5	7,4
11.01.2015	2,0	3,0	4,2	11,5
12.01.2015	1,3	1,9	2,7	9,1
13.01.2015	2,3	3,5	4,8	13,5
14.01.2015	2,2	3,4	4,6	10,8
15.01.2015	0,6	1,0	1,5	3,6
16.01.2015	1,6	2,5	3,4	12,0
17.01.2015	1,7	2,7	3,8	10,8
18.01.2015	1,3	2,0	2,7	8,0
19.01.2015	1,1	1,7	2,5	9,3
20.01.2015	0,8	1,5	2,2	5,6
21.01.2015	1,4	2,2	3,0	6,4
22.01.2015	2	3	4,2	8
23.01.2015	1,3	2,2	3,2	7,1
24.01.2015	1,3	2,4	3,6	8,8
25.01.2015	1	1,8	2,6	7,4
26.01.2015	0,8	1,3	1,8	5,7
27.01.2015	1,6	2,5	3,5	7,3
Среднее значение	1,2	1,9	2,7	12,5

*Среднемесячная скорость ветра* ( $v_{\text{мес}}$ ) определяется как среднее значение среднесуточных скоростей, в течение 1 месяца.

*Среднегодовая скорость ветра* определяется как среднее значения среднемесячных скоростей:

$$v_{\text{сп}} = \sum_1^{12} v_{\text{мес}} / 12, v_{\text{сп}} = \sum_{i=1}^n v_i / n \quad (2)$$

Величина скорости ветра весьма изменчива. Характеристикой изменчивости ветра является *порывистость ветра*, которая выражается коэффициентом порывистости:

$$K_{\text{пор}} = \frac{v_{\text{max}}}{\bar{v}}, \quad (3)$$

где  $v_{\text{max}}$  – максимально зафиксированная мгновенная скорость ветра на заданном интервале времени;  $\bar{v}$  – среднее значение скорости на этом интервале (обычно не более 2 мин).

$K_{\text{пор}}$  меняется в пределах 1...3, большие значения характерны для более низких средних значений скорости ветра.

*Максимальная скорость ветра* в порывах является важной характеристикой для оценки надежности работы ВЭУ, прочности ее конструкции. В справочной литературе по результатам многолетних наблюдений приводятся максимальные скорости ветра, возможные один раз в: 1 год, 5, 10, 15 и 20 лет.

В 2015 г. скорость и направление ветра на шести метеостанциях Белгородской области измерялась на высоте 10...11 метров над поверхностью земли. Самая высокая средняя скорость ветра (5,2 м/с) зафиксирована в декабре 2014 года на метеостанции «АМСГ Белгород», самая низкая (1,5 м/с) – в Валуйском и Новооскольском районе. В зимний период наблюдается увеличение скорости ветра. Это связано с большей плотностью холодного воздуха и повышенным давлением, отсутствием листвы и более гладкой, за счёт снежного покрова, поверхности земли. Данные о среднемесячной и среднегодовой скорости ветра в 2015 году представлены в табл. 2. На рис. 1 приведен годовой ход скорости ветра в Белгородской области.

Таблица 2

**Данные о среднемесячной и среднегодовой скорости ветра в Белгородской области за 2014 г.**

Месяц	Белгород	Губкин	Валуйки	Готня (Ракитное)	Новый Оскол	Старый Оскол
Январь	4,9	3,4	2,9	3,7	3,0	4,1
Февраль	4,0	3,1	2,3	3,2	2,3	3,7
Март	5,1	3,9	2,5	4,5	2,9	5,3
Апрель	4,1	2,8	1,9	3,3	2,4	3,6
Май	3,9	2,6	1,9	2,9	2,3	3,6
Июнь	3,8	2,3	1,8	2,9	2,0	3,5
Июль	3,4	2,1	1,8	2,5	1,9	2,9
Август	3,9	2,3	1,6	3,2	1,9	3,2

Месяц	Белгород	Губкин	Валуйки	Готня (Ракитное)	Новый Оскол	Старый Оскол
Сентябрь	3,4	2,1	1,5	2,6	1,5	3,3
Октябрь	3,9	2,6	1,9	3,0	2,3	3,9
Ноябрь	3,9	2,6	2,0	3,0	2,3	3,6
Декабрь	5,2	3,5	3,1	3,8	3,1	4,3
Год	4,1	2,8	2,1	3,2	2,3	3,8

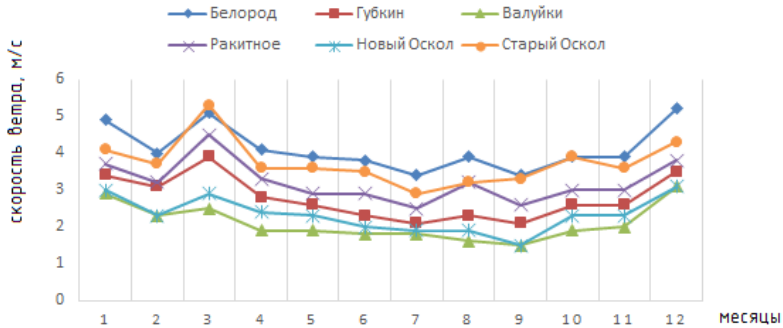


Рис.1. График изменения скорости ветра в течение года в районах Белгородской области

Ветровой режим Белгородской области характеризуется преобладанием юго-западных, западных ветров в холодный период года, западных и северо-восточных – в теплое время года. Средняя годовая скорость ветра по области составляет 2,1 – 4,1 м/сек. Использование ветровой энергии на территории Белгородской области по большей части является целесообразным.

Для региона наиболее актуальными представляются мощности 5, 10, 20 кВт, которые вполне могут частично обеспечить энергией фермы, малые предприятия, частные домовладения.

### Библиографический список

1. Безруких П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива/- М.: «ИАЦ Энергия», 2007-272с.
2. Научно-прикладной справочник по климату России, 2011.
3. <http://altenergo.su/>.
4. Виноградов А.А., Нестеров А.М., Нестеров М.Н. Энергостабильность региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 124-126.

# МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

д-р техн. наук, проф. **Бирюков А.Б.**  
ст. преп. **Харитонов А.Ю.**

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк*

Целью работы является разработка методики сбора данных для использования в системе анализа теплоэффективности объектов бюджетной сферы [1]. Для этого была создана компьютеризированная система анализа потребления тепловой энергии школ г. Донецка, с использованием автоматизации процессов сбора, обработки и представления данных [2].

Общая структура сбора данных представлена на рис. 1. Все средства системы в соответствии с приведенной схемой объединены в два основных конструктивных устройства и промежуточный FTP-сервер.

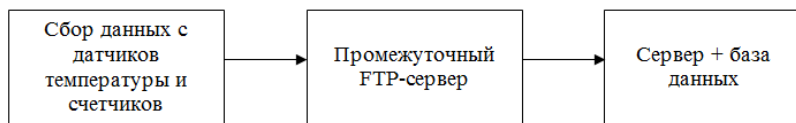


Рис. 1. Структура сбора данных системы

В состав системы входят: контроллер сбора данных с датчиков температуры и счетчиков тепла в здании; FTP-сервер; диспетчерский пункт (сервер + БД).

В состав подсистемы сбора данных с датчиков температуры и счетчиков тепла в здании входят: аналоговые датчики температуры воздуха; счетчики расхода тепла и электроэнергии; контроллер со встроенным аналогово-цифровым преобразователем (АЦП); промышленный мини-компьютер, ADSL-модем, Ethernet switch; бесперебойный блок питания (ИБП).

Технологическая схема системы в здании представлена на рис. 2.

В качестве промежуточного FTP-сервера для обмен данными может использоваться любой компьютер с выходом в Интернет, внешним IP адресом и установленным на него соответствующим программным обеспечением.

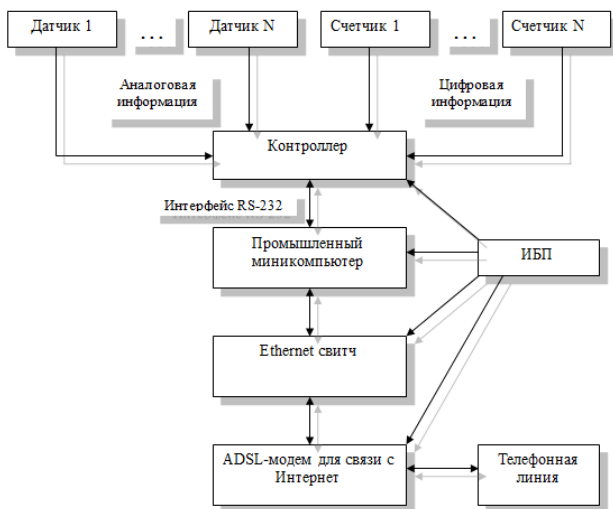


Рис.2. Технологическая схема системы в здании

В процессе работы разработана методика сбора данных; так же представлена технологическая схема сбора данных с датчиков температуры и счетчиков тепла в здании. В соответствии со схемой работы, информация с измерителей поступает на контроллер, который производит ее предварительную обработку, формирует посылку и отправляет данные на промышленный миникомпьютер. Промышленный миникомпьютер окончательно обрабатывает информацию с контроллера и отправляет данные на FTP-сервер, а также следит за запросами с диспетчерского пункта.

В зависимости от технического обеспечения, в разных зданиях измерение данных проводится двумя различными способами:

- ручное измерение температуры и ежедневный съем данных с теплосчетчика с переносом в автоматизированную систему сбора и анализа данных;
- автоматический сбор данных с сохранением результатов измерений в автоматизированную систему сбора и анализа данных.

В случае ручного измерения, температура на улице и в помещении измеряется термометром расширения стеклянным жидкостным этаноловым. Термометрические показатели этанола представлены в табл. 1 [3]. Точки измерения температуры показаны на рис. 3.

## Термометрические показатели этанола

Средняя температура, °С	затвердевания	-114,4
	кипения	78
Пределы применяемой температуры, °С	нижний	-80
	верхний	70
Средний температурный коэффициент объемного расширения, $10^5 \text{K}^{-1}$	действительный	105
	видимый по прибору	103

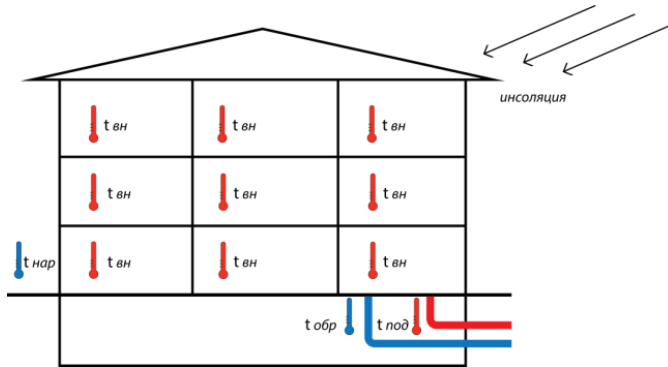


Рис. 3. Схема измерения температуры в зданиях

Несмотря на то, что соответствующий ГОСТ обязует использование психрометрической будки, на практике температуру окружающего воздуха измерять ежедневно в одно и то же время (обычно около 9:00), отойдя от наружной стены здания минимум на 5 метров, держа термометр на расстоянии вытянутой руки.

В случае автоматического измерения температуры используется аналоговый датчик измерения температуры LM335с диапазоном измерения от  $-40$  до  $+100^\circ\text{C}$ , с погрешностью измерения  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Для измерения температуры воздуха в рабочей зоне помещения термометры устанавливаются по возможности на высоте 1,5 м от пола, вдали от холодных наружных ограждений и оборудования, излучающего тепло, и вне зоны действия приточных струй и солнечных лучей. Резервуары термометров должны свободно омываться воздухом. В ГОСТ [4] подробно указано, в каких комнатах измерять температуру, однако на практике пользуются усредненным методом, согласно которому замер температуры производят один раз во всех отапливаемых помеще-

ниях (комнатах, коридорах), определяют помещение, температура в котором наиболее близка к средней, и в дальнейшем производят изменение температуры только в этом помещении.

Информация о количестве отпущенной теплоты измеряется с помощью тепловычислителей с соблюдением метрологических норм и требуемых классов точности. При сборе данных о потреблении тепловой энергии используются следующие типы тепловычислителей (тепловодосчетчиков), которые представлены в табл. 2. Все тепловодосчетчики, входящие в состав тепловычислителей, относятся к ультразвуковым, с классами точности: 2, 3, В, С. Они измеряют расход ультразвуковым время-импульсным методом [5].

В состав тепловычислителей входят комплекты первичных преобразователей температуры Pt100 (Pt500). Их устанавливают следующим образом: в трубу подачи и трубу возврата теплоносителя вваривают стакан на глубину не более радиуса трубы, который заполняют маслом. В данный стакан помещают преобразователь температуры. Схема подключения тепловычислителя показана на рис. 3. Большая часть школ подключена по закрытой схеме подачи теплоносителя на объект.

На основании данных, полученных от датчиков температуры на подаче и возврате теплоносителя, производят расчет объема теплоносителя и отпущенного им тепла.

Тепловычислитель предоставляет следующие данные для анализа:

- наработка счетчика в часах (HRS);
- общее количество потребленного тепла (кВт, мВт, Гкал, ккал);
- мгновенная тепловая мощность  $Q$  (кВт/ч, мВт/ч, Гкал/ч, ккал/ч);
- накопленный расход теплоносителя тепла ( $\text{м}^3$ , л);
- мгновенный расход теплоносителя  $V$  (л/ч,  $\text{м}^3/\text{ч}$ );
- температура подачи и возврата теплоносителя  $t_1$  и  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Таблица 2  
**Типы используемых тепловычислителей в процентах использования**

Тип тепловычислителя	Процент использования, %
SONOCAL	43
MULTICAL	39
X 12	12
INFOCAL	6

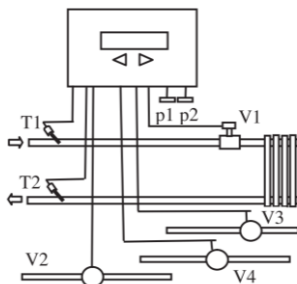


Рис. 3. Схема подключения



Согласно данной схеме расходомер располагается на подающем трубопроводе, что дает возможность контролировать объем утечки теплоносителя.

Мгновенная тепловая мощность определяется тепловычислителем по формуле:

$$Q = V_1 \cdot P_1 \cdot (t_1 - t_2),$$

Дополнительно можно подключить расходомеры  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$  и датчики давления  $P_1$  и  $P_2$ .

Информация тепловычислителя снимаются вручную или через цифровой последовательный интерфейс RS-232.

Полученная в результате оперативного сбора данных информация поступает через FTP-сервер в базу данных, где анализируется.

Данная методика сбора информации о температурном режиме здания и данных теплосчетчика, позволяет производить измерение в реальном времени. Вместе с инженерными, географическими и социальными (количество человек в здании) показателями, эти данные составляют информационную основу для анализа теплоэффективности объектов бюджетной сферы.

### **Библиографический список**

1. A. Kharytonov. Automation of data transfer and analysis of the effectiveness in the energy management of municipal institutions // Наукове видання «Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство». Всеукраїнський збірник наукових праць. 2013. № 1(4)–2(5). С. 100–106.

2. Карпушев С.А., Харитонов А.Ю. Автоматизированная система мониторинга энергоэффективности муниципальных объектов г. Донецка // Техногенно-экологічна безпека та цивільний захист. Київ-Кременчук: Інститут навколишнього середовища НАН та МНС України., 2010. № 1. С.55–67.

3. Камразе А. Н., Фитерман М. Я. Контрольно-измерительные приборы и автоматика: Учебник для средних ПТУ. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия. 1988. 224 с..

4. ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

5. Теплосчетчики Sonocal. Описание типа средств измерений. Государственный реестр средств измерений. Регистрационный № 17735-04.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

студент **Бондаренко А.Н.**

канд. техн. наук, доц. **Тихомирова Т.И.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

С каждым годом всё больше и больше мир нуждается в нахождении ресурсов, которые необходимы для всего человечества. Придя, домой каждый человек использует электрическую, тепловую энергию, но при этом он не задумывается, что он это делает даже за пределами дома, например, на работе, дома, в интернет-кафе и других местах. С каждым годом ресурсов, которые можно преобразовать в энергию становится меньше и это продолжается на протяжении многих лет, поэтому, как и во всех времена, так и сегодня человечество нуждается в энергосбережении. Для энергосбережения правительства разных стран принимают различные законы, способствующие энергосбережению.

Что такое энергосбережение? Энергосбережение – это экономия энергии путём принятия и реализации мер, которые являются правовыми, рациональными, эффективными, экономичными, но и привлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Показателем энергосбережения является характеристика проектируемым и реализуемым мер по энергосбережению.

Темы про повышение энергосбережения являются очень актуальными не только, потому, что мы должны беречь ресурсы, хоть это и является основной задачей, но, а также рынок становится всё более развитым и цены на энергосберегающую продукцию становятся всё выше, поэтому в РФ необходимо создать конкурентоспособную среду. РФ не является исключением и является ярким сторонником, который разрабатывает программы по энергосбережению. Так был принят Федеральный Закон от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который направлен на эффективное энергосбережение и снижение энергопотребления на 40% к 2020 году. Также данный закон направлен на экономию электричества, тепла, газа и воду, а для этого необходимо провести научные исследования, которые и определяют, что будет наиболее экономичным и выгодным для использования энергии. Мероприятия по энергосбережению воплощаются системно, последовательно и по всей

территории государства при этом мероприятие должно быть с минимальными финансовыми затратами, повышая эффективность использования энергоресурсов. Конечно, энергосберегающая политика в РФ проводится по государственной программе, и она осуществляется во всех субъектах РФ и она направлена на создание благоприятных условий для рационального использования и экономного расходования ТЭР. Также должны совершенствоваться технологии и оборудование, которые имеют высокий коэффициент полезного использования ТЭР.

В Белгородской области была принята долгосрочная целевая программа "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности Белгородской области на 2010-2015 годы и целевые показатели на период до 2020 года". Данная программа направлена на бюджетные учреждения, предприятия топливно-энергетического комплекса, также на жилищно-коммунальное хозяйство области, предприятия агропромышленного комплекса и промышленности в целом.

В Белгородской области проводится энергоаудит. Энергоаудит позволяет выявить места и потенциалы где можно сэкономить ресурсы при сохранении полезного действия других ресурсов. Так в области были построены новые здания, которые удастаиваются класса А энергоэффективности, так как построены по всем требованиям энергоэффективности.

В 2013 году были установлены приборы учёта энергии и «умные» тепловые узлы в бюджетных организациях, которые являются очень удобными, потому что они определяют как, когда и каких объёмах подавать тепло и энергию, чтобы было не только комфортно, но и не использовалось излишнее тепло, такое оборудование может сэкономить до 30% ресурсов. За последние годы белгородцы научились экономить и собственный бюджет, например, покупка и установка энергосберегающих ламп, а также современные приборы, например, стиральные машины, посудомоечные машины и магазин бытовой техники обязаны требовать от производителей любой техники класс энергоэффективности. Самый низкий расход энергии является класс А и он должен быть в каждом доме, самый высоким классом является G самый высокий расход энергии и, конечно, данный класс ни для кого не представляет интереса и лучше данную технику не приобретать.

Энергосбережение – это экономия ресурсов, которая не отображается на комфорте условий и объёме производства. Конечно, на сегодняшний день существует множество способов повысить энергосбережение. Некоторые меры энергосбережения в бюджетных объектах в белгородской области:

- замена систем освещения, как внутри, так и снаружи здания;
- установка электрического оборудования и приборов высоких классов энергоэффективности (с низким уровнем энергопотребления);
- установка счётчиков и узлов учёта с возможностью регулирования процессов расходования энергии.

Счётчиков в Белгородской области только в 2013 году в бюджетных организациях было установлено более 200. Например, предпринимателям, которые реализуют инвестиционные проекты в области энергосбережения предоставляют субсидии на уплату процентов по кредитам.

200 сотрудников бюджетных организаций прошли курсы. В БГТУ им. Шухова проблемой энергосбережения зданий занимаются более 15 лет, а обучение сотрудников проходят за счёт Федерального и областного бюджета.

15 лет назад внедрение теплового узла было что-то нереальным, но сегодня внедрение данного узла не отличается от обычного. Внедрение теплового узла, который намного энергосберегающий по стоимости также несильно отличается от обычного, но зато установление теплового узла экономит до 60% затрат на тепловую энергию. На 2013 год было выделено всего 382,5 млн. рублей, чтобы повысить энергосбережение.

28 июня 2016 года состоялось мероприятие, где по итогам 2015 года город Белгород занял первое место по результатам оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления Белгородской области.

Благодаря, использованию белгородскими жителями приборов с низким расходом энергии в 2015 году потребление электроэнергии в многоквартирных домах на одного человека снизилось до 709,1 кВт/ч.

Снижение потребления тепловой энергии составило до 0,08 Гкал на 1 м<sup>2</sup> в 2015 году по сравнению с 2014 года, который составлял 0,12 Гкал на 1 м<sup>2</sup> общей площади. Этот результат городу Белгороду удалось получить с помощью применения теплоизолирующих материалов при строительстве и капитальном ремонте наружного контура жилых домов.

Снижение показателей потребления горячей и холодной воды, природного газа в сравнении с 2014 годом определено активизацией жителями многоквартирных домов процесса установки индивидуальных приборов учёта:

- горячая вода – с 14,15 м<sup>3</sup> с одного проживающего до 12,87 м<sup>3</sup>;
- холодная вода – с 67,71 м<sup>3</sup> с одного проживающего до 63,4 м<sup>3</sup>;
- природный газ – с 227,0 м<sup>3</sup> с одного проживающего до 182,6 м<sup>3</sup>.

Также в Белгородской области в декабре 2011 года была запущена пилотная биогазовая установка «Байцуры» вблизи свинокомплекса на 16 тысяч голов в Борисовском районе, а также самая эффективная биогазовая станция была построена компанией «АльтЭнерго» в Прохоровском районе Белгородской области, рядом с объектами находится главный поставщик сырья для выработки биогаза: ООО «МПЗ Агро-Белогорье», ООО «Селекционно-генетический Центр». Это является отличным показателем развития энергетики в Белгородской области. Весь мир стремится к разработке биоэнергоустановки, которая является экологичной и имеет замкнутый цикл конверсии биогазов. Биоэнергетические установки в Белгородской области используют для выработки электрической и тепловой энергии к тому же ещё данную установку можно применять для производства биологических удобрений, и она является очень полезной, так как сокращает выбросы парниковых газов. Для получения сырья используются отходы животноводства и растениеводства. Утилизация данных отходов происходит с помощью анаэробных микроорганизмов. Сырьё смешивают и подают в ферментаторы через теплообменники, которые расположены в насосной энергоустановке, там под влияние бактерий и микробов осуществляется процесс ферментации, после которого вырабатывается биогаз, то есть горючая смесь газов. По трубопроводам он подается в резервуары дображивания. В эти же резервуары ментации, газ проходит через систему охлаждения и очистки, поступая в блочную ТЭЦ, вырабатывающую электроэнергию и тепло, продукт ферментации проходит в хранилище удобрений. Таким образом, в результате технологического цикла образуются биогаз и биологические удобрения. Количество биогаза зависит от состава субстратов и содержания в них органических веществ. В среднем из 1 м<sup>3</sup> биогаза производится от 2 до 4 кВт электроэнергии. В результате очистки из биогаза можно получить биометан, который является полным аналогом природного газа.

Биогазовая установка «Байцуры» имеет мощность 0,5 МВт. Она является первой промышленной биогазовой установкой в РФ, которая выдаёт «зелёную электрическую энергию». В качестве сырья используют стоки свинокомплекса объём перерабатываемых отходов равна 106 м<sup>3</sup>, а также кукурузный силос – 21 тонна в сутки; выработка биогаза – 1918 м<sup>3</sup> тыс. в год.

Биогазовая установка «Лучики» имеет мощностью 2,4 МВт. Она является самой крупной в РФ. За год биогазовая станция перерабатывает более 70 тыс. тонн сырья и вырабатывает: 19,6 млн кВт·ч электроэнергии; 18,2 тыс. Гкал тепловой энергии; 66,8 тыс. м<sup>3</sup> органических

биоудобений. Установка перерабатывает отходы агропромышленного комплекса, в результате производя из них биогаз и органические удобрения, а затем из биогаза вырабатывается электрическая и тепловая электроэнергия. Каждый день из 200 тонн отходов в установке «Лучики» вырабатывается около 57 тысяч киловатт-часов электроэнергии, которой будет достаточно для обеспечения суточных нужд жителей всего Прохоровского района, где и расположена биогазовая установка.

В Белгородской области запустили ветрогенераторы (ветроэлектрические установки) и солнечные батареи. Выработка электрической и тепловой энергии на основе солнца и ветра – высоко востребованное и активно развивающееся направление в современной электроэнергетике. Первые в Белгородской области объекты по выработке альтернативной энергии – ветрогенераторы и солнечные батареи заработали в августе 2010 года в Яковлевском районе области.

Таким образом, именно благодаря принятию № 261-ФЗ «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» отмечаются такие значительные результаты по снижению показателей электрического, теплового, газового потребления энергии. Так же Белгородская область осуществляет работу по реализации в Белгороде федеральных, областных и городских программ и проектов, направленных на улучшение жилищных условий отдельных категорий граждан, что и даёт такие показатели по снижению энергопотребления. Хотя и происходит снижение энергопотребления комфортные условия для людей остаются на высоком уровне. Этому очень поспособствовало мероприятие по ремонту жилых домов, что значительно понизило тепловые потери, то есть, утеплив дома люди, перестали платить за то, что обогревают дополнительный воздух с улицы и теперь люди платят только за тепло, которое находится только у них дома. Белгородская область внедряет и осуществляет мероприятия по энергосбережению и в этом мы уже убедились и если наша область будет дальше заниматься развитием энергосбережением, то мы сможем данные проекты воплотить во многих регионах нашей необъятной страны.

### **Библиографический список**

1. Трубаев П.А., Ширрме К.Ж. Анализ показателей энергоэффективности образовательных учреждений // Промышленная энергетика. 2015. № 3. С. 6-11.
2. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергоэффективности инженерных систем и сетей. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.
3. Интернет версия журнала «Ресурсосберегающее земледелие». Режим доступа: <http://rml.ru/>.

4. Долгосрочная целевая программа Белгородской области. Режим доступа: [http://gisee.ru/articles/reg\\_programs/11479/](http://gisee.ru/articles/reg_programs/11479/).

5. <http://belregion.ru/>

6. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. 1. С. 135-137.

7. Виноградов А.А., Нестеров А.М., Нестеров М.Н. Энергостабильность региона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 124-126.

## **БЕСПЫЛЕВАЯ ВЫДАЧА КОКСА ИЗ ПЕЧЕЙ КОКСОВОЙ БАТАРЕИ**

ассистент **Головатенко Е. Л.**,

студент **Животова О.И.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Коксохимические предприятия занимают далеко не последнее место среди предприятий других отраслей промышленности по выбросам вредных веществ, опасных для здоровья людей, таким как угольная и коксовая пыль, канцерогенные полициклические ароматические углеводороды, фенолы, оксиды серы и азота, цианистый водород и другие. Наиболее успешно экологические проблемы могут быть решены при строительстве новых коксовых батарей с камерами большого объема.

Внутренняя часть коксового производства, а так же коксовые батареи, выработала свой эксплуатационный потенциал и не соответствует современным экологическим требованиям.

Приблизительные выбросы пыли без использования специального оборудования по ликвидации выбросов составляют, г/тонну кокса:

- 1) загрузка шихты – 150;
- 2) выдача кокса – 400-1000;
- 3) тушение кокса – 350.

Если степень готовности кокса в целом или в отдельных частях коксового пирога недостаточна, выделения пыли увеличиваются.

На современных коксовых печах большой высоты практически всегда есть вероятность получения коксового пирога с непрококсованными участками. Важным фактором, определяющим количество выбросов

при выдаче кокса, следует считать период коксования. Так, при его увеличении с 15 до 17 часов количество выбросов уменьшается в 4 раза. Во время выдачи кокса из коксовой печи через коксонаправляющую корзину в тушильный вагон происходит разрушение коксового пирога и образующаяся при этом смесь пыли, газа и воздуха, увлекаемая восходящими конвекционными потоками, поднимается в атмосферу в виде черного облака, загрязняющего окружающую среду. На современных коксохимических предприятиях при выдаче раскаленного кокса из коксовых печей в тушильный вагон широкое применение получили установки и устройства с пылеулавливающими зонтами, присоединяемыми к системам пылегазоудаления. Из научно-технической информации и патентов известно несколько разновидностей таких установок и устройств, которые применяются для улавливания выбросов пыли и газа при выдаче кокса, но требуют дальнейшего совершенствования. Это такие системы с вытяжными зонтами, обеспечивающими отсос газа из выдаваемой печи, с передвижным газоочистным оборудованием, передвигающимся вместе с тушильным вагоном. Основными преимуществами такой системы являются: 1) очистка и отсос газов на месте их образования. 2) выдача неготового кокса не вызывает изменений в работе системы, т.к. газ не нужно транспортировать через газопровод.

Основными недостатками являются:

- образование сточных вод системы мокрого пылеулавливания, нуждающихся в очистке (75-200 л/т кокса);
- значительная масса установки (200 т), что требует специальных мер для обеспечения ее транспортирования;
- необходимость дополнительных площадей на коксовой стороне;
- выдача значительных объемов очищенного газа в окружающую среду вблизи рабочей зоны;
- необходимость применения большого давления в скрубберах;
- коррозионная среда в мокрых скрубберах.

Кроме этого, наличие кожуха увеличивает металлоемкость устройства. Все это в целом увеличивает материальные затраты на изготовление и эксплуатацию известного устройства.

Основной задачей было усовершенствовать известную установку беспылевой выдачи кокса из печей коксовой батареи. Новое выполнение средств для улавливания газа и пыли, а также их новое расположение на платформе дверсъемной машины позволило бы обеспечить надежное и эффективное улавливание пылегазовых выбросов при выдаче кокса. А также рациональное при этом расположение основных устройств дверсъемной машины на ее платформе и, как следствие,



значительно снизить уровень загрязнения окружающей среды вредными пылегазовыми выбросами и уменьшить металлоемкость двересъемной машины. Поставленная задача решается тем, что в установке беспылевой выдачи кокса из печей коксовой батареи, содержащей смонтированные на платформе двересъемной машины кожух, внутри которого установлена коксонаправляющая, и средства для улавливания пыли и газа при выдаче кокса, сообщающиеся с коллектором системы пылегазоудаления, согласно изобретения, средства для улавливания пыли и газа выполнены в виде горизонтальных воздухопроводов со всасывающими щелевыми отверстиями, которые установлены по краям поперечных сторон платформы. Причем всасывающие щелевые отверстия расположены на уровне нижней части платформы и направлены в сторону кожуха, защитных шторок, которые закреплены на нижней части платформы вдоль ее продольных сторон за ходовыми тележками, и установленного впереди кожуха пылегазосборника, который посредством воздухопроводов соединен с горизонтальными воздухопроводами и сообщается с коллектором системы пылегазоудаления.

Предлагаемое техническое решение установки беспылевой выдачи кокса из печей коксовой батареи по сравнению с известной обеспечивает более результативное улавливание пыли и газа при выдаче кокса. Достигается это за счет нового исполнения метода для улавливания пыли и газа, в которых функции зонта выполняют нижняя часть платформы двересъемной машины и защитные шторки. Защитные шторки позволяют оперативно улавливать пылегазовоздушную смесь, образующуюся при выдаче кокса в тушильный вагон и направлять ее во всасывающие щелевые отверстия горизонтальных воздухопроводов, откуда эта смесь поступает в систему пылегазоудаления. Кроме того, предлагаемое выполнение установки по улавливанию пыли и газа позволяет рационально расположить на платформе основные устройства двересъемной машины (двересъемное устройство, устройства чистки дверей и рам и коксонаправляющую) и тем самым уменьшить габариты машины по длине и, как следствие, снизить ее металлоемкость.

Установка работает следующим образом.

Во время выдачи кокса включают систему пылегазоудаления, с помощью которой создается необходимое разрежение в пылегазосборнике, который при этом соединяют посредством патрубка с коллектором указанной системы. Одновременно, перемещая платформу двересъемной машины, устанавливают коксонаправляющую с кожухом по оси выгружаемой печи и тушильный вагон под нижней частью платформы между защитными шторками. Затем осуществляют выгрузку

кокса из печи через коксонаправляющую в тушильный вагон. При выдаче кокса в тушильный вагон образуется пылегазовая смесь, которая увлекается вверх горячим потоком воздуха. При этом относительно крупные частицы пыли, ударяясь о поверхность нижней части платформы, выпадают в кузов тушильного вагона, а мелкие частицы пыли, увлекаемые горячим потоком воздуха, перемещаются вдоль нижней части платформы к всасывающим щелевым отверстиям, через которые они поступают в горизонтальные воздухопроводы. Откуда они по воздухопроводам поступают в пылегазосборник и через патрубок увлекаются в систему пылегазоудаления. Аналогичным образом улавливается пылегазовая смесь, которая прорывается в кожух, откуда она увлекается вверх кожуха и через открытый проем, выступающий над кожухом, поступает в короб, а далее в пылегазосборник.

После выгрузки кокса двересъемная машина с установкой перемещается к следующей выгружаемой коксовой печи и цикл улавливания пыли и газа повторяется. Установка беспылевой выдачи кокса из печей коксовой батареи, содержащая смонтированные на платформе двересъемной машины кожух, внутри которого установлена коксонаправляющая, и средства для улавливания пыли и газа при выдаче кокса, сообщаемые с коллектором системы пылегазоудаления, отличающаяся тем, что средства для улавливания пыли и газа выполнены в виде горизонтальных воздухопроводов со всасывающими щелевыми отверстиями, которые установлены по краям поперечных сторон платформы, причем всасывающие щелевые отверстия расположены на уровне нижней части платформы и направлены в сторону кожуха, защитных шторок, которые закреплены на нижней части платформы вдоль ее продольных сторон за ходовыми тележками, и установленного впереди кожуха пылегазосборника, который посредством воздухопроводов соединен с горизонтальными воздухопроводами и сообщается с коллектором системы пылегазоудаления.

В результате работы, был разработан и описан метод значительно снижения количества вредных выбросов, имеющих место в процессе выталкивания коксового пирога из камеры коксования.

### **Библиографический список**

1. Патент RU 231212 С10В33 - Разгрузочные устройства; направляющие устройства для кокса.
2. Чамов, А.В., Река, Л.И., Мисников, Н.Ф., Дяченко, В.М. Установка беспылевой выдачи кокса // Кокс и химия. 1991. № 5. с.45-46.

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГО – ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ассистент **Головатенко Е. Л.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

В числе важнейших проблем, которые приходится решать промышленному предприятию - организация системы экологически безопасного обращения с отходами производства и потребления. Причем к этому его подталкивает необходимость как исполнения требований законодательства в области охраны окружающей среды, так и сокращения экономических издержек при обращении с отходами.

Инвестирование в новые малоотходные технологии и технологии переработки образующихся отходов дает со временем экономический эффект, покрывающий расходы на внедрение этих технологий. Поэтому все чаще предприятия не ограничиваются формальным исполнением экологических требований, а ориентируются на формирование системы управления отходами, позволяющей оптимизировать их потоки.

На заводе железобетонных конструкций в процессе приготовления и применения бетонных смесей всегда образуются отходы и остатки свежего бетона в смесителях, бетоновозах и бетононасосах, в технологических машинах, в формах и ёмкостях. При промывке техники водой от остатков бетонной смеси образуется шламовая вода, в состав которой входят цементное молочко, химические добавки, инертные заполнители и вода. В рамках этого вопроса актуальны перспективы для повторного использования ресурсов, потраченных на изготовление товарного бетона и бетонных изделий на заводе. При применении систем вторичной переработки на предприятии будет заметна значительная экономия производственных затрат (до 15%). Это происходит за счет использования замкнутого цикла воды, вторичного применения инертных материалов и отсутствия затрат на вывоз и утилизацию отходов. Также соблюдаются экологические нормы безопасности требования по защите окружающей природной среды.

Повторное использование остатков строительных смесей – это экологический и эффективный способ управления производственными материалами, позволяющий значительно сократить временные и финансовые затраты. Остатки жидкого бетона, готового цементного или известкового раствора перерабатываются в полноценное сырье для повторно-

го использования. Безотходный замкнутый цикл производства значительно повышает рентабельность предприятия.

Системы утилизации и переработки бетонных отходов, производимые компанией ВІВКО, представленные на рис. 1, поставляются и обслуживаются под одноименной торговой маркой. Основная деятельность ВІВКО направлена на производство технологических комплексов и дополнительного оборудования для переработки бетонных отходов. Основной задачей установок ВІВКО является рециркуляция, т. е. возврат материалов в производственный цикл путем их вторичного применения.



Рис. 1. Установка по переработке отходов бетонной смеси

Установки переработки бетона предназначены для отделения жидкой составляющей шлама (цементной взвеси), накопления ее и подачи в дозатор воды для изготовления бетонных смесей. Песок и щебень после отделения можно загружать в приемные бункера дозатора инертных материалов.

Из миксера или бункера установки путем промывки внутренней полости сливается шлам из песка, щебня и цементной жидкости. Сливается всё в специальный лоток. В лотке песок и щебень для бетона оседают, а затем попадают в винтовой сепаратор. С помощью мощного шнека камни и песок проталкиваются к выходному отверстию и ссыпаются наружу. Твердые частицы возвращаются в производство. Цементное «молоко» из приемного лотка через центробежный насос сливается в отдельную емкость. Обычно такой емкостью служит специально сделанная для этого яма-отстойник или накопительный бассейн. При этом режим слива и чистоту жидкости можно регулировать вручную или с помощью электронной панели. Из бассейна часть смеси насосами подается на бетоно-месительный узел, а часть используется для промывки автобетоносмесителей или бетононасосов [1].

Следовательно, отходы бетонного производства без загрязнения окружающей среды локализируются на месте, а также происходит стопроцентное вторичное использование бетона.

Современное оборудование для приготовления и транспортировки цементных растворов нуждается в профессиональном обслуживании и, в первую очередь, в отмывании его от остатков цемента после эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1

**Данные для определения рабочих параметров установки**

Емкость миксера автобетоносмесителей, м <sup>3</sup>	Количество	Количество рейсов совершаемых в		Объем воды, требующийся для очистки, л/м <sup>3</sup>	Остаток бетона на стенках миксера автобетоносмесителя после 1 выгрузки, м <sup>3</sup>
		день	год		
15	3	3	2160	70	4,5
10	4	3	2880	50	3
Всего				120	7,5

Количество бетона, удаляемого со стенок миксера автобетоносмесителя после выгрузки за год определяем по формуле:

$$V_6 = V_{6.ост} N_p, \quad (1)$$

где  $V_6$  – количество бетона, удаляемого со стенок миксера автобетоносмесителя, м<sup>3</sup>;  $V_{6.ост}$  – объем бетона, оставшегося в миксере автобетоносмесителя после выгрузки, м<sup>3</sup>;  $N_p$  – количество рейсов, совершаемых автобетоносмесителем при перевозке бетона в течение года, раз в год.

$$V_6 = 4,5 \cdot 2160 = 9720 \text{ м}^3; \quad V_6 = 3 \cdot 2880 = 8640 \text{ м}^3$$

Количество сырья (песок, щебень), содержащегося в отходах очистки миксеров автобетоносмесителей после выгрузки бетона определяем из выражения:

$$V_c = (15\% / 100\%) \cdot V_6,$$

где  $V_c$  – количество сырья, содержащегося в бетонных отходах, м<sup>3</sup>;  $V_6$  – количество бетона, удаляемого с миксеров автобетоносмесителей в течение года, м<sup>3</sup>.

$$V_c = 0,15 \cdot 9720 = 1458 \text{ м}^3; \quad V_c = 0,15 \cdot 8640 = 1296 \text{ м}^3$$

При строительстве используется бетон М-400 [2] (табл. 2).

Таблица 2

**Состав бетона из цемента (Ц) М-500, песка (П) и щебня (Щ)**

Марка бетона	Массовый состав, Ц:П:Щ, кг	Процентный состав, Ц:П:Щ, %	Объемный состав на 10л цемента, П:Щ, л	Количество бетона из 10 л цемента, л
400	1:2,6: 3,2	17,2:27,6:55,2	14:28	36

Так, в бетоне М-400 доля щебня составляет 55,2% от общей массы отходов миксера, доля песка – 27,6%, значит, можно вычислить, сколько кг этого сырья содержится в бетонной смеси, утилизируемой при очистке миксеров автобетоносмесителей:

$$V_{щ} = (55,2\% / 100\%); V_{п} = (27,6\% / 100\%).$$

Из вышеуказанных выражений пропорционный состав бетона - количество песка и щебня составляет:

$$V_{щ} = 0,552 \cdot 2754 = 1520,208 \text{ м}^3; V_{п} = 0,276 \cdot 2754 = 760,104 \text{ м}^3.$$

Поэтому общую экономию (Э) от вторичного использования сырья можно определить по формуле:

$$\text{Э} = V_{п} \cdot Ц_{п} + V_{щ} \cdot Ц_{щ} + V_{в} \cdot Ц_{в}. \quad (2)$$

где  $V_{п}, V_{щ}, V_{в}$  – количество песка, щебня и воды, содержащихся в отходах бетона,  $\text{м}^3$ ;  $Ц_{п}, Ц_{щ}, Ц_{в}$  – рыночная цена на песок, щебень и водоснабжение, руб. [3,4].

$$\text{Э} = 760,104 \cdot 2000 + 1520,208 \cdot 1500 + 5060 \cdot 55 = 4078820 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая годовая выгода от применения технологии переработки бетона составит больше 4 миллионов руб.:

– экономия на расходах за вывоз отходов – 7500 руб.;

– экономия на экологических платежах за размещение отходов – 9850 руб.;

– экономия от вторичного использования отходов – 4078820 руб.

За год вторично используются ресурсы: щебень –  $1520,208 \text{ м}^3$ , песок –  $760,104 \text{ м}^3$ , вода –  $5060 \text{ м}^3$

Проведенная оценка экономической эффективности показывает, что использование такой технологии переработки бетонной смеси является экономически обоснованным мероприятием. Инвестиции в покупку установки в размере 15 миллионов руб. окупаются через 3 года и 7 мес.

Переработка бетонных отходов – это экологический, эффективный способ управления производственными отходами, позволяющий сократить временные и финансовые затраты.

### **Библиографический список**

1. Фархатов, М.А., Белов А. А. Вторичное использование бетонов в строительстве // СтройПрофиль. 2013. № 104. С. 12-13.
2. ОНТП 07-85 "Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона". М., 1986. С. 3.
3. Строительная компания ООО "Арт-Строй" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stroimaterialy-info.ru/sheben-cena-granitniy.html> (дата обращения 05.12.2016).
4. ТрансГруппСтрой [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tg-stroy.ru/pesok2.html> (дата обращения: 05.12.2016).

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛИТИКИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕГИОНА**

канд. эк. наук, доцент **Гракова М.А.**  
студент **Гасяк А.В.**

*Донбасская национальная академия строительства  
и архитектуры, г. Макеевка*

Вопросы энергосбережения и энергоэффективности в настоящее время чрезвычайно актуальны для большинства стран мира и недостаточное внимание к ним приводит к негативным экономическим и экологическим последствиям. В частности, в сфере жилищно-коммунального хозяйства стран постсоветского пространства наибольшее распространение приобрела проблема чрезмерного потребления энергоресурсов, причинами которой являются отсутствие культуры энергосбережения, физический и моральный износ оборудования, используемого в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является одной из сфер, характеризующих жизненный уровень населения государства. Эффективное использование энергетических ресурсов в ЖКХ является решающим фактором их эффективного функционирования в рыночных условиях, источником предоставления соответствующего уровня и качества жилищно-коммунальных услуг. Следует отметить, что в настоящее время в ЖКХ Донбасса удельные расходы энергетических ресурсов

при производстве и предоставлении жилищно-коммунальных услуг в 2-3 раза выше, чем в развитых странах мира.

Сегодня эффективное использование энергетических ресурсов в ЖКХ становится решающим фактором регионального развития, поскольку снижение затрат на производство жилищно-коммунальных услуг способствует повышению уровня рентабельности отрасли, уменьшает количество убыточных предприятий, в значительной мере влияет на улучшение жилищных условий и качество жизни населения. В связи с этим приобретают актуальность исследования теоретических, методических и практических задач по внедрению энергосберегающих мероприятий в ЖКХ.

Вопросы энергосбережения и энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве нашли отражение в трудах таких ученых как М. Билык, И. Зятковский, Л. Лигоненко, Е. Ляшенко, С. Салыга, А. Терещенко, В. Амитан, В. Качала, Т. Инякин, Б. Клияненко, Г. Крамаренко, В. Маляренко, А. Тищенко, Г. Онищук, В. Торкатиук, Л. Шутенко и др. Однако научные проблемы организации эффективной системы энергосбережения в ЖКХ на уровне отдельных регионов решены частично.

Актуальность теоретических, методологических и практических проблем энергосбережения в ЖКХ обусловили выбор темы, постановку цели и задач исследования.

Целью данной статьи является исследование теоретических и прикладных аспектов энергоэффективности в ЖКХ на региональном уровне и разработка рекомендаций по совершенствованию данного процесса.

Проблема обеспечения энергоэффективности и энергосбережения в экономике Донбасса базируется на ряде общих и специфических проблем, среди которых наиболее значимыми являются:

- нехватка инвестиционных ресурсов для реализации энергоэффективных проектов;
- высокая энергоемкость производства продукции;
- неудовлетворительное технико-эксплуатационное состояние объектов энергетической инфраструктуры;
- чрезвычайно низкий уровень использования альтернативных источников энергии;
- отсутствие философии энергосбережения;
- отсутствие стимулов для энергосбережения;
- неэффективная ценовая политика на топливно-энергетическом рынке и т.д.



Данные проблемы характерны для всех отраслей экономики региона, в т.ч. и для ЖКХ, поскольку по данным статистики данная отрасль находится на втором месте по объему потребляемых энергоресурсов в регионе. По данным экспертов, удельный расход тепловой энергии на отопление жилого фонда в 4-5 раз выше, чем в Норвегии, Швеции или Финляндии, а потери тепла в коммунальной теплоэнергетике в масштабах городских тепловых сетей по самым скромным оценкам достигают 30-40% [1]. При этом объем энергопотребления имеет динамику к росту за период исследования. Так, материальные производственные затраты предприятий по предоставлению услуг теплоснабжения региона за 2011-2013 гг. увеличились на 48,9%, в том числе прирост использования топлива за тот же период составил 53,8%.

Необходимость внедрения мероприятий по энергосбережению в сфере ЖКХ Донбасса обусловлена преобладанием природного газа в части расходов топливно-энергетического баланса региона при минимальной добыче данного вида природного ресурса. На законодательном уровне ключевыми направлениями обеспечения высокого уровня энергоэффективности в сфере ЖКХ выделяются [2]:

- внедрения высокоэффективного оборудования, котлов с повышенным коэффициентом полезного действия, малогабаритных теплообменных аппаратов, приборов автоматического управления технологическими процессами;
- снижение потерь во время транспортировки тепловой энергии в магистральных и местных тепловых сетях путем внедрения современных видов теплоизоляции;
- повышение сроков технической эксплуатации трубопроводов;
- внедрение предупредительной диагностики систем теплоснабжения в процессе эксплуатации;
- обеспечение оптимального сочетания централизованных и автономных систем теплоснабжения;
- использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Безусловно, данные направления являются актуальными, способствующими снижению материальных затрат предприятий ЖКХ и тем самым обеспечивающими снижение расходной части топливно-энергетического баланса региона. Однако реализация данных мероприятий должна осуществляться комплексно, затрагивая сферу жилья. В трудах отдельных исследователей говорится о значительном потенциале энергосбережения за счет модернизации жилого фонда. В работе [3] говорится, что потенциал экономии тепловой энергии за счет внешних

стен составляет 70%, окон и дверей, пола и потолка – 50%, вентиляции, трубопровода и арматуры – 35%. При этом выделяется два направления решения проблемы – строительство домов с низким уровнем энергопотребления или модернизация имеющегося жилого фонда с учетом возможностей по энергосбережению.

На данном этапе развития, когда ситуация в регионе отягощена системными социально-экономическими проблемами, изыскание дополнительных финансовых ресурсов для нового строительства не представляется возможным. В то же время, при восстановлении жилого фонда целесообразно рассмотрение проектов, позволяющих обеспечить условия их энергоэффективной эксплуатации в дальнейшем за счет использования отдельных конструктивных элементов повышенного уровня энергосбережения.

Для повышения энергоэффективности зданий и сооружений немаловажную роль играет выбор материалов, из которых они возведены. Одним из перспективных направлений энергосбережения является использование энергосберегающих светопрозрачных конструкций. Анализ светопрозрачных конструкций различных типов свидетельствует, что современное производство учитывает фактор энергопотерь при изготовлении окон. Так, в помещении, где использованы деревянные окна процент теплопотерь составляет до 58%, в помещениях, где используются окна 1 типа энергосбережения, являющиеся самими распространенными на сегодняшний день, такой процент составляет до 43%, а в помещениях с использованием окон 3 типа энергосбережения, процент потерь тепла составляет 22% [4]. Таким образом, при восстановлении жилого фонда региона целесообразна замена деревянных окон на светопрозрачные конструкции 1-3 типов энергосбережения, что повлечет за собой повышение энергоэффективности зданий в перспективном периоде. При этом по данным экспертов [4], удорожание восстановительных работ составит около 37% при использовании светопрозрачных конструкций 3 типа энергосбережения по сравнению с использованием деревянных окон.

Зарубежный опыт политики энергосбережения устанавливает минимальные стандарты энергоэффективности жилых и общественных зданий [5]. Ключевыми положениями таких международных стандартов, которые целесообразно внедрять на территории Донбасса являются:

- проведение энергетической сертификации жилых и общественных зданий;

- привлечение независимых экспертов для формирования отчетов о энергоэффективности жилых и общественных зданий;
- использование максимальных требований энергоэффективности зданий и сооружений, подлежащих восстановлению;
- регулярный осмотр котельных и систем кондиционирования воздуха, проверка теплоизоляции котельных, используемых более 15 лет.

Представленные положения должны обеспечить сокращение затрат энергии в ЖКХ как в абсолютном так и в денежном измерении на региональном уровне посредством:

- формирования базы данных об уровне энергоэффективности жилых и общественных зданий региона как инструмента последующего формирования соответствующей политики и реализации задач энергосбережения;
- уменьшения удельного расхода энергоносителей при предоставлении жилищно-коммунальных услуг на 1 м<sup>2</sup> площади жилых и общественных зданий при сохранении уровня комфортности для населения;
- повышения эффективности региональной экономики посредством обеспечения безубыточности функционирования предприятий ЖКХ.

### **Библиографический список**

1. Коляда Г.Е. Предварительно изолированные трубы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alfar.ru/smart/2/58/>.
2. Закон Украины «О теплоснабжении» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=501](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=501).
3. Галінська Т.А. Енергоефективні конструктивні рішення зовнішньої теплоізоляції п'ятиповерхових житлових будинків 1960-1975 років. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eprints.kname. du.ua/30203/1>.
4. Спиридонов А.В. Выгодно ли устанавливать энергосберегающие окна? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5520](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5520)
5. Дослідження ринку. Житловий сектор України: правові, регуляторні, інституційні, технічні та фінансові аспекти. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.teplydim.com.ua/static/storage/files/files/Market\\_Assessment\\_Report%2020Final\\_UKR\\_2011-08-31.pdf](http://www.teplydim.com.ua/static/storage/files/files/Market_Assessment_Report%2020Final_UKR_2011-08-31.pdf).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ Г. ГУБАХА ПЕРМСКОГО КРАЯ

инженер **Калмычѣк А.С.**

*ООО «Губахинская энергетическая компания», г. Губаха*

В работе проанализировано энергопотребление десяти жилых домов, расположенных в г. Губахе Пермского края. Для анализа выбраны здания разной этажности и с разным материалом ограждающих конструкций (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристики домов

Наименование	Количество этажей	Год постройки	Площадь здания отапливаемая, м <sup>2</sup>	Материал стен	Количество жителей
ул. Дзержинского, 8	2	1952	657	шлакоблок	30
ул. Циолковского, 1	2	1967	700,9	шлакоблок	24
ул. Орджоникидзе, 19	3	1959	1594,7	кирпич	70
пр. Ленина, 30	3	1960	2518,6	кирпич	72
ул. Мичурина, 2	5	1961	1586,23	крупный блок	78
ул. Никонова, 12	5	2003	2898,6	кирпич	108
пр. Ленина, 57	5	1976	6536,4	панели	282
ул. Космонавтов, 4	9	1985	4092,6	крупный блок	138
ул. Суворова, 9а	9	1985	4123,8	панели	169
пр. Свердлова, 10	9	1991	8629,7	легкобетонные панели	368

На основании данных метеонаблюдений за последние пять лет был проанализирован климат г. Губахи и определена среднесуточная температура воздуха (рис. 1).

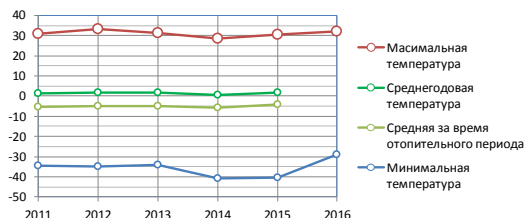


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в г. Губахе

Для каждого дома были получены данные посуточного потребления тепловой энергии на топление и ГВС за пять отопительных периодов и выполнен анализ как динамики теплопотребления, так и зависимость расхода тепловой энергии от температуры окружающего воздуха. Для двух зданий, в котором расход тепловой энергии на отопление и ГВС осуществлялся одним прибором учета, была разработана методика разделения показаний, заключающаяся в определении расхода тепловой энергии на ГВС период отсутствия отопления и распространение полученного среднего значения на отопительный сезон.

Во всех домах фактическое удельное теплопотребление на отопление выше базового значения на величину от 11 до 66% (табл. 2). В течении пяти лет удельное потребление, приведенное к сопоставимым (расчетным) условиям стабильное, что позволяет использовать для расчета класса энергоэффективности данные за один последний год.

Таблица 2

**Изменение удельного расхода теплоты на отопление**

Жилой дом	Удельный расход теплоты за отопительный сезон, кВт·ч/м <sup>2</sup>					Базовый	Отношение фактического значения к базовому
	фактический, приведенный к расчетным (нормативным) условиям						
	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016		
ул. Дзержинского, 8	298	296	307	319	306	218	150%
ул. Циолковского, 1	–	–	262	241	239	218	122%
ул. Орджоникидзе, 19	239	250	248	239	243	200	131%
пр. Ленина, 30	290	245	293	286	272	200	149%
ул. Мичурина, 2	244	244	251	257	263	164	165%
ул. Никонова, 12	225	234	243	223	237	164	152%
пр. Ленина, 57	–	–	203	203	201	164	133%
ул. Космонавтов, 4	–	–	–	198	219	134	168%
ул. Суворова, 9а	–	207	230	177	213	134	166%
пр. Свердлова, 10	158	160	153	154	167	134	127%

Проведено сравнение фактических затрат на отопление с нормативами потребления, установленными для домов, не оснащенных приборами учета. Для всех домов фактическое потребление ниже нормативов, что показывает целесообразность установки приборов учета на небольших зданиях. Величина экономии зависит не столько от количества этажей в здании, сколько от его площади (рис. 2). Анализ потребления

ГВС показал, что для разных зданий наблюдается как меньшие значения фактического потребления по сравнению с нормативом потребления, установленного для квартир при отсутствии приборов учета, так и фактический расход, превышающий норматив.

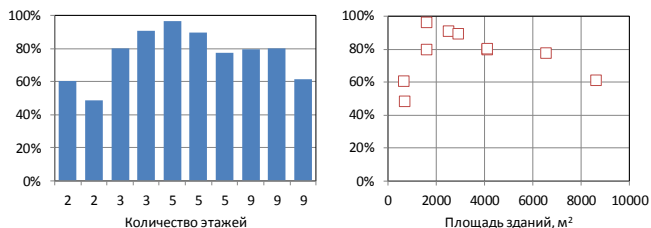


Рис. 2. Отношение среднего фактического расхода тепловой энергии на отопление к нормативу потребления

В работе разработана методика определения удельного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды многоквартирных жилых домов, приведенного к расчетным условиям.

Фактический суммарный удельный годовой расхода энергетических ресурсов определяется по выражению:

$$q_{\phi} = q'_{от} + q'_{гв} + q_{одн}. \quad (1)$$

Удельный расход теплоты на отопление и вентиляцию, приведенный к расчетным условиям

$$q'_{от} = 1163 \cdot Q_{от} \cdot \text{ГСОП}_н / (\text{ГСОП}_\phi \cdot T \cdot S), \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (2)$$

где  $Q_{от}$  – расход тепловой энергии на отопление, Гкал; 1163 – переводной коэффициент из Гкал в кВт·ч;  $\text{ГСОП}_н$  – нормативные градусосутки отопительного периода, °С·сут.;  $\text{ГСОП}_\phi$  – фактические градусосутки отопительного периода при температуре внутреннего воздуха в квартирах 20°C, °С·сут.;  $T$  – период расчета энергопотребления, лет;  $S$  – отапливаемая площадь, м².

Удельный расход тепловой энергии на ГВС, приведенный к расчетным условиям

$$q'_{гв} = 1163 \cdot Q_{гв} \cdot n_n \cdot t_n / (n_\phi \cdot t_\phi \cdot T \cdot S) = 23260 \cdot Q_{гв} \cdot t_n / (n_\phi \cdot t_\phi \cdot T), \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (3)$$

где  $Q_{гв}$  – расход тепловой энергии на ГВС, Гкал;  $n_n$  – расчетное число жителей,  $n_n = S/20$ ;  $t_n$  – число дней в расчетном периоде;  $t_\phi$  – число дней в расчетном периоде, когда осуществлялась подача горячей воды.

Если вода для ГВС подготавливается самими жителями в газовых или электрических водонагревателях, удельный расход энергии на ГВС может быть определён по потреблению энергии водонагревательными устройствами. Но так как отдельных приборов учета для них нет, часть энергоресурсов, использующихся для приготовления ГВС, из общего потребления электроэнергии или природного газа выделить невозможно. В этом случае возможен расчет удельного расхода тепловой энергии на ГВС по установленным нормативам потребления или базовому уровню, который может быть получен из приказа Минстроя России № 399.

После перевода нормативов для потребителей, не имеющих приборов учета (постановление Правительства Пермского края от 22.08.2012 № 698-п, ред. от 12.05.2015) расход на единицу площади, получено значение расхода тепловой энергии на ГВС в год в пределах 102–117 кВт·ч/м<sup>2</sup> (табл. 3).

Таблица 3

**Норматив потребления коммунальных услуг по горячему водоснабжению для закрытых/открытых систем**

Группы по степени благоустройства	Норматив потребления м <sup>3</sup> /(чел.·мес.)	Удельное потребление в год, кВт·ч/м <sup>2</sup>
Ванна сидячая длиной 1200 мм с душем	2,712 / 2,471	111,7 / 101,7
Ванна длиной 1500-1550 мм с душем	2,772 / 2,526	114,1 / 104,0
Ванна длиной 1650-1700 мм с душем	2,832 / 2,581	116,6 / 106,3
Душ без ванны	2,114 / 1,926	87,0 / 79,3

В приказе Минстроя России от 06.06.2016 № 399 приведены базовый суммарный расход на отопление, вентиляцию, ГВС и электроэнергию на общедомовые нужды, и расход тепловой энергии только на отопление и вентиляцию. С учетом того, что базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды равен 10,0 кВт·ч/м<sup>2</sup> для многоквартирных домов, оборудованных лифтом и 7,0 кВт·ч/м<sup>2</sup> для многоквартирных домов, не оборудованных лифтом, из приведенных данных может быть получена величина базовой энергии на ГВС (табл. 4).

Таблица 4

**Базовый расход тепловой энергии на ГВС, кВт·ч/м<sup>2</sup>**

Количество этажей	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дома с лифтом	104	108	112	126	139	139	139	139	139	139	139

Сравнивая данные табл. 3 и 4 можно увидеть, что нормативы потребления ниже, чем установленный базовый уровень, особенно для многоэтажных домов. В дальнейшем при расчетах для домов с индивидуальным приготовлением горячей воды использовались базовые значения из табл. 3.5.

Удельный расход электроэнергии на общедомовые нужды многоквартирных жилых домов

$$q_{\text{одн}} = W_{\text{одн}} / (T \cdot S), \quad (3.4)$$

где  $W_{\text{одн}}$  – расход электроэнергии на общедомовые нужды за расчетный период, кВт·ч.

Для выбранных домов был рассчитан удельный расход энергоносителей и определен их класс энергоэффективности (табл. 5).

Таблица 5

**Расчет класса энергетической эффективности  
(расчетный период 01.09.15-31.08.16)**

Адрес дома	Фактический ГСОП	Удельный расход энергетических ресурсов					Класс энергоэффективности
		на отопление и вентиляцию	на ГВС	электроэнергии на ОДН	суммарный	базовый	
ул. Дзержинского, 8	6170	305,1	104,0	1,9	410,9	329	E
ул. Циолковского, 1	6170	215,6	104,0	4,7	324,3	329	D
ул. Орджоникидзе, 19	6198	242,7	78,8	3,4	325,0	315	E
пр. Ленина, 30	6198	272,5	70,9	1,9	345,2	315	E
ул. Мичурина, 2	6156	262,7	126,0	3,7	392,4	296	F
ул. Никонова, 12	6198	236,8	108,2	2,9	347,9	296	E
пр. Ленина, 57	6198	201,3	79,4	3,0	283,7	296	D
ул. Космонавтов, 4	6209	187,7	148,9	2,0	338,6	283	E
ул. Суворова, 9а	6198	212,9	89,6	4,8	307,4	283	E
пр. Свердлова, 10	6209	167,1	110,1	5,4	282,7	283	D

В результате распределение домов по классам энергоэффективности следующее:

D (Нормальный) – 3 дома (2, 5 и 9 эт.)

E (Пониженный) – 6 домов (2 эт., 2×3 эт., 5 эт., 2×9 эт.);

F (Низкий) – 1 дом (5 эт.).



Если сопоставить отклонение расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию от базового (рис. 3), можно увидеть, что при оценке по суммарному расходу дома более энергоэффективные, чем при отклонению расхода только на отопление и вентиляцию.

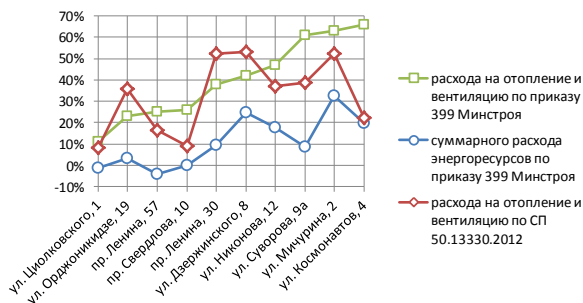


Рис. 3. Отклонение удельного расхода энергоресурсов от базового значения

Сравнивая энергоэффективность домов, установленную в приказе Минстроя России от 06.06.2016 г. № 399 и своде правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» можно заключить, что корреляции требований по теплозащите в этих нормативных документах нет, что вызвано различными базовыми уровнями, установленными в документах.

### Библиографический список

1. Апсалямова Я.И., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Определение расхода энергетических ресурсов в зданиях // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1183-1187.
2. Ведерников И.К., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ конструктивных решений ограждающих конструкций общественных зданий Белгородской области // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1217-1219.
3. Матвиенко С.П., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ нормативных документов по определению класса энергетической эффективности зданий // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1312-1315.
4. Семенов И.С., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Нормирование тепловой защиты здания в России // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1349-1355.
5. Шундеева О.В., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Влияние компактности здания на его энергоэффективность // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1386-1388.

6. Шундеева О.В., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Нормирование энергоэффективности зданий в Германии // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1389-1392.

7. Чернявский О.С., Трубаев П.А., Шаповалов С.М. Рейтинговые системы энергоэффективности «зеленых» зданий // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. Белгород, 2012. С. 161-167.

8. Гродецкая Е.В., Трубаев П.А. Энергосбережение в общественных и административных зданиях г. Белгорода // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов сборник докладов (XIX научные чтения). Белгород, 2010. С. 87-91.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ОБЪЕКТУ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ**

д-р техн. наук, проф. **Качан В.Н.**,  
канд. техн. наук, доц. **Хазипова В.В.**,  
магистрант **Харитонов Б. А.**

*Донбасская национальная академия строительства  
и архитектуры, г. Макеевка*

В настоящее время особую актуальность приобрела проблема загрязнения окружающей среды в окрестностях объектов размещения отходов. Основной и наименее затратный путь утилизации твердых бытовых и промышленных отходов в нашей стране – их захоронение на специально отведенных полигонах. Однако для окружающей среды этот способ далеко не самый безвредный, так как в результате взаимодействия отходов и воды атмосферных осадков, образуется фильтрат, биогаз и остаточная масса отходов. Исследования последних десятилетий показали, что многие полигоны не отвечают природоохранным и санитарным требованиям, что обуславливает необходимость организации мониторинга состояния окружающей среды в районах их размещения. В первую очередь это касается почв, которые выполняют важнейшие экологические функции по сохранению биологического разнообразия, обеспечению устойчивого функционирования биогеоценозов и биосферы в целом [1].

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 санитарно-защитная зона полигонов и участков компостирования отходов ограничивается окружностью с радиусом 500 м и может корректироваться с учетом преобладающего направления распространения биогаза по воздуху. Од-

нако распространение фильтрата по близлежащим водотокам может простирается на большие расстояния. В связи с этим актуальна проблема выделения зон реального воздействия и потенциальной экологической опасности полигонов твердых бытовых отходов для окружающей среды. В работах, посвященных экологическим проблемам объектов размещения отходов, изучаются процессы, происходящие в теле полигона и приводящие к образованию продуктов деградации отходов. Однако вопросы комплексной диагностики состояния почв по химическим параметрам на объектах размещения отходов изучены недостаточно.

Цель работы: дать экологическую оценку состояния почво-грунтов вблизи объекта размещения отходов на примере одного из полигонов твердых бытовых отходов Донецкой области – Ларинского полигона. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: оценка экологического состояния почв в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов по данным химического анализа; выявление пространственной и временной динамики уровней загрязнения почв.

Почво-грунты территории размещения Ларинского полигона испытывают комплексное техногенное воздействие, выраженное в значительном физико-механическом преобразовании, связанное со строительством жилых домов, обустройством огородных участков, распашкой сельскохозяйственных полей, с карьерными выработками, организацией свалки и полигона отходов. В рамках данной работы было отобрано 20 проб почво-грунтов в зоне влияния полигона. Каждая проба составлялась из 5 частных проб, отобранных по способу 5-метрового «конверта». Все пробы были подвергнуты количественному рентгенофлуоресцентному анализу на 20 элементов.

Территория расположения Ларинского полигона характеризуется высокими показателями регионального геохимического фона многих элементов во всех компонентах окружающей среды. Высокие показатели геохимического фона обусловлены деятельностью крупных региональных источников загрязнения промышленных предприятий городов Донецка, Макеевки, Авдеевки, Горловки, Енакиево. Поэтому почвы здесь являются аккумуляторами техногенных выбросов, как со стороны промышленных предприятий, так и полигона. Накопление таких металлов как свинец, серебро, хром, молибден в почвах происходит на глубине до 50 см. Металлы, концентрирующиеся в почвах, медленно удаляются при выщелачивании атмосферными осадками, потреблении растениями, под воздействием эрозии и дефляции. Приняты следующие фоновые содержания (в мг/кг): свинец-20; ртуть – 0,028; молибден – 12,23; цинк – 95; медь – 30; никель – 44,3; кобальт – 18; железо – 27900;

марганец – 700; хром – 96,1; ванадий – 99,6; висмут – 1,8; титан – 4880; барий – 366; германий – 1,44.

Степень загрязнения почво-грунтов оценивалась суммарным показателем химического загрязнения ( $Z_c$ ) по формуле (1), оценочная шкала опасности загрязнения почв приведена в табл. 1.

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1) \quad (1)$$

где  $K_c$  – коэффициент концентрации элемента, равный отношению его содержания в конкретной пробе к фоновому содержанию данного элемента;  $n$  – количество вовлеченных в расчет элементов,  $K_c$  которых превышает единицу.

Таблица 1

**Оценочная шкала степени опасности загрязнения почвы химическими элементами**

Категория загрязненности почв	Величина $Z_c$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
1. Допустимая	Меньше 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
2. Умеренно-опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
3. Высоко-опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистых систем
4. Чрезвычайно-опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушения репродуктивной функции женщин

Главным показателем загрязнения почв является концентрация химических веществ антропогенного происхождения. Загрязненность почв характеризовалась на уровне валового содержания элементов и подвижных форм. Для оценки степени загрязнения почво-грунтов, рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  (табл. 2).

Предельно допустимые концентрации превышают сульфаты до 15,3 раз и цинк до 2,7 раз (пр.2), в единичных пробах свинец до 1,4 раз и ртуть до 1,1 раз, никель до 1,2 раз (пр.2), нитраты превышают до 1,1 раз (пр.18). Из подвижных форм металлов ПДК превышают никель до 1,7 раз (пр.2), в меньшей степени медь до 1,1 раз и хром (пр.2) до 1,2 раз.

В почвах территории, примыкающей к полигону, фоновые концентрации превышают: ртуть до 82,1 геофона (пр. 14), германий до 4,6 геофона (пр.2), молибден до 9,2 геофона (пр.2а), цинк до 2,8 геофона (пр.2), медь до 1,6 геофона (пр.2) никель до 2,2 геофона (пр.2), кобальт до 3,1

геофона (пр.4), свинец до 2,2 геофона (пр. 14), висмут до 7,3 геофона (пр.8), барий до 1,2 геофона (пр.8).

Это свидетельствует о наличии загрязнения почв, поскольку концентрация отдельных веществ уже превышает фоновую, хотя еще не достигла предельно допустимой.

Таблица 2

**Коэффициенты концентраций элементов и суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  в почво-грунтах**

№ пробы	Валовое содержание металлов, мг/кг в почво-грунтах													$Z_c$
	Pb	Hg	Ge	Mo	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	V	Bi	Ba	
Сф	20	0,028	1,44	1,2	95	30	44,3	18	700	96,1	99,6	1,8	366	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,45	0,00	0,00	9,08	1,82	1,47	1,83	2,69	0,66	0,34	0,00	2,83	1,07	15,25
2	1,36	0,00	0,00	7,67	1,68	1,54	2,00	0,91	0,53	0,00	0,00	3,72	1,05	13,01
2а	2,00	50,00	4,65	9,25	2,82	1,60	2,23	2,92	1,26	0,38	0,00	0,00	0,80	68,72
3	0,00	28,57	0,00	0,00	1,66	0,82	1,62	3,08	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	31,94
4	0,61	0,00	0,00	0,00	1,84	0,77	0,96	3,10	0,11	0,19	0,05	0,00	1,04	3,98
5	1,93	25,00	0,00	8,00	0,81	1,58	1,14	0,00	0,22	0,07	0,00	0,00	0,87	33,65
6	0,29	0,00	0,00	0,00	0,55	1,26	0,91	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	1,00	1,26
7	0,32	35,71	1,88	3,58	1,13	1,10	0,78	1,22	0,59	0,14	0,00	0,00	0,99	39,62
8	0,00	53,57	2,78	8,92	1,07	1,49	1,68	2,01	0,68	0,16	0,15	7,33	1,21	72,06
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	1,22	0,94	0,00	0,30	0,05	0,00	0,00	0,00	1,22
10	0,00	14,29	0,00	0,00	0,12	0,76	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29
11	1,38	46,43	2,08	0,00	0,13	1,42	1,60	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,37	48,91
12	0,00	0,00	0,00	5,33	1,10	0,80	1,63	2,61	0,16	0,07	0,00	0,00	0,61	7,66
13	1,48	0,00	0,00	0,00	0,58	1,01	1,60	1,53	0,25	0,13	0,08	0,00	0,89	2,61
14	2,18	82,14	2,64	0,00	0,48	0,90	0,87	1,61	1,22	0,22	0,15	6,44	0,78	91,23
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,69	0,47	0,00	0,18	0,06	0,00	0,00	0,40	0
16	0,76	0,00	0,00	8,92	0,97	1,12	0,63	2,96	0,31	0,15	0,00	0,00	0,00	1,99
17	0,24	0,00	0,00	3,75	0,93	1,25	0,82	2,84	0,31	0,00	0,00	0,00	0,35	5,84
18	0,00	21,43	0,69	1,33	0,96	1,40	1,25	2,83	0,42	0,00	0,00	5,00	0,34	28,23
19	0,31	21,43	2,57	2,17	1,01	1,16	1,76	1,86	0,44	0,09	0,08	0,00	0,84	25,95
20	0,39	0,00	0,00	1,75	0,99	1,16	1,70	1,13	0,43	0,11	0,00	0,00	0,89	2,74

На основании расчетов  $Z_c$  откартированы ореолы суммарного загрязнения почв в районе влияния полигона (рис. 1).

Выделяются два очага опасной степени загрязнения ( $Z_c$  32-128). Первый захватывает всю территорию действующего полигона, простирается с юго-востока на северо-запад, второй выделяется между восточной окраиной закрытой свалки и дачными участками, распространяясь с востока и не оконтуриваясь с запада. В 900 м от полигона на юго-восток на берегу реки Кальмиус выделяется точечная аномалия опасного уровня загрязнения.

Зона умеренно-опасного уровня загрязнения ( $Z_c$  16-32) наиболее широко проявлена по периферии действующего полигона, она оконтурена с юга, востока и запада, но практически неоконтурена с севера.

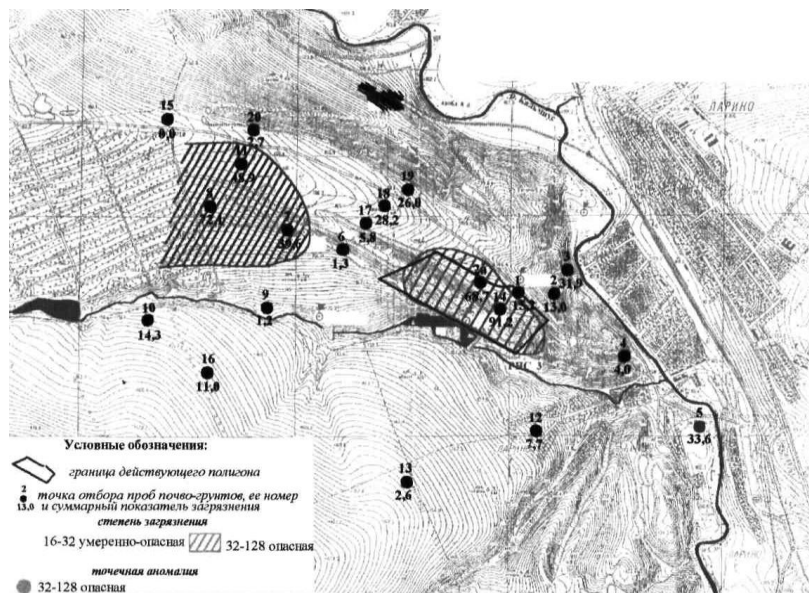


Рис. 1. Карта ореолов суммарного загрязнения почво-грунтов

Таким образом, экологическая оценка влияния исследуемого полигона на почво-грунты по результатам химических исследований показала, что исследуемый компонент – почво-грунты загрязнены неравномерно; по количественному содержанию загрязнителей к доминирующим химическим элементам, превышающим установленные нормы, относятся: ртуть, молибден, кобальт; выявлены особенности пространственной динамики загрязнителей в почво-грунтах: пространственная динамика химических показателей в почве характеризуется снижением содержания элементов по мере удаления от полигона, распределение элементов имеет мозаичный характер.

Полученные данные могут способствовать коррекции санитарно-защитной зоны полигонов, усовершенствованию схемы интегральной оценки качества окружающей среды в зоне деятельности полигона и

принятию управленческих решений о необходимости проведения рекультивационных и восстановительных мероприятий.

### **Библиографический список**

1. Попутникова Т.О., Терехова В.А., Яковлев А.С. Оценка негативного воздействия полигона ТБО на почвы по биотическим показателям // Экология и промышленность России. 2010. № 3. С. 51-53.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМОЛИСТЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

канд. техн. наук, доц. **Калинин О.Н.**,  
студент **Фёдорова М.В.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г.Макеевка*

Утилизация твёрдых бытовых отходов (ТБО) является одной из основных экологических проблем Донбасса, где количество ежегодно образующихся бытовых отходов составляет около 45 млн. м<sup>3</sup>. Из данного количества отходов подвергаются утилизации менее 4 %, а остальные – складировать на свалках. Для сравнения – в странах Европейского Союза (ЕС) ежегодно 42 % от суммарного образования ТБО подлежит вторичной переработке.

Опыт стран ЕС показывает, что значительная часть бытовых отходов может рассматриваться в качестве источника получения вторичного топлива, сочетающего в своём составе как компоненты ТБО, так и добавки, повышающие теплоту сгорания таких топлив.

Применительно к условиям Донбасса в качестве таких добавок целесообразно рассматривать побочные продукты (смолистые отходы) коксохимического производства, обладающие высокой теплотой сгорания. Среди последних можно выделить каменноугольные фусы, а также кислую смолку сульфатных и бензолных отделений, являющихся отходами второго класса опасности. Объёмы накопления такого типа отходов в шламонакопителях коксохимических заводов (КХЗ) составляют сотни тысяч тонн. Следует также отметить, что упомянутые шламонакопители являются источниками формирования экологической опасности регионального масштаба, что обусловлено отсутствием либо физическим износом защитных и ограничительных сооружений накопителей, которые эксплуатируются с 50-60-х годов прошлого столетия.

Необходимость использования ТБО, а также их смесей с промышленными отходами в качестве одного из видов альтернативного топлива закреплена на государственном уровне Законом Украины «Про альтернативні види палива» от 11 ноября 2000 г., а также нашла отображение в научных работах А.С. Парфенюка, Г.М. Алексеева, Д.Н. Беньямовского, Т.Г. Шендрик и других учёных.

Анализ предыдущих исследований показал, что неэффективное использование техногенного сырья, а именно бытовых и промышленных отходов в качестве топливного ресурса, прежде всего, обусловлено отсутствием научно обоснованных технологических параметров переработки и показателей состава топливных смесей обеспечивающих безопасность процесса термической утилизации.

Данные, полученные авторами [1], показали, что введение в состав смеси каменноугольных фусов и кислой смолки решает проблему, связанную с высокой сезонной влажностью ТБО, понижая общую влажность отходов, при этом введение добавки отходов КХЗ выгодно отличается от введения ископаемых топлив. Анализ наиболее важного показателя, характеризующего энергетическую ценность полученных смесей, теплоты их сгорания, позволяет предположить, что введение отходов КХЗ позволит уменьшить расход природного газа, необходимого для сжигания ТБО.

Как показывает опыт сжигания ТБО в топочных устройствах котлоагрегатов отечественных МСЗ [2], значительная часть ТБО не может быть эффективно использована при слоевом сжигании вследствие провала большого количества отходов через колосники топок и уноса части ТБО потоками отходящих газов.

Существует несколько технологических решений данной проблемы, одним из которых является предварительное брикетирование отходов.

Применительно к изучаемым смесям данный вид предварительной подготовки топлив представляется тем более предпочтительным, так как уже сейчас накоплен достаточно большой объём информации, касающейся использования смолистых отходов КХЗ в качестве связующих веществ при изготовлении брикетов на основе минеральных топлив [3].

Технологическая схема процесса совместной переработки твёрдых бытовых отходов и отходов коксохимических заводов складывается из ряда последовательно протекающих основных операций: приёма и подготовки ТБО, прессования ТБО и отходов КХЗ, сжигания полученных брикетов.

Анализ процесса получения и сжигания RDF указывает на то, что предварительная подготовка топливной смеси, выведение из её состава



балластной составляющей, позволяют обеспечить практически полное выгорание углерода топлива при одновременном снижении потенциальных выбросов. Расчёт величины валового выброса загрязняющих веществ показывает, уменьшение выброса загрязнителей при переходе от сжигания пылеугольных смесей на сжигание RDF. Наибольшая величина снижения выброса наблюдаются по таким компонентам как: вещества в виде суспендированных частиц в 2,6 раз, оксид углерода 2 раза. Расчёт рассеивания загрязняющих веществ показывает, что производство и сжигание RDF, в сравнении со сжиганием пылеугольных смесей, позволяет достичь технологического норматива допустимой концентрации загрязнителя в выбросе. При этом только сжигание RDF обеспечивает соблюдение природоохранного норматива концентрации загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны. Таким образом, внедрение технологии производства и сжигания RDF является одной из первоочередных задач стоящих перед энергетической отраслью, решение которой позволит не только увеличить долю ТБО вовлекаемых в процесс переработки, но и снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

#### **Библиографический список**

1. Калинин О.Н. Топливные брикеты на основе смесей бытового мусора и смолистых отходов коксохимического производства // Вісник Донецького університету. Серія А: фізико-хімічні науки. 2006. № 1. С.162-168.
2. Мирный А. Н. Санитарная очистка и уборка населённых мест. Справочник. М.: Стройиздат, 1985. С.12-40.
3. Василенко М. Н. Брикетирование твёрдых топлив. Справочник. М.: Недра, 1987. 230 с.

## **КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОКОННОГО БЛОКА В УК-2**

студент **Коверина А.Ю.**,  
канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Несмотря на популярность энергосберегающих конструкций из металлопластикового профиля остается много приверженцев дюралевых окон. Делать выбор в пользу деревянных конструкций с дюралем определяет ряд причин: здоровый микроклимат помещения, экологически

чистый материал, высокие декоративные качества изделия, способность природного материала (дерева) «дышать».

Уплотнители – важная составляющая конструкции окна. Ведь именно от них зависит, как плотно будет прилегать стекло к профилю, створка к раме, и, соответственно, будет ли сохраняться тепло.

Оконные уплотнители служат в среднем около пяти лет, после чего подлежат замене (ГОСТ 30778-2001). Такие факторы, как перепады температур, влажность, грязь, солнечные лучи пагубно влияют на состояние уплотнителей, в связи, с чем срок их службы может сократиться.

В связи с износом уплотнителя могут возникнуть не плотности в конструкции окна, через которые проникает вода и разного рода загрязнители, как следствие – гниение и разрушение деревянных конструкций окон (рис. 1).



Рис. 1. Окно в УК-2 около 427 кабинета

В корпусе УК-2 Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова не замененных оконных блоков (рис. 2) осталось 75 шт. Замена уплотняющего материала производится не только в случае его механического повреждения, но и по истечении срока службы, так как материал дает усадку и не обеспечивает первоначального эффекта – герметизации.

Следовательно, можно подытожить, что при помощи замены уплотнителя можно повысить теплоизоляцию оконного проема при этом, не тратя больших финансовых затрат.



Рис. 2. Составляющие элементы дюралевого окна

Технология замены уплотнителя на дюралевых окнах включает:

- 1) снятие стекла №2;
- 2) снятие створок и удаление старой уплотнительной резинки;
- 3) фрезеровку продольного крепежного паза (при необходимости);
- 4) установку уплотнителя на раме окна и крепление стекла в дюралевой конструкции;
- 5) прокладывание и крепление уплотнителя на створках;
- 6) установку уплотнителя и обработку примыкания герметиком;
- 7) установку стекла №1 и №2;
- 8) установку штапика для крепления стекла №2.

Как же правильно подобрать уплотнитель, который защитит здание от попадания шумов, ветра, влаги и холода? Ведь помимо того, что уплотнители могут отличаться по цвету, отличия между ними могут заключаться в материале, применяемом на этапе производства, а также других свойствах и качествах.

ТРЕ (аббревиатура от английского *Thermoplaste Elastic* – эластичный термопласт) – этот вид уплотнителя в основном используется при автоматической сборке пластиковых окон. Он очень удобен для автоматической сборки профилей. У него очень малый радиус углового закругления, и он сваривается в углах профиля. Его сечению можно придать сколь угодно сложную форму. Его можно окрасить во все цвета радуги. Наконец, он пожаробезопасен и относительно дешёв. Но этот вид уплотнителя имеет ряд больших минусов: плохо переносит перепады температур, на морозе становится хрупким, а в жару слишком мягким (проблемы могут возникнуть начиная с температур -20 и ниже или +35-40 °С и выше); низкая стойкость к ультрафиолетовому излучению; быстро изнашивается и имеет плохую эластичность (плохо возвращается к первоначальной форме после механического воздействия).

ЭПДМ – этиленпропиленовый каучук (англ. *EPDM: Ethylene Propylene Diene Monomer*). Самый популярный вид уплотнителя для пластиковых окон. Не меняет свойства при температурах от -60 до +120 °С, стоек к циклам механических нагрузок, не боится ни ультрафиолета, ни атмосферных осадков.

Что касается силиконового уплотнителя, то этот материал характеризуется высокой стойкостью к перепадам температур и влаге. Практически не подвергается процессам старения под воздействием ультрафиолетового излучения и агрессивных веществ. Однако стоимость этого вида уплотнителя достаточно высока. Именно поэтому редко применяется в остеклении. К тому же имеет низкую стойкость к механическому воздействию, в этом силиконовый уплотнитель проигрывает EPDM.

И, наконец, нельзя забывать о самой обыкновенной резине. То есть – о вулканизированном каучуке. У него – все преимущества и недостатки натурального материала. Обеспечивает хорошую герметизацию, но может «поддаться» атмосферно-климатическим факторам. Например, растрескаться при резких и частых скачках температур.

Проанализировав все достоинства и недостатки большого количества уплотнителей, для капитального существующего оконного блока в УК-2 был выбран уплотнитель D белый 100м CYCLONE. Выбранный уплотнитель состоит из мелкопористой резины, предназначен для уплотнения окон и дверей. Выделяется стабильным качеством и отличным прилипанием. Влаго- и ветронепроницаемый. Устойчивость к колебаниям температуры: от -40 °С до +60 °С. Размер профиля: 9 мм х (7,5-8) мм. Размер уплотняемой щели: (3,0 -7,0) мм. Термоустойчивость: -40 °С до +65 °С. Водопроницаемость: < 3%. Условия хранения: в температуре от +5 °С до +25 °С. Макс. влажность – до 70%.

Таблица 1

**Количество расходных материалов  
для капитального ремонта оконного блока**

Необходимая длина уплотнителя, м	Длина уплотнителя в бобине, м	Необходимое количество бобин, шт.	Цена бобины, руб.	Стоимость уплотнителя для одного окна, руб.	Итоговая стоимость уплотнителя для 75 окон, руб.
3500	100	35	920	430	32 200

Стеклопакет – это самая главная, и вместе с тем самая хрупкая часть окна. Он может разбиться или просто поцарапаться. Кроме этого, стеклопакет иногда перестает выполнять свои функции, по каким-либо причинам. Для устранения всех перечисленных проблем придется заменить поврежденный стеклопакет. Наиболее популярными видами стеклопакетов являются однокамерные и двухкамерные (рис. 3).

Толщина однокамерных стеклопакетов составляет примерно 24 мм. Они имеют низкий коэффициент сопротивления теплопередаче. Уже при – 8 °С на них образовывается конденсат. Уровень звукоизоляции также оставляет желать лучшего. Их единственное преимущество по сравнению с двухкамерными стеклопакетами – это сравнительно низкая цена. Основная область применения однокамерных стеклопакетов – административные учреждения, балконы, лоджии.

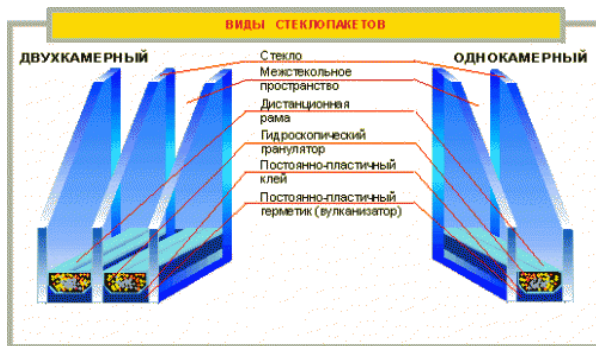


Рис. 3 Виды стеклопакетов

Оконный блок, в нашем случае, состоит из двух окон: большого и малого. Большое окно имеет длину 1430 мм и ширину 1130 мм. Малое окно имеет длину 1430 мм и ширину 450 мм. Стоимость однокамерного стеклопакета при толщине стекла 28 мм составляет 776 руб. за 1 м<sup>2</sup>. На основе полученных данных количество материала и стоимость затрат приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Количество расходных материалов  
для капитального ремонта оконного блока**

Стоимость однокамерного стеклопакета за 1 м <sup>2</sup> , руб.	Стоимость стеклопакета для большого окна, руб.	Стоимость стеклопакета для малого окна, руб.	Общая стоимость стеклопакета для оконного блока, руб.	Итоговая стоимость стеклопакета для 75 оконных блоков, руб.
776	1 254	500	1 754	131 550

На основе проведенного анализа для капитального ремонта оконного блока в УК-2 предлагается использовать уплотнитель D белый 100м CYCLONE, стоимость материалов для 75 окон составит 32 200 рублей. В соответствии с современными требованиями энергосбережения предлагается вариант перехода от существующего однокамерного стеклопакета к трехкамерному варианту. Итоговая стоимость материалов для осуществления данного перехода для 75 окон составит 131 550 рублей. В итоге полностью капитальный ремонт оконных блоков в УК-2 обойдется в 163 750 рублей без учета стоимости работ мастера. Стои-

мость реконструкции за 1 м<sup>2</sup> составит 912 рублей (цена за 1 м<sup>2</sup> уплотнителя + цена за 1 м<sup>2</sup> стеклопакета), в то время как примерная стоимость пластиковых окон за 1 м<sup>2</sup> – 3150 рублей. При применении данного предложения, мы сокращаем расходы в 3 раза.

### **Библиографический список**

1. Кожевников В.П. Комфорт своими руками: разработки ученых ВУЗА воплощены в жизнь / Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 88-93.
2. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. Ограждающие конструкции и микроклимат зданий. М.: Высш. школа, 1974. 319 с.
3. Данилов О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях // Электронный курс. М.: Московский энергетический институт (Технический университет), 2010. 188 с.
4. Шарапов О.Н., Шугаева М.А., Долженков Д.Ю. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в образовательных учреждениях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 43-45.

## **ЭНЕРГИЯ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ**

студент **Коверина А.Ю.**,  
канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Энергия – источник активности человека. Способность изменять материю действительной реальности полезным для организма образом. Современный человек, живущий в промышленных государствах, потребляет внешнюю энергию, темпами 1700 Дж/сек. Это в 10 раз больше, чем потребляет организм. В странах с развитой промышленностью отношение больше в 50 раз. Рассмотрим некоторые источники получения энергии и их воздействие на планету Земля.

Главный источник энергии – Солнце. Энергия Солнца – это энергия базовых частиц космоса, гравитон, отнятая у них материей Солнца и переданная частицам-фотонам. Фотоны излучаются Солнцем во все стороны. Часть их попадает на Землю. Энергия фотон переходит в тепловую энергию вещества, кинетическую энергию ветра, потенциальную энергию воды, химическую энергию растений. Величина энергии Солнца, попадающая на Землю, имеет предел –  $112,3 \times 10^{15}$  Дж/сек. Человек может использовать энергию фотон, преобразовав её в электрическую, тепловую или химическую.

Солнце излучает огромное количество энергии – приблизительно  $1,1 \times 10^{20}$  кВт·ч в секунду. Киловатт-час – это количество энергии, необходимое для работы лампочки накаливания мощностью 100 ватт в течение 10 часов. Внешние слои атмосферы Земли перехватывают приблизительно одну миллионную часть энергии, излучаемой Солнцем, или приблизительно 1500 квадрильонов ( $1,5 \times 10^{18}$ ) кВт·ч ежегодно. Однако из-за отражения, рассеивания и поглощения ее атмосферными газами и аэрозолями только 47% всей энергии, или приблизительно 700 квадрильонов ( $7 \times 10^{17}$ ) кВт·ч, достигает поверхности Земли.

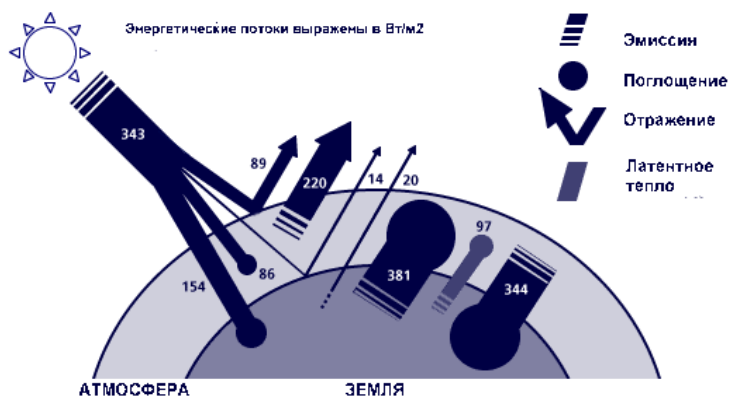


Рис. 1. Энергия Солнца

Некоторые эксперты считают, что такая некоммерческая энергия составляет одну пятую часть всей используемой энергии. Но даже если это так, то общая энергия, потребляемая человечеством в течение года, составляет только приблизительно одну семитысячную часть солнечной энергии, попадающей на поверхность Земли в тот же период.

Второй источник энергии – собственное тепло Земли. Её величина  $0,2 \times 10^{15}$  Дж/сек. Использовать эту энергию человек может с помощью геотермальных станций. Пробурив скважины глубиной несколько километров и прокачивая через них воду. Нагретой водой можно отапливать помещения в холодное время года. Поступая так в промышленных масштабах, человек будет остужать недра Земли темпами больше естественных, неравномерно.

Эта энергия не приведёт к изменению климата на Земле, но может привести к изменениям в геологических свойствах планеты. Стать при-

чиной неожиданных феноменов в форме неравномерности движения тектонических плит (землетрясения), со всеми негативными последствиями для среды обитания человека.

Третий источник энергии – ветер. Энергия ветра, являясь производной энергии Солнца, образуется за счет неравномерного нагревания поверхности Земли. Каждый час Земля получает 100 000 000 000 000 кВт·ч энергии Солнца. Около 1-2 % солнечной энергии преобразуется в энергию ветра. Этот показатель в 50-100 раз превышает количество энергии, преобразованной в биомассу всеми растениями Земли.

На протяжении нескольких тысячелетий человечество использует энергию ветра. Ветер надувал паруса кораблей, заставлял работать ветряные мельницы. Кинетическая энергия ветра всегда была и остается доступной практически во всех уголках Земли. Энергия ветра привлекательна и с точки зрения экологии: при ее использовании нет выбросов в атмосферу, нет опасных радиоактивных отходов.

Ветер, как первичный источник энергии, ничего не стоит. К тому же, этот источник энергии может использоваться децентрализованно. Нет необходимости в создании таких инфраструктур как, например, при производстве и передаче электроэнергии, выработанной за счет сжигания нефти или природного газа.

Четвертый источник энергии – вода. Энергия воды – один из первых источников энергии, который люди научились использовать в своих целях.

Так принцип работы первых речных мельниц прост и в то же время гениален: движущийся поток воды вращает колесо, преобразуя кинетическую энергию воды в механическую работу колеса. По сути, все современные гидроэлектростанции работают аналогично, только с одним важным дополнением: далее механическая энергия колеса преобразуется в электрическую. В России на ГЭС вырабатывается почти 16% всей энергии. В настоящее время на территории страны работают 102 гидроэлектростанции мощностью свыше 100 МВт. Развитые страны уже практически полностью использовали свой гидропотенциал.

Пятый источник энергии – водород. Водородная энергетика обладает огромным потенциалом и на это есть множество причин. Запасы водорода неисчерпаемы, легкодоступны и возобновляемы, что устраняет затраты на поиск и разработку месторождений, а также на восполнение заменителями изъятых объемов при подземных разработках и на использование или восстановление отработанных пород.

Теплота сгорания водорода наиболее высока, энергоотдача водорода при соединении с кислородом составляет 120,7 ГДж на тонну. Эф-



фективность сгорания, в частности в двигателе внутреннего сгорания, у водорода на 30-40 % выше, чем у используемых сейчас углеводородов (производные нефти, природный газ). Водород в топливных элементах при использовании на транспорте имеет эффективность на 100-200 % выше, чем бензин. Применение в двигателях внутреннего сгорания благодаря уникальным свойствам водорода, дает возможность повысить по сравнению с бензиновыми двигателями КПД двигателя на 50-70 %.

Еще один источник энергии – атомная энергетика, она отличается от других видов энергии, прежде всего, своей концентрацией: при делении 1 г ядер урана выделяется энергия  $8 \cdot 10^{10}$  Дж – примерно в три миллиона раз больше, чем при сгорании 1 г угля ( $3 \cdot 10^4$  Дж). А это главное условие успешной реализации термодинамических процессов с выделением тепла и выполнением работы. Кроме того, запасы энергии в ядерном топливе (уран и торий) в миллионы раз превышают запасы энергии в органическом топливе. Наконец, ядерная энергетика не загрязняет биосферу Земли выбросами окислов азота, углекислого и сернистого газов.

Трудности в обеспечении человечества энергией, могут привести к нарушению поступательного развития цивилизации. Как быть дальше? Прекратить развитие. Ограничить численность населения планеты, снизить темпы эволюции? Или искать новые способы удовлетворения потребностей в энергии. Нет сомнений в том, что необходимы новые источники энергии, они есть, их надо научиться использовать. Сделать это может только всё человеческое сообщество, объединив интеллектуальные и физические усилия для решения поставленной историческим процессом задачи.

### **Библиографический список**

1. Кожевников В.П. Комфорт своими руками: разработки ученых ВУЗА воплощены в жизнь / Высшее образование в России. – 2014. – №3. – С. 88-93.
2. Коверина А.Ю., Кретова М.А. Перспективы развития геотермальной энергетики в России [Электронный ресурс] / VIII Межд. молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016.
3. Коверина А.Ю. Энергия волн как альтернативный источник энергии [Электронный ресурс] // VIII Межд. молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016.
4. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.

## **ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИНОБРНАУКИ РФ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**,

магистрант **Вайсера С.С.**

инженер **Огнев М.Н.**

*Белгородский государственный технологический  
университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород*

Руководством страны поставлена глобальная задача к 2020 году, повысить энергоэффективность экономики на 40% и, соответственно, снизить на 40% неэффективные энергозатраты – как прямые потери электроэнергии, так и те, что связаны с использованием устаревших технологий и халатным отношением к энергосбережению [1]. Решение данной задачи предполагает вовлеченность и высокую заинтересованность в совместной работе представителей всех уровней власти, бизнеса, научного и экспертного сообщества. Министерство образования и науки РФ активно участвует в процессах формирования в России энергоэффективного общества. Среди конкретных мер, осуществляемых подведомственными учреждениями уже сегодня, можно выделить внедрение передовых энергосберегающих технологий, проведение качественного энергоаудита, реализацию автоматизированной системы управления энергосбережением (АСУЭ), подготовку и назначение ответственных за энергосбережение и формирование бережливого отношения общества к энергоресурсам. Ежегодное потребление энергоресурсов в учреждениях, подведомственных Минобрнауки, составляет около 17 миллиардов рублей [2].

С целью оптимизации затрат на оплату энергоресурсов Минобрнауки России реализует приоритетные направления деятельности в области повышения энергоэффективности и энергосбережения:

- 1) системное осуществление проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в подведомственных организациях;
- 2) учет требований энергетической эффективности при проведении капитальных и текущих ремонтов;
- 3) содействие в активном использовании механизмов финансирования энергосберегающих проектов за счет внебюджетных источников;
- 4) разработка и внедрение механизмов мотивации и стимулирования выполнения требований энергоэффективности.

Немного слов о каждом направлении.

### **1. Системное осуществление проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в подведомственных организациях**

На этот счет существует достаточно сильная правовая база для осуществления мероприятий в подведомственных организациях:

Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» и отраслевой стандарт энергоменеджмента в соответствии с ГОСТ ИСО 50001:2012. Разработка и апробация системы сертификации систем энергетического менеджмента в подведомственных Минобрнауки России организациях.

Создана система добровольной сертификации систем энергетического менеджмента на базе Московского Политехнического Университета.

На настоящий момент:

– 11 ВУЗов внедряют у себя систему энергетического менеджмента;

– 3 проходят предсертификационный аудит.

Планируется внедрение системы энергетического менеджмента во всех крупных организациях, подведомственных Минобрнауки России.

Также особое внимание в данном направлении уделяется и управлению закупочной деятельностью:

Организация должна обеспечить закупку только энергетически эффективных услуг, товаров, оборудования, и в этих целях:

– информировать поставщиков о своих требованиях;

– утвердить порядок и критерии принятия решений о закупке конкретного вида услуг, товаров, оборудования;

– определить в документации на закупку спецификацию на покупаемые товары, услуги, оборудование, например:

а) класс энергоэффективности;

б) качество/гарантийный срок службы;

в) требований по утилизации

г) воздействие на окружающую среду

д) использование возобновляемых источников энергии на производстве и т.д.

**2. Учет требований энергетической эффективности при проведении капитальных и текущих ремонтов.** Другим словом «Энергоэффективный капитальный ремонт». Внедрение подсистемы АСУЭ анализа инвестиций в капитальный ремонт, модернизации и реконструкции зданий.

Оценка эффективности и мониторинг, также в подсистеме АСУЭ (снимок из разрабатываемой подсистемы АСУЭ, рис.1).



Рис.1 Оценка эффективности при проведении капремонта

### 3. Содействие в активном использовании механизмов финансирования энергосберегающих проектов за счет внебюджетных источников. Энергосервис. Заключение энергосервисных контрактов

Сопровождение реализации контрактов – на это будет также делать упор в ближайшие 5 лет.

Одним из реальных уже сделанных шагов, это внедрение подсистемы АСУЭ для энергосервисных заявок (рис. 2).

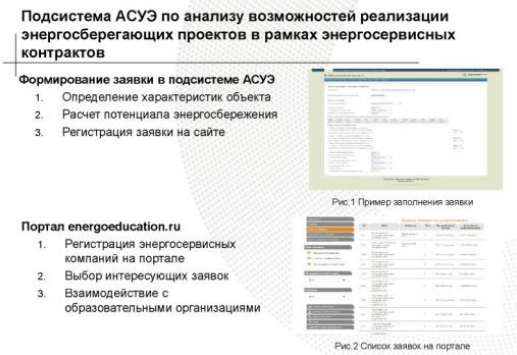


Рис.2. Подсистемы АСУЭ для энергосервисных заявок

#### **4. Разработка и внедрение механизмов мотивации и стимулирования выполнения требований энергоэффективности**

Помимо проведение обучения среди сотрудников подведомственных учреждений, на настоящее время уже сложились традиционные ежегодные мероприятия, на которые с каждым годом приходит все большее количество участников. Такие мероприятия, как:

- организация международного конкурса на лучший проект в сфере энергосбережения и энергоэффективности среди студентов и аспирантов;

- организация Ежегодного энергетического форума Минобрнауки «Стандарты энергоэффективности: организации образования и науки»;

- организация Всероссийской конференции «Энергоэффективность. Наука и образование»;

- организация ежегодного энергетического форума Минобрнауки России;

- издание научного журнала «Вестник энергоэффективности Минобрнауки России»;

- участие во Всероссийском фестивале энергосбережения «Вместе ярче».

БГТУ им. В.Г. Шухова может также стать примером успешных практик [3, 5]. Так, во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 01.12.2009 №1830-р «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в РФ, направленных на реализацию № 261-ФЗ «Об энергосбережении.....» в соответствии с письмом Заместителя Председателя Правительства Белгородской области от 09.07.2010 г. № 7-95/2412, а так же в целях сопровождения реализации Долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергоэффективности» Белгородской области на период до 2020 года», в соответствии с Уставом БГТУ им. В.Г. Шухова согласно приказу ректора от 12 ноября 2010 г. № 4/309 в университете создан Региональный центр подготовки энергоаудиторов и повышения энергоэффективности (РЦ ПЭиЭ). РЦ ПЭиЭ БГТУ им. В.Г. Шухова проводит обучение по 7 учебным программам. За время существования центра обучение прошли больше тысячи человек.

В декабре 2014 года приказом ректора создана комиссия БГТУ им. В.Г. Шухова по контролю соблюдения энергосбережения и повышения энергетической эффективности на территории, закрепленной за университетом. Комиссия осуществляет совокупность проводимых мероприятий по контролю эффективности управления потреблением ТЭР в ВУЗе.

В ближайшее время начнется разработка проекта «Зимний сад БГТУ им. В.Г. Шухова», который будет использовать тепло отходящих газов, которые вырабатываются при приготовлении пищи в комбинате питания. Под данный проект получен патент [4]. Также в настоящее время ведутся переговоры по заключению энергосервисных контрактов между ВУЗом и представителями компании ООО «Данфосс», мировому производителю энергосберегающего теплового оборудования.

### **Библиографический список**

1. Россия повысит энергоэффективность экономики почти вдвое к 2025 году [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rg.ru/2015/11/20/energoemkost.html>.
2. Анализ инвестиций в проведение капитального ремонта имущественных комплексов Минобрнауки России в части повышения энергетической эффективности и энергосбережения / Вестник Энергоэффективности Минобрнауки России №2 (02). 2015. С. 2-9.
3. Кожевников В.П. Комфорт своими руками: разработки ученых вуза воплощены в жизнь // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 88-93.
4. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Кожевников В.П., Коняхин А.В. Энергосберегающий зимний сад. Патент на изобретение RUS 2427688 05.04.2010.
5. Кожевников В.П., Токач Ю.Е., Огнев М.Н. Современные решения по переработке твердых бытовых отходов в БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 172-174.

## **МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ КОРРОЗИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**  
инженер **Попков А.С.**

*Белгородский государственный технологический  
университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород*

### **Введение**

Отказы и аварии (в том числе с катастрофическими последствиями) теплоэнергетических систем чаще всего бывают вызваны неконтролируемым развитием коррозионных процессов. Аварии в свою очередь страшны не только отключением потребителей и переохлаждением жителей, но и риском сильнейших ожогов, так в Тюмени от ожогов погибла десятилетняя девочка, пострадавшая при порыве тепловых сетей. Похожий случай произошел так же в Тюмени, во время аварии в яму с кипятком провалился мужчина и был госпитализирован с 45 % ожогом

тела. В настоящее время требуется замена около 29 тыс. км трубопроводов тепловых сетей по России, которые находятся в аварийном состоянии. Срок службы теплотрасс в 4-6 раз ниже нормативного, так как коррозия труб составляет от 10 до 15 %, потери тепловой энергии составляют 30%, что эквивалентно до 80 миллионов тонн топлива условного в год. Статистические данные по России показали, что в среднем в год от утечек и неучтенных расходов в системах водоснабжения потери составляют от 15 до 20%, а это от 3 до 4 млрд. м<sup>3</sup> всей подачи воды в год. В некоторых городах России потери воды от утечек составляют до 40%. Теплопотери во внешних тепловых сетях в большинстве случаев превышают  $\Delta Q_{т.с} = 20\%$  (в отдельных случаях они достигают 50 %)[1]. По этим причинам контроль внутренней коррозии трубопроводов является одной из наиболее острых проблем.

Внутренняя коррозия приводит к образованию на стенках трубопроводов слоев железистых отложений, которые увеличивают гидравлическое сопротивление трубопроводов, в результате чего, чтобы поддерживать необходимый гидравлический режим в системе теплоснабжения, эксплуатационный персонал вынужден увеличивать перепад давления между подающим и обратным трубопроводами, что приводит к увеличению давления в подающем трубопроводе. Из-за повышенного давления в трубопроводах вероятность появления свищей возрастает, а надежность транспортировки тепловых сетей снижается. Циркулирующие в системе продукты коррозии, попадая в домовые системы, накапливаются в отопительных приборах и уменьшают обогрев помещений. Обслуживающий персонал жилищных служб, чтобы увеличить циркуляцию и сьем тепла, особенно в периоды низких температур наружного воздуха, ставит стояки домовых систем на слив в канализацию. Такие действия не только ухудшают режимы работы системы отопления в целом, но и увеличивают количество используемой подпиточной воды, а, следовательно, способствуют попаданию дополнительного кислорода и увеличению внутренней коррозии трубопроводов.

### **Основная часть**

Внутренняя коррозия теплопроводов вызывается, прежде всего, наличием кислорода в теплоносителе. Кислород в подпиточную воду может попадать несколькими путями:

- при плохой работе деаэрационных установок;
- через подсосы охлаждающей воды в охладителях деаэрированной воды;
- через сальниковые уплотнения на всасывающей линии подпиточных насосов;

- при аэрации в аккумуляторных баках;
- через подсосы системы отопления и горячего водоснабжения.

В соответствии с "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации" (РД 34.20.501-95, п. 4.12.27) "на водяных тепловых сетях должен быть организован систематический контроль за внутренней коррозией трубопроводов путем анализов сетевой воды и конденсата, а также по индикаторам внутренней коррозии, устанавливаемым в наиболее характерных точках (на выводах ТЭЦ, концевых участках, в двух-трех промежуточных узлах магистрали)". Стоит подметить, что для получения объективных данных о скорости коррозии необходимо устанавливать индикаторы коррозии не только в период работы систем, но и в период когда системы не работают (примером служит тепловая сеть вне отопительного сезона) для определения стояночной коррозии. Во избежание стояночной коррозии сеть всегда нужно держать под давлением и без наличия воздуха либо полностью слитой и высушенной.

#### **Известные конструкции индикаторов внутренней коррозии и их недостатки**

Конструкция простейшего индикатора коррозии выпускаемого Инженерно-химической лабораторией УдГУ под маркой ИК-30, приведена на рис. 1.

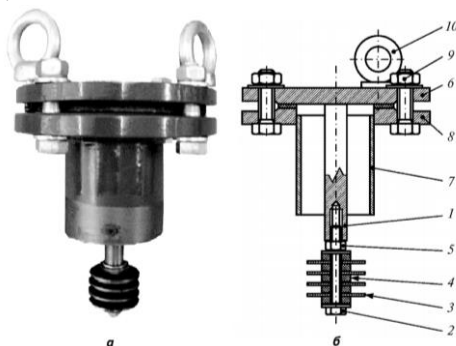


Рис. 1. Простейший индикатор коррозии ИК-30:

а - внешний вид; б - схема устройства;

- 1 - шток; 2 - болт; 3 - образцы-свидетели; 4 - изоляционные шайбы; 5 - гайка; 6 - крышка; 7 - корпус; 8 - фланец; 9 - болты; 10 - рым-болты

Индикатор состоит из крышки б, присоединенной к фланцу 8 корпуса 7 болтами 9. К крышке прикреплен шток 1, на котором болтом 2,



изоляционными шайбами 4 и гайкой 5 закреплены образцы-свидетели 3. Для облегчения демонтажа крышки она снабжена рым-болтами 10. Корпус индикатора врезают в трубопровод. Принцип действия индикатора коррозии ИК-30 основан на том, что при движении потока воды-теплоносителя она омывает образцы свидетели, установленные в специальной сборке на штоке-держателе, закреплённом на съёмном фланце-крышке. Снимая фланец-крышку, можно извлечь образцы свидетели. После этого, измеряя массу образцов свидетелей, можно определить усреднённую скорость коррозии металла образцов свидетелей в воде-теплоносителе, а проведя металлографические исследования и рентгеновский микроанализ металла, выявить характер коррозионных процессов и разработать мероприятия по защите тепловых сетей от внутренней коррозии либо дать оценку эффективности таких мероприятий.

Основной недостаток индикатора – невозможность установки и изъятия образцов-свидетелей в процессе эксплуатации трубопровода, поскольку при этом давление внутри трубопровода отличается от атмосферного. На практике теплоэнергетические установки эксплуатируются либо сезонно, либо непрерывно за исключением коротких остановок на планово-предупредительный ремонт. Такая периодичность контроля внутренней коррозии являются недостаточной для обоснованных выводов и своевременного проведения антикоррозионных мероприятий. Следовательно, систематический контроль скорости коррозии трубопровода при использовании индикаторов коррозии описанной конструкции невозможен.

Более удобной с практической точки зрения является конструкция индикатора коррозии ИК-31, также выпускаемого Инженерно-химической лабораторией УдГУ, показанная на рис. 2.

Индикатор состоит из трубчатого корпуса 4, имеющего крышки 6 на фланцах 5, закрепленные болтами 7. Одна из крышек выполнена съёмной и закреплена барашковыми гайками 8, к ней прикреплен шток 3. На штоке посредством изоляционных шайб 2 размещены образцы-свидетели 1. К корпусу посредством запорной арматуры 9 присоединены патрубки 10, врезаемые в трубопровод, причем один из патрубков имеет раструб 11. Сечение раструба выбрано так, что бы скорость потока воды в корпусе индикатора была близка к скорости потока в периферийной зоне трубопровода (приблизительно 1/3-1/4 от максимальной скорости, достигаемой в центре трубопровода). Поток воды омывает образцы-свидетели (в форме цилиндра), которые установлены на центральном штоке. Гидродинамические условия обтекания образцов-свидетелей в данной конструкции значительно ближе к тем, в которых

находится внутренняя стенка трубопровода. Кроме того, благодаря наличию запорной арматуры, образцы-свидетели можно устанавливать и извлекать в любое время, что позволяет вести систематический контроль скорости внутренней коррозии трубопроводов.

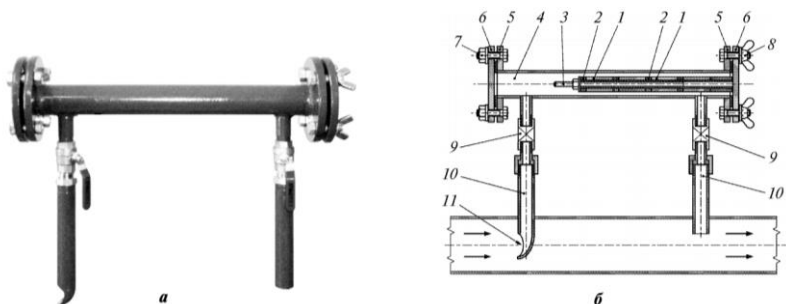


Рис. 2. Индикатор коррозии ИК-31, разработанный и выпускаемый Инженерно-химической лабораторией УдГУ: а - внешний вид, б - схема устройства;  
 1 - образцы-свидетели; 2 - изоляционные шайбы; 3 - шток; 4 - корпус; 5 - фланец; 6 - крышка; 7 - болты; 8 - барашковые гайки; 9 - запорная арматура; 10 - патрубки; 11 – раструб

Общим недостатком известных конструкций индикаторов коррозии является завоздушивание и загазовывание – скопление в индикаторе воздуха или иных газов. После заполнения трубопроводов водой и по мере ее нагревания воздух выделяется из воды и скапливается в застойных зонах, возникающих в местах врезки вспомогательного оборудования, в том числе и индикаторов коррозии. Все это изменяет характер коррозионных процессов внутри контейнера, вследствие чего результаты измерений не соответствуют объективной оценке процесса внутренней коррозии трубопровода.

Задача предотвращения завоздушивания индикатора коррозии при произвольном пространственном положении его корпуса решается снабжением индикаторов внутренней коррозии ручными или автоматическими клапанами для удаления воздуха и газов.

Таким образом решена проблема воздухоудаления в конструкции индикатора ИК-31М, который присоединяется к трубопроводу посредством патрубков с запорной арматурой. Внешний вид индикатора коррозии ИК-31М показан на рис. 3, на котором видны клапан для удаления воздуха и отверстие для крепежных болтов, выполненных по контуру, включающему участки двух концентрических дуг, центр которых

совпадает с центром крышки. Это обеспечивает возможность ориентации крышки таким образом, что бы клапан находился в верхней точке корпуса индикатора и обеспечивал полное удаление воздуха и газов.

### **Заключение**

Для уменьшения агрессивности сетевой воды, понижения уровня концентрации железа в ней и уменьшения повреждаемости трубопроводов теплосети рекомендуются следующие мероприятия:

1. Поддержание концентрации кислорода в подпиточной воде не более 50 мкг/кг в соответствии с нормами ПТЭ.
2. Предотвращение кратковременных повышений концентрации кислорода в подпиточной воде, превышающих установленную норму.
3. Уменьшение присосов недеаэрированной воды (закрытые системы), исключение подачи ее на теплоисточнике.
4. Предотвращение завоздушивания обратных магистралей.
5. Предотвращение аэрации воды в баках-аккумуляторах (с помощью применения герметиков АГ-4 и АГ-4И или шариков вспенивающегося полистирола ПСП, ПСВ-С для закрытых систем и ПСВ-П – для открытых).
6. Снижение концентрации кислорода в подпиточной воде до значений, значительно меньше установленной нормы, например, 20 мкг/кг.
7. Повышение рН сетевой воды (до 9,0 – для открытых, до 10,5 – для закрытых систем).
8. Применение ингибиторов коррозии для систем закрытого и открытого типов.

### **Выводы**

Применение индикаторов коррозии даст возможность отслеживания увеличенной скорости коррозии и в дальнейшем определяться с методами уменьшения скорости внутренней коррозии. Уменьшение скорости коррозии даст следующие результаты:

- Продление срока службы трубопроводов.
- Снижение аварийности трубопроводов.
- Снижение потерь с утечками.
- Предотвращение увеличения гидравлического сопротивления.

### **Библиографический список**

1. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В. Повышение эффективности систем теплоснабжения потребителей различного назначения [Электронный ресурс] // Экология и промышленность России. 2007. №7. С. 12-13. <http://elibrary.ru/item.asp?id=17842167>.
2. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети. М.: ГП ЦПП, 1994. 128 с.

3. РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: «Омега-Л», 2006. 256 с.
4. ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М.: ПИО ОБТ, 2003. 192 с.
5. Чаусов Ф. Ф., Баранова Е. Е. Патент РФ на полезную модель № 94309, МПК F17D 3/00 опубл. 20.05.2010 г. Индикатор коррозии для мониторинга действующего трубопровода/
6. РД 153-34.1-17.465-00. Методические указания по оценке интенсивности процессов внутренней коррозии в тепловых сетях. М.: ВТИ, 2001. 12 с.
7. Кутычкин К.Б., Прозоров В.В., Павленко В.И., Слепоконь Ю.И. Влияние способа обработки на защитные свойства оксидных покрытий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 152-153.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**  
аспирант **Ширриме К.Ж.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

На сегодняшний день, существует ряд негативных аспектов влияния промышленности на экологическую ситуацию в области, регионе и в государстве в целом, поэтому и не зря Президент Российской Федерации объявил 2017 год годом экологии.

Развитие теплоэнергетики оказывает негативное воздействие на различные компоненты природной среды: на атмосферу (потребление кислорода воздуха (O<sub>2</sub>), выбросы газов, паров, твёрдых частиц), на гидросферу (потребление воды, переброска стоков, создание новых водохранилищ, сбросы загрязнённых и нагретых вод, жидких отходов), на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение водного баланса, изменение ландшафта, выбросы на поверхности и в недра твёрдых, жидких и газообразных токсичных веществ). В настоящее время это воздействие приобретает глобальный характер, затрагивая все структурные компоненты нашей планеты.

При более тщательном анализе текущей ситуации наблюдается возрастающая актуальность вопросов экологического мониторинга и экологической безопасности при производстве тепловой и электрической энергии.

Для данного вида установок характерны несколько аспектов влияния на окружающую среду, такие как вибрация, шум, вредные выбросы. Наиболее радикально влияющим фактором газотурбинных установок (ГТУ) является шумовое воздействие.

Уровень шума промышленных объектов обусловлен, как правило, совместным шумовым воздействием нескольких источников, расположенных на территории промышленного объекта, технологического оборудования, компрессорных станций, гидравлических установок, дробилок, вентиляционных установок, обслуживающего транспорта и др. Одним из таких промышленных источников шумового воздействия являются газотурбинные электростанции и мобильные газотурбинные установки, используемые в качестве источников электро- и теплоснабжения в районах массовой жилой застройки, необеспеченных подключением к централизованным энергетическим установкам.

При работе одной ГТУ-100 уровень звука превышает допустимые нормы на 15-17 дБА, а ГТУ-150 до 23 дБА на расстоянии 300-400 м при полном шумоглушении других путей распространения шума. Основными источниками шума от ГТУ являются всасывающий патрубок осевого компрессора, корпус газотурбинного агрегата, шахта выхлопа газотурбинного агрегата. Для борьбы с ними применяют различные методы глушения, например для уменьшения шума от осевого компрессора приходится настраивать работу ГТУ на такой режим, при котором компрессор издает более тихий и менее монотонный звук. Для уменьшения же общего шума корпус газотурбинного агрегата накрывают защитным кожухом. Но все же основную звуковую волну с собой несет шахта выхлопа ГТУ. Для решения этой проблемы необходимо проводить ряд защитных мер, в частности использование шумоподавляющего оборудования – глушителей. Выбор конструкции глушителя определяется необходимым его объемом, допускаемым гидравлическим сопротивлением и требуемым снижением шума [1].

Основными источниками загрязнения атмосферы являются:

- работающие ГТУ – источники загрязнения атмосферы продуктами сгорания топливного газа – оксидами азота и углерода (место выброса и удаления газов – дымовые трубы);
- ГТУ при пуске и останове – источники загрязнения атмосферы метаном, сероводородом при продувке и стравливании газа (место выброса – свечи);
- системы очистки, сепарации и охлаждения газа – источники загрязнения атмосферы метаном, сероводородом и при продувке и стравливании газа (место выброса – свечи);

- система маслоснабжения – источник загрязнения атмосферы парами масла минерального от не плотностей оборудования и резервуаров при приеме, хранении и отпуске масла (источники выброса – трубы вентиляции, дыхательные патрубки резервуаров);

- источники резервного электроснабжения (аккумуляторы, газомоторные, газотурбинные и дизельные генераторы) – источники загрязнения парами серной кислоты и продуктами сгорания газообразного и дизельного топлива (место выброса серной кислоты – трубы вентиляции, источники выбросов продуктов сгорания топлива – выхлопные трубы);

- емкости сбора конденсата – источники загрязнения атмосферы парами углеводородов;

- котлоагрегаты котельных – источники загрязнения атмосферы продуктами сгорания топливного газа – оксидов азота и углерода (место выброса – дымовые трубы);

- технологическое оборудование автозаправочных станций (АЗС) – источник загрязнения атмосферы парами нефтетоплива при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов (источники выброса – патрубки топливных баков автомобилей и дыхательные клапаны топливных резервуаров);

- двигатели внутреннего сгорания автотранспорта при маневрировании, въезде и выезде из боксов и автостоянок – источники загрязнения атмосферы выхлопными газами.

Работа установок сопровождается выбросом в атмосферу порядка 20 наименований загрязняющих веществ, в том числе веществ, обладающих эффектом суммации – 4 группы. При работе в штатном режиме наибольшее воздействие на качество воздуха оказывают выбросы ГТУ. На выбросы ГТУ приходится по объему около 98-99 % всех валовых выбросов в атмосферу от стационарных источников.

При залповых выбросах, сопровождающих, как правило, ремонтно-профилактические работы на линейной части или процессы пуска-останова агрегатов, в выбросах резко преобладает метан.

Концентрация загрязняющих веществ в приземном воздухе на границе санитарной защитной зоны (СЗЗ) зависит от величины выбросов ГТУ. Поэтому выбросы газоперекачивающих агрегатов являются объектами постоянного контроля.

Как показали результаты замеров концентраций загрязняющих веществ на источниках выбросов, в отходящих газах ГТУ основная роль принадлежит оксиду углерода и оксидам азота. Концентрации диоксида серы и углеводородов в продуктах сгорания ничтожны, не способные не

только хоть в какой-то мере повлиять на качество приземного воздуха на границе СЗЗ, но и зачастую находящиеся ниже чувствительности используемых при их определении приборов.

Концентрации основных загрязнителей атмосферного воздуха – оксидов азота и углерода – в значительной степени зависят от режимов сгорания топливного газа и технического состояния газотурбинных установок.

В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на опасные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа-400 млн. доз, магния -1,5 млн. доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется только потому, что они попадают в организмы постепенно в незначительных количествах через воздух, воду, почву и другие звенья экосистемы (рис.1).



Рис.1. Экосистема озер в Италии

### **Воздействие тепловых электрических станций на окружающую среду**

Вместе с тем влияние энергетики на среду и ее обитателей в большей мере зависит от вида используемых энергоносителей. Наиболее чистым топливом является природный газ, далее следуют: мазут, каменные угли, бурые угли, сланцы и торф. Несмотря на то, что в настоящее время значительная доля электроэнергии производится за счет относительно чистых видов топлива (газ, нефть), в последнее время отмечается устойчивая тенденция уменьшения их доли. По имеющимся прогнозам эти энергоносители потеряют свое ведущее значение уже в первой четверти XXI столетия.

Наибольшие выбросы вредных веществ имеют место у крупных конденсационных электростанций, расположенных, как правило, в относительно малонаселённых местностях с ограниченным количеством других источников загрязнения атмосферы (заводов, фабрик и т.д.). Эти

электростанции, имея громадные мощности, потребляют наименее ценные сорта топлива, являются источниками огромных выбросов золы, сернистого газа и окислов азота.

В нашей стране преимущественное применение получило комбинированное тепло и использование электроэнергии для энергообеспечения городов от ТЭЦ. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла позволяет существенно сократить расход топлива на энергоснабжение, обеспечить наиболее совершенные способы сжигания, очистки и выброса дымовых газов в высокие слои атмосферы, что недостижимо при наличии многочисленных котельных и бытовых печей.

Вместе с тем энергоснабжение от ТЭЦ увеличивает количество топлива, сжигаемого в зоне расположения города, и требует специальных мероприятий по снижению концентраций вредных веществ в дымовых газах с учётом фоновой загазованности от других источников (рис. 2).

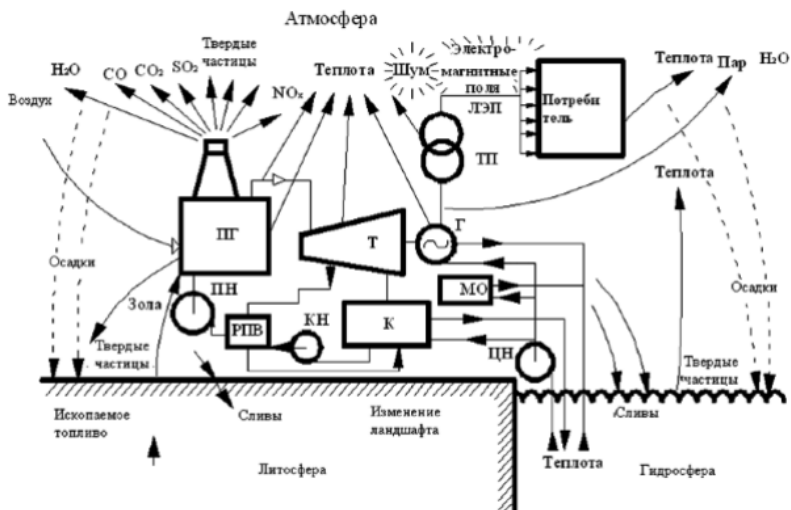


Рис. 2. Схема воздействия электрических станций на окружающую среду

В целом можно выделить следующие основные виды негативных воздействий ТЭС на окружающую среду:

- загрязнение атмосферы взвешенными частицами (сажа, зола) и химическими веществами (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> и т.д.);



- «парниковый эффект»;
- гигантское потребление кислорода, снижающее его концентрацию в атмосфере;
- загрязнение литосферы твердыми отходами (шлаки, золоотвалы), осаджение на поверхности почвы вредных выбросов и миграция их в глубь литосферы;
- непомерное возрастание потребления воды, загрязнение «сточными водами»;
- «кислотные дожди»;
- «тепловые выбросы»;
- другие негативные воздействия, в том числе шумовое и электромагнитное.

Теплоэнергетика является источником поступления в окружающую среду более 300 видов веществ, среди которых основную долю составляют:

- диоксид серы;
- оксиды углерода;
- оксиды азота;
- пыль различного происхождения.

Перечень веществ, выбрасываемых предприятиями теплоэнергетики, при работе на разных видах ископаемого топлива представлен в табл. 1.

Таблица 1

**Годовые выбросы ТЭС на органическом топливе  
мощностью 1000 МВт**

Вид топлива	Вещество т/год							
	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	Твердые частицы	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Бензапирен, C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Формальдегид, HCOH	Всего
Природный газ	13 888	14 681	–	2	–	0,0009	–	28 564
Мазут топочный	23 242	27 975	153 786	1 090	2 150	0,018	1 200	209 442
Уголь бурый	45 114	530 405	269 864	134 366	–	0,13	2 850	982 600

Металлургический завод полного цикла мощностью 1 млн. т. стали/год, включающий основные производства – доменное, конвертерное, мартеновское, прокатное и ТЭЦ, ежедневно поставляет в природную среду: 200–350 т золы в золоотвал и 1100 т шлаков в шлакоотвал; сбра-

сывает в водоемы в среднем 18000 м<sup>3</sup> теплых сточных вод; выбрасывает в атмосферу до 100 т пыли, 200 т СО, 10 т оксидов азота и от 10 до 100 т SO<sub>2</sub>.

Загрязнение воздуха от предприятий черной металлургии в зависимости от силы ветра может распространяться на расстояние 15–25 км. (Радиус воздействия завода мощностью 1 млн. т. чугуна/год составляет 10 км, при мощности 3 млн.т/год – 20–25 км<sup>2</sup>). В цветной металлургии главную опасность представляют выбросы соединений высокотоксичных металлов, таких как *медь, свинец, ртуть, кадмий, цинк*, а также большое количество обжиговых газов, содержащих *соединения серы* (преимущественно SO<sub>2</sub>), *фтор* и его производные. таблице 2 представлены данные о выбросе некоторых элементов в цветной металлургии.

Таблица 2

**Выброс химических элементов в атмосферу  
при производстве цветных металлов, кг/т металла**

Элемент	Производство		
	Медно-никелевое	Цинко-кадмиевое	Свинцовое
Мышьяк	3,0	0,6	0,363
Кадмий	0,2	0,5	0,005
Медь	2,5	0,14	0,072
Ртуть	–	0,042	0,002
Никель	9,0	–	0,085
Свинец	3,1	2,5	6,36
Цинк	0,845	15,7	0,11

Наиболее опасны из этих элементов мышьяк и ртуть, мышьяка содержится больше в выбросах медно-никелевого производства, а ртути – в выбросах цинко-кадмиевого производства.

Твердыми отходами черной и цветной металлургии являются шлаки (в числе которых SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, тяжелые металлы, мышьяк, сурьма и другие примеси), которые в виде пыли из отвалов попадают в атмосферу, особенно в ветреную погоду.

Выплавка цветных металлов в мире значительно меньше, чем черных, однако выход шлаков на 1 т. цветного металла больше, чем на 1 т. черного металла.

Техногенные воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации атомных электростанций многообразны. Обычно говорят, что имеются физические, химические, радиационные и другие

факторы техногенного воздействия эксплуатации АЭС на объекты окружающей среды:

- локальное механическое воздействие на рельеф – при строительстве;
- нанесение вреда животному миру при эксплуатации технологических системах;
- сток поверхностных и грунтовых вод, содержащих химические и радиоактивные компоненты;
- изменение характера землепользования и обменных процессов в непосредственной близости от АЭС;
- изменение микроклиматических характеристик прилегающих районов.

Возникновение мощных источников тепла в виде градирен, водоемов – охладителей при эксплуатации АЭС обычно заметным образом изменяет микроклиматические характеристики прилегающих районов. Движение воды в системе внешнего теплоотвода, сбросы технологических вод, содержащих разнообразные химические компоненты, оказывают травмирующее воздействие на популяции, флору и фауну экосистем.

В наши дни доминирующими видами топлива пока остаются нефть и газ. Но за каждым новым кубометром газа или тонной нефти нужно идти все дальше на север или восток, зарываться все глубже в землю, таким образом нефть и газ будут с каждым годом возрастать в цене и целесообразным является все большее использование именно ядерной энергии.

В заключении стоит отметить, что существует множество технологий, а также ряд способов для снижения пагубного влияния на окружающую среду. Для обеспечения экологических требований важным является:

- обязательный учет экологических показателей при выборе оборудования и разработке схем теплоснабжения;
- использование топлива с наилучшими экологическими показателями, такие как газ, малосернистый мазут;
- вынесение крупных источников электрической и тепловой энергии за пределы городской застройки;
- увеличение КПД газоочистных сооружений, внедрение газотурбинных и парогазовых установок с меньшим выделением загрязняющих веществ;
- экологическая экспертиза проектов перед строительством.

Обеспечение экономичности используемой схемы теплоснабжения возможно различными способами: от пересмотра и оптимизации схем и параметров, внедрения новых термодинамических технологий и циклов.

### **Библиографический список**

1. Троицкий А.А. Энергетическая стратегия – важнейший фактор социально-экономического развития России // Теплоэнергетика. 2001. № 7. С. 2-9.
2. Состояние и перспективы развития парогазовых установок в России / О.Н. Фаворский, В.И. Длугосельский, Ю.И. Петров и др. // Теплоэнергетика. 2003. № 2. С.9-15.
3. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Г.П. Гладышев, Р.З. Аминов, А.К. Клемин и др.; Под ред. А.И. Андрущенко. М.: Высшая школа. 1991. 303 с.
4. Данилов О.Л. Энергоиспользование в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Изд-во МЭИ. 2004. 64с.
5. Полонский В.М., Трутнева М.С. Энергосбережение: учебное пособие. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов. 2005. 160 с.
6. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.

## **ОБЗОР СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Магистрант **Коротков И.А.**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Окружающая среда влияет на состояние живого организма, который зависит от чистого воздуха, которым дышит, и воды, которую употребляет организм. В современном развивающемся техническом прогрессе с каждым днем промышленных предприятий становится все больше, что приводит к постепенному возникновению экологической катастрофы.

Обеспечение защиты жизни и здоровья граждан, физических или юридических лиц, охраны окружающей среды, здоровья животных и растений, а так же государственного или муниципального имущества Российской Федерации, является необходимым условием для обеспечения устойчивого экономического роста, повышения конкурентоспособности, энергетической и экологической безопасности страны.

С целью реализации данной задачи был принят Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (с изм. на 2 июля 2013 г.). А так же предусмотрен свод правил СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

Осуществить очистку воздуха в окружающей среде невозможно, но есть способы позволяющие обработать воздух, поступающий из окружающей среды в помещении с помощью систем кондиционирования и вентиляции с различной степенью очистки воздуха.

Система вентиляции и кондиционирования предназначена для достижения необходимых параметров чистоты, температуры, влажности и скорости воздуха, т.е. система необходимая для достижения комфортного микроклимата помещений. На сегодняшний день ни одно вновь строящееся здание, производственные площади не может обойтись без систем кондиционирования и вентиляции, так как без благоприятной воздушной среды сложно получить высокую работоспособность персонала, комфортное пребывание посетителей в здании.

Рассмотрим существующие способы очистки воздуха от пыли, шлаков, запаха, дыма и других опасных веществ, отягощающих воздушную среду.

По назначению устройства, очищающие воздух, можно разделить на пылеуловители и воздушные фильтры. Пылеуловители – это устройства, предназначенные для очистки от пыли вентиляционного воздуха, выбрасываемого в атмосферу (циклонные, ротационные и центробежные). Воздушные фильтры – это устройства, предназначенные для очистки от пыли приточного и рециркуляционного воздуха в приточных системах вентиляции и системах кондиционирования воздуха. (насыпные и набивные, тканевые и бумажные, сетчатые и ячеюковые, масляные и электрические).

По принципу действия устройства, очищающие воздух, можно разделить на четыре основные группы:

### **1. Гравитационные пылеуловители**

Гравитационные пылеуловители действуют по принципу использования гравитационных сил или сил тяжести, обуславливающих оседание из воздуха пылевых частиц. В этих камерах происходит значительное уменьшение скорости воздуха, и под действием гравитационных сил частицы пыли оседают. Маленькая скорость потока воздуха способствует предотвращению уноса осевшей пыли. Такого класса оборудования применяется в основном на производствах, как первая ступень очистки.

## **2. Инерционные пылеуловители (сухие и мокрые)**

Инерционные пылеуловители (сухие и мокрые) действуют по принципу использования инерционных сил, возникающих при изменении направления движения запыленного воздушного потока. К таким устройствам относятся циклоны разнообразной конструкции, центробежные скрубберы и циклоны-промыватели, струйные пылеуловители.

## **3. Пылеуловители и фильтры контактного действия**

Пылеуловители и фильтры контактного действия задерживают пылевые частицы при пропускании запыленного воздуха через сухие или смоченные пористые материалы: ткань, слой синтетических волокон, бумагу, проволочную сетку, слои зернистых материалов, керамических и металлических колец и т.п. В установках комплектуются блоками ячеековых фильтров (грубой очистки, класс G3) или карманных фильтров (грубой или тонкой очистки, класс G4...F9).

## **4. Электрические пылеуловители и фильтры**

Электрические пылеуловители и фильтры очищают воздух от взвешенных в нем частиц (пыль, туман и дым) путем ионизации их при прохождении через электрическое поле. Фильтры такого типа также называются фотокаталитическими. В блоке фотокаталитической очистки проходит процесс фотокатализа и все газофазные загрязнители воздуха (неприятные запахи, токсичные газы, аллергены и т.д.) адсорбируются на поверхности фотокатализатора и под действием ультрафиолетового излучения разлагаются до безвредных составляющих (до углекислого газа и воды). В процессе работы загрязнители не накапливаются на фильтре, а полностью разлагаются. Фильтры данного типа для общественных и жилых зданий используются при особых требованиях по локализации различных запахов, табачного дыма и других летучих веществ.

## **5. Жироуловители**

Жироулавливающие кассеты предназначены для эффективной очистки воздуха от жира в системах кухонных вытяжек и устанавливаются непосредственно в зонтах над газовыми или электроплитами. При прохождении потока воздуха через пластины фильтрующего элемента происходит задержание и оседание жира на ячейках жироулавливателя. Фильтрация воздуха по всей площади фильтра равномерна, что существенно увеличивает временной промежуток между необходимыми очистками фильтра.

## **6. Искрогасители**

Основная функция искрогасителя – это повышение пожаробезопасности. При удалении продуктов сгорания в которых не исключены

снопы искр, могут вызвать возгорания кровельного покрытия, строительных конструкций, а так же отложений на стенках воздуховода. Разной конструкции искрогасителей способствуют снижению сажи, жира, дегтя, запаха, дыма и снижению температуры удаляемого воздуха.

В заключение следует отметить, что при разработке системы вентиляции обязательно учитывается класс очистки воздуха, как приточного, так и вытяжного, регламентированные техническими требованиями выброса в атмосферу.

### **Библиографический список**

1. Внутренние санитарно-технические устройства. 4-е изд., перераб. и доп. Ч. 3, кн. 2: Вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат. 1992. 416 с.

2. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности : учеб. пособие / Е. А. Штокман и др.. 2-е изд., исп. и доп. М.: Изд-во АСВ. 2007. 632 с.

3. Понизовский А. З., Гостеев С. Г., Кужель О. С., Первеев А. И., Смирнов А. С. Очистка воздуха от мелкодисперсных и газообразных загрязнений и запахов // Экология производства. 2015. № 8. С.57-61.

4. Ежов В.С., Семичева Н.Е. Инновационная конструкция воздухоподогревателя для утилизации теплоты и очистки агрессивных сбросных газов и вентиляционных выбросов // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 65-67.

5. Подпороинов Б.Ф., Семенов А.С. Пути повышения эффективности пылеулавливающих аппаратов в системах очистки вентиляционных выбросов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 104-107.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД: КАК МИНУСЫ ПРЕВРАТИТЬ В ПЛЮС**

Магистрант **Коротков И.А.**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Утилизация канализационных стоков важна для населенных пунктов как по причине экологической, так и для устойчивости систем жизнеобеспечения к деструктивным воздействиям.

Сточные воды образуются в результате хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека. Их принято рассматривать

как неприятный отход, который желательно как можно быстрее удалить, подав на очистные сооружения местного водоканала. Если это невозможно, решают задачу по их переработке на собственных очистных сооружениях, сооружают локальные биогазовые, флотационные установки, системы вакуумной канализации и т.п. Переработчики при этом понимают, что данные сооружения практически никогда не оккупятся.

Канализация – безальтернативная система жизнеобеспечения города. Ее неработоспособность ведет к рискам развития эпидемической ситуации и к отравлению жилья биогазом, образующимся в канализационной системе при недостатке воды для смыва. Если задача питьевого водоснабжения может быть успешно решена при возникновении чрезвычайных ситуаций, то подвоз, подъем и складирование воды для канализации затруднены.

Средняя потребность городского жителя в воде непосредственно в жилище еще на середину XX в. составляла 150 л/сут. Этот объем включал в себя трехкратное пользование туалетом (18 л/сут.), ежедневный душ (25 л/сут.), еженедельную ванну (250 л/нед.), а также иные хозяйственные потребности. Рост уровня жизни населения привел к увеличению удельного водопотребления на начало XXI в. до 400 и более литров в сутки.

Нижняя граница потребления для жителей, пользующихся локальными водозаборами, находится на уровне 30–40 л/сут, добавив к ней не менее 18 л (объем спуска однорежимного туалетного бачка – 6 л) в сутки для обеспечения работы канализации.

Алгоритм прекращения работы канализации с дальнейшим созданием эпидемической угрозы:

- прекращается холодное водоснабжение;
- для канализационного смыва начинает «экономично» использоваться загрязненная вода;
- в стоках растет доля твердых фракций;
- твердые фракции оседают в точках канализационной системы с низкой скоростью потока;
- канализация локально забивается;
- в условиях чрезвычайной ситуации коммунальные службы работают в штатном режиме, с перегрузками, поэтому не всегда имеют возможность своевременно восстановить работы канализационной системы;



- забивание канализации происходит на отрезках труб значительной протяженности;

- начинается биологическое разложение фекалий, сопровождающееся поступлением биогаза по стоякам через гидрозатворы в жилье.

В результате фекалий начинают накапливаться совместно с бытовыми отходами, стимулируя увеличения количества бытовых насекомых и создавая риски эпидемий.

В этой связи стабильная работы канализации, а именно – автономное обеспечение коммунальных потреблений водой для канализационного смыва, наравне с гарантированной подачей тепла, является основным условием функционирования любого города в случаи чрезвычайных ситуаций.

Однако, помимо того что сточные воды являются отходом, их можно рассматривать как сырье, с помощью которого можно получить низкопотенциальное тепло (с использованием тепловых насосов), техническую воду, биогаз и электроэнергию. Преимущественно в промышленности из сточных вод также получают минеральные концентраты, являющиеся сырьем для дальнейшей переработки, и некоторое количество нефтепродуктов за счет отделения от них углеводородных фракций, а из термальных вод – ценные минеральные концентраты. В результате переработки стоков с использованием биогазовых установок могут получаться метан, диоксид углерода и ценные биогумусы, которые, в зависимости от происхождения сточных вод, могут направляться как на использование в сельскохозяйственном секторе, так и для озеленения населенных пунктов или для выращивания непригодных растений.

Всего этого можно добиться, внедряя в коммунально-бытовые, промышленные отрасли, следующие технологии: вакуумная переработка, осушка фильтратов и флотация, опреснение морской воды.

### **Вакуумная переработка**

Как мы знаем, температура кипения воды при атмосферном давлении составляет +100°C. Также известно, что при пониженном давлении снижается температура кипения жидкостей. Понижая давление, можно обеспечить кипение воды как при +20 °C, так и при более низких температурах. На этом принципе базируются системы вакуумной перегонки и сушки. Основным процессом является то, что для создания вакуума используется теплоперепад между стоками и окружающей средой. При его недостатке или для увеличения производительности установки может осуществляться подогрев стоков, например с использованием солнечной энергии, биогаза. Рассмотрим более подробно принцип работы установки вакуумной переработки стоков.

Канализационный сток или подлежащие осушке продукты его переработки, поступают в подогреватель (котел), где при необходимости может осуществляться подвод энергии извне (солнечный коллектор, биогаз и т. п.). В котле, над поверхностью стока, создается разрежение, вызывающее при пониженном давлении кипение перерабатываемых стоков. Образующийся водяной пар смеси с выделяющимися воздушными газами и иными летучими компонентами (нефтяные фракции и т. п.) поступает в детандер, где он совершает работу по приводу нагрузки (электрогенератора). После детандера мятый пар поступает в градирню, где он конденсируется. Полученный конденсат забирается насосом для дальнейшего использования. Обогащенный минерально-органический остаток или же осушенный фильтрат удаляются из установки.

Данная технология была апробирована на стендовой установке при подаче горячей воды с температурой  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре в конденсаторе  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Образованный теплоперепад в  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  между температурой подвода и отвода тепла позволил получить перепад давлений в 43 кПа, использованный посредством детандера для привода нагрузки.

Созданная стендовая установка не предусматривала проведения точных измерений, а предназначалась для проверки возможности опреснения загрязненных вод с попутным производством электроэнергии без использования органического топлива.

Нижней границей температуры перерабатываемых стоков является температура  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это позволяет осуществлять переработку стоков только в холодное время года. При этом температура в  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  для канализационных стоков достаточно высока, что подразумевает необходимость их подогрева с использованием солнечных коллекторов или иного, например, низкопотенциального источника энергии.

Более эффективно процесс проходит при подогреве стоков до температуры  $+50\text{-}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это в зависимости от времени суток и сезона позволяет за один проход через установку получать от 3,4% до 11% воды в виде конденсата, а также вырабатывать электроэнергию, необходимую для электроснабжения самой установки и электроснабжения близлежащих потребителей.

При создании технологии и компонентов установки были решены вопросы максимально полного использования располагаемого теплоперепада. Технология позволяет обеспечить работоспособность процесса при наличии перепада температур начиная с  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Применение простых теплообменных устройств, работающих при отрицательных давлениях, вместо классических теплообменников позволяет кардинально

снизить потребность оборудования в сервисе, а также минимизировать его себестоимость.

### **Осушка фильтратов и флотация**

В случае использования данной технологии для обезвоживания органо-минеральных фильтратов доля выхода содержащейся в них воды может быть доведена до 90 % (об.) и более, что связано с тем, что остающаяся сухая масса фильтрата охлаждается испарением воды при пониженном давлении.

Кипение перерабатываемого стока позволяет совместить процесс очистки и выработки электроэнергии с процессом флотации. Это позволяет заменить энергозатратную флотацию на энергоэффективное вакуумное испарение стоков за счет располагаемого теплоперепада.

Полученный конденсат с использованием компактных систем механической и биологической очистки может подготавливаться до качества технической воды, предназначенной для смыва унитазов в жилом секторе. При необходимости данная вода может быть очищена и до питьевого качества, однако установка таких систем финишной очистки должна определяться исходя из конкретных условий. Например, степень по финишной очистке полученного конденсата до качества питьевой воды может использоваться только в случае чрезвычайных ситуаций.

### **Опреснение соленой морской воды и геотермальных рассолов**

Вакуумная опреснительная установка принципиально аналогична установке переработки стоков. Отличие заключается в том, что вода, содержащая повышенное количество солей, после испарительной камеры может направляться на повторный нагрев в подогревателе, в роли которого может выступать вакуумный солнечный коллектор.

Аналогично могут опресняться с параллельным производством электроэнергии и концентратов солей ценных и редкоземельных металлов термальные воды и рассолы. Это позволяет, используя линейку конструктивно близких установок, обеспечивать как переработку стоков, так и опреснение с параллельной выработкой электроэнергии.

Подводя итоги статьи, отметим, что разработанная технология использования возобновляемых и низкопотенциальных источников энергии, в том числе геотермальных вод и рассолов, позволяет обеспечить гарантированное функционирование систем канализации населенных пунктов в условиях чрезвычайных ситуаций и снизить затраты потребителей на электроэнергию и используемую воду. Параллельно будет снижаться нагрузка на городскую канализацию, производительность которой, зачастую на фоне перегрузки, ограничивается проросшими в

нее корнями деревьев, отложениями и общим износом. В результате внедрения данного оборудования может быть обеспечено не только повышение устойчивости населенных пунктов к чрезвычайным ситуациям, но и положительный экономический эффект от внедрения данного решения.

### **Библиографический список**

1. Величко В.В. Применение регулируемых термодинамических циклов для утилизации низкопотенциального тепла // Сборник материалов V Конференции «ТРИЗ. Практика применения методических инструментов в бизнесе», 22–23.11.2013 г.

2. Величко В.В., Прохоров А.И. Автономные энергоустановки на местных видах горючих и возобновляемых источниках энергии, базирующиеся на адаптивном термодинамическом цикле и системе безнагнетательной циркуляции рабочего тела // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН. с. 271–279.

3. Энергетика и промышленность России [Электронный ресурс]. Дата обновления: 18.09.2016. URL: <http://www.eprussia.ru>. Дата обращения: 03.10.2016.

4. Тарасова Е.В. Экологические требования к очистным сооружениям поверхностных сточных вод // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 1. С. 146.

## **ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ ПАО «КВАДРА»**

магистрант **Кретова М.А.**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Публичное акционерное общество «Квадра – Генерирующая компания» является одной из крупнейших российских территориально-генерирующих компаний, созданных в процессе реформирования ОАО ПАО «ЕЭС России» и зарегистрировано 20 апреля 2005 г.

Основными видами деятельности компании является производство и реализация электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности, а также производство, транспортировка и реализация тепловой энергии на розничном рынке. Компания обеспечивает 25% потребностей Центрального федерального округа в тепловой энергии.

Генерирующая компания имеет 8 филиалов на территории Российской Федерации: Белгородская генерация; Воронежская генерация;

Курская генерация; Липецкая генерация; Орловская генерация; Смоленская генерация; Тамбовская генерация и центральная генерация.

Филиал ПАО «Квадра» – «Белгородская генерация» – крупнейший поставщик тепловой энергии для предприятий и жилищно-коммунального сектора городов Белгород, Губкин, Валуйки, поселка Волоконовка. На рынке теплоснабжения потребителей региона почти 50% отпускаемой тепловой энергии приходится на филиал ПАО «Квадра» – «Белгородская генерация».

Формирование активов Белгородского филиала проходило в рамках реформы ПАО «ЕЭС России». В 2004 году в ходе реорганизации ОАО «Белгородэнерго» было создано ОАО «Теплоэнергетическая компания» (ОАО «ТЭК»). В состав компании вошли Белгородская ТЭЦ, Губкинская ТЭЦ, Белгородские, Губкинские и Валуйские тепловые сети, котельные мощностью более 100 Гкал/ч – «Западная», «Южная», «Журавлики», 150 малых районных котельных, 575 км тепловых сетей (в 2-х трубном исчислении).

В настоящее время в состав производственного подразделения «Белгородская ТЭЦ» входят электростанции Белгородская ТЭЦ, ГТ-ТЭЦ «Луч» (рис. 1), котельные «Южная» и «Западная», которые обеспечивают теплом весь город Белгород.

16 августа 2006 года началась реконструкция Белгородской теплоэлектроцентрали и 28 ноября 2007 года состоялась торжественная церемония ввода в эксплуатацию обновленной Белгородской ТЭЦ – газотурбинной.

Сегодня общая установленная электрическая мощность Белгородской ТЭЦ – 60 МВт, тепловая – 360,4 Гкал/час. Станция обеспечивает теплом и горячей водой потребителей центральной части Белгорода.

С вводом в эксплуатацию газотурбинной ТЭЦ возросла энергетическая безопасность областного центра. Выработка электроэнергии собственными источниками генерации в г. Белгороде увеличилась почти в два раза и составила 67% от общего объема электропотребления. Пуск ГТ ТЭЦ «Луч» позволил уменьшить возникающий в областном центре дефицит тепловой энергии и создать запас на будущее.

ГТ ТЭЦ «Луч» работает в когенерационном цикле, который предполагает комбинированную выработку электроэнергии и тепла. Такой способ позволяет максимально полезно использовать газовое топливо,



Рис. 1. ГТ ТЭЦ Луч

значительно снизить себестоимость электро- и теплоэнергии, а также почти в 2,5 раза сократить уровень вредных выбросов в атмосферу.

Губкинская ТЭЦ – первое предприятие энергетики в городе Губкине. Сегодня установленная электрическая мощность станции составляет 29 МВт, тепловая – 148 Гкал/ч. Вместе с котельной «Журавлики», входящей в состав ПП «Губкинская ТЭЦ» Южного филиала ПАО «Квадра», станция снабжает теплом потребителей г. Губкина.

На сегодня в состав филиала входят: 3 электростанции, 152 котельных установленной мощностью 1044,7 Гкал/ч, 81 центральный тепловой пункт, 12 насосных станций и 1 148,3 км тепловых сетей.

Общая установленная электрическая мощность филиала составляет 149 МВт, тепловая – 1615,5 Гкал/ч. Численность персонала – 2160 человек. В том числе выпускников кафедры «Энергетика теплотехнологии» более 40 человек.

Филиал ПАО «Квадра» – «Воронежская генерация» – крупнейший поставщик тепловой энергии для промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора Воронежа. Его доля на рынке тепловой энергии областного центра превышает 60%.

Филиал ПАО «Квадра» – «Курская генерация» – крупнейшее энергопредприятие региона. Компания является поставщиком тепловой энергии для промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора города Курска. В состав Курского филиала входят четыре производственных подразделения – Курская ТЭЦ-1, ТЭЦ-4, ТЭЦ Северо-Западного района и Курские тепловые сети.

Филиал осуществляет выработку и реализацию электрической и тепловой энергии. Вырабатываемая электрическая энергия реализуется на оптовом рынке электроэнергетики и мощности и розничном рынке электроэнергии. Тепловая энергия поступает для отопления и ГВС жилого сектора, предприятий и организаций различных форм собственности города Курска. Также в сфере ответственности филиала – эксплуатация и ремонт теплосетевого комплекса города Курска.

Общая установленная электрическая мощность филиала 296,7 МВт, тепловая – 2148 Гкал/час. Протяженность эксплуатируемых тепловых сетей – 1061 км. Численность персонала – 1370 человек. Филиал обеспечивает теплом более 95% жителей города Курска.

Крупнейшим производителем и поставщиком энергоресурсов в Липецкой области является филиал ПАО «Квадра» – «Липецкая генерация». Его доля на рынке тепловой энергии региона выше 98 %.

Филиал ПАО «Квадра» – «Орловская генерация» – основной поставщик тепловой энергии для промышленных предприятий и

жилищно-коммунального сектора региона. Его доля на рынке тепловой энергии города Орла превышает 60%, города Ливен – 45%.

Сегодня в составе филиала ПАО «Квадра» – «Орловская генерация» находится ПП «Орловская ТЭЦ», ПП «Ливенская ТЭЦ» и ПП «Тепловые сети». В зоне ответственности ПП «Тепловые сети» магистральные, квартальные и распределительные тепловые сети общей протяженностью 312,4 км в однострубно́м исчислении, а также 60 ЦТП.

Филиал ПАО «Квадра» – «Смоленская генерация» – крупнейший поставщик тепловой энергии для промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора города Смоленска. Его доля на рынке тепловой энергии областного центра превышает 80%. Среди ключевых задач филиала – качественное и надежное обеспечение потребителей города энергоресурсами.

Филиал ПАО «Квадра» – «Тамбовская генерация» занимается собственным производством и транспортировкой тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения потребителей города Тамбова.

Сегодня в состав Тамбовского филиала входят: Тамбовская ТЭЦ и Тамбовские тепловые сети с общей протяженностью тепловых сетей в двухтрубно́м исчислении 214,5 км.

В настоящее время филиал ПАО «Квадра» – «Центральная генерация» объединяет энергоактивы компании «Квадра» в Тульской, Калужской и Рязанской областях и является одним из самых крупных филиалов энергокомпании по установленной электрической мощности.

В состав Центрального филиала входят: Алексинская ТЭЦ, Ефремовская ТЭЦ, Новомосковская ГРЭС, Калужская ТЭЦ, Дягилевская ТЭЦ, 4 котельные и 6 ЦТП.

Общая установленная электрическая мощность Центрального филиала – 697,45 МВт, тепловая – 1663,6 Гкал/ч.

Теплоисточники Центрального филиала в Тульской области обеспечивают 70% рынка тепловой энергии в Новомосковске, 80% – в левобережной части Алексина, 90% – в Ефремове. Калужская ТЭЦ обеспечивает теплоснабжение более 11 тысяч жителей районов Силикатный и Серeda города Калуги, Дягилевская ТЭЦ подает тепло в микрорайоны Недостоево, Канищево, пос. Приокский Московского округа города Рязани.

Производственные подразделения Центрального филиала в Смоленской области – крупнейшие поставщики тепловой энергии для промышленных предприятий и жилищно-коммунального сектора города

Смоленска. Они обеспечивают теплом порядка 300 тыс. жителей города Смоленска.

В Группу компаний «Квадра» входят 20 электростанций, 248 котельных, общей установленной электрической мощностью – 2 862,2 МВт, тепловой – 13 459,9 Гкал/ч и общей протяженностью тепловых сетей – 4 970,4 км.

ПАО «Квадра» является социально значимым энергетическим предприятием. Главной задачей Компании является обеспечение надежного энергоснабжения потребителей и содействие успешному социально-экономическому развитию 10 регионов своего присутствия.

В связи с возросшими требованиями соблюдения экологических норм в энергетическом производстве компания «Квадра» в своей деятельности уделяет большое внимание реализации экологических программ. Целью экологической политики Компании является повышение уровня экологической безопасности регионов за счет обеспечения надежного и безопасного производства, транспорта и распределения тепловой и электрической энергии, комплексного подхода к использованию природных энергетических ресурсов.

#### **Библиографический список**

1. Публичное акционерное общество «Квадра – Генерирующая компания» (ПАО «Квадра») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.quadra.ru](http://www.quadra.ru) Дата обращения: 13.12.2016.

2. Филиал ОАО «Квадра» – «Южная генерация» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [skillbook.bstu.ru/partners/oao-quadra.html](http://skillbook.bstu.ru/partners/oao-quadra.html) Дата обращения: 13.12.2016.

3. Касьянов Г.Т. Генерация тепловой энергии в однопроводной электро-схеме // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 2. – С. 36-39.

4. Амерханов Р.А., Гарькавый К.А., Кириченко А.С. Интенсификация процессов теплообмена в тепловом аккумуляторе. – Энергосбережение и водоподготовка. 2014. – №6. – С. 49-53.

5. Чернявский О.С., Трубаев П.А., Шаповалов С.М. Методы оценки энергоэффективности муниципальных образований // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. – 2012. – С. 153-161.

6. Нестеров А.М., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.



## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЛАМП

ученик 8 кл. **Куприянов М.**

ученик 8 кл. **Волобуев Д.**

ст. преп. **Корнилова Н.В.**

*Средняя общеобразовательная школа № 43, г. Белгород,  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

На сегодняшний день, в крупных городах Российской Федерации наблюдается значительный рост энергопотребления. Основными потребителями являются сфера услуг, а также население.

Изучение вопроса бытового электросбережения посредством замены ламп на более экономичные позволит не только произвести эффективную экономию путем снижения издержек на оплату коммунальных услуг, но и повлиять на улучшение общей экологической ситуации.

Для того, чтобы выявить экономию потребления электроэнергии от использования различных ламп был произведен анализ электропотребления однокомнатной, трёхкомнатной квартир и двухэтажного дома. В течение месяца проводились наблюдения и фиксировались данные о времени использования освещения. По полученным данным были сделаны расчёты в программе Excel (рис. 1). В ходе наблюдений выяснилось, что во всех трёх помещениях в основном освещение осуществляются люминесцентными лампами, его и взяли за основу.

Для расчета среднемесячного расхода электроэнергии в табл. занесены следующие данные:

- наименование помещения;
- площадь, м<sup>2</sup>;
- количество ламп задействованных в освещении, шт.;
- мощность одной лампы, Вт/час;
- время использования в выходной и рабочий день, час/сутки;
- стоимость электроэнергии для населения.

Программа сама подбирает мощность ламп, так чтобы они обеспечивали необходимую освещенность.

Исходя из вышесказанного экономия электроэнергии 1 семьёй в среднем составит 40 кВт/мес (рис. 2). За год экономия 1 семьёй составит:

$$40 \cdot 12 = 480 \text{ кВт.}$$

Одно-комнатная квартира площадью 36 м<sup>2</sup>. Проживает семья из 3 человек.

**Люминисцентные (энергосберегающие лампы)**

Наименование помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество ламп	Мощность одной лампы, Вт/час	Суммарная мощность лампы, Вт/час	Время использования, час в день		Расход энергии в день, Вт	
					рабочий	выходной	рабочий	выходной
Гостиная	18	5	15	75	6	9	450	675
с/у	1,7	2	10	20	0,5	1	10	20
Кухня	9	2	15	30	5	7	150	210
Ванная	2,8	4	10	40	1	1,5	40	60
Прихожая	4,5	1	15	15	1	2	15	30
Всего							665	995

Стоимость э. энергии, руб/кВт 35,3

Среднемесячный расход э. энергии, кВт 22,59

Среднемесячный расход э. энергии, руб 79,7

**Лампы накаливания**

Наименование помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество ламп	Мощность одной лампы, Вт/час	Суммарная мощность лампы, Вт/час	Время использования, час		Расход энергии в день, Вт	
					рабочий	выходной	рабочий	выходной
Гостиная	18	5	75	375	6	9	2250	3375
с/у	1,7	2	50	100	0,5	1	50	100
Кухня	9	2	75	150	5	7	750	1050
Ванная	2,8	4	50	200	1	1,5	200	300
Прихожая	4,5	1	75	75	1	2	75	150
Всего							3325	4975

Среднемесячный расход э. энергии, кВт 112,95

Среднемесячный расход э. энергии, руб 398,7

**Светодиодные лампы**

Наименование помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество ламп	Мощность одной лампы, Вт/час	Суммарная мощность лампы, Вт/час	Время использования, час		Расход энергии в день, Вт	
					рабочий	выходной	рабочий	выходной
Гостиная	18	5	7,5	37,5	6	9	225	337,5
с/у	1,7	2	5	10	0,5	1	5	10
Кухня	9	2	7,5	15	5	7	75	105
Ванная	2,8	4	5	20	1	1,5	20	30
Прихожая	4,5	1	7,5	7,5	1	2	7,5	15
Всего							332,5	497,5

Среднемесячный расход э. энергии, кВт 11,30

Среднемесячный расход э. энергии, руб 39,9

Рис. 1. Расчет потребляемой мощности

**Сводная таблица расхода на электричество за 1 месяц**

	Тип лампы	Среднемесячный расход э. энергии, кВт	Среднемесячный расход э. энергии, руб
Одно-комнатная квартира площадью 36 м <sup>2</sup> . Проживает семья из 3 человек.	накаливания	113,0	398,7
	люминисцентная	22,6	79,7
	светодиод	11,3	39,9
Трех-комнатная квартира площадью 82 м <sup>2</sup> . Проживает семья из 4 человек.	накаливания	392,2	1384,3
	люминисцентная	78,4	276,9
Двухэтажный жилой дом площадью 140 м <sup>2</sup> . Проживает семья из 6 человек.	накаливания	481,7	1700,2
	люминисцентная	96,3	340,0
	светодиод	48,2	170,0
Среднее значение	накаливания	328,9	1161,1
	люминисцентная	65,8	232,2
	светодиод	32,9	116,1

Рис. 2. Расчет потребления в месяц

По данным Белгородстат на март 2016 года в Белгородской области проживает 1550,1 тыс. человек.

Приняв численность одной семьи 4 человека получим количество семей проживающих в Белгородской области:

$$1\ 550\ 000 / 4 = 387\ 500 \text{ семей.}$$

Для расчета предполагаемой экономии угля и газа, затрачиваемого на производство электроэнергии (табл. 1) необходимо знать сколько топлива необходимо для производства 1000 кВт·ч электроэнергии. Для этого воспользуемся диаграммой пересчета для различных энергоносителей (рис. 3).

Таблица 1

**Предполагаемая экономия угля и газа затрачиваемого на производство электроэнергии в год**

Вид топлива	Количество топлива для выработки 1000 кВт·ч энергии	Предполагаемая экономия топлива 1 семьёй за год	Предполагаемая экономия топлива всеми жителями Белгородской области за год
Каменный уголь	450 кг	216 кг	83 700 тонн
Природный газ	240 м <sup>3</sup>	115,2 м <sup>3</sup>	44 670 тыс.м <sup>3</sup>

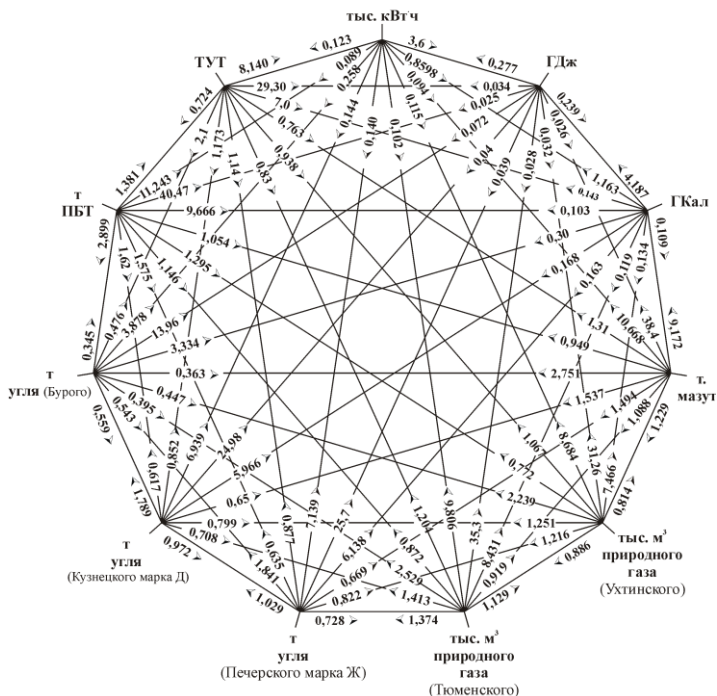


Рис. 3. Диаграмма пересчёта для различных энергоносителей

Диаграмма позволяет рассчитать количество ископаемого топлива, необходимого для производства электроэнергии, при этом необходимо учитывать коэффициент полезного действия угольной ТЭС (40%), газовой ТЭС (60%) и потери при передаче электроэнергии (20%).

Уголь:

$$0,144 \cdot 1000 / (0,4 \cdot 0,8) = 450 \text{ кг.}$$

Газ:

$$0,115 \cdot 1000 / (0,6 \cdot 0,8) = 240 \text{ м}^3.$$

При этом при сжигании 1 тонны угля в атмосферу выбрасывается 2,8 т или 1280 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. При сжигании 1 тыс. м<sup>3</sup> газа – 1,85 т или 1000 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> (табл. 2).

Таблица 2

**Сокращение выбросов углекислого газа в атмосферу при экономии электроэнергии**

Вид топлива	Выбросы CO <sub>2</sub> на 1000 кВт·ч		Сокращение выбросов CO <sub>2</sub> за год 1 семьёй		Сокращение выбросов CO <sub>2</sub> за год всеми жителями Белгородской области	
	т	м <sup>3</sup>	т	м <sup>3</sup>	т	м <sup>3</sup>
Каменный уголь	1,26	576	0,65	276,5	252 000	107·10 <sup>6</sup>
Природный газ	0,444	240	0,21	115,2	81 375	45·10 <sup>6</sup>

На рис. 4. представлена структура выработки электроэнергии, из которой видно процентное соотношение ГЭС, АЭС, угольных ТЭС и газовых ТЭС в общем объеме производства электроэнергии России.

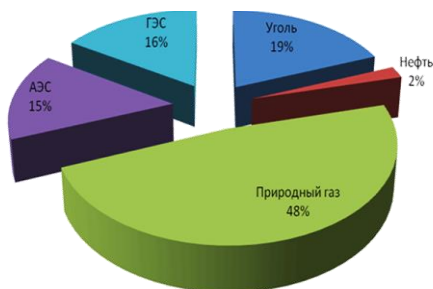


Рис. 2. Структура выработки электроэнергии в России

Если учесть, что для производства 1000 кВт электроэнергии требуется около 240 м<sup>3</sup> газа и 450 кг угля, при этом выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу составят 1000 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>3</sup> газа и 1280 м<sup>3</sup> на 1000 кг угля, при использовании светодиодных ламп одна семья может сократить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу на 200 м<sup>3</sup>, а экономичное использование электроэнергии только на освещение всеми жителями нашей области может уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> на 60 миллионов кубометров в год.

Так же в работе был произведен анализ потребления электрической энергии в квартире и частном доме, проанализирован эффект от замены всех ламп на светодиодные и произведено экономическое обоснование данного мероприятия. Также были рассмотрены различные виды ископаемых топлив и произведен расчет возможности влияния электросбережения на снижение выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу путем замены ламп на более экономичные.

### **Библиографический список**

1. Данилов Н.И. Энергосбережение – от слов к делу. Екатеринбург: РИА “Энерго-Пресс”, 2000. 232 с
2. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений. М.: Кнорус, 2012. 234 с.
3. Энергия и окружающая среда (учебное пособие) / И. Лорентзен, Д. А. Хойстад, О. Н. Сенова и др. С.-П., 2008. 88 с.
4. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1225-1231.
5. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Сухорослова В.В., Трубаев П.А. Опыт энергосбережения при индивидуальном жилищном строительстве в Западной Европе // Фундаментальные исследования в естественнонаучной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. С. 21-24.
6. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А., Сухорослова В.В. Повышение энергоэффективности в индивидуальном жилищном строительстве в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 410-415.
7. Духанин С. А., Нестерова Н. В., Прасол Д. А. Сравнительный анализ энергосберегающих источников света акцентного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 198-201.
8. Стоцкий В. В., Нестеров А. М. Тестирование объектов наружного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 204-208.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОЧИСТКЕ ГАЗА В ЦИКЛОНАХ

канд. техн. наук, доц. **Орлов С.М.**

ст. преп. **Орлова А.Я.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Техника обеспыливания характеризуется большим разнообразием конструкций и форм исполнения обеспыливающего оборудования.

Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации. Ввиду этих преимуществ циклоны получили широкое распространение. Наиболее важной характеристикой циклона является его производительность и гидравлическое сопротивление, которое играет существенную роль в энергозатратах на очистку газа от пыли [1].

Таким образом работы, направленные на снижение гидравлического сопротивления циклонов, а соответственно и снижению энергетических затрат являются актуальными. Для того чтобы приступить к решению данной задачи необходимо детально рассмотреть работу циклона и все процессы, протекающие в нем.

В природе существуют явления, где воздух в силу различных причин естественно закручивается в восходящие и нисходящие винтовые спирали (торнадо). При детальном рассмотрении приходим к выводу, что процессы, протекающие в циклоне и в торнадо, внешне схожи. Как в циклоне, так и в торнадо имеется ядро вихря, которое вращается по законам твердого тела с постоянной угловой скоростью. Разрежение в центре восходящего ядра наибольшее, что позволяет торнадо поднимать на большую высоту достаточно тяжелые предметы (машины, дома и др.), в циклоне по этой же причине наблюдается проскок достаточно больших частиц пыли. Разница состоит только в масштабах: тангенциальная скорость в циклонах редко превышает 20 м/с, а тангенциальная скорость в торнадо может достигать сверхзвуковых скоростей; аналогично и для давлений, в циклоне перепад давления редко превышает 2000 Па, в торнадо эта величина может достигать десятых долей атмосфер.

Существует ряд теорий возникновения и существования торнадо.

**Электромагнитная теория торнадо** [2]. Предложен плазменно-капельный механизм образования смерча – интенсивного атмосферного вихря, вращающегося под грозовым облаком. Смерч рассматривается

как контролируемый прилипанием газовый разряд, создаваемый в атмосфере сильным облачным зарядом в присутствии геомагнитного поля. Построена общая теория атмосферно-облачного разряда.

**Плазменная теория смерча** [3]. В работе предложен механизм образования и построена плазменная теория смерча. Смерч рассматривается как стационарный газовый разряд, который создается капельным облачным зарядом. Найдены электрические поля, токи, электромагнитные силы, поля скоростей.

**Электромагнитогидродинамическая теория смерча (ЭМГД)** [4]. В этой теории показано, что одной из причин возникновения торнадо может служить взаимодействие электрических и магнитных полей с электрически заряженной средой материнского облака. В пользу такого подхода говорят многочисленные наблюдения, которые свидетельствуют о протекании интенсивных электрических процессов в воронке торнадо и вблизи неё.

**Теория Кориолисовой силы и конвекционных потоков воздуха** [5]. Сущность этого явления заключается в следующем.

Законы Ньютона в их первоначальном виде справедливы для инерционных систем отсчета – систем, движущихся равномерно и прямолинейно.

Поскольку Земля вращается, второй закон Ньютона нужно переписать так, чтобы он был справедлив во вращающейся системе отсчета. Но при этом в правую часть его нужно добавить силу, которая называется силой Кориолиса.

Сила Кориолиса перпендикулярна скорости материальной точки и пропорциональна скорости. Кроме того, сила Кориолиса зависит от широты места как  $\sin \varphi$ . Общее выражение для нее таково:

$$F_{\text{Кор}} = 2m\omega_{\oplus}v \sin \varphi;$$

где  $m$  – масса тела (воздуха);  $\omega_{\oplus}$  – угловая скорость Земли;  $v$  – скорость воздуха.

Таким образом, в северном полушарии  $\sin \varphi > 0$ , на экваторе  $\sin \varphi = 0$ , а в южном полушарии  $\sin \varphi < 0$ . Следовательно, в северном полушарии сила Кориолиса направлена против часовой стрелки.

Авторы считают [2–4], что в механизме образования циклонов, торнадо, смерчей основной вклад вносит не сила Кориолиса и конвекционные потоки воздуха, а электрические токи в атмосфере и магнитное поле Земли. Сила Кориолиса также проявляется, но она не является единственной и основной.

Проанализировав существующие теории торнадо, приходим к выводу, что, несмотря на схожесть процессов в торнадо и циклонах есть и существенные отличия. Процессы, протекающие в циклонах, помимо масштабов, происходят в пространстве, ограниченном стальными, заземленными стенками циклона и при отсутствии сильно электризованного материнского грозового облака, поэтому в циклонах будет действовать только сила Кориолиса, которая будет направлена по ходу вращения вихря в циклоне или встречно. Таким образом, сила Кориолиса будет способствовать уменьшению гидравлического сопротивления циклона с «левым» направлением вращения в северном полушарии Земли, а соответственно и снижению энергетических затрат при очистке газа от пыли.

На рис. 1 показано процентное увеличение гидравлического сопротивления циклонов «правого» направления вращения по сравнению с циклонами «левого» направления вращения в зависимости от диаметра циклона. Показаны наиболее распространенные виды циклонов типа ЦН. Расчеты производились для широты города Донецк.

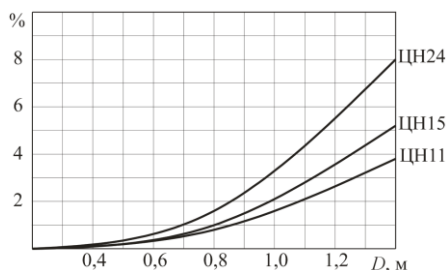


Рис. 1. Зависимости процентной разности гидравлического сопротивления от диаметра циклонов

### Выводы

1. Установлено, что с увеличением диаметра циклона и осевой скорости, действие силы Кориолиса увеличивается.
2. Показано, что в северном полушарии применение циклонов «левого» направления вращения предпочтительней, поскольку сила Кориолиса направлена по ходу вращения вихря, чем достигается снижение гидравлического сопротивления циклона и экономия энергоресурсов.
3. Установлено, что при работе групповых циклонов с разным направлением вращения на общий бункер, в бункере необходимо устанавливать изолирующую перемышку между циклонами разного направления вращения.



## Библиографический список

1. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат, 1981. 296 с.
2. Боев А.Г. Электромагнитная теория смерча. I ч. Электродинамика вихря // Радиофизика и радиоастрономия. 2009. Т. 14, № 2. С. 121-149.
3. Боев А.Г. Плазменная теория смерча // Вопросы атомной науки и техники. 2008. Вып. 6. Плазменная электроника и новые методы ускорения. С.133-138.
4. Меркулов В.И. Электрогравитационная модель НЛО, торнадо и тропического урагана. Новосибирск: Изд-во Института математики, 1998. 287 с.
5. Бялко А.В. Наша планета // Земля. Библиотечка "Кванта" вып. 29. М.: Наука, 1989. 209 с.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РАБОТЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ЦИКЛОНА В КАЧЕСТВЕ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ОЧИСТКИ

канд. техн. наук, доц. **Орлов С.М.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Существует множество схем обеспыливания газов, в зависимости от источника пылеобразования, где циклоны применяются в качестве первой ступени очистки [1–4]. Аппараты второй ступени рассчитываются на весь объем газа, подлежащего очистке. Аппараты второй ступени (рукавные, электрофильтры и др.) требуют значительно больших капитальных и эксплуатационных затрат, поэтому вопрос совершенствования циклонов, направленный на уменьшение объемов газов, направляемых на аппараты второй ступени очистки является актуальным.

Теории циклонной сепарации посвящено множество работ. В литературе приводятся формулы для определения минимального диаметра, т. е. размера наименьших частиц, полностью сепарирующихся из криволинейного потока в циклоне. Формулы различаются по написанию, но все выводятся из одного и того же условия, а именно равенства центробежной силы силе сопротивления среды [5]:

$$mv^2/R = 3\pi \omega_p d \mu, \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы, кг;  $v$  – скорость газового потока, м/с;  $R$  – расстояние от центра вращения газового потока (оси циклона) до частицы, м;  $\omega_p$  – скорость движения частицы пыли в радиальном направлении к стенке циклона, м/с;  $d$  – диаметр пылинки, м;  $\mu$  – вязкость газовой среды, Н×с/м<sup>2</sup>.

Тер-Линденом было измерено изменение статического давления и тангенциальных составляющих скоростей в нескольких поперечных сечениях циклона [6]. Эти измерения позволили сделать вывод, что в циклоне возникают вторичные токи.

Вторичные токи оказывают большое влияние на эффективность циклонов. Анализируя вторичные токи, приходим к выводу, что чем короче путь вторичного течения, тем ближе он проходит к стенке выхлопной трубы. В центре восходящего вихря, прошедшего через бункер, присутствует только мелкодисперсная пыль. Считается, что пыль, попавшая в выхлопную трубу, выносится из циклона, снижая тем самым степень очистки. Множество экспериментальных данных указывает, что в выхлопной трубе находится в основном мелкодисперсная пыль диаметром менее 20 мкм.

Отсюда можно сделать выводы:

1. Вся пыль, попавшая в выхлопную трубу, выносится из циклона.
2. В выхлопной трубе присутствует в основном мелкодисперсная пыль.
3. Исследования концентрации пыли в поперечном сечении выхлопной трубы не проводились.

Можно сделать предположение, что концентрация пыли в выхлопной трубе крайне неоднородная. Пыль за счет центробежной силы в основном сосредоточена у стенок выхлопной трубы, о чем говорит абразивный износ внутренней поверхности выхлопной трубы. Таким образом, если на выходе из выхлопной трубы установить кольцевой зазор, через который будет удаляться только часть запыленного воздуха, то нагрузка на аппараты тонкой очистки значительно снизится, (рис. 1 а) чем будет достигнут большой экономический эффект [7].

Для упрощения оценки, распределение тангенциальной скорости по радиусу в выхлопной трубе принимаем таким же, как и в ядре вихря, то есть, считаем, что воздух вращается как твердое тело и отличается постоянной угловой скоростью [6].

Тогда, центробежная сила, действующая на частицу пыли, с учетом выше изложенного (переходя от массы к диаметру частицы) будет иметь вид [5]:

$$F_{ц} = \frac{\pi d^3 \rho \omega^2 R}{6} , \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр частицы пыли, м;  $\rho$  – плотность пылинки, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega$  – угловая скорость вращения воздушного потока, с<sup>-1</sup>;  $R$  – текущий радиус, м.

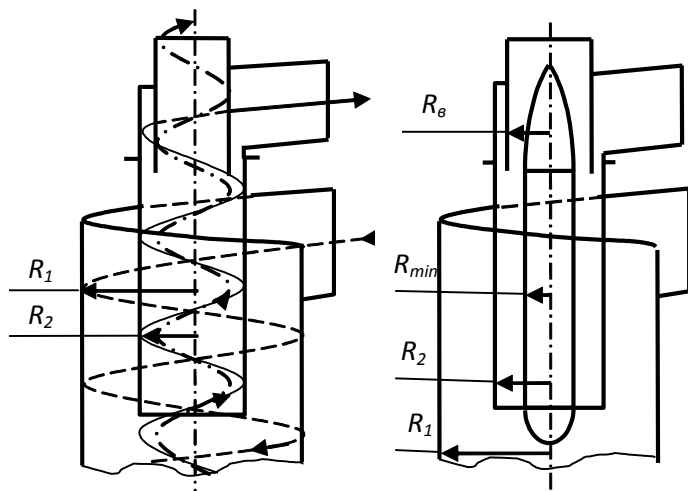


Рис. 1 Схема первичных потоков в верхней части циклона:  
 а) без вставки в выхлопной трубе; б) с вставкой

Приравняв центробежную силу к силе сопротивления среды, величину которой определяют по формуле [5]:

$$F = 3\pi\omega_p d\mu \quad (3)$$

где  $\mu$  – вязкость газовой среды,  $\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ ;  $\omega_p$  – радиальная скорость частицы.

И решив относительно  $\omega_p$ , получим:

$$\omega_p = \frac{d^2 \rho \omega^2 R}{18\mu} \quad (4)$$

Радиус  $R$  может изменяться в пределах  $0 \leq R \leq R_2$  (рис. 1а).

Наиболее длинный путь в радиальном направлении будет у той частицы, которая при входе в выхлопную трубу находилась по центру восходящего вихря. Время, которое требуется для того, чтобы такая пылинка успела пройти путь  $R_2$ , равно:

$$t_0 = \frac{R_2}{\omega_p} = \frac{18\mu R_2}{d^2 \rho \omega^2 R} \quad (5)$$

Время нахождения пылинки в выхлопной трубе циклона различно и зависит от конструктивных параметров циклона. Проанализировав кон-

структивные особенности циклонов разных типов, приходим к выводу, что время нахождения пылинки в выхлопной трубе циклона при одинаковой угловой скорости зависит только от типа циклона и полностью не зависит от размера, поскольку все конструктивные размеры циклонов жестко привязаны к диаметру циклона.

Проанализировав наиболее распространенный циклон типа ЦН и сделав несложные математические преобразования, получим зависимость  $t_y$  – время нахождения пылинки в выхлопной трубе циклона:

$$t_y = \frac{2K_y}{\sin\alpha\omega}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – угол наклона ввода в циклон;  $K_y$  – коэффициент отношения длины выхлопного патрубка к диаметру циклона.

Приравняв время дрейфа (5) и время нахождения пылинки в выхлопной трубе (6) и решив относительно диаметра частиц  $d_{min}$  и относительно минимального радиуса  $R_{min}$ , а так же учитывая, что  $R_2 = 0,295D$  для циклонов ЦН получим:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{2,66\mu D \sin\alpha}{K_y \rho \omega R}}, \quad (7)$$

$$R_{min} = \frac{2,66\mu D \sin\alpha}{K_y d^2 \rho \omega}. \quad (8)$$

Аналогичные формулы можно получить и для циклонов других типов.

Данные теоретические исследования показывают, что в центре восходящего вихря существует  $R_{min}$ , так называемая, мертвая зона, в которой пылинки определенного размера не успевают достичь стенок выхлопной трубы и выносятся из циклона (8). Таким образом, данное утверждение наталкивает на мысль, что в выхлопной трубе целесообразно установить отклоняющую вставку, размеры которой можно определить по формуле (8) в зависимости от минимального размера частиц, подлежащих улавливанию (рис. 1б).

На основании выше изложенного можно сделать выводы:

1. Установлено, что время нахождения пылинки в выхлопной трубе циклоне не зависит от размера циклона, а зависит от конструкции циклона и скорости газового потока.

2. Показано, что по центру выхлопной трубы имеется, так называемая, «мертвая зона», в которой пылинки определенного размера не

успевают сконцентрироваться у стенки выхлопной трубы, и выносятся из циклона, причем, чем мельче частицы, тем больше радиус этой зоны;

3. Получена зависимость, определяющая диаметр вставки в зависимости от количества газа, направляемого на вторую ступень очистки;

4. Установлена принципиальная возможность усовершенствования циклона, позволяющая в несколько раз уменьшить объемы газа, направляемого на вторую ступень очистки, и тем самым дает возможность получить большую экономию энергоресурсов.

### **Библиографический список**

1. Пылеулавливание в металлургии: Справочник. Под ред. А.А. Гурвица. М.: Металлургия, 1984. 336с.
2. Луговский С.И., Дымчук Г.К. Совершенствование систем промышленной вентиляции. М.: Стройиздат, 1991. 136 с.
3. Справочник по пыле- и золоулавливаю. Под ред. А.А. Русанова. М.: Энергия, 1975. 296 с.
4. Алиев Г.М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок. М.: Металлургия, 1988. 368 с.
5. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. М.: Стройиздат, 1968. 499 с.
6. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат, 1981. 296 с.
7. Орлов С.М., Ольховиченко В.О., Орлова А.Я. Патент на корисну модель 29593 (UA). Циклон. МПК (2006).

## **О ПОТЕНЦИАЛЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ 2015-2020 Г.**

студент **Петкевич А.П.**

канд. техн. наук, доц. **Тихомирова Т.И.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Мировой научно-технический прогресс оставил Россию далеко позади многих промышленных стран по уровню эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Экономический потенциал энергосбережения определяется экономически оправданным снижением потребления энергии. Это возможно осуществить прежде всего за счет снижения энергоемкости ВВП. Энергоемкостью называют величину, которая равна суммарной энергоемкости продукции – количеству энергии, израсходованной на изготовление продукции. Энергоемкость включает в себя расходы энергии на добычу, транспортировку и переработку сырьевых материалов и учитывает ко-

эффицент использования материалов. Поэтому определение энергоемкости является сложным процессом, но имеющим важное практическое применение. Сама энергоемкость не является показателем энергоэффektivности. Мерой энергоэффektivности является удельная энергоемкость (энергоемкость ВВП) – количество энергии и/или топлива, потраченное на производство единицы продукции (рис. 1).

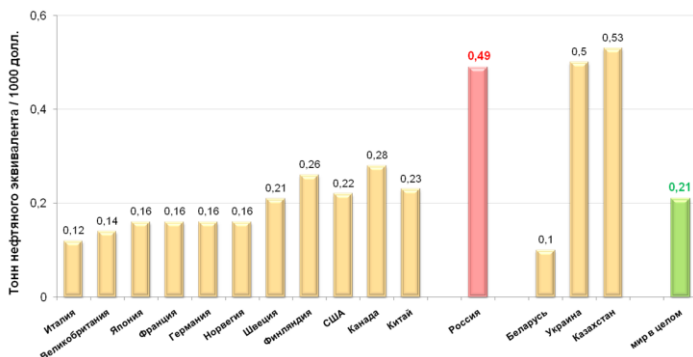


Рис. 1. Удельная энергоемкость в разных странах (данные МЭА)

В указе Президента 2010 г «О некоторых мерах повышения энергетической и экологической эффektivности российской экономики» снижение энергоемкости ВВП к 2020 г. должно было составить 40% по сравнению с 2007 г. О несостоятельности этого плана можно судить лишь по тому, что в 2015 году снижение энергоемкости ВВП достигло лишь 5,94 % по сравнению с 2007 годом. Тем не менее этот указ продолжает действовать и предпринимаются меры по выполнению целей программы. Из этого следует, что желаемое снижение энергоемкости ВВП можно представить в виде:

$$e_{07}(1 - 0,4) \geq e_{20} \quad (1)$$

где  $e_{07}$ ,  $e_{20}$  – энергоемкость ВВП в 2007 и 2020 годах соответственно.

А учитывая актуальную на 2015 год информацию:

$$e_{15}(1 - 0,3406) \geq e_{20}, \quad (2)$$

где  $e_{15}$  – энергоемкость ВВП в 2015 году.

Так как энергоемкость равна отношению суммарного потребления энергоресурсов к объему валового внутреннего продукта, то

$$\frac{A_{15}}{ВВП_{15}} (1 - 0,3406) \geq \frac{A_{15} - \sum_{i=1}^k \Delta A_i}{ВВП_{15} - \sum_{i=1}^k \Delta ВВП_i}, \quad (3)$$

где  $A_{15}$ ,  $ВВП_{15}$  – энергопотребление и ВВП по данным на 2015 год соответственно;  $\Delta A_i$ ,  $\Delta ВВП_i$  – ежегодное увеличение потребления топливно-энергетических ресурсов и ВВП за соответствующий год.

В 2015 году энергоёмкость составляла  $e_{15} = 0,0312$  т у.т./тыс. руб.,

В 2020 г. энергоёмкость снижается до уровня:

$$e_{20} = e_{15} (1 - 0,3406) = 0,02057 \text{ т.у.т./тыс. руб.} \quad (4)$$

В 2015 г. ВВП равен 80,804 трлн. рублей. Принимая ежегодный прирост ВВП равным в диапазоне от 1% до 4% можно определить, что

$$80,804(1 + 0,01)^5 \leq ВВП_{20} \leq 80,804 (1+0,04)^5, \quad (5)$$

$$84,926 \text{ трлн руб.} \leq ВВП_{20} \leq 98,31 \text{ трлн. руб.}$$

Тогда потребление ТЭР в 2020 году составит, млн т.у.т.:

$$84,926 \cdot 10^9 \cdot 0,02057 \leq A_{20} \leq 98,31 \cdot 10^9 \cdot 0,02057 \quad (6)$$

$$1746,9 \leq A_{20} \leq 2022,2.$$

Путем преобразования (3) получим:

$$A_{15} - e_{15} (1 - 0,3406) (ВВП_{15} + \sum_{i=1}^K \Delta ВВП_i) \leq \sum_{i=1}^K \Delta A_i. \quad (7)$$

Так как

$$ВВП_{15} + \sum_{j=1}^K \Delta ВВП_j = ВВП_{20}, \quad (8)$$

то, в зависимости от того, какие значения могут теоретически принять ВВП и потребление ТЭР в 2020, получаем неравенства:

$$\text{ВВП на уровне 1\%: } \sum_{i=1}^5 \Delta A_i \geq 594,98 \text{ млн т у.т.;} \quad (9)$$

$$\text{ВВП на уровне 4\%: } \sum_{i=1}^5 \Delta A_i \geq 690,76 \text{ млн т у.т.} \quad (10)$$

Из (9) и (10) видно, что для того, чтобы программа по сокращению энергоемкости ВВП на 40 % к 2020 году по сравнению с аналогичным показателем 2007 года выполнялась, необходимо, чтобы суммарный прирост ТЭР за 5 лет составлял более 691 млн т.у.т. при росте ВВП на 4% и более 595 млн т.у.т. при росте ВВП лишь на 1%. Учитывая, что увеличение потребления ТЭР за 2014-2015 гг. составило 79 млн т.у.т., то этот показатель за 5 лет составит лишь 395 млн т.у.т. Таким образом, выполнение этой программы невозможно при сохранении сегодняшних тенденций.

На сайте Министерства энергетики сложившаяся ситуация объясняется следующим образом: «Замедление темпов роста ВВП и ухудшение макроэкономических условий привело к снижению темпов роста промышленного производства и снижению уровня инвестиций в модернизацию производств, что оказало значительное отрицательное влияние на повышение энергоэффективности и энергосбережение» [4].

Стоит отметить ситуацию в регионах на примере Белгородской области. Для снижения энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) здесь предпринимают такие меры, как:

- увеличение объемов производства энергетических ресурсов с использованием возобновляемых источников энергии;
- экономия электрической и тепловой энергии;
- экономия природного газа в стоимостном и выражении.

В результате реализации Программы будет достигнута экономия денежных средств в размере 1288 млн. рублей, снижение потребления электрической энергии на 838751 тыс. кВт·ч, тепловой энергии – на 313619 Гкал, газа – на 420619 м<sup>3</sup>, воды – на 2904 м<sup>3</sup>.

Как на региональном, так и на государственном уровне необходимо проведение структурирование энергетических проблем, причем не только с технической точки зрения, но и с позиции гармонизации федерального и регионального законодательств в энергосбережении. Создание эффективной институциональной среды для реализации политики энергосбережения позволит высвободить имеющиеся резервы региональных систем энергообеспечения и перенаправить их на модернизацию и повышение энергоэффективности с помощью с помощью разработки и внедрения соответствующих мероприятий.

В завершение необходимо сказать, что именно жесткие меры актуальны сейчас на пути энергосбережения в России. Таким образом, мы приходим к выводу о том, что выполнение цели, поставленной в указе Президента в 2010 г, маловероятно, но соблюдение базовых принципов



энергосбережения непременно приведет к значительному снижению энергоемкости ВВП даже в условиях низкого экономического роста.

### **Библиографический список**

1. Бушуев В.В. Энергетика России. Том 1. Потенциал и стратегия реализации [Электронный ресурс]: избранные статьи, доклады, презентации. М.: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2012. С. 207–221.
2. Конев В.И., Нестеров М.Н.. Современные проблемы энергетики // Межвуз. сб. ст. под ред. М.Н. Нестерова. Белгород, 2014. С. 24–32.
3. Безруких П., Малахов В. Проблемы повышения энергоэффективности российской экономики // Энергоаудит, 2007. № 3. С. 46–49
4. <http://minenergo.gov.ru/>
5. Валовой внутренний продукт // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru>
6. <http://www.gisee.ru>.
7. Тарасенко В.Н., Денисова Ю.В. Проблема энергосбережения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 63-68.

## **ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВЕТРЯНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

студент **Рычков В.В.**

студент **Вишнякова К.В.**

студент **Солдатенкова Е.И.**

д-р техн. наук, доц. **Трубаев П.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Ветроэнергетика является одним из направлений использования природных источников энергии и позволяет заменить электрогенерацию, основанную на сжигании топлива. Это позволяет улучшать экологию, снижать тепловое загрязнение и загрязнение токсичными выбросами и парниковыми газами. Но эффективность эксплуатации ветрогенераторов зависит от климатических условий места их установки. Целью работы являлось сравнение выработки электроэнергии ветряными электростанциями в г. Белгороде и п. Пролетарский Ракитянского района Белгородской области (железнодорожная станция Готня). В работе проанализированы климатические условия Белгородской области и определена фактическая выработка электроэнергии в ветрогенераторе.

Были использованы метеорологические данные архива погоды на метеостанциях Белгородского аэропорта и Готни полученные с сайта <http://gp5.ru>. Данные содержали температуру воздуха, скорость ветра, влажность, показатели облачности и др., сохранённые с интервалом времени от 0,5 до 3 часов. Всего было использовано 54170 наблюдений за 2011-2015 г.

На рис. 1 и 2 приведено изменение скорости воздуха в течении 2015 г. в Белгороде и Готне. По этим данным было определена количество дней с разной скоростью ветра. Распределение скорости ветра за 2015 г. показано на рис. 3, а за пять лет в табл. 1 в Белгороде, а на рис. 4 и табл. 2 в Готне. Как видно, в Белгороде и Готне преобладающая скорость ветра от 2 до 6 м/с. Согласно рис. 5 средняя фактическая скорость ветра в г. Белгороде значительно выше, чем в Готне.

Для определения мощности был рассмотрен ветрогенератор установленной мощности 7 кВт с горизонтальной осью и с фиксированным углом атаки лопастей типа «48 В 5/7 кВт LOW WIND» производства ООО "МикроАРТ", г. Москва (<http://www.vetrogenerator.ru>).

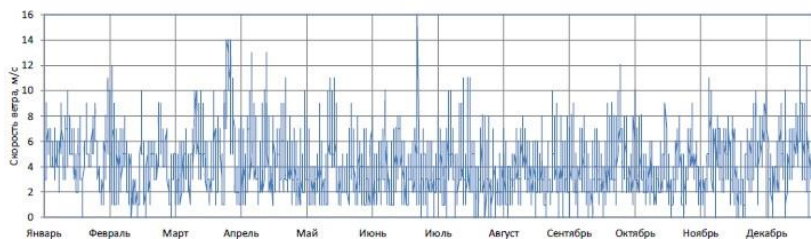


Рис. 1. Скорость ветра в г. Белгороде в 2015 г.

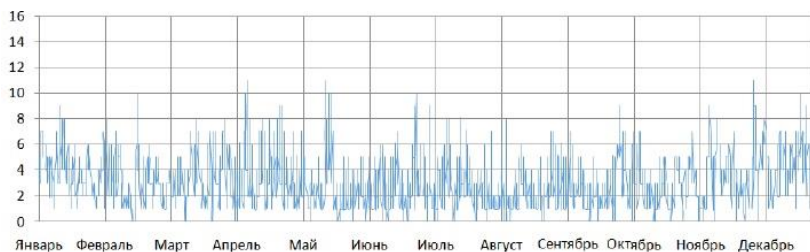


Рис. 2. Скорость ветра в Готне в 2015 г.

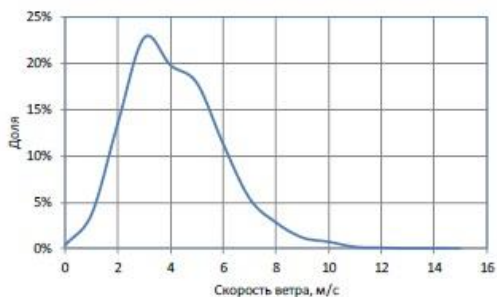


Рис. 3. Распределение скорости ветра в г. Белгороде за пять лет

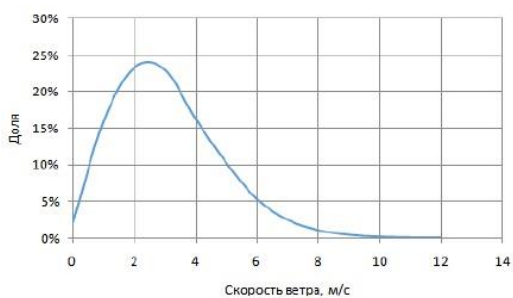


Рис. 4. Среднее распределение скорости ветра в Готне за пять лет

Таблица 1

**Распределение скорости ветра в г. Белгороде за пять лет**

Скорость ветра, м/с	Всего	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
0	0%	0%	0%	0%	0%	1%
1	4%	2%	2%	5%	4%	5%
2	14%	12%	11%	16%	14%	14%
3	23%	27%	23%	20%	23%	21%
4	20%	21%	19%	20%	21%	19%
5	18%	18%	21%	19%	16%	16%
6	11%	11%	12%	12%	11%	11%
7	5%	4%	6%	5%	5%	7%
8	3%	3%	3%	3%	2%	3%
9	1%	1%	1%	1%	1%	2%
10-16	1%	1%	1%	0%	1%	1%
Максимальная скорость, м/с	16	15	12	10	15	16
Среднее значение, м/с	4,19	4,27	4,36	4,06	4,16	4,24

Таблица 2

**Распределение скорости ветра в Готне за пять лет**

Скорость ветра, м/с	Всего	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
0	2%	2%	2%	1%	1%
1	16%	14%	14%	20%	20%
2	23%	23%	23%	26%	26%
3	23%	21%	25%	24%	24%
4	16%	17%	17%	15%	15%
5	10%	12%	11%	8%	8%
6	5%	6%	6%	3%	3%
7	2%	3%	2%	2%	2%
8	1%	1%	1%	1%	1%
9	0%	0%	0%	0%	1%
10-12	0%	0%	0%	0%	0%
Максимальная скорость, м с	12	11	10	12	11
Среднее значение, м/с	3,11	3,21	3,13	2,85	3,20

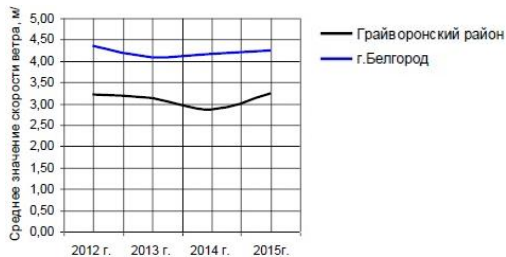


Рис. 5. Распределение среднего значения скорости ветра для Грайворонского района и г. Белгорода

По зависимости выработки энергии в ветрогенераторе при разной скорости ветра была определена фактическая выработка электроэнергии, представленная в табл. 3.

Таблица 3

**Выработка электроэнергии ветрогенератором**

Год	Выработка электроэнергии, кВт·ч	Коэффициент использования установленной мощности
2011	8 053	13%
2012	9 050	15%
2013	8 470	14%
2014	8 727	14%
2015	9 488	15%
Всего	43 788	14%

Как видно из полученных данных, коэффициент использования установленной мощности ветрогенератора в условиях Белгородской области низок и составляет 14%.

Стоимость рассмотренного ветрогенератора составляет 480 тыс. руб. В комплекте с мачтой высотой 12 м, инвертером и аккумуляторами стоимость ветрогенераторной установки составит 830 тыс. руб. При паспортном сроке эксплуатации 15 лет себестоимость вырабатываемой энергии составит 6,3 руб./ кВт·ч.

Годовая выработка электроэнергии, определённая по зависимости вырабатываемой мощности от скорости ветра и данных фактической скорости ветра приведена в табл. 4.

Таблица 4

**Выработка электроэнергии ветрогенераторами**

Год	Годовая выработка, кВт·ч			Коэффициент использования установленной мощности, %		
	Вертикальный (3/4 кВт)	С лопастями, автоматически меняющими угол (3/4 кВт)	С фиксированным углом лопастей (5/7 кВт)	Вертикальный	С лопастями, автоматически меняющими угол	С фиксированным углом лопастей
2015	3430	4869	5737	13%	19%	13%
2014	2507	3624	4208	10%	14%	10%
2013	3056	-1-1-1-1	5094	12%	17%	12%
2012	3307	4736	5486	13%	18%	13%

Разность в эффективности ветрогенераторов различного типа достигает 1,5 раз. Наиболее высокий коэффициент использования установленной мощности для ветрогенератора с лопастями, автоматически меняющими угол. Эффективность ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осями и фиксированными лопастями одинакова и составляет 13%.

В табл. 5 приведено сравнение выработки одинаковых ветрогенераторов в разных районах Белгородской области, определённой по фактическим данным скорости ветра. Как видно из результатов, эффективность ветрогенерации в г. Белгороде значительно выше, чем в Грайворонском районе.

Можно сделать вывод, что в условиях Белгородской области реальная выработка электроэнергии в ветрогенераторах составляет 12-20% от установленной мощности и зависит от места расположения ветрогенераторов.

Таблица 5

**Выработка электроэнергии ветрогенератором с горизонтальной осью и с фиксированным углом атаки лопастей (5/7 кВт)**

Год	г. Белгород		Грайворонский район	
	Выработка электроэнергии, кВт·ч	Коэффициент использования установленной мощности	Выработка электроэнергии, кВт·ч	Коэффициент использования установленной мощности
2015	9 488	22%	5737	13%
2014	8 727	20%	4208	10%
2013	8 470	19%	5094	12%
2012	9 050	21%	5486	13%
Всего	35 735	20%	20 525	12%

Для оценки эффективности альтернативных источников энергии нельзя применять усреднённые значения, а необходимо использовать климатические данные конкретного расположения объекта.

*Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы, договор № А-26/15.*

**Библиографический список**

1. Модель распределения изменяющихся климатических параметров / А.В. Белоусов, Ю.А. Кошлич, А.Г. Гребеник // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.
2. Нестеров, М.Н. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага / М.Н. Нестеров, П.А. Трубаев, М.Ю. Михайлова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 208–211.
3. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Эффективность солнечных водонагревательных установок в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 416-420.
4. Belousov A.V., Koshlich Yu.A., Glagolev S.N., Grebenik A.G. Optimal adaptive control of solar hot water supply system // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. 2015. С. 361-368.
5. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А. Оптимизация управления низкотемпературной гелиоустановкой // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2014. № 11. С. 1-7.
6. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Программно-технические аспекты информационного обеспечения эксплуатации гелиоустановки в составе демонстрационной зоны по энергосбережению // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2012. Т. 24. № 19-1. С. 180-184.

7. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А. Математическое моделирование системы горячего водоснабжения зданий с пиковым теплоисточником на основе гелиоустановки // Информационные системы и технологии. 2013. № 6 (80). С. 16-23.

8. Trubaev P., Shirrime K., Tarasyuk P., Tarasyuk P. Peculiarities of implementation of the energy management system in conditions of russian economy // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 30. № 8. С. 990-994.

9. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки.– М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.

## **ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ВЫРАБАТЫВАЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

студент **Рычков В.В.**

студент **Солдатенкова Е.И.**

д-р техн. наук, доц. **Трубаев П.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Солнечная электростанция (СЭС) – инженерное сооружение, позволяющее получать из солнечной радиации электроэнергию [1-7].

Целью работы является сравнение данных выработки электроэнергии от солнечных панелей в Белгородской области. Для сравнения выработки электроэнергии в различных районах Белгородской области необходимо получить данные о количестве солнечной радиации, поступающей до поверхности земли, что не представляется возможным, по сравнению с ветряными электростанциями.

С этой целью использовался сайт [renewables.ninja](http://renewables.ninja) (рис. 1). Он использует данные анализа погоды от глобальных моделей и спутниковых наблюдений, полученных от двух источников: NASA MERRA (данные наблюдений со спутников) и CM-SAF's SARAH (глобальной климатической модели). Сайт позволяет рассчитывать объем генерируемой энергии для ветро- и солнечных электростанций, расположенных в любой точке мира. Для получения данных на сайте необходимо:

- ввести географические координаты, в качестве которых были использованы координаты районных центров Белгородской области (табл. 1);
- выбрать период времени;
- выбрать источник данных (CM-SAF's SARAH);
- ввести мощность СЭС (100 кВт).

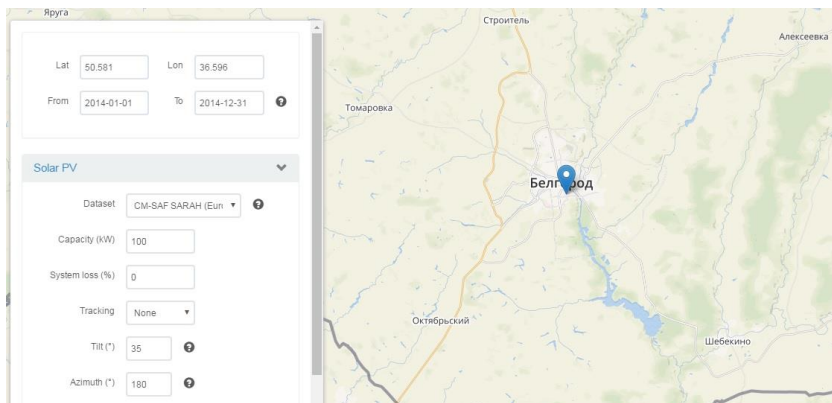


Рис. 1. Ввод данных на сайте renewables для определения эффективности солнечной генерации

Табл. 1

Географические координаты и выработка электроэнергии районных центров Белгородской области

№	Район	Широта	Долгота	кВт·ч	Соотношение выработанной мощности, %	КИУМ, %
1	Алексеевский	50°63'10"	38°68'80"	126460,30	101,1%	14,4%
2	Белгородский	50°58'10"	36°59'60"	125046,87	100,0%	14,3%
3	Борисовский	50°60'70"	36°00'90"	123857,80	99,0%	14,1%
4	Валуйский	50°21'10"	38°09'80"	125300,55	100,2%	14,3%
5	Вейделевский	50°14'60"	38°44'80"	125201,27	100,1%	14,3%
6	Волоконовский	50°48'30"	37°85'00"	124408,85	99,5%	14,2%
7	Грайворонский	50°48'20"	35°67'00"	123321,12	98,6%	14,1%
8	Губкинский	51°28'20"	37°53'20"	124204,65	99,3%	14,2%
9	Ивнянский	51°06'20"	36°13'80"	124810,64	99,8%	14,2%
10	Корочанский	50°81'20"	37°19'30"	124362,35	99,5%	14,2%
11	Красненский	50°93'30"	38°67'80"	125651,07	100,5%	14,3%
12	Красногвардейский (Бирюч)	50°64'90"	38°39'90"	125555,02	100,4%	14,3%
13	Краснояржский	50°79'80"	35°65'50"	124936,02	99,9%	14,3%
14	Новооскольский	50°76'00"	37°87'40"	124905,62	99,9%	14,3%
15	Прохоровский	51°03'40"	36°72'40"	124789,33	99,8%	14,2%
16	Ракитянский	50°83'40"	35°82'90"	124892,35	99,9%	14,3%
17	Ровенский	49°91'30"	38°89'90"	126455,42	101,1%	14,4%
18	Старооскольский	51°30'90"	37°85'40"	125658,09	100,5%	14,3%
19	Черянский	50°94'10"	37°80'50"	124845,83	99,8%	14,3%
20	Шебекинский	50°40'70"	36°89'50"	123729,35	98,9%	14,1%
21	Яковлевский (Строитель)	50°79'10"	36°49'10"	124879,71	99,9%	14,3%



По полученным данным (табл. 1, рис. 2) видно, что разность выработки совсем не большая, не превышает 1,5%.

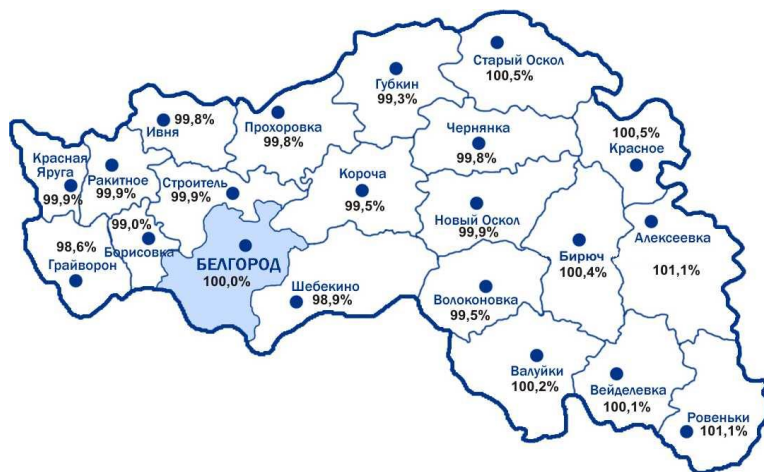


Рис. 2. Выработка электроэнергии в различных районах Белгородской области

Так же на данном сайте мы можем задать выработку по наклону солнечных панелей (рис. 3) и их азимуту (рис.4). По данным графикам можно судить, что выработка солнечной энергии оптимальна при угле наклона солнечной панели в 35°, а азимуте 180°.

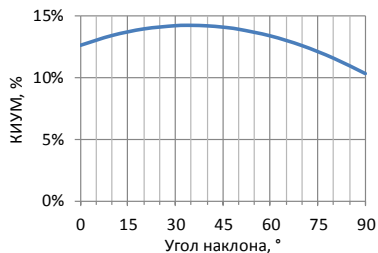


Рис. 3. Изменение угла наклона

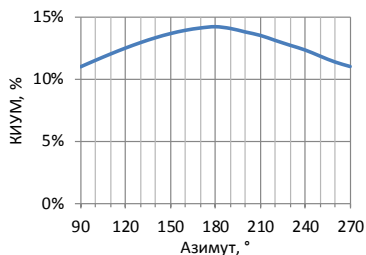


Рис. 4. Изменение азимута

Можно сделать вывод, что в условиях Белгородской области разница в выработке электроэнергии СЭС в различных районных центрах небольшая и составляет не более 1,5%. Но значительно большее влия-

ние на выработку электроэнергии правильная установка солнечных панелей с оптимальным углом наклона в 35° и азимутом в 180°.

*Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы, договор № А-4/15 от 14.04.2015 г.*

### **Библиографический список**

1. <https://www.renewables.ninja>
2. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.
3. Belousov A.V., Koshlich Yu.A., Glagolev S.N., Grebenik A.G. Optimal adaptive control of solar hot water supply system // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. 2015. С. 361-368.
4. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А. Оптимизация управления низкотемпературной гелиоустановкой // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2014. № 11. С. 1-7.
5. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Программно-технические аспекты информационного обеспечения эксплуатации гелиоустановки в составе демонстрационной зоны по энергосбережению // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2012. Т. 24. № 19-1. С. 180-184.
6. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А. Математическое моделирование системы горячего водоснабжения зданий с пиковым теплоисточником на основе гелиоустановки // Информационные системы и технологии. 2013. № 6 (80). С. 16-23.
7. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки.– М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СТЕКЛОПАКЕТЫ**

студент **Свирин М.В.**

студент **Мелашин Е.А.**

канд. техн. наук, доц. **Тихомирова Т.И.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Теплоизоляционные свойства окон в большей степени зависят от типа и качества профиля, но он составляет только небольшую часть площади оконного проема – остальное занимает стеклопакет, характеристики которого и определяют основные теплопотери конструкции.

Теплопотери через окна включают в себя фильтрационные потери за счет воздухопроницаемости окон и трансмиссионные потери, которые, в свою очередь, состоят из конвективно-кондуктивных и радиационных тепловых потерь. Причем, доля радиационных тепловых потерь в обычных окнах составляет около 2/3 от общих.

На сегодняшний день основные теплопотери зданий приходятся на оконные конструкции (37-56% в зависимости от типа дома) [1]. Поэтому исследование способов повышения теплозащитных свойств окон является актуальным.

Потери тепла связаны с основными видами теплопередачи: теплопроводность стекла, внешняя и внутренняя конвекция воздуха, инфракрасное излучение. Наибольшее количество теплоты теряется при лучистом теплообмене – до 70% [2].

### **Способы снижения потерь тепловой энергии**

1. *Использование низкоэмиссионного стекла* – эти покрытия пропускают в здание коротковолновое солнечное излучение, но затрудняют прохождение длинноволнового теплового излучения (от радиаторов отопления).

а) к-стекло (с твердым покрытием) – имеет покрытие на основе оксида олова, которое наносят непосредственно на одной из стадий изготовления. Данное стекло характеризуется высокой устойчивостью к внешним факторам, уменьшает теплопроводность окна. Однокамерный стеклопакет к-стекла, камера которого заполнена инертным газом, по теплозащитным свойствам сопоставим с кирпичной стеной  $\delta=68$  см.

Большое распространение получило в виду простоты изготовления и нейтрального цвета. К-стекло устанавливается внутрь стеклопакета – это позволяет нагревать воздух в камерах, что препятствует конденсации водяных паров.

Достоинства к-стекла:

- высокое термическое сопротивление ( $R_0 = 0,58 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ );
- уменьшение внутренней конденсации;
- высокое светопропускание;
- долговечное пиролитическое покрытие;
- подвергается различным видам обработки: моллирование, ламинирование и закаливание.

б) i-стекло (с мягким покрытием) – имеет покрытие на основе серебра, которое наносят на готовое изделие. Характеризуется меньшим коэффициентом теплопроводности (однокамерный стеклопакет,  $\lambda=1,69$ ) в сравнении с обычным стеклом (двухкамерный,  $\lambda=2,13$ ).

Если выбирать между мягким и твердым покрытием, необходимо учитывать, что *i*-стекло имеет больший коэффициент отражения и повышенную теплозащиту, но плохо переносит воздействие влаги.

Если температура наружного воздуха  $-26^{\circ}\text{C}$ , а в здании  $20^{\circ}\text{C}$ , то температура стекла внутри помещения составит: у обычного стеклопакета  $5^{\circ}\text{C}$ , с *k*-стеклом  $11^{\circ}\text{C}$ , с *i*-стеклом  $14^{\circ}\text{C}$  [3].

Достоинства энергосберегающих стеклопакетов:

- улучшенная теплоизоляция;
- экономия на дополнительный обогрев;
- небольшой вес и меньшая нагрузка на фурнитуру;
- комфортный микроклимат вблизи окна.

2. *Заполнение камеры стеклопакета инертными газами (аргоном Ar, криптоном Kr или ксеноном Xe)*

Инертные газы имеют большую вязкость, меньшую теплоемкость и теплопроводность по сравнению с воздухом. Криптон и ксенон более эффективны в качестве теплоизолятора (при  $10^{\circ}\text{C}$   $\lambda_{\text{воздуха}} = 0,026$ ,  $\lambda_{\text{Ar}} = 0,017$ ,  $\lambda_{\text{Kr}} = 0,011$ ,  $\lambda_{\text{Xe}} = 0,0057$ ), но наиболее распространено использование аргона в связи с его низкой стоимостью [4].

3. *Электрообогрев окон*

Осуществляется следующими способами:

а) обогрев низкоэмиссионного покрытия на поверхности стекла – используют специальные закаленные стекла с нанесенным токопроводящим покрытием. Оно характеризуется однонаправленностью теплового излучения (тепловая энергия передается только в помещение);

б) обогрев межстекольного пространства – нагревательный элемент располагают в нижней части межстекольной воздушной прослойки.

Электропитание стеклопакета управляется автоматической системой, которая регулирует включение/отключение обогрева. В комплект автоматической системы управления входят датчики температуры наружного воздуха и выпадения осадков. Потребляемая мощность зависит от поставленной задачи: для создания комфортного микроклимата помещения ( $21-23^{\circ}\text{C}$ ) стеклопакет потребляет  $40-60 \text{ Вт/м}^2$ , для достижения более высоких температур в помещении (температура внутреннего стекла  $27-40^{\circ}\text{C}$ ) мощность составит  $80-150 \text{ Вт/м}^2$  [5].

4. *Оконные экраны и жалюзи с теплоотражающими покрытиями*

Применяют экраны нескольких видов: с односторонним теплоотражающим покрытием из алюминия (увеличивает теплозащитную эффективность на 21%) и с двухсторонним (на 30 %), которые позволяют сэкономить 10-15% энергии на отопление и кондиционирование.

Использование внутренних экранов может сопровождаться появлением конденсата на поверхности стекла. Поэтому их область применения ограничена – такие экраны не рекомендуется вводить в эксплуатацию в помещения с повышенной влажностью воздуха.

#### *5. Вентиляция межстекольной прослойки воздухом помещения*

Воздух из помещения попадает в межстекольное пространство, отдает тепло стеклопакету (утилизация теплоты) и выводится через специальный канал вентиляции. В холодное время года окна снижают затраты на отопление, а в теплое – препятствуют поступлению тепла извне, уменьшая потребляемую мощность системы кондиционирования.

### **Инновации в повышении теплозащитной эффективности оконных конструкций**

#### *1. Микроструйный теплообменник для теплового регулирования*

Основой данного стекла являются внутренние сосудистые системы, характерные для теплокровных организмов. Такое стекло считается биоадаптируемым, т.е. способным приспосабливаться к изменению параметров окружающей среды. Биоадаптируемые конструкции реагируют на изменяющиеся условия окружающей среды, тем самым сокращая потребление энергии по сравнению с традиционными зданиями.

Эта система представляет собой лист прозрачного гибкого полимера с "охлаждающим слоем" из силикона, пронизанного тонкими каналами ( $d = 1-2$  мм), по которым циркулирует вода комнатной температуры со скоростью 2 мл в минуту. После нагрева опытного образца ( $10 \times 10$  см) наблюдается уменьшение температуры стекла на  $7-9^\circ\text{C}$ . Стекло отдает свою теплоту воде, которая отводит его с помощью циркуляционной системы, а зимой происходит обратный процесс.

#### *2. SmartEnergyGlass («непеключаемые» окна)*

Контролируют светопропускную способность в зависимости от окружающей среды и требуемой освещенности помещений. Такие окна способны конвертировать солнечную энергию в электрическую.

Принцип работы смарт-стекла основывается на использовании пленки из полимер-диспергированных жидких кристаллов (PDLC), меняющая прозрачность в зависимости от величины поданного напряжения. Пленка состоит из двух слоев с нанесенным токопроводящим слоем, между которыми находится полимер с жидкими кристаллами. При подаче тока жидкие кристаллы ориентируются в одном направлении, обеспечивая прозрачность.

Таким образом, применение инновационных технологий в производстве стеклопакетов уменьшает потери тепла, тем самым позволяет снизить расходы на обогрев помещений. Использование теплосберега-

ющих стекол сокращает в отдельных случаях теплопотери более чем на 70%.

### **Библиографический список**

1. Апсаямова Я.И., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Определение расхода энергетических ресурсов в зданиях // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1183-1187.

2. Энергосберегающие окна [Электронный ресурс] URL: [http://www.okna.net.ua/artic/ru\\_31](http://www.okna.net.ua/artic/ru_31) (дата обращения 20.10.2016)

3. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Сухорослова В.В., Трубаев П.А. Опыт энергосбережения при индивидуальном жилищном строительстве в Западной Европе // Фундаментальные исследования в естественнонаучной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. С. 21-24.

4. Низовцев М.И., Терехов В.И. Светопрозрачные конструкции с регулируемыми тепловыми характеристиками // Ползуновский Вестник. № 1. 2010. С. 44-54.

5. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

## **ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ИЗВЛЕЧЕНИИ СВИНЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА**

д-р хим. наук, проф. **Сердюк А.И.**  
преподаватель-стажер **Ялалова М.М.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Отработанные свинцово-кислотные аккумуляторы относятся к категории высокотоксичных отходов и представляют значительную угрозу окружающей среде. В настоящее время наиболее перспективными по сравнению с пирометаллургическими методами являются технологии электрохимических процессов, основанные на химическом либо электрохимическом растворении свинецсодержащих компонентов аккумуляторов (пластин, шлама). Электрохимические процессы, лежащие в основе явления электролиза, неплохо сочетаются с другими операциями. При этом затрачивается меньшее количество энергии, образуется мало опасных отходов, органическая фракция в полном объеме выводится из процессов передела, в роли окислителя и восстановителя выступает электрический ток и, поэтому, исключается необходимость введения дополнительных реагентов, а также полностью удалены выбросы диоксида серы.

Кажущаяся дороговизна предлагаемого метода компенсируется снижением затрат на сборы за загрязнение окружающей среды свинцом и диоксидом серы. Но, при этом происходит выделение вредных веществ с поверхности ванн в рабочей зоне, так как полностью герметизировать ванны невозможно. Поэтому, представляет интерес изучение влияния состава электролита для переработки аккумуляторов на выброс вредных веществ с поверхности ванн.

Фтористые газообразные соединения  $\text{SiF}_4$  и  $\text{HF}$  являются высокотоксичными соединениями, а их производные – сильными инсектицидами, которые негативно влияют на окружающую среду и здоровье человека, поэтому их выделение в атмосферу выше предельно-допустимых концентраций – не допустимо ( $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$  (по фтору) [1].

**Влияние концентрации свинца на выброс фторидов.** В качестве электролита использовали водный раствор, состоящий из борной кислоты, свинцовой соли кремнефтористоводородной кислоты, свободной кремнефтористоводородной кислоты. Концентрация борной кислоты – 25 г/л. Химические вещества использовались марки «ч». В качестве поверхностно-активного вещества использовалась сульфитно-спиртовая барда (ССБ) с концентрацией 1 г/л. Катодная плотность тока –  $150 \text{ А/м}^2$ . Температура электролита –  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Измеряли количество выбросов фторидов с поверхности электролита при постоянной концентрации кремнефтористоводородной кислоты, равной 25 г/л и переменной концентрации соли свинца (по свинцу) от 30 до 135 г/л по методике, описанной в работе [2].

Результаты измерения количества фторидов, выделяющихся с зеркала электролитов с разным содержанием соли свинца в них при одинаковой катодной плотности тока представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Удельное количество фторидов,  
выделяющихся с поверхности электролитов  
при разной концентрации соли свинца (по свинцу) в них**

$C_{\text{Pb}}$ , г/л	30	45	60	75	90	105	120	135
$V_{\text{уд фторид}}$ , г/(с·м <sup>2</sup> )	0,0051	0,0052	0,0052	0,0055	0,0058	0,0059	0,0058	0,0063

Наличие в выбросах фторидов можно объяснить двумя факторами. Первый – испарение с поверхности электролита летучих веществ – кремнефтористоводородной кислоты. При этом, нелетучие вещества, существующие при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  в твердом состоянии, борная кислота и свинцовая соль в парах не должны присутствовать. Второй – выделение га-

зовых пузырьков, состоящих из водорода и кислорода, как продуктов гидролиза воды, и унос ими всех составляющих электролита, т.е. кремнефтористоводородной кислоты, ее свинцовой соли и борной кислоты. В проведенном эксперименте визуально не замечено выделение газовых пузырьков с поверхности электролита. Следует отметить, что наиболее токсичными являются фториды и соли свинца, так как борная кислота в атмосфере имеет 4 класс опасности ( $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 10 \text{ мг/м}^3$ ) и относится к малоопасным веществам. В материалах [3] катодный выход свинца по току составляет 99,8%, это говорит о том, что разряд  $\text{H}^+$  с выделением водовода имеет незначительное место. В работе [3] определено количество соли свинца в выбросах, которое составляет  $0,000012 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2)$ , что в 520 раз ниже, чем выбросы фторидов с поверхности электролита. То есть наличие фторидов в выбросах в основном объясняется испарением (улетучиванием) кремнефтористоводородной кислоты с зеркала электролита и фториды являются основным фактором, определяющим токсичность выбросов с поверхности электролита.

Результаты, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что повышение концентрации свинца в электролите вызывает увеличение количества фторидов, выделяющихся с его поверхности, однако, данные однофакторного дисперсионного анализа указывают на несущественное влияние концентрации свинца в электролите на количество выбросов фторидов. Максимальное количество выбросов фторидов достигается при концентрации соли свинца в электролите 135 г/л, однако оно лишь в 1,2 раза выше минимальной концентрации – 30 г/л. Т.е. увеличение концентрации свинца в 4,5 раза – незначительно, а с учетом ошибки определения параметров ( $\pm 25\%$ ) этим увеличением при дальнейшем расчете можно пренебречь и использовать при всех концентрациях свинца в диапазоне 30-135 г/л значение  $(0,0056 \pm 0,0006) \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2)$ .

**Влияние концентрации кремнефтористоводородной кислоты на выброс фторидов с поверхности электролита.** Концентрация свободной кремнефтористоводородной кислоты составляла от 15 до 60 г/л. Концентрация свинца (100 г/л), концентрация ССБ (1 г/л) катодная плотность тока ( $150 \text{ А/м}^2$ ) и температура электролита ( $25^\circ\text{C}$ ) были постоянны.

Данные измерений удельного количества фторидов в зависимости от концентрации кремнефтористоводородной кислоты, выделяющихся с поверхности электролитов, представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что соотношение  $V_{\text{уд.фт.}}/C_{\text{H}_2\text{SiF}_6}$  не зависит от концентрации кислоты, т.е. не меняется и составляет  $(2,25 \pm 0,05) \cdot 10^{-4} \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ .



Таблица 2

**Удельное количество фторидов, выделяющихся  
с поверхности электролитов при разной концентрации  
кремнефтористоводородной кислоты в них**

$C_{H_2SiF_6}$ , г/л	15	20	25	30	35	40	45	50	60
$V_{уд.фтор} \cdot 10^3$ , г/(с·м <sup>2</sup> )	3,3	4,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	10,5	13,5
$V_{уд.фт.}/C_{H_2SiF_6} \cdot 10^4$ , г/(с·м <sup>2</sup> )	2,20	2,25	2,40	2,33	2,29	2,25	2,22	2,10	2,25

Это говорит о том, что выбросы фторидов с поверхности электролитов практически полностью определяются концентрацией кремнефтористоводородной кислоты, т.е. наличие фторидов в выбросах определяется испарением этой кислоты с поверхности электролита. Исследователи, изучавшие процессы свинцевания в кремнефтористоводородных электролитах, установили, что выделение вредных веществ с поверхности электролита в процессе электролиза обусловлено его испарением, а также распадом кремнефтористоводородной кислоты, а не электрохимическими процессами [4], поэтому снижение температуры электролита и повышение скорости переработки способствуют снижению валовых выбросов вредных веществ с его поверхности. Все это подтверждается тем, что количество выбросов фтора не зависит от плотности тока, которая определяет скорость процесса растворения пластин отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов и выделения свинца на катоде [3]. Таким образом, соотношение концентрации кремнефтористоводородной кислоты к выбросам фторидов при 25 °С является величиной постоянной для данной кислоты при таком составе электролита.

**Влияние различных ПАВ, входящих в состав электролита, на удельные выбросы фторидов.**

Данные об удельном количестве фторидов, выделяющихся с зеркала электролитов с добавками различных поверхностно-активных веществ при разной катодной и анодной плотности тока, представлены в табл. 3.

В табл. 3 просматривается увеличение выбросов фторидов при введении ПАВ. Это можно объяснить тем, что поверхностно-активные вещества снижают поверхностное натяжение на границе жидкость-воздух и, таким образом увеличивают количество испарившейся кислоты, стабилизируют и повышают количество выделяющихся пузырьков газа, что приводит к увеличению концентрации аэрозоля.

Таблица 3

**Удельные выбросы фторидов с зеркала электролитов при разной катодной и анодной плотности тока с различными ПАВ и без них**

№	Наименование ПАВ	$C_{\text{ПАВ}}$ , г/л	$i_k$ , А/м <sup>2</sup>	$V_{\text{уд}}/i_k \cdot 10^6$ , г/(с·м <sup>2</sup> )	$i_a$ , А/м <sup>2</sup>	$V_{\text{уд}}/i_a \cdot 10^6$ , г/(с·м <sup>2</sup> )	$V_{\text{уд.фт.}} \cdot 10^3$ , г/(с·м <sup>2</sup> )
1	Без ПАВ	0	117	8,0	8	23,8	2,1
2	ССБ	1,0	439	12,5	346	15,8	5,5
3	ССБ+ этиленгликоль	1,0+ 1,0	256	24,2	208	29,8	6,2
4	ССБ+ желатина	1,0+ 0,8	342	23,0	271	29,1	7,9
5	Желатина	0,8	129	66,0	102	83,3	8,5
6	Глицерин	5,0	184	51,0	146	64,4	9,4

Результаты измерений выбросов фторидов с зеркала электролитов при рабочей катодной и анодной плотности тока [3], характеризуют скорости протекания процессов выделения свинца и растворения отработанных свинецсодержащих пластин (электролит с концентрацией соли свинца 100 г/л, кремнефтористоводородной кислоты 25 г/л, ССБ 1 г/л). Минимальное соотношение  $V_{\text{уд}}/i_k$  характеризует экологичность процесса, т.е. показывает то, что процесс выделения свинца с использованием в качестве ПАВ ССБ с концентрацией 1 г/л характеризуется как максимальной скоростью выделения свинца, так и минимальными удельными выбросами фторидов с поверхности электролита.

### Библиографический список

1. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. М., 2003. 268 с.
2. Методические указания по определению свободной двуокиси кремния в некоторых видах пыли № 2391-81. М.: Минздрав СССР, 1981. 37 с.
3. Исаева-Парцвания Н.В., Сердюк А.И., Ступин А.Б. Повышение экологической безопасности при электрохимической переработке свинцово-кислотных аккумуляторов в кремнефтористых электролитах // Сборник научных трудов ДонНУУ. Серія: державне управління. Механізми утворення природокористування. 2005. Том 6, вип. 57. С. 41-47.
4. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical methods. Fundamentals and applications. 2nd ed. Wiley, 2001. 850 p.

## ГРОЗОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

студент **Сычѳв А.И.**

студент **Румянцев А.В.**

ст. преп. **Воловиков А.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Еще великий ученый Никола Тесла в начале XX века предсказывал, что в будущем люди научатся добывать и сохранять атмосферное электричество. Появятся приборы, которые будут собирать и хранить атмосферное электричество так же, как фотоэлементы преобразуют в энергию солнечный свет.

Каждый, кто когда-нибудь читал про огромные значения напряжений и токов в канале линейной молнии, задумывался: а нельзя ли как-то эти молнии ловить и переправлять в энергетические сети? Дабы питать холодильники, лампочки, тостеры и прочие стиральные машины. Разговоры о таких станциях ведутся уже много лет, но не исключено, что в следующем году мы наконец увидим действующий образец «сборщика молний».

И действительно – энергия молнии колоссальна. Разность потенциалов между ее концами может достигать 1-2,5 миллионов вольт, а ток в канале разряда доходит до 200 тысяч ампер (у некоторых, особенно сильных, в среднем – от 5 до 20 кА). Выделяемая при этом мощность достаточна для того, чтобы зажечь 150.000.000 электрических лампочек по 100 ватт.

По некоторым данным, энергии, выделяемой при одной единственной сильной грозе, хватило бы на то, чтобы в течение 20 минут поддерживать электроснабжение США. Учитывая, что на земле ежесекундно происходит около 2 тыс. гроз, получается, что человечество буквально купается в океанах не востребованной энергии, что, впрочем, справедливо и для энергии Солнца, ветра, приливов, геотермальных источников и прочих неиссякаемых ресурсов.

Но проблем тут масса. Молнии, увы, слишком ненадежный поставщик электричества. Предугадать заранее, где случится гроза, едва ли возможно. А ждать её на одном месте – долго. Чтобы «питаться» молниями, их энергию явно нужно где-то накапливать за те тысячные доли секунды, что длится главная фаза разряда (удар молнии, кажущийся мгновенным, на самом деле состоит из нескольких фаз), а потом мед-

ленно отдавать в сеть, попутно преобразуя в стандартные 220 вольт и 50 или 60 герц переменного напряжения.

Заметим, что во время разряда молнии происходит довольно сложный процесс. Сначала из облака к земле (внутриоблачные молнии мы не рассматриваем) устремляется разряд-лидер, сформированный электронными лавинами, которые сливаются в разряды, называемые также стримерами. Лидер создаёт горячий ионизированный канал, по которому в противоположном направлении пробегает главный разряд молнии, вырванный с поверхности Земли сильным электрическим полем.

Далее все эти стадии могут повториться и 2, и 3, и 10 раз — за те самые доли секунды, что длится молния. Представьте, насколько сложная задача — поймать этот разряд и направить ток в нужное место. А ведь ещё надо добавить, что и те молнии, которые пробегают между облаками и землёй, делятся на два «зеркальных» типа: одни вызываются отрицательными разрядами, накапливающимися в нижней части грозового облака, а другие — положительными, которые собираются в его верхней части. Правда, второй тип встречается от 4 (в средних широтах) до 17 (в тропиках) раз реже, чем разряды первого типа (отрицательные молнии). Но и эту разницу всё равно нужно учитывать при проектировании сборщиков небесного электричества.

Проведя многолетние наблюдения специалисты, TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) составили мировую карту частоты молний (рис. 1), украсив ту или иную часть Земли в соответствии с числом ослепительных разрядов, возникающих над каждым квадратным километром данной местности за год.

По карте видно, что грозы относительной непредсказуемы гроз и распределены неравномерно. Конечно, наибольшая грозовая активность отмечается ближе к экватору, но возникающие в этих широтах разряды чаще всего происходят не между грозовым облаком и землей, а между облаками или частями облака. Конечно, в Центральной Африке есть обширная зона, где на квадратный километр приходится более 70 молний в год. Есть такие зоны и в США: в штатах Колорадо и Флорида. Но все-таки это достаточно локальные районы. Между тем, атмосферное электричество теоретически доступно в любой точке планеты.

Однако, даже имея подробную карту проблем остаётся немало. Прежде всего, прежде, чем атмосферное электричество попадет в промышленную сеть, оно должно быть преобразовано в промышленный стандарт: переменный ток частотой 50-60 герц с напряжением 220-550 кВ (для энергосетей разных стран эти параметры отличаются).

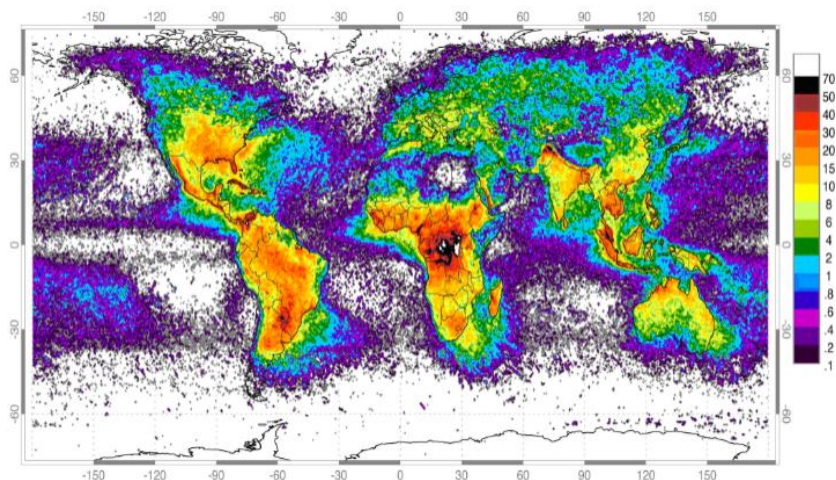


Рис. 1. Мировая карта частоты молний

То есть, не достаточно просто разместить громоотводы вдоль ЛЭП. В разное время предлагались разные решения этой проблемы, в том числе и подземные водяные резервуары. Под действием энергии электрического разряда, вода должна превращаться в пар, который, по мысли авторов патента (а такая схема запатентована в США в 60 годы прошлого века) должен вращать лопатки турбин, как на классических тепловых и атомных станциях.

Очевидно, что КПД таких генераторов крайне невелик. Но теперь появились электрические конденсаторы – накопители большой емкости, способные месяцами хранить накопленную энергию и преобразователи переменного тока на быстродействующих тиристорах, КПД которых приближается к 85%.

Напряжённость электрического поля планеты составляет у её поверхности примерно 130 В/м. С высотой напряженность этого поля квадратично падает, зато растёт электропроводность воздуха. Оптимальные условия для такого способа использования природного электричества природа создаёт на высотах порядка 10-20 км.

Проблема заключается в том, чтобы или плавно «слить» атмосферный статический заряд в наземный накопитель, или сделать тоже самое, спровоцировав молнию искусственно. Такие наработки на уровне патентов имеются, в том числе и в нашей стране.

В начале 60-х годов XX века инженеры В.С. и Б.В. Богословские выдвинули проект использования «электрических течений», обнаруженных в верхних слоях атмосферы. На вершине горы устанавливаются мощные горелки. В топливо добавляются ионизирующие вещества, например, соединения калия. При этом возникает высокий столб ионизированного газа – отличного проводника электричества. Над горелками натягивается медная сеть с крупными ячейками на изоляторах, и установка заземляется. Авторы проекта полагали, что «ионотрон» даст в сотни раз более дешевую энергию, чем от сжигания угля.

Но то, что было хорошо в 60-е, неприемлемо в начале XXI века, прежде всего, по соображениям экологии. А между тем, ионный канал можно создать и иным способом. Например, с помощью направленного источника радиоактивного излучения – такие идеи предлагались, и более того – громоотводы такой конструкции использовались в СССР для грозовой защиты объектов особой важности.

Однако, изотопные громоотводы, хотя и способны инициировать разряд молнии, проблемы стабильности и предсказуемости разрядов не решают. Между тем, решение проблемы, как кажется, существует. Способ заключается в предварительном сканировании грозовой тучи лазерным лучом небольшой мощности с целью выявления области наибольшей напряженности электростатического поля.

После сканирования лазер ориентируется в эту область. Мощный лазерный луч, проходящий через отверстие в токоприемнике, создает плазменный канал между тучей и землей, по которому устремляется электрический ток. Заряд облаков стекает по плазменному каналу на токоприемник и передается по тоководу в накопитель энергии.

Помимо прочего, такая установка позволит также хорошо выполнять молнезащитную функцию для различных объектов без использования опасных высокоактивных материалов.

Американская компания Alternative Energy Holdings (Alt-Holding), предложила способ использования даровой энергии. Специалисты компании утверждали, что им удалось разработать способ сбора и утилизации энергии, возникающей во время электрических разрядов в грозовых облаках. Проект получил название «Сборщик молний» (Lightning Harvester). Предполагалось, что экспериментальная установка будет запущена в 2007 году. По утверждению Alt-Holding (штаб-квартира в г. Роанок, Вирджиния), стоимость киловатт-часа электроэнергии, произведенной «Сборщиком» не превысит половины цента. Компания считала, что такой способ производства электричества будет актуален для

местностей, характеризующихся повышенной грозовой активностью, каковых немало как в США, так и в экваториальных районах планеты. В пресс-релизе компании сказано, что первые промышленные электростанции, использующие энергию грозových разрядов, появятся через 4-7 лет. Но спустя несколько лет компания развалилась, а исследования так и не были запущены в широкие слои населения. Остаётся лишь догадываться, получилось ли у сотрудников компании создать реально действующую электростанцию, работающую на энергии молнии.

### **Библиографический список**

1. Защита электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молнии. Москва: Энергоиздат, 1989. 5 с.
2. Портал по энергосбережению «Экоэнергия» [Электронный ресурс]: Грозовая энергетика как перспективный источник энергии. URL: <http://ekoenergia.ru/grozovaya-energiya/grozovaya-energetika.html> (дата обращения: 17.10.2016).
3. Рекламно-информационный журнал «Мембрана» [Электронный ресурс]: Молниевая ферма поймает энергию небесных разрядов. URL: <http://www.membrana.ru/particle/3136> (дата обращения: 17.10.2016).
4. Авербух М. А., Кузнецов В. А., Коржов Д. Н., Коробкин А. А., Лимаров Д. С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ УТЕПЛЕНИИ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ**

канд. техн. наук, доц. **Тихомирова Т.И.**  
канд. техн. наук, доц. **Щетинина И.А.**  
канд. техн. наук, доц. **Щетинин Н.А.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам энергосбережения и рационального использования энергии. Это объясняется удорожанием энергоресурсов и, как следствие, увеличением затрат на отопление зданий и сооружений.

Стремительный рост цен на тепловую энергию, низкое качество тепловой изоляции зданий создают необходимые условия для принятия мер по утеплению зданий и приведению их энергоэффективности к уровню требований СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Дан-

ные экспертных оценок утверждают тот факт, что в наших зданиях сегодня теряется до 40% поступающих в них энергоресурсов. Это приводит к большим расходам энергопотребления на отопление.

Реальное теплопотребление новых зданий без эффективной теплоизоляции составляет 120-130 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год, вместо предусмотренного Стандартом значения 100 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год. Кроме того, существующие панельные дома без теплоизоляции потребляют 200-300 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год, а некоторые дома, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, имеют теплопотребление до 600 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год.

Приведенные цифры показывают, что возможные и имеющиеся в настоящее время значения теплопотерь различаются от 2 до 10 раз со средним значением 4 раза. Это и есть потенциал энергосбережения в зданиях.

Энергосбережение, определяемое на основе теплового баланса здания, в жилом фонде может достигать 40% за счет утепления ограждающих конструкций, модернизации оконных и дверных заполнений.

Проведенные исследования теплопотерь при утеплении панельных зданий в странах Восточной Европы показали, что 80 - 85% эффекта утепления достигается при толщине теплоизоляции 8 см. При дальнейшем увеличении толщины утеплителя значительным становится эффект от мостиков холода. Наиболее уязвимыми местами дома являются:

- примыкания ограждений балконом и лоджик к стенам;
- в районе цоколя и верхнего перекрытия;
- в районе оконных откосов и подоконников.

Поэтому одновременное утепление и устранение мостиков холода может дать 90% ожидаемого эффекта от утепления стен.

Стены домов можно утеплить как снаружи, так и изнутри. Изнутри располагать утеплитель не рекомендуется, так как точка росы в холодное время года может перейти под утеплитель и вызвать отмокание стен и появление плесени. Постоянная влажность в стене, промерзание конденсата способствуют постепенному обветшанию здания. Наружное утепление фасада эффективнее. Точка росы перемещается внутрь пористого утеплителя, и влага не оказывает воздействия на несущие конструкции дома. Поэтому применение наружных утеплителей стен повышает не только энергоэффективность, но и комфортность проживания.

Существует несколько технологий утепления стен: монтаж навесных вентилируемых фасадов и монтаж мокрого фасада.

Суть утепления с применением вентилируемых фасадов заключается в том, что кроме утеплителя на стене, с зазором от утеплителя, рас-



полагаются декоративные навесные плоскости из защитно-декоративных материалов, таких как керамогранит, алюминий. Достоинством такого способа утепления стен состоит в том, что наружная обшивка является прочной, долговечной и придает зданию архитектурную выразительность. Однако, навес тяжелых фасадов на трехслойные бетонные панели зачастую невозможен. Кроме того, постоянный продув воздуха под навесными панелями способствует снижению теплозащитных свойств теплоизоляционных материалов. Поэтому вентилируемые фасады при капитальном ремонте панельных домов практически не применяются.

Наибольшее распространение при утеплении зданий получили разнообразные многослойные утепляющие конструкции – сэндвич-панели. Первый слой – непосредственно утеплитель из пористых материалов. Часто в качестве таковых применяют пенополистирол, пеностекло, полистиролобетон. Второй слой – армирующая металлическая сетка или сетка из стеклоткани. Сетка предназначена для закрепления слоя декоративной штукатурки. Третий слой – штукатурка.

Многослойное утепление сэндвич - панелями имеет ряд достоинств:

- создаются благоприятные температурно-влажностные условия работы изолируемых ограждающих конструкций;

- стена защищена от атмосферных осадков, образования льда в толще стены из-за наличия капиллярной влаги и ее конденсата;

- наружная теплоизоляция сглаживает или вообще устраняет мостики холода. Система позволяет в полной мере реализовать теплоаккумулирующую способность стен при отключении или снижении температуры теплоносителя в системах отопления. Также исчезает зависимость температуры воздуха в помещениях от ориентации зданий;

- значительно снижается уровень шума в помещении, т.к. минвата или пенополистирол являются хорошими звукоизоляторами;

- длительный срок службы системы утепления.

Такой ограниченной санации рекомендуется подвергать дома, которые в течение ближайших 10 лет не планируется сносить или реконструировать. В результате проведения работ здания приводятся в соответствие с требованиями СНиП 23-02-2003.

### **Библиографический список**

1. Тихомирова Т.И., Щетинина И.А., Щетинин Н.А. Об энергосберегающем остеклении. [Электронный ресурс] / Научно-технические инновации: Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2016. Ч. 1. С. 211-214.

2. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 192 с.

3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М., 2012. – 96 с.

4. Косухин М.М., Семак А.В., Косухин А.М. Оценка потенциала энергобережения на основе энергоаудита // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 89-94.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСВЕЩЁННОСТИ ЛАМП РАЗЛИЧНОГО ТИПА**

ученик 6Г класса **Трубаев К.П.**

*Средняя общеобразовательная школа № 45, г. Белгород*

Мне интересен принцип работы осветительных приборов, почему существуют несколько типов лампочек и как выбрать лучшую.

Поэтому целью работы было исследовать физические характеристики лампочек (рис. 1). Выдвинутая гипотеза заключалась в следующем: предположим, что у различных типов ламп разное значение удельной освещенности. Объектом исследования являлись разные виды лампочек, предметом исследования – удельная освещенность различных типов ламп.

Задачи работы:

- узнать, как работает лампочка;
- измерить освещённость и потребляемую энергию лампочек различного вида;
- выяснить, какие лампочки лучше и почему.

### **Какие бывают лампочки**

Самая старая лампа – лампа накаливания (рис. 1). В ней электрический ток проходит через спираль из вольфрама, она нагревается и светится. Основная энергия тратится не на свет, а на нагрев. Эти лампы потребляют много электроэнергии и через два-три месяца перегорают. Такая лампа потребляет обычно 75 Ватт и стоит 15 рублей.

Более современные – люминесцентные лампы (рис. 2). Специальная колба заполнена газом с парами ртути и аргона. Когда электрический ток проходит через газ, он светится. Лампа потребляет 15 Ватт и стоит 150 рублей. Работает такая лампа несколько месяцев, но в ней содержится ртуть. Это очень сильный яд, лампы нельзя разбивать.

Самые современные – светодиодные лампы (рис. 3). В них электрический ток проходит через специальный кристалл, который светится.



Рис. 1. Лампа накаливания



Рис. 2. Люминесцентные лампы



Рис. 3. Светодиод и светодиодная лампа

Лампа состоит из большого количества светодиодов. Светодиодные лампы потребляют обычно 9 Ватт и стоят 200-300 рублей. Они очень дорогие, но они не перегорают много лет.

### Приборная база

В исследовании использовалось два прибора (рис. 4):

1. Люксметр Testo 540 – используется для измерения уровня света в помещениях.
2. Ваттметр Energenie EG-EM1 – счётчик электроэнергии, позволяет определить потребляемую мощность.



Рис. 4. Применяемые приборы

### Методика проведения измерений (рис. 5)

1. Измерения проводились вечером, когда на улице темно.
2. Лампа помещалась над столом, освещение направлялось вниз, расстояние от лампы до стола составляло 0,5 м.



Рис. 5. Этапы исследования

2. В патрон лампы вкручивались различные лампочки, лампа включалась, а освещение комнаты – выключалось. Для люминесцентных лампочек ждали 2 мин, пока они разогреются.

3. Приборами фиксировали:

- потребляемую мощность и освещенность;
- название и тип лампочек (с упаковки).

### Результаты измерений

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты измерений

Наименование лампы	Тип	Данные на упаковке лампы		Результаты измерений		Удельная освещённость, Люксы/Вт
		Потребляемая мощность, Вт	Эквивалентная лампа накаливания, Вт	Потребляемая мощность, Вт	Освещённость, люкс	
1	2	3	4	5	6	7
Лампы, эквиваленты лампе накаливания мощностью 100 Вт						
<b>Лампочка накаливания 100 Вт</b> (производство Россия)	Н	100	–	98	<b>1115</b>	11,4
<b>Лампочка «Gauss 9 Вт»</b>	С	9	100	11	650	59,1
Лампы, эквиваленты лампе накаливания мощностью 80 Вт						
<b>Лампочка «Bellight»</b>	Н	80	–	83	<b>865</b>	10,4
<b>Лампочка «Эра»</b>	Л	15	80	14	770	55,0
Лампы, эквиваленты лампе накаливания мощностью 75 Вт						
<b>Лампочка «Osram»</b>	Н	75	–	79	<b>960</b>	12,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Лампочка «Camelion»	Л	15	75	14	760	54,3
Лампочка «Hyundai»	С	7	75	6	520	<b>86,7</b>
Лампы, эквиваленты лампе накаливания мощностью 60 Вт						
Лампочка «Philips»	Н	60	–	62	<b>677</b>	11,0
Лампочка «Энергосберегающая» (изготовлена для магазинов «Магнит»)	Л	15	65	14	290	20,7
Лампочка светодиодная (производство Китай)	С	–	–	8	580	72,5
Лампочка «Gauss 6,5 Вт»	С	6,5	60	7	530	75,7

· Н – накаливания, Л – люминисцентная, С – светодиодная

В табл. лампы сгруппированы по мощности. Как видно из результатов экспериментов, энергосберегающие лампочки по освещённости не соответствуют заявленным на упаковке характеристикам. Например люминесцентная лампочка «Энергосберегающая» и светодиодная лампочка «Gauss 9 Вт» светили в два раза слабей, чем лампочки накаливания, указанные на их упаковке в качестве аналогов.

На рис. 6. приведена удельная освещённость. Это освещённость, делённая на потребляемую мощность. Чем она выше, тем лампочка будет светить ярче и потреблять меньше энергии.

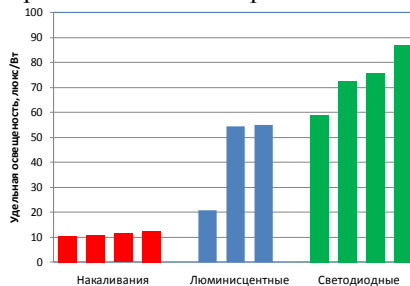


Рис. 6. Удельная освещённость (отношение освещённости к электрической мощности лампочки)

При одинаковой освещённости люминесцентные лампы потребляют электроэнергию в пять раз меньше, чем лампы накаливания, а светодиодные лампы – в 7-8 раз меньше.

### **Выводы**

Лампочки бывают разного качества. Иногда, что бы заменить старую лампу, необходима не одна энергосберегающая, а две или даже три. Из исследованных ламп лучшей являлась лампа Huinday, которая светит на 15% лучше, чем другие светодиодные лампочки и в полтора раза лучше люминесцентных.

При выборе лампочек необходимо обращать внимание на характеристики и сравнивать их яркость между собой. Но даже три светодиодные лампы экономичнее одной лампы накаливания.

### **Библиографический список**

1. Энергия и окружающая среда. Уч. пос. для ср. шк. Проект SPARE. СПб. 2008. 88 с.

## **АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА**

д-р техн. наук, доц. **Трубаев П.А.**

ст. преп. **Гришко Б.М.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Одним из методов повышения энергоэффективности зданий является их утепление, производимое во время капитального ремонта.

В 2015 г. в г. Белгороде и Белгородском районе был произведён капитальный ремонт ряда многоквартирных жилых домов. В составе выполняемых работ было предусмотрено утепление наружных стен с использованием материала Izovol плотностью  $150 \text{ кг/м}^3$  и толщиной 80 мм. Так как большинство отремонтированных зданий были небольшой площади, приборы учета теплоты были установлены только на зданиях площадью более  $3000 \text{ м}^2$ . Целью работы было инструментальные измерения теплозащитных свойств ограждающих конструкций после утепления, определение удельного расхода теплоты на отопление и класса энергосбережения зданий на основании показаний приборов учета.

С целью контроля качества работ в январе-феврале 2016 г. было проведено измерение теплозащитных свойств стен для 15 домов (табл. 1). Работы проводились согласно требованиям ГОСТ 26254-84 «Здания

и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» с использованием 10-канального измерителя плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03/Х(1) "ПОТОК" (рис. 1). Результаты измерений представлены в табл. 2.

Как видно из данных табл., требуемого термического сопротивления стен, которое согласно требованиям СП 50.13330-2012 «Тепловая защита зданий» для условий Белгородской области должно составлять не менее 2,86 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, в большинстве случаев достичь не удалось. Это можно объяснить низким качеством работ и наличием термических неоднородностей из-за крепёжных элементов (рис 2).

Таблица 1

**Список обследованных домов (г. Белгород)**

№	Адрес	Этаж-ность	Тип стен	Пло-щадь, м <sup>2</sup>
1	ул. Попова, 68А	9	Силикатный кирпич 0,54 м	2478,9
2	пр. Б. Хмельниц-кого, 71	5	Силикатный кирпич 0,5 м.	3456
3	пр. Б. Хмельниц-кого, 120	5	Панельное здание 0,4 м.	4685,21
4	ул. Костюкова, 22	5	Панельное здание 0,4 м.	6256
5	ул. Костюкова, 53	5	Панельное здание, штукатурка	4817,7
6	ул. Мичурина, 52	5	Силикатный кирпич 0,55 м., штукатурка	3861,8
7	ул. Мокроусова, 3	5	Панельное здание 0,4 м., штукатурка	4805,52
8	ул. Некрасова, 30	5	Панельное здание 0,4 м., штукатурка	4852,9
9	ул. Садовая, 13а	5	Силикатный кирпич 0,55 м.	3611,5
10	ул. Садовая, 67	5	Панельное здание 0,4 м.	3766,5
11	пр. Славы, 76/9	5	Силикатный кирпич 0,51 м., штукатурка	8786
12	ул. Чехова, 30	5	Панельное здание 0,4 м., штукатурка	3005,8
13	ул. Чумичова, 59	5	Панельное здание 0,4 м., штукатурка	3651
14	ул. Шершнева, 5	4	Силикатный кирпич 0,55 м	2699,4
15	ул. Шорса, 5	5	Панельное здание 0,4 м.	2974,6

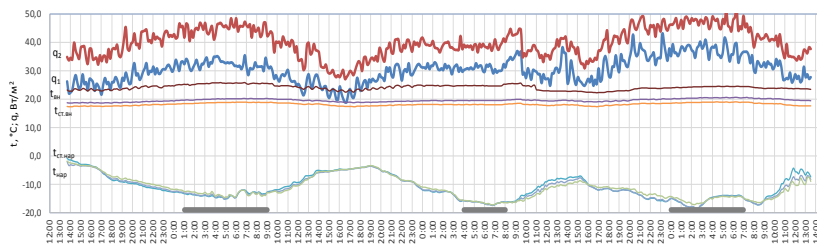


Рис. 1. Пример результатов измерений

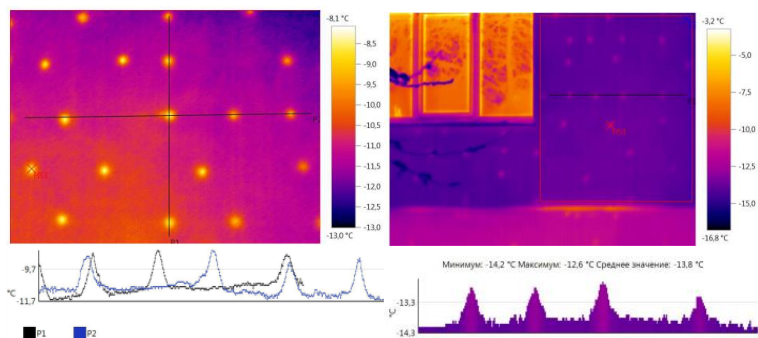


Рис. 2. Тепловизионная съемка утепленных стен

Для определения класса энергоэффективности был рассчитан удельный расход тепловой энергии на отопление по показаниям приборов учета. Так как имелись данные не за весь отопительный сезон, при определении удельного расхода теплоты на отопление использовался расчётный период, указанный в табл. 3.

Таблица 2

**Результаты замеров термического сопротивления  
утеплённых стен**

№	Температуры, °С				Тепловой поток q, Вт/м <sup>2</sup>	Сопротивление теплопередачи R, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
	поверхности стены		воздуха			
	внутри помещения	снаружи помещения	внутри помещения	снаружи помещения		
	t <sub>ст.вн</sub>	t <sub>ст.нар.</sub>	t <sub>вн</sub>	t <sub>нар</sub>		
1	2	3	4	5	6	7
1	20,0	-15,2	24,8	-15,0	16,71	(1) 2,40
	18,5	-15,2			21,78	(2) 1,84
Отклонение значений в однородной (1) и дефектной (2) зонах 23%						
2	22,5	-15,9	26,5	-16,5	19,15	2,25
3	24,7	2,7	23,0	2,7	9,54	2,13
4	25,6	1,7	23,4	1,5	9,43	2,31
5	20,6	-16,1	23,4	-15,0	22,22	(1) 1,73
	20,1	-16,6			34,86	(2) 1,10
Отклонение значений в однородной (1) и дефектной (2) зонах 36%						
6	25,4	0,4	27,2	1,2	6,57	3,97



Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
7	21,3	-2,2	21,9	-1,8	8,0	2,95
8	22,1	-1,1	23,7	-3,3	9,51	2,84
9	21,7	0,9	24,6	1,1	12,88	1,82
10	22,7	2,7	23,8	2,1	11,92	1,89
11	24,8	-1,7	26,2	-2,1	13,3	2,12
12	20,1	-15,1	21,7	-13,8	18,56	1,92
13	19,6	-1,1	22,3	-0,6	10,01	(1) 2,29
	19,4	-0,8			11,51	(2) 2,01
	Отклонение значений в однородной (1) и дефектной (2) зонах 12%					
14	23,6	-1,2	23,3	-1,0	10,14	2,40
15	14,0	-14,0	25,6	-15,5	15,52	2,67

На рис. 3 представлены значения расхода теплоты на отопление за месяц по приборам учета и расчетная отопительная нагрузка здания.

В большинстве зданий график отопительной нагрузки показывает хорошую степень отрегулированной отопления. Неотрегулированная система отопления в зданиях по адресу Попова 68а и Садовая. 67, что вызывает повышенный расход теплоты.

Определённый по представленным данным класс энергосбережения приведен в табл. 4.

Таблица 3

### Климатические параметры расчетного периода

Адрес	Отопительный сезон (расчетный период)				Температура в помеще- нии, °С	ГСОП
	начало, 2015 г.	конец, 2016 г.	Продол- житель- ность, сутки	Сред- няя тем- па, °С		
г. Белгород, ул. Щорса, д. 5	08.10	26.02	142	-0,7	25,6	3735
г. Белгород, ул. Костюкова, д. 22	09.10	26.02	141	-0,7	23,4	3403
г. Белгород, ул. Мокроусова, д. 3	09.10	26.02	141	-0,7	21,9	3187
г. Белгород, пр. Славы, д. 76/9	08.10	26.02	142	-0,7	26,2	3820
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 3	09.10	20.01	104	-0,1	24	2506
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 2	01.11	20.01	81	-1,1	24	2033
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 1	01.11	20.01	81	-1,1	24	2033
г. Белгород, ул. Попова, д. 68а	08.10	26.02	142	-0,7	26	3791
г. Белгород, ул. Некрасова, д. 30	01.10	26.02	149	-0,2	23,8	3576
г. Белгород, ул. Садовая, д. 67	01.10	26.02	149	-0,2	23,8	3576

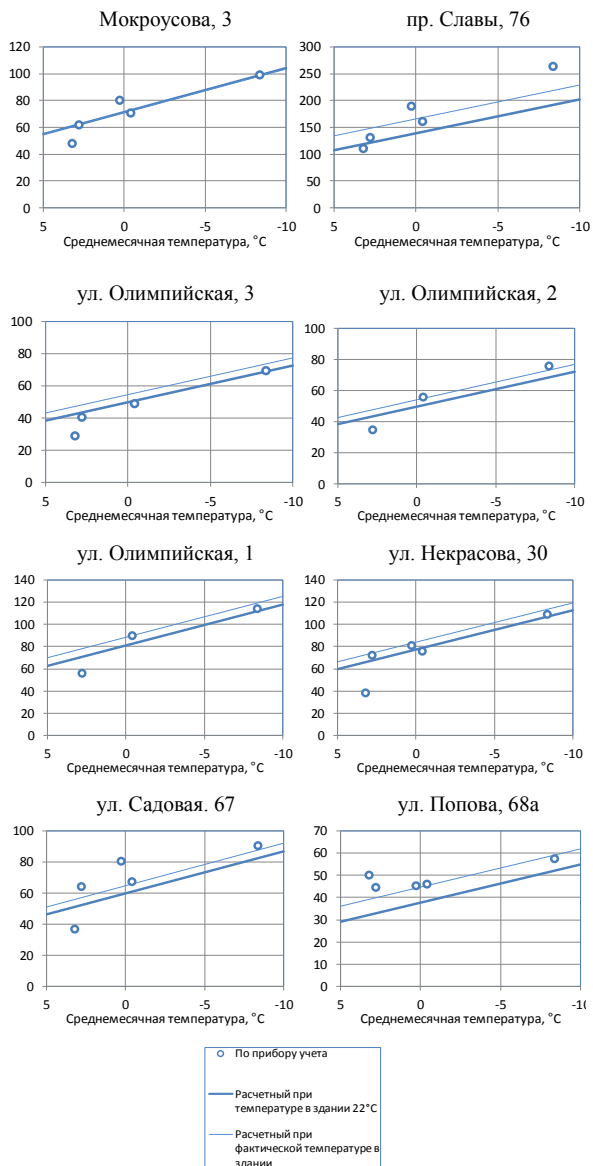


Рис. 3. Месячный (приведенный к 30 сут.) расход теплоты на отопление, Гкал

Таблица 4

**Удельный расход тепловой энергии на отопление и классы энергосбережения**

Адрес	Характеристики здания			Расход тепловой энергии на отопление, $q^{тр}_{от}$ , Вт/(м <sup>3</sup> °С)			Отклонение, %	Класс энергосбережения (СП 50.13330.2012)
	Площадь, м <sup>2</sup>	Отапливаемый объём, м <sup>3</sup>	Число этажей	Расчетный	Фактический	Нормируемый		
г. Белгород, ул. Щорса, д. 5	2974,6	8626	5	0,371	0,360	0,359	0%	С (Нормальный)
г. Белгород, ул. Костюкова д. 22	6 256,5	18144	5	0,370	0,361	0,359	1%	С (Нормальный)
г. Белгород, ул. Мокроусова, д. 3	4805,5	13936	5	0,371	0,364	0,359	1%	С (Нормальный)
г. Белгород, пр. Славы, д. 76/9	8268,7	23979	5	0,419	0,422	0,359	17%	D (Пониженный)
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 3	2965	8599	5	0,420	0,404	0,359	12%	С– (Нормальный)
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 2	2948,3	8550	5	0,420	0,459	0,359	28%	D (Пониженный)
п. Северный, ул. Олимпийская, д. 1	4798,3	13915	5	0,420	0,443	0,359	23%	D (Пониженный)
г. Белгород, ул. Попова, д. 68а	2 478,9	7189	9	0,380	0,398	0,319	25%	D (Пониженный)
г. Белгород, ул. Некрасова, д. 30	4 852,9	14073	5	0,399	0,348	0,359	-3%	С (Нормальный)
г. Белгород, ул. Садовая, д. 67	3 766,5	10923	5	0,396	0,402	0,359	12%	С– (Нормальный)

На одном из домов (по адресу ул. Садовая, 67) прибор учета был установлен до капитального ремонта. На рис. 4 приведены показания прибора учета до (период 1–3) и после (период 4) капитального ремонта. Утепление позволило снизить расход тепловой энергии на 20%.

Приложение № 3 к энергетическому паспорту

**РАСЧЕТ**

**удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий  
и класса энергосбережения здания из фактических показателей расхода тепловой энергии**

Адрес многоквартирного дома г. Белгород, ул. Садовая, д. 67 (до капремонта)

Отапливаемая площадь, м<sup>2</sup> 3766,5

Число этажей 5

№	Климатическое показатели					
	Расчетный период			Фактическая средняя температура воздуха за период, °С		ГСОП за период, °С·сут
	Начало	Конец	Продолжительность	наружного	в помещении (по результатам замеров)	
1	10.10.12	17.04.13	190	-0,5	22,0	4275
2	27.09.13	22.04.14	208	1,2	22,0	4326,4
3	06.10.14	23.04.15	200	0,1	22,0	4380
4	01.10.15	26.02.16	149	-0,2	23,8	3576

№	Показания общедомового прибора учета, Гкал							
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	ВСЕГО
1	35,427	73,683	93,131	100,265	82,066	51,394	46,298	482,264
2	53,482	58,509	71,454	97,092	95,744	75,484	58,236	510,001
3	40,713	75,799	83,015	86,064	79,025	67,426	60,901	492,943
4	36,818	62,129	67,559	90,482	67,435	–	–	324,423

№	Расход тепловой энергии на отопление, $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)				
	Расчетный (по энергетическому паспорту)	Фактический (определенный по общедомовому прибору учета и фактическим климатическим условиям)	Нормируемый (СП 50.13330.2012)	Отклонение, %	Класс энергосбережения (СП 50.13330.2012)
1	0,496	0,499	0,359	39%	D (Пониженный)
2		0,523		46%	
3		0,500		39%	
Среднее		0,507		41%	
4	0,396	0,402	0,359	12%	C (Нормальный)

Рис. 4. Расчет удельного расхода на отопление

Можно сделать вывод, что значительная часть зданий после капремонта не соответствует требованиям энергоэффективности. Это вызвано как недостаточной толщиной утеплителя, так и качеством выполняемых работ.

*Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы, договор № А-4/15 от 14.04.2015 г.*

### **Библиографический список**

1. Модель распределения изменяющихся климатических параметров / А.В. Белоусов, Ю.А. Кошлич, А.Г. Гребеник // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.
2. Belousov A.V., Koshlich Yu.A., Glagolev S.N., Grebenik A.G. Optimal adaptive control of solar hot water supply system // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 15th. 2015. С. 361-368.
3. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А. Математическое моделирование системы горячего водоснабжения зданий с пиковым теплоисточником на основе гелиоустановки // Информационные системы и технологии. 2013. № 6 (80). С. 16-23.

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБРАЩЕНИЯ СО СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ**

ассистент **Шейх А.А.**  
канд. техн. наук, доц. **Башева Т.С.**  
*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

В работе рассмотрены свойства, экологические характеристики, возможные пути повторного использования и утилизации строительных отходов.

На сегодняшний день, одной из острых проблем Республики является наличие огромного количества промышленных отходов, которые представляют серьезную опасность, как для окружающей среды, так и для здоровья населения. Особенно актуальными на данной территории являются отходы строительства, которые образовались в результате боевых действий. Отсутствие эффективного использования накопившихся вследствие боевых действий отходов, создает дополнительные экологические проблемы, загрязняя все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные объекты, площади плодородных

земель, в том числе и рекреационных. Поэтому, *цель исследований*, заключается в оценке воздействия на окружающую среду строительных отходов и анализа существующих схем их утилизации.

Отходы строительства чаще всего являются инертными отходами IV класса опасности (малоопасные). Морфологический состав отходов строительства представлен на рис. 1 [1].

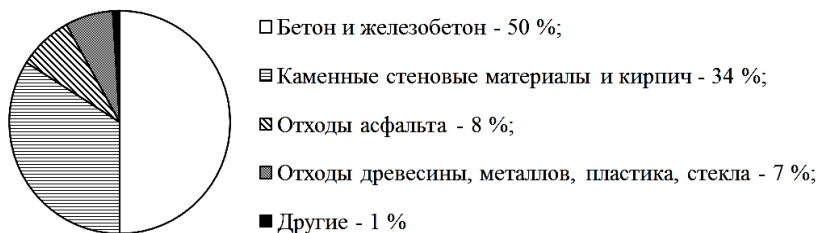


Рис. 1. Морфологический состав отходов

Если рассматривать жизненный цикл жилого или промышленного здания, как объекта строительства, то наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает фаза эксплуатации – 90 %, фаза строительства оценивается в 8 %, а демонтажа – около 2 %. Даже если влияние на окружающую среду на этапе строительства является низким, по сравнению со значениями всего жизненного цикла, этой фазой нельзя пренебрегать из-за чрезмерного использования строительных материалов, потребления воды и неправильного обращения с отходами [2].

Доля строительных отходов в общем количестве промышленных составляет 30 %, хотя это значение и меньше, чем доля отходов горнодобывающей и энергетической отраслей, тем не менее, мы не можем ими также пренебрегать, поскольку они являются крупнотоннажными отходами и занимают большие площади земельных угодий. Это особо актуально в условиях Республики, так как в данном случае речь идет о земельных ресурсах, содержание чернозема в которых достигает 75 %.

Строительные отходы имеют очень высокий потенциал для переработки. 80 % этих отходов могут быть переработаны, хотя на самом деле, лишь небольшая их часть перерабатывается в Украине, России, странах СНГ и Европейском Союзе. В настоящее время 75 % отходов подвергаются захоронению, хотя в некоторых странах, таких как Дания, Нидерланды и Бельгия, процент переработки отходов достигает 80 %.

Отходы строительства относятся к группе комбинированных отходов и представляют собой нетоксичные, инертные отходы. Поэтому, в государстве работают примитивные схемы обращения с отходами строительства, разрешенные в законодательстве (рис. 2) [2].

В некоторых случаях схема усложняется этапом повторного использования строительных отходов (рис. 3). Следует отметить, что чаще всего используются наипростейшие технологии, примером которых является использование отходов для закладки фундамента, при строительстве дорожного полотна, благоустройстве территорий, для засыпки заболоченных местностей, или в производстве тяжелых бетонов [3]. В процессе дробления отходов бетона, образуются пылеобразные отходы, которые при значительных объемах можно использовать в качестве заполнителя, заменяя портландцемент. В результате этого будет снижаться себестоимость готовой продукции, будут сохраняться природные ресурсы, такие как глина и песок.

На рис. 4 приведена схема обращения с отходами бетона (на строительной площадке).

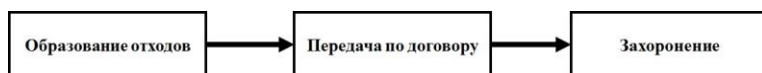


Рис. 2. Схема обращения с отходами строительства

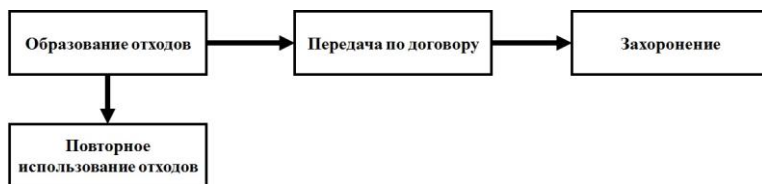


Рис. 3. Усложненная схема обращения с отходами строительства



Рис. 4. Схема обращения с отходами бетона

Согласно проведенным исследованиям в настоящее время разработаны и применяются следующие методы рециклинга и утилизации отходов строительства и демонтажа [3-5]:

- для щебеночных оснований под полы и фундаменты зданий;
- асфальтобетонных покрытий дорог всех классов;
- при производстве бетонных и железобетонных изделий в качестве крупного заполнителя в бетонах прочностью 5-20 МПа;
- при смешивании с природным щебнем в качестве крупного заполнителя в бетонах прочностью до 30 МПа;
- в качестве адсорбента на поверхности железнодорожного полотна;
- термическая обработка с получением энергии.

В результате работы можно сформулировать следующие выводы:

- большая часть отходов строительства и демонтажа в настоящее время складывается на свалках, занимая огромные территории, превышающие площади земель, занятых бытовыми отходами;
- альтернативой методу захоронения отходов может быть повторное использование и сокращение образования отходов путем применения улучшенных технологий в строительстве, а также сжигание с рекуперацией энергии (когда это возможно) с надежным захоронением золы ввиду её токсичности.
- целесообразно проводить дальнейшие исследования по поиску наиболее экологически обоснованных способов обращения с отходами строительства. Для изменения сложившейся эколого-экономической ситуации необходимы серьезные законодательные, нормативные и организационные мероприятия, а также целевые программы, требующие финансовых вложений и инвестиций.

### **Библиографический список**

1. Башева Т.С. Проблема отходов строительства и сноса в контексте экологической безопасности государства // Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и охраны». Юго-Зап. гос. ун-т., 2016. С. 81-87.
2. Шевченко Т.Ю., Барна М.Ю., Назаренко О.Ю. Рециклінг будівельних відходів // Вісник ПДАБА. 2011. № 9 (162). С. 8-11.
3. Штриплинг Л.О., Туренко Ф.П. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: Учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. 192 с.
4. Кикава О. Ш., Соломин И. А. «Переработка строительных отходов». М.: «СигналЪ», 2000. 256 с.
5. Наназашвили И. Х. «Строительные материалы, изделия и конструкции»: Справочник. М.: «Высшая школа», 1990. 495 с.



## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МИНИ ТЭЦ

студент **Щербаков А.К.**  
студент **Суринов Д.Ю.**  
студент **Шатохин И.С.**  
студент **Морозов К.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород*

Значительная стоимость источников энергии, трудности и дороговизна подключения газа и централизованного электроснабжения, а в некоторых случаях и техническая невозможность подвода сетей, заставляет обращать внимание на альтернативные установки, способные обеспечить отопление и работу электроприборов.

При определенных условиях решить эту задачу может мини ТЭЦ для дома, работающая на различном топливе.

### **Отличия мини ТЭЦ и традиционных генераторов**

Генератор — устройство способное преобразовать различные виды топлива в электрическую энергию. Большинство массово эксплуатируемых установок приводятся в действие двигателями внутреннего сгорания или газотурбинными установками. При этом значительная часть тепловой энергии, получаемая в результате сгорания топлива попросту выбрасывается на ветер.

Основные потери приходится на систему охлаждения двигателя, выхлопные (отработанные) газы, нагрев смазочных жидкостей. По этой причине КПД всех существующих генераторов, которые можно использовать в частном порядке, невысок

Мини ТЭЦ для дома на твердом топливе (или других типах источников энергии) позволяет использовать теплотери, характерные генераторам, для получения значительного количества тепловой энергии. В промышленных масштабах теплоцентрали (ТЭЦ), работающие на крупных предприятиях, способны обеспечить потребности даже большого города. В последнее время все более востребованы становятся установки ТЭЦ сравнительно небольшой мощности, которые можно использовать в индивидуальных целях. При этом основной упор делается на агрегаты, способные работать на альтернативных источниках энергии (биотопливо, торф, брикеты и пеллеты, древесные отходы, дрова).

Современные мини ТЭЦ могут работать в двух основных режимах

1. Когенерация — получение электрической энергии и сопутствующая выработка тепла.

2. Тригенерация — обеспечение электричеством и дополнительное получение не только тепла, но и холода для рефрижераторных установок.

### **Принципы работы и существующие виды ТЭЦ**

Если для традиционной ТЭЦ основным агрегатом считается двигатель внутреннего сгорания, то мини ТЭЦ на дровах или древесных отходах работает за счет прямого сжигания топлива в котлах.

Поэтому несколько отличается и принцип действия установок:

Вращение вала ДВС (двигателя внутреннего сгорания) приводит в действие генерирующую установку, вырабатывающую электроэнергию. Тепловая мощность снимается с системы охлаждения двигателя и из продуктов сгорания топлива.

Установки на альтернативных источниках энергии в основном работают в комплекте с паровой турбиной, вырабатывающей электроэнергию. Сжигаемое топливо позволяет получить пар, необходимый для работы турбин. В качестве источника тепловой энергии используется отработанный водяной пар и продукты сгорания (дым).

На практике чаще всего применяют следующие модификации ТЭЦ:

#### **1. Агрегаты на основе ДВС**

К ним можно отнести оборудование с бензиновыми и дизельными двигателями, газопоршневыми и газотурбинными установками. Наиболее производительными считаются именно газовые модификации.

Эксплуатация ТЭЦ с дизельным приводом осложнена тем, что установка должна работать практически на полную мощность. В противном случае двигатель разогревается недостаточно и снять тепловую энергию с него достаточно проблематично.

Средняя стоимость мини ТЭЦ данного типа зависит от вырабатываемой мощности. На сегодняшний день она составляет около 20 – 30 тысяч за каждый кВт электроэнергии. При этом стоит указывать то, что минимальная мощность таких установок составляет 25 – 30 кВт, и использование их в личных целях достаточно проблематично.

#### **2. ТЭЦ на отходах деревообрабатывающих производства**

Для частного дома вполне подойдет мини ТЭЦ. Такая установка вполне способна обеспечить потребности жилого дома площадью до 400 квадратных метров. Вполне может использоваться в лесных местностях или при наличии дешевого источника топлива.

Мощность мини ТЭЦ составляет 3 кВт по электроэнергии и 10 кВт по теплу. Основу агрегата составляет двигатель Стирлинга, в качестве используются пеллеты. Средняя стоимость установки составляет 19 тысяч евро.

На сегодняшний день различные компании предлагают мини ТЭЦ для дома на биотопливе различных модификаций. При выборе таких установок следует учитывать тот факт, что экономическая целесообразность применения данных устройств будет присутствовать только при ежегодном потреблении не менее 3000 кВт·ч электроэнергии и 20 тысяч кВт тепла.

При этом быстро окупается только то оборудование, которое работает с максимальной загрузкой. В противном случае срок окупаемости оборудования может значительно увеличиться. Данный вариант наиболее подходит для коллективного использования, например, на 3-5 котеджей или целый небольшой поселок.

### **Технология**

Традиционной технологией получения электроэнергии является прямое сжигание древесных отходов в паровом котле и далее использование пара в паровой турбине. Недостатком традиционной технологии является высокая цена оборудования для малых электростанций мощностью менее 1 МВт, большие габариты, значительный расход топлива и другие. Конечно, существуют новые технологии, основанные на прямом сжигании, такие как Органический цикл Ренкина (ORC), энтропийный цикл, двигатели Стирлинга, но эти технологии еще более дорогие, а некоторые из них, по сути, находятся в стадии исследований и опытных разработок.

Единственной экономически выгодной альтернативой прямому сжиганию является технология газификации древесных отходов с использованием полученного генераторного газа в электрогенераторных установках с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Преимуществами газификации по сравнению с традиционной паровой технологией являются:

- высокий электрический КПД – более 30%;
- широкий диапазон мощностей – от единиц до сотен кВт;
- возможность выработки тепловой, электрической энергии в режиме когенерации;
- сравнительно невысокая стоимость, модульность оборудования;
- прекрасные экологические характеристики: выхлопные газы двигателей содержат меньше выбросов, чем при работе на природном газе, побочные продукты представляют собой древесный уголь (используется как топливо) и древесную золу (используется как улучшитель почвы).

### **Оборудование**

Промышленная газогенераторная мини-ТЭЦ представляет собой комплекс оборудования, полностью обеспечивающий реализацию вы-

шеуказанной технологической схемы, а не просто газогенератор с двигателем на генераторном газе, как это обычно понимается в России.

На сегодняшний день базовое оборудование в основном импортно-производства на диапазоне мощностей от 11 до 950 кВт и более.

Комплектация большей части вспомогательного оборудования (участок подготовки топлива, система оборотного водоснабжения, когенерационное оборудование) производится силами отечественных производителей.

При проектировании установленной мощности выше 1 МВт мини-ТЭЦ реализуется в виде нескольких параллельных блоков, синхронизированных между собой и, если необходимо, работающих параллельно с сетью.

Тепло работающих двигателей используется в двух направлениях: для сушки топлива перед газификацией и/или для выдачи тепла потребителям. В последнем случае двигатели доукомплектовываются газоводяными теплообменниками для утилизации тепла выхлопных газов и/или пластинчатыми теплообменниками для утилизации тепла от системы охлаждения двигателей. Для выработки технологического пара устанавливаются котлы-утилизаторы выхлопных газов. В случае достаточного количества пара можно установить паровую турбину и тем самым мини-ТЭЦ будет работать по парогазовому циклу.

Вспомогательное оборудование включает оборудование для топливоподготовки и механизированной топливоподдачи в газогенераторы, оборудование для охлаждения и очистки оборотной воды и, при получении достаточного количества древесного угля из газогенераторов, оборудования для его брикетирования.

Не секрет, что максимальная эффективность использования топлива обеспечивается при совместной выработке электрической и тепловой энергии. Поэтому во многих странах осуществляются ограничение вводимых мощностей, работающих без когенерационного цикла. Например, в Дании законодательно, запрещено устанавливать системы теплоснабжения мощностью более 1 МВт без комбинированной выработки электроэнергии. В Нью-Йорке средняя мощность устанавливаемых ТЭЦ снизилась с 2 МВт в 1980 году до 0,3 МВт в 2006 году.

Помимо этого высокие темпы развития распределенной генерации обусловлено тем, что тепловую энергию нельзя передавать на большие расстояния. Отсюда стремления к расположению источников энергии в непосредственной близости от потребителя, что означает уменьшение единичной мощности.

В последнее время резко возрос интерес к автономным энергетическим установкам, использующим газопоршневой двигатель в качестве привода электрогенератора. Такие установки имеют ряд несомненных достоинств:

- относительно низкие удельные капитальные затраты,
- короткие сроки монтажа,
- быстрый запуск,
- простота обслуживания,
- высокий КПД при частичных нагрузках,
- мобильность.

### **Преимущество российских мини-ТЭЦ**

Стоимость 1 кВт установленной мощности отечественных мини – ТЭЦ составляет 520 – 540 долл. США, что примерно в 2,0 – 2,5 раза дешевле стоимости установленного киловатта аналогичного оборудования импортных производителей.

Мини – ТЭЦ изготавливаются как в виде отдельных агрегатов для стационарной установки в имеющихся помещениях, так и в блочном – модульном исполнении – в передвижных контейнерах, устанавливаемых на открытых площадках.

Современная выработка тепловой и электрической энергии является одним из основных стимулов развития распределенной генерации. Это позволяет системам распределения генерации, несмотря на высокие удельные капитальные затраты, не только конкурировать с централизованными системами, но и иметь в ряде случаев неоспоримые преимущества.

### **Заключение**

Таким образом мини-ТЭЦ имеют ряд преимуществ, таких как:

1. Отказаться от дизельной электростанции.
2. Закрыть неэффективную угольную котельную.
3. Организовать отопление удаленного микрорайона с использованием электрических водогрейных котлов, получающих электроэнергию от мини-ТЭЦ.
4. Продавать избытки электроэнергии нуждающимся предприятиям.
5. Снабжать теплом от работающих двигателей объект социального назначения – баню, расположенных вблизи места строительства мини-ТЭЦ.
6. Улучшить экологическую обстановку за счет сокращения выбросов от продуктов сгорания угля.

7. Полностью утилизировать древесные отходы, образующиеся на лесной делянке, которую администрация района сдаст в аренду местным предпринимателям.

8. Создать новые рабочие места и увеличить сбор налогов от предпринимателей.

Создание мини-ТЭЦ актуально не только для маленьких или удаленных районов, но и в крупных городах.

### **Библиографический список**

1. Аверкин Н.С., Тихомирова Т.И. Применение безотходных технологий // Экология и рациональное природопользование аграрных и промышленных регионов: эл. сб. статей. Белгород, 2015. С. 6-8.

2. Кичигин Н.В. Новое в правовом регулировании в области обращения с отходами // Экология производства. № 3. 2015. С. 9–16.

3. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Автономные отечественные электростанции и мини-ТЭЦ на природном газу // Энергосбережение. 2014 г. № 1. С. 62-65.

4. Зайченко В.М. Мини-ТЭЦ на продуктах термической конверсии биомассы // Энергосбережение. 2014 г. № 4. С. 58-61.

5. Солдатенкова Е.Н., Тихомирова Т.И. Способы золоочистки в теплоэнергетике // Экология и рациональное природопользование аграрных и промышленных регионов: эл. сб. статей. Белгород, 2015. С.49-51.

6. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Определение вредных выбросов водогрейного котла при сжигании твердых отходов различного вида // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10-2 (52). С. 62-66.

7. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Определение вредных выбросов водогрейного котла при сжигании RDF-топлива // Евразийский союз ученых. 2016. № 6-2 (27). С. 36-38.

8. Щекин И.И., Трубаев П.А. Выбор параметров для системы управления печью для сжигания отходов на основе теплотехнологических испытаний // Евразийский союз ученых. 2016. № 6-2 (27). С. 86-88.

9. Щекин И.И., Трубаев П.А. Сравнительный анализ методов утилизации ТБО // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 156-160.

10. Шеин Н.Т., Трубаев П.А., Вережкин О.В. Оценка выбросов при сжигании различных отходов в пиролизном котле // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды сборник докладов международной научно-технической конференции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 454-458.

# **Секция 4. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЕТЕВОГО ВВОДА №1 НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАО «СК КОРОЧА»**

**Бабенков А.Г.,**

**Хохлов С.В.**

**ст. преп. Духанин С.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Агропромышленный холдинг «Мираторг» – российская агропромышленная компания, которая является ведущим производителем и поставщиком мяса на российском рынке. В состав Агропромышленного холдинга входит предприятие по убою и первичной переработке свинины ЗАО СК Короча, расположенное в Белгородской области. Мощность СК Короча, самого современного комплекса по убою и переработке свинины в России, составляет 800 тонн продукции в сутки.

В 2013 г. на СК «Короча» запустили первый в России высокотехнологичный комплекс мясопереработки «Case-Ready», увеличив мощности по производству полуфабрикатов из свинины в потребительской упаковке в 4 раза до 83 тыс. тонн в год.

При постоянном росте степени автоматизации производства, внедрением новых машин и механизмов, остро встает проблема питания электрооборудования, чувствительного к качеству электроэнергии. Основными потребителями электроэнергии на заводе являются двигательная и осветительная нагрузка.

Значительную часть электрооборудования на предприятии составляют приводы на базе асинхронного двигателя, обязательным условием нормальной работы которых является создание в них магнитных полей. Обобщенно их можно охарактеризовать как "индуктивная нагрузка". Поскольку одной из особенностей индуктивности является свойство сохранять неизменным ток, протекающий через нее, то при протекании тока нагрузки появляется фазовый сдвиг между током и напряжением (ток "отстает" от напряжения на фазовый угол). Разные знаки у тока и

напряжения на период фазового сдвига, как следствие, приводят к снижению энергии электромагнитных полей индуктивностей, которая восполняется из сети. Для большинства промышленных потребителей это означает следующее: по сетям между источником электроэнергии и потребителем кроме совершающей полезную работу активной энергии протекает и реактивная энергия, не совершающая полезной работы и направленная только на создание магнитных полей в индуктивной нагрузке. Это ведет к увеличению потерь и снижению напряжения в точках передачи электрической энергии. Отклонение напряжения на 15 % снижает механический момент на 25%, двигатель при этом может не запуститься или остановиться. Также при снижении напряжения увеличивается потребляемый от сети ток, что приводит к перегреву обмоток, и, соответственно, к снижению срока службы двигателя; при длительной работе на напряжении  $0,9 U_{\text{НОМ}}$  срок службы двигателя снижается вдвое.

К основным потребителям электроэнергии на предприятии также относится и осветительная нагрузка. На заводе установлены как люминесцентные, так и светодиодные светильники. Особенность данной нагрузки в том, что они имеют нелинейную ВАХ. Это приводит к тому, что кривая тока оказывается несинусоидальной, в результате возникают нелинейные искажения кривой напряжения сети, или несинусоидальные режимы.

Несинусоидальные режимы неблагоприятно сказываются на работе силового электрооборудования, систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи. Возникающие при этом экономические ущербы обусловлены, главным образом, ухудшением энергетических показателей, снижением надежности функционирования электросетей и сокращением срока службы электрооборудования.

Проблема низкого качества электроэнергии может приводить к значительным убыткам, связанными с отказами и сбоями в работе технологического оборудования и как следствие, снижением объемов выпуска продукции, а также выходом оборудования из строя.

Для оценки качества электрической энергии на предприятии было проведено обследование УКРМ (табл. 1–3). Измерения проводились с помощью анализатора количества и качества электрической энергии AR.5 мод. AR.5L рег. №44131-10. Замер проводился с 7:00 15.06.16г. по 20:56 15.06.16 г. на отходящей линии сетевого ввода №1 в помещении электрощитовой. В табл. 1 приведены максимальные и минимальные значения линейных напряжений, суммарные и полные значения активной, реактивной,  $\cos \varphi$  и частоты переменного тока.



Таблица 1

**Общие параметры сетевого ввода № 1**

Мах/min	U, В.	I, А	Q, кВАр	P, кВт	cos φ	Частота, Гц
Максимум	417	2423	565	911	0,86	50
Минимум	397	679	353	260	0,35	50
Среднее	404	1340	540	698	0,81	50

Таблица 2

**Результаты измерения гармонических составляющих по току**

Фаза измерения номер гармоники по току		Уровень гармонической составляющей тока в %								
		3	5	7	9	11	13	15	17	19
Среднее значение	Фаза А	2,7	1,9	0,37	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
	Фаза В	0,25	4,7	1	0,4	0,75	0,1	0,1	0,1	0,1
	Фаза С	0,53	4,2	0,9	0,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
THD i <sub>max</sub>		А			А			В		
		21,7			11,9			11,5		

Таблица 3

**Результаты измерения гармонических составляющих по напряжению**

Фаза измерения номер гармоники по напряжению		Уровень гармонической составляющей по напряжению в %								
		3	5	7	9	11	13	15	17	19
Среднее значение	Фаза А	0,11	1,6	0,64	0,27	0,1	0,27	0,12	0,1	0,1
	Фаза В	0,12	1,9	0,52	0,47	0,37	0,19	0,1	0,12	0,1
	Фаза С	0,16	1,5	0,48	0,36	0,32	0,11	0,1	0,1	0,1
THD U <sub>max</sub>		А			А			В		
		8,9			2,6			2,9		

По результатам обследования сетевого ввода № 1 можно сделать следующие выводы:

1. Зарегистрировано значительное превышение гармонических составляющих по току, что составляет THD=21,7% (табл. 2) при допустимой норме в THD не более 10% согласно ГОСТ 54149-2010. Так же зарегистрированы значительные превышения линейного значения напряжения (417В). В связи с этим формы сигнала сети по току претерпевают значительные искажения.

2. Значение реактивной мощности, установки компенсации, установленной на данном производственном комплексе, не достаточно для

полной компенсации реактивной мощности сетевого ввода. Рекомендуется увеличение мощности до 600 кВАр, так как максимальное значение реактивной мощности составляет 565 кВАр. Эти действия позволят продлить срок службы данной установки.

3. Фильтры серии RBQ-400 настроены на резонансную частоту в 189 Гц, максимально возможный процент фильтрации гармоник тока составляет 10%. Выход из строя фильтров вызван их постоянной работой на предельном значении мощности, для данных условий эксплуатации рекомендуем установку фильтров гармонических составляющих на 1 порядок выше по частоте настройки сети ( $f=215$  Гц, где THD по току от 40 до 60%). Так рекомендуем заменить на фильтры от фирмы Schneider Electric следующих типов:

- 50 кВАр/400В-50 Гц (артикул LVR14500A40T);
- 25 кВАр/400В-50 Гц (артикул LVR14250A40T);
- 12,5 кВАр/400В-50 Гц (артикул LVR14125A40T).

Они настроены на частоту 215 Гц и максимально возможный процент фильтрации гармоник тока по 5 гармонической составляющей THD до 60%, по 7 гармонической составляющей THD до 19%.

### **Библиографический список**

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2000. 252 с.

2. Ананичева С.С., Алексеев А.А., Мызин А.Л. Качество электроэнергии. Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах: учебное пособие . 3-е изд., исп. Екатеринбург: УрФУ. 2012. 93 .

3. Кузнецов В. А., Рошубкин П. В., Сингатулин Р. С. Основные показатели качества электроэнергии. Применение вольтодобавочных трансформаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. № 6. С. 204-207.

## **АНАЛИЗ РЫНКА УЗИП**

ст. преп. **Воловиков А.А.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

За последнее десятилетие ситуация на российском рынке устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) претерпела значительные изменения. Если раньше на рынке преобладали УЗИП, выпускае-

мые в Западной Европе, а отечественные производители предлагали весьма ограниченный ассортимент УЗИП, относящихся лишь к III классу защиты, не имеющих в своём составе устройств теплового отключения и не всегда высокого качества [1], то в настоящее время в России производятся УЗИП всех классов защиты.

Ассортимент и качество выпускаемых на территории РФ УЗИП отвечают самым высоким требованиям. Частично это обусловлено тем, что некоторые зарубежные производители участвовали в открытии совместных предприятий, которые затем были реорганизованы в предприятия со 100% российским участием, как это произошло, например, с ЗАО «Хакель Рос» [2]. Кроме того, молодые отечественные производители всего за несколько лет сумели, используя результаты научных исследований специализированных институтов всего мира, создать производственную базу и в настоящее время уже на основе собственных разработок производить инновационную продукцию в области грозозащиты и защиты от импульсных перенапряжений. Подобным примером является компания EZETEK, основанная в 2005 году и, как заявляется: «...самостоятельно осуществляющая полный цикл производства металлоксидных варисторов, применяемых в УЗИП «EZETEK»» [3].

Продукция отечественных производителей УЗИП (Курский электроаппаратный завод «КЭАЗ», ЕКФ, ЗАО «Хакель Рос», EZETEK) полностью отвечает требованиям российских стандартов [4–6] и успешно конкурирует с представленными на российском рынке аналогами от ведущих зарубежных брендов (ABB, Schneider Electric, Denh, Hakel, CITEL, Iskra Zascite, Legrand, LEUTRON, Finder).

В настоящее время для создания системы защиты от импульсных перенапряжений существует возможность подбора полного комплекта оборудования из изделий только одного какого-либо производителя, что значительно упрощает координацию уровней защиты по амплитудам пропускаемых импульсных токов и остаточным напряжениям. При этом самый широкий выбор УЗИП предоставляют следующие производители: ЗАО «Хакель Рос» (в том числе специализированные щитки защиты от импульсных перенапряжений – ЩЗИП промышленного назначения и для частного строительства), Dehn (Германия), Iskra Zascite, LEUTRON (Германия). В меньшем объеме на российском рынке представлена продукция КЭАЗ, Schneider Electric, электротехнического концерна CITEL (Франция), OBO Bettermann (Германия), Legrand, компаний Finder (Италия) и ЕКФ [2, 3, 7–14].

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики УЗИП, с использованием которых можно осуществить защиту от импульсных пе-

Таблица 1

**Сравнительные характеристики УЗИП**

Тип УЗИП	Произ- води- тель	Класс	Кол- во поло- сов	Разряд- ный ток (8/20) $I_n$ , кА	Разряд- ный ток (8/20) $I_{max}$ , кА	Имп. ток $I_{imp}$ (10/350), кА	Напря- жение защиты, кВ	Цена, руб.
OptiDin OM-I-3-280/12,5/R	КЭАЗ	1+2+3	3	30	50	12,5	1,3	8366
OVR T1-T2 3L 12.5-275s P TS QS	ABB	1+2	3	20	40	12,5	1,2	13779
ОП101-3Р-080-В-420	Dekraft (Schneider Electric)	1	3	40	80	–	2,2	6953 4214 3831
ОП101-3Р-040-С-420		2		20	40	–	2,0	
ОП101-3Р-020-Д-440		3		10	20	–	1,3	
ГСВ 123-230/25 3+0	Хакель Рос	1+2+3	3	25	50	25	1,2	24547
Acti 9 iPRF1 12.5r	Schneider Electric	1+2	3	25	50	12,5	1,5	20995
504392 ET B 37.5/150 (3+0)	EZETEK, Iskra Zascite	1+2	3	20	50	12,5	0,9	12112
DSH TNC 255	Denh	1+2		12,5	37,5	12,5	1,5	28866
OptiDin OM-II-3-280/40	КЭАЗ	2+3	3	20	40	–	1,3	5138
OVR T2-T3 3L 20-275 P QS	ABB	2+3	3	5	20	–	1,3	6968
EASY 9 3P 45кА 275В EZ9L33345	Schneider Electric	2	3	20	45	–	1,5	7622
500113 EZ C 120/150 (3+0)	EZETEK, Iskra Zascite	2	3	20	40	–	0,9	6433
DG M TNC 275	Denh	2	3	20	40	–	1,5	13875
ОПВ-В/3Р In 30кА 400В EKF PROxima	EKF	2	3	30	60	–	1,8	7249
EL-T2/3+0-130	LEUT-RON	2	3	20	40	–	1,2	19600
SPU3 120 DS	Хакель Рос	2	3	20	40	–	1,3	9361

ренапряжений электрооборудования малоэтажного жилого дома, оснащенного системой внешней молниезащиты. Для выполнения защиты можно использовать два варианта:

1) УЗИП класса 1, устанавливаемое во вводно-распределительном устройстве (ВРУ) снаружи здания, и УЗИП класса 2, устанавливаемое в распределительном щите (РЩ) внутри здания;

2) комбинированное УЗИП класса 1+2+3 или 1+2.

Из данных табл. 1 видно, что при близких технических характеристиках УЗИП отечественных производителей имеют более низкую стоимость, что является несомненным преимуществом.

Вторым значительным преимуществом для отечественных производителей УЗИП является политика импортозамещения, проводимая правительством страны.

При выборе конкретного типа УЗИП необходимо учитывать также наличие дополнительных функций, которые повышают степень надежности работы УЗИП и удобства эксплуатации. К таким функциям относятся:

- наличие индикаторов срабатывания и состояния износа;
- наличие контакта удаленной сигнализации;
- функция гашения остаточного тока;
- возможность замены сменных модулей.

Необходимо отметить, что российские производители за достаточное короткое время сумели наладить производство УЗИП, которые успешно конкурируют с продукцией компании LEUTRON (Германия), производящий более 60 лет устройства защиты от импульсных перенапряжений, электротехнического концерна CITEL (Франция), производящего разрядники с 1944 года, и других всемирно известных производителей.

Растущая автоматизация труда и насыщение жилого сектора электронным оборудованием, весьма чувствительным к перенапряжениям, свидетельствует о том, что мировой рынок УЗИП будет расти и дальше. А с учётом того, что в настоящее время в России в существующих низковольтных сетях устройства защиты от импульсных перенапряжений практически отсутствуют, можно сделать вывод о привлекательности отечественного рынка УЗИП как для российских, так и для зарубежных производителей. Последний вывод подтверждается тем, что кроме российских производителей в последние годы на рынке УЗИП в РФ появились и новые зарубежные производители, например, компания Iskra Zascite (Словения).

## Библиографический список

1. Зоричев, А. Л. Устройства защиты от импульсных перенапряжений до 1 кВ. Выбор, эксплуатация, контроль. // Новости Электротехники, №3 (33) 2005. URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/33/16.php> (дата обращения 05.12.2016).
2. HAKEL – о фирме - грозозащита, УЗИП, устройства для защиты от импульсных перенапряжений и помех. URL: <http://www.hakel.ru/about.phtml> (дата обращения 10.12.2016).
3. Заземление и молниезащита. Грозозащита, защита от импульсных перенапряжений. Комплекты и комплектующие, цена. URL: <http://ezrf.ru/> (дата обращения 10.12.2016).
4. ГОСТ Р 51992-2011. Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 1. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний.
5. ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения
6. ГОСТ ИЕС 61643-21-2014 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к телекоммуникационным и сигнализационным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.
7. Продукция \_ DEHN Russia. URL: <http://www.dehn-ru.com/ru> (дата обращения 10.12.2016).
8. Устройства защиты от перенапряжений — Устройства на DIN-рейку — Продукция — КЭАЗ URL: <https://keaz.ru/catalog/ustroystva-na-din-reyku/uzip> (дата обращения 11.12.2016).
9. УЗИП, Молниезащита (грозозащита) сетей электропитания, защита от опасных перенапряжений по питанию. URL: <http://www.citel.ru/main/power> (дата обращения 11.12.2016).
10. 01.05.01 Устр-во защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) серии ОПВ EKF PROxima. URL: <http://ekfgroup.com/produktsiya/> (дата обращения 11.12.2016).
11. LEUTRON – каталог оборудования, официальный сайт, купить LEUTRON, цена. URL: <https://skomplekt.com/leutron> (дата обращения 12.12.2016).
12. Серии 7P - Устройства защиты от импульсных перенапряжений Finder. URL: <http://finder.promsis.biz/> (дата обращения 12.12.2016)
13. Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). URL: <http://pulsal.ru/catalog/din-equip/din-ovr> (дата обращения 12.12.2016).
14. Авербух М. А., Кузнецов В. А., Коржов Д. Н., Коробкин А. А., Лимаров Д. С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## МОНИТОРИНГ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ИХ УПРАВЛЕНИЕ

студент **Велиева И. А.**,

студент **Струков А.С.**,

студент **Рогозин И. В.**

ст. преп. **Тоушкин А. Г.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова*

На данный момент в сетях электроснабжения возрастает новая тенденция по применению мониторинга электроснабжения электросистем. Рассмотрим данный момент более подробно. Начнем с понятия термина мониторинг. Мониторинг (проще говоря – наблюдение), в современных словарях трактуется как систематически отлаженный сбор информации в текущем времени, применяемый для усовершенствования хода принятия различных решений. Если разбирать конкретно системы электропитания, то главной целью мониторинга является повышение предсказуемости и, следовательно, надежности самой системы, а также снижение затрат на ее обслуживание. Мониторинг являет собой целый комплекс ПО, обеспечивающего надзор, прием и контроль информации в реальный момент времени. Быстрое получение исчерпывающей информации о состоянии критически важных узлов объекта, позволяющее оперативно обнаружить и распознать неполадки или потенциально опасные изменения режима работы оборудования. Наличие системы мониторинга позволяет не только собирать и аккумулировать информацию, но и предсказывать выход из строя узлов объекта. А это уже существенная экономия благодаря сокращению времени простоя оборудования, возможности выявить и заменить сбойный элемент на ранней стадии, не доводя дело до серьезного ремонта. Одним из самых очевидных преимуществ мониторинга, обеспечивающих ему высокое распространение на сегодняшний день – это возможность обнаружить неполадки заблаговременно, тем самым предотвратить возможную аварию, вследствие чего снизить затраты на новое оборудование [3]. На данный момент одним из распространенных комплексов в данной сфере являются так называемые «SCADA-системы». Что же представляет из себя SCADA (сокр. Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) – процесс сбора информации реального времени с удаленных точек (объектов) для обработки, отображения и архивирования, а также анализа и возможного управления удаленными объектами.

В данный момент, эти системы предназначены для сбора информации и визуализации этих данных, вывода ее на монитор. Таким образом, воздействие «человеческого фактора» на работу автоматизированного предприятия сводятся к минимуму, правда, обойтись без каких-либо вмешательств практически невозможно. Оператору необходимо управлять программно-аппаратным комплексом, выполняя его минимальную регулировку и подстройку [2].

Ознакомившись в теоретическом аспекте с понятием мониторинга, а также его преимуществах и применением в электроснабжении, разберемся с конкретным примером его применения. На рис. 1. изображена часть схемы электроснабжения объекта Белгородского Государственного Технологического Университета им. В. Г. Шухова в упрощенном варианте:

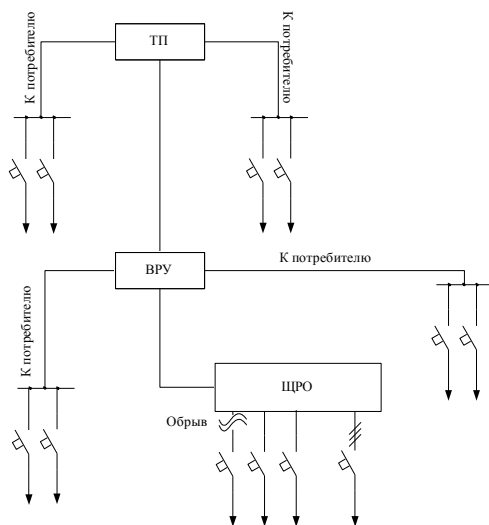


Рис 1. Принципиальная схема электроснабжения

На схеме проиллюстрировано, как на распределительном щите (ЩР) был осуществлен непреднамеренный обрыв линии, вследствие чего произошла несимметрия в сети. Данный режим не является аварийным для однофазных потребителей, оставшихся в работе. Для трехфазных потребителей, при наличии реле контроля фаз, происходит отключение трехфазных потребителей, (такими потребителями являются вентиляционные и насосные установки). При отсутствии данного реле



контроля, режим становится аварийным. Степенью выше на ВРУ также возникла несимметрия, но в гораздо меньшей степени. Данный инцидент произошел 18.06.2016 в 12.26, что было замечено благодаря мониторингу (рис. 2). Вследствие обнаружения данной неполадки, были предприняты меры по оперативному устранению данного происшествия. Данные по значениям коэффициентов несимметрии представлены на рис. 2–3.

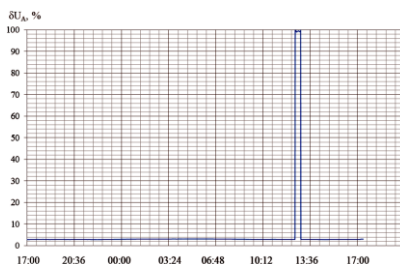


Рис. 1. Отклонение напряжения

Таким образом, показатели качества электроэнергии, относящиеся к несимметрии напряжений в трехфазных системах (коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности  $K_{2U}$  и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности  $K_{0U}$ ) не соответствуют установленным нормам, приведенным в ГОСТ 32144-2013[1].

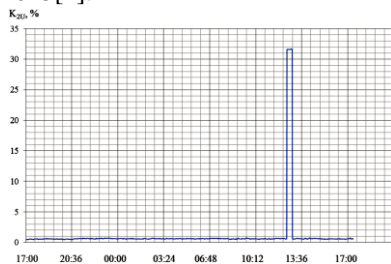


Рис. 3. Коэффициент несимметрии обратной последовательности

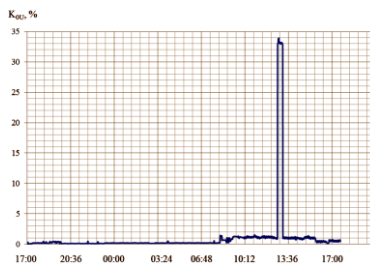


Рис. 4. Коэффициент несимметрии нулевой последовательности

Делая вывод из всего вышесказанного, в целях минимизации затрат при эксплуатации электрических сетей целесообразно наличие системы мониторинга, т.к. она позволяет не только собирать и аккумулировать

информацию, но и прогнозировать выход из строя узлов объекта. А это уже существенная экономия благодаря сокращению времени простоя оборудования, возможности выявить и заменить сбойный элемент на ранней стадии. При этом снижается нагрузка на операторов, связанная с мониторингом и управлением электропитающего оборудования.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 20с.

2. Портал по энергосбережению «Энергосвет» [Электронный ресурс]: системы мониторинга качества электрической энергии. Проблемы и пути контроля и управления качеством электроэнергии в электроэнергетике. URL:<http://www.energosoвет.ru/stat688p1.html> (дата обращения: 27.09.2016).

3. Рекламно-информационный журнал «Электротехнический рынок» [Электронный ресурс]: мониторинг систем электропитания телекоммуникационного оборудования. URL:<http://market.elec.ru/nomer/31/monitoring-sistem-elektropitaniya-telekommunikacio/> (дата обращения: 27.09.2016).

4. Жилин Е.В. Оценка потери электроэнергии при несинусоидальных и несимметричных режимах работы на базе экспериментальных данных // сб. ст. Международной научно-практической конференции (20 сентября 2015 г., г. Казань). - Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – С. 32-36.

5. Кузнецов В. А., Рошубкин П. В., Сингатулин Р. С. Основные показатели качества электроэнергии. Применение вольтодобавочных трансформаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. № 6. С. 204-207.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНОВКИ BLOCK-MIX ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

магистрант **Галенин Д.В.**

магистрант **Бобенко С.С.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В настоящее время проводятся комплексные мероприятия, посвященные рациональному использованию энергетических ресурсов. Уменьшение затрат на производства без потерь энергоэффективности является приоритетной задачей для многих компаний, пытающихся совместить высокие технологии с доступностью для потребителей самого разного уровня. Результатом такой деятельности является тепло-

обменник XGM050, пластины которого уложены при помощи компоновки block-mix.

Данный теплообменник широко используется в Российской Федерации. В табл. 1 приведены его технические характеристики [1].

Таблица 1

**Технические характеристики XGM050**

МАХ рабочее давление, бар	16
МАХ рабочая температура, °С	150
MIN рабочая температура, °С	-10
Рабочая среда	Вода/гликолевый раствор с концентрацией до 50%
Материалы	Пластины: Сталь EN 14404. Уплотнения: EPDM
Шаг пакета пластин, шт.	10
Толщина пластины, мм	0,5 (0,3 для Microplate)
Диапазон нагрузок, кВт	10-3800
Тип присоединения	Резьба/Фланец
Ду присоединения, мм	32-100

Пластины для этого теплообменника изготавливаются при помощи технологии Microplate. Она предполагает применение нового типа рифления пластин, особенностью которого является дискретно нанесенные на поверхность углубления различной формы. Такое расположение предоставляет высокий уровень свободы в разработке пластин, поскольку переменными величинами являются глубина штамповки, относительный шаг расположения, тип расположения (шахматный, коридорный, комбинированный) и форма углубления (сферическая, овальная).

Теплообменник XGM050 с технологией Microplate имеют ряд преимуществ, среди которых можно выделить следующие [1]:

1. Высокий коэффициент теплоотдачи в сочетании с высоким эффектом самоочистки за счет применения средств вихревой интенсификации теплообмена;

2. Повышенная устойчивость к гидроударам за счет улучшенного дизайна канавки для уплотнений и увеличенного количества точек касания пластин между собой;

3. Снижение массогабаритных характеристик теплообменных аппаратов за счет увеличения эквивалентной термической длины пластины.

На рис. 1 приведена блок-схема автоматизированного индивидуального теплового пункта ИТП для открытой системы теплоснабжения

здания при независимом присоединении отопления к тепловым сетям. В эту систему установлен теплообменник XGM050.

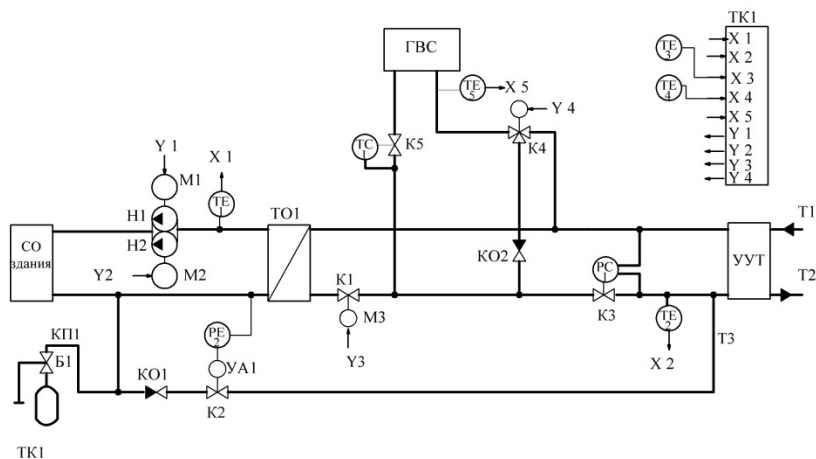


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного ИТП для открытой системы теплоснабжения здания при независимом присоединении отопления к тепловым сетям

САР отопления здания содержит следующие приборы и оборудование [2]:

- регулирующий клапан K1 с исполнительным механизмом M3;
- регулятор перепада давления прямого действия PC1 с клапаном K3 и узлом регулирования;
- теплообменник TO1;
- моноблок циркуляционных насосов H1 и H2 с соответствующими электроприводами M1 и M2;
- датчик давления PE1;
- специализированный контроллер TK1 со встроенными функциями, предназначенный для регулирования температуры как в системе отопления, так и системе ГВС здания;
- погружные датчики температуры теплоносителя в подающем трубопроводе TE1 системы отопления здания (СО здания) и обратном трубопроводе TE2, связанном с внешними тепловыми сетями, а также датчик температуры наружного воздуха TE3;
- датчик температуры внутреннего воздуха TE4 здания;

- подпиточный контур (трубопровод Т3, соединяющий обратный трубопровод Т2 и СО здания) содержит: клапан К2 с электромагнитным приводом УА1, связанный с датчиком-реле давления РЕ2, а также клапан обратный КО1, расширительный бак Б1 с предохранительным клапаном КП1.

Подающий Т1 и обратный Т2 трубопроводы ИТП связаны с тепловыми сетями [2].

Работа объекта управления ОУ по каналу регулирования «расход теплоносителя – температура теплоносителя» характеризуется обыкновенным неоднородным дифференциальным уравнением первого порядка:

$$T_{oy} \frac{dT_{co}(t)}{dt} + T_{co}(t) = k_{oy} \cdot Q(t - \tau) \quad (1)$$

где  $T_{co}(t)$  – температура теплоносителя;  $Q(t)$  – расход теплоносителя;  $k_{oy}$  и  $T_{oy}$  – коэффициент передачи и постоянная времени ОУ;  $\tau$  – постоянная времени запаздывания.

В результате преобразования исходного уравнения (1) по Лапласу получается алгебраическое уравнение изображений:

$$T_{oy} \cdot p \cdot T_{co}(p) + T_{co}(p) = k_{oy} \cdot Q(p) \quad (2)$$

Передаточная функция определяется ниже:

$$W_{oy}(p) = \frac{T_{co}(p)}{Q(p)} = \frac{k_{oy}}{1 + T_{oy} \cdot p} \exp^{-\tau p} \quad (3)$$

Изображение переходной характеристики определяется по формуле:

$$h_{oy}(p) = W_{oy}(p) \cdot L(1(t)) = \left( \frac{k_{oy}}{1 + T_{oy} \cdot p} \exp^{-\tau p} \right) \frac{1}{p} \quad (4)$$

где  $L(1(t)) = \frac{1}{p}$  – изображение единичной ступенчатой функции.

На рис. 2 приведена переходная характеристика ОУ при  $T_{oy} = 6$  с,  $k_{oy} = 1,1$ ,  $\tau = 0,5$  после ее преобразования по формуле Хевисайда.

САР горячего водоснабжения (см. рис. 1) содержит следующие приборы и оборудование [2]:

- трехходовой регулирующий клапан К4 с исполнительным механизмом М4;

- клапан обратный КО2;
- погружной датчик температуры ТЕ5;
- термостатный клапан-ограничитель ТС1 по температуре теплоносителя с узлом регулирования, клапаном К5 и датчиком температуры ТЕ6, расположенным в клапане К5.

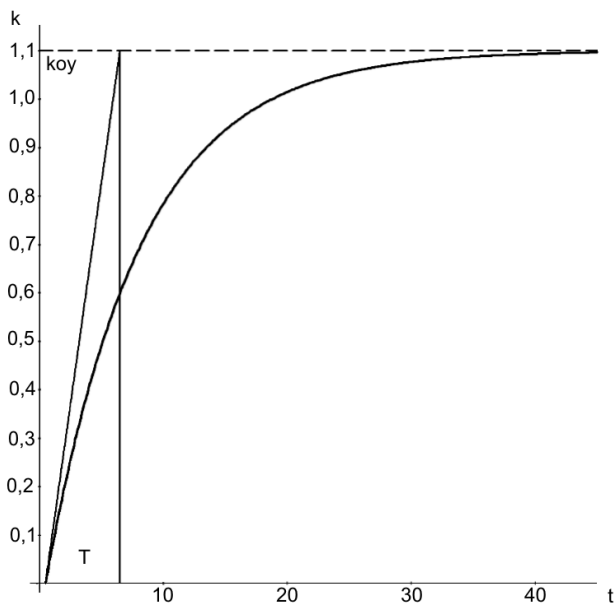


Рис. 2. Переходная характеристика ОУ

К контроллеру ТК1 подключены:

- датчики температуры ТЕ1–ТЕ4 соответственно к аналоговым входам (X1–X4) и датчик температуры ТЕ5 системы ГВС к входу (X5);
- электроприводы М1 и М2 моноблока насосов и исполнительный механизм М3 системы отопления – к выходам ТК1 (Y1–Y3), а также исполнительный механизм М4 системы ГВС к выходу (Y4).

САР горячего водоснабжения здания стабилизирует заданную температуру в открытой системе теплоснабжения путем изменения соотношения расходов горячей воды из подающего Т1 и обратного Т2 трубопроводов с помощью трехходового регулирующего клапана К4 с исполнительным механизмом М4. В этом случае во втором канале контроллера ТК1 формируется управляющая команда с учетом пропорцио-

нального закона регулирования при возникновении отклонения  $\Delta_{13}$ , как результата сравнения значения от датчика (ПЗЗ) контроллера ТК1 и данных от погружного датчика температуры ТЕ5, установленного в трубопроводе системы ГВС после трехходового регулирующего клапана К4. Затем команда от контроллера ТК1 преобразуется в электрический сигнал, поступающий на исполнительный механизм М4, перемещающий шток регулирующего клапана К4, и при этом изменяется соотношения расходов горячей воды из подающего Т1 и обратного Т2 трубопроводов до тех пор пока температура Т<sub>ГВС</sub> не станет равной заданной.

В открытой системе централизованного теплоснабжения можно регулировать температуру горячей воды в пределах от минимального до максимального значений, которые определяются соответственно температурой горячей воды в обратном и в подающем трубопроводах на вводе в ИТП [2].

Теплообменник XGM050 может состоять из пластин трех типов: L, M и H. Они отличаются друг от друга теплогидравлическими характеристиками и разной геометрией рифления. В зависимости от требований к теплообменнику возможен один из трех вариантов компоновки, наиболее приемлемый для выполнения поставленной задачи.

Благодаря технологии block-mix в одном теплообменнике используются два типа пластин, образованных различными компоновками: Н/М или Н/Л. Для теплообменника, установленного в автоматизированной системе ИТП, рассмотренного выше, потребовалось 39 пластин в компоновке Н/М: 27 пластин типа Н и 12 типа М. При эксплуатации однотипной компоновки потребуется 44 пластины [1].

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что сокращение пластин на 11,4% позволяет не только снизить цену на производство и поставлять теплообменник по низкой цене, но и не потерять качество теплогидравлических характеристик продукта.

### **Библиографический список**

1. Danfoss: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.danfoss.com/> (дата обращения 10.12.2016)
2. Потапенко А.Н. Датчики и регуляторы в системах теплоснабжения: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 251 с.
3. Сергеев С.К., Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Математические модели управления процессами теплоснабжения зданий для автоматизированных систем управления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 1. С. 113-117.

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ И НЕСИММЕТРИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИЖС

аспирант **Жилин Е.В.**

д-р техн. наук, проф. **Авербух М.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В системах электроснабжения индивидуального жилищного строительства (ИЖС) присутствует резко переменные бытовые нелинейные нагрузки, генерирующей в сеть высшие гармонические составляющие тока и напряжения. Электроприемники подобного рода, потребляют ток, форма которого существенно отличается от синусоидального. В современных системах электроснабжения ИЖС, питающих коммунально-бытовые электроприемники, нелинейную вольтамперную характеристику имеют следующие электроприборы: газоразрядные лампы (энергосберегающие лампы); установки дуговой и контактной сварки; приборы, имеющие в своем составе преобразователи переменного тока в постоянный ток; системы бесперебойного питания; импульсные источники питания (персональные компьютеры, телевизоры аудиосистемы); преобразователи частоты (СВЧ печи); двигатели с регулируемой скоростью вращения (дрели, стиральные машины, пылесосы). Основной особенностью бытовых нагрузок является то, что она как правило однофазная. Это в свою очередь приводит к несимметричным режимам работы в системе электроснабжения ИЖС [1].

В системе электроснабжения ИЖС графики электрических нагрузок переменные и зависят от времени суток и от сезона. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили наличие высших гармонических составляющих тока и напряжения, и несимметрию токов. Измерения проводились при помощи приборов «Энергомонитор – 3.3Т1» и С.А 8335 (Qualistar +) в течении одной недели [2].

Фрагменты результатов измерения по одной фазе А, токов ( $I$ , А), коэффициентов несинусоидальности по току ( $K_I$ , %) и напряжения ( $K_U$ , %). Коэффициентов несимметрии напряжений по обратной ( $K_{2U}$ , %) и нулевой последовательности ( $K_{0U}$ , %), представлены в табл. 1.

Из результатов измерений ПКЭ за 24 часа, можно выделить три характерных периода работы, в которые нагрузка микрорайона ИЖС достигает своего максимального, минимального и среднего значения.

Измерения токов и коэффициентов качества электроэнергии в системе электроснабжения ИЖС показывает, что значения их являются



случайными и их изменения соответствуют случайным процессам. Математическая модель процесса со случайными отклонениями может быть представлена в виде соотношения [3]:

$$x_i = \varphi(t_i) + \Delta_i,$$

где,  $x_i$  – величины, отражающие ряд наблюдений ( $i=1, 2, \dots, n$ );  $\varphi(t_i)$  – некоторая детерминированная функция, отображающая общую тенденцию изменения  $x_i$  (тренд);  $\Delta_i$  – случайные отклонения, имеющие место при протекании процесса  $x_i$ .

Для установления соответствия изменения случайных величин в виде случайного процесса определим корреляционную связь между сечениями для двух произвольных значений времени  $t$  и  $t'$

С этой целью определяем основные количественные характеристики случайного процесса: математическое ожидания  $m_x(t)$ , дисперсии  $D_x(t)$ , коэффициенты корреляции  $\rho_x(t_k, t_l)$ . Расчет производим с временем усреднения один час в течении одних суток.

Математическое ожидание для сечения  $t_k$  будет равно:

$$m_x(t_k) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i(t_k)}{n},$$

где  $n$  – реализация некоторого случайного процесса (24 часа).

Дисперсия для сечения  $t_k$ :

$$D_x(t_k) = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i(t_k) - m_x(t_k))^2}{n-1}.$$

Корреляционный коэффициент для сечения  $t_k$  и  $t_l$ :

$$\rho_x(t_k, t_l) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i(t_k) - m_x(t_k)) \cdot (x_i(t_l) - m_x(t_l))}{(n-1) \cdot \delta_x(t_k) \cdot \delta_x(t_l)},$$

где,  $\delta_x(t)$  – стандартное отклонение.

Результаты экспериментальных данных и результаты расчета для тока представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Экспериментальные данные и результаты расчета**

Часы	$I, A$	$K_{U}, \%$	$K_{I}, \%$	$K_{2U}, \%$	$K_{2I}, \%$	$m_x(t)$	$D_x(t)$	$\rho_x(t_k, t_l)$
6:00	47,85	1,67	7,78	0,45	0,74	46,89	16,86	0,363
7:00	50,39	1,81	8,65	0,44	0,72	43,07	41,36	0,264
8:00	47,84	1,89	10,36	0,43	0,87	46,06	9,66	0,48
9:00	50,56	2,2	10,97	0,55	0,87	45,69	27,39	-0,543
10:00	50,05	2,12	8,95	0,5	0,3	57,61	47,37	0,298
11:00	60,65	2,16	9,8	0,57	0,88	60,38	30,2	0,149

Окончание табл. 1

Часы	$I, A$	$K_{U}, \%$	$K_{\beta}, \%$	$K_{2U}, \%$	$K_{2U}, \%$	$m_x(t)$	$D_x(t)$	$p_x(t_k, t_l)$
12:00	64,56	2,36	9,66	0,43	0,59	65,76	36,25	0,088
13:00	68,89	2,12	12,4	0,33	0,45	71,06	115	-0,583
14:00	70,14	2,06	7,97	0,38	0,3	66,97	55,52	0,741
15:00	66,75	2,69	12,09	0,39	0,67	70,53	22,65	0,662
16:00	68,6	2,83	9,18	0,33	1,69	69,43	107,3	0,305
17:00	78,89	2,55	11,11	0,38	0,8	76,63	51,93	0,44
18:00	88,25	2,71	9,03	0,34	1,11	82,25	23,06	0,147
19:00	86,21	2,7	9,53	0,28	0,56	80,7	41,48	0,703
20:00	86,67	2,97	9,87	0,31	0,72	78,58	99,7	0,24
21:00	76,75	3,07	10,01	0,58	1,16	80,01	28,75	-0,206
22:00	86,3	2,84	9,48	0,43	1,2	86,34	50,18	0,082
23:00	101,9	2,92	10,39	0,3	1,11	97,38	186,9	-0,14
0:00	94,84	2,98	7,74	0,77	3,7	93,56	10,88	0,478
1:00	82,07	2,55	8,83	0,5	2,56	85,12	38,67	0,225
2:00	72,48	2,14	9,85	0,44	0,54	66,09	29,29	-0,083
3:00	57,04	1,92	10,5	0,38	0,28	52,61	36,43	0,481
4:00	46,3	1,7	10	0,41	0,29	48,67	34,1	0,232
5:00	51,44	1,75	8,93	0,39	0,22	46,67	12,58	0,26

Проведенный статистический анализ подтверждает что изменения токов и коэффициентов несинусоидальности и несимметрии соответствуют стационарным случайным процессам. Так как явно прослеживаются три основных периода в суточном изменении статистических показателей, то аналитическое приближение тренда изменения математического ожидания указанных статистических величин определим по средствам интерполяции и экстраполяции исходя из следующего выражения [3]:

$$m_y(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^p \left( \alpha_k \cdot \cos \frac{2\pi kt}{n+1} + \beta_k \cdot \sin \frac{2\pi kt}{n+1} \right) + \mu \cdot \omega_1(t),$$

где,  $p$  – число периодов за сутки;  $\alpha_0, \alpha_k, \beta_k, \mu, \omega_1(t)$  – коэффициенты, определяющиеся по формулам:

$$\alpha_0 = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i, \quad \alpha_k = \frac{2}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot t}{n+1}, \quad \beta_0 = \frac{2}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot t}{n+1},$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \omega_1(t)}{\sum_{i=0}^n \omega_1^2(t)}, \quad \omega_1(t) = t - \frac{n}{2} + \sum_{k=1}^p \cos \frac{2\pi kt}{n+1} - \frac{2}{n-1} \sum_{k=1}^p \left( \sum_{\tau=0}^n \sin \frac{2\pi k\tau}{n+1} \right) \sin \frac{2\pi kt}{n+1}.$$

Экспериментальные значения токов, коэффициентов несинусоидальности и несимметрии и аналитическое представления трендов изображены на рисунке рис. 1–5.

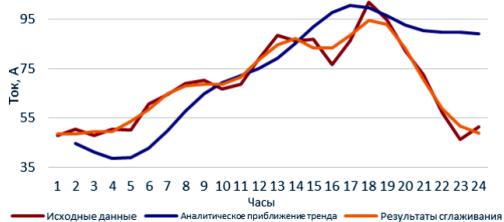


Рис. 1. Аналитическое приближение линейного тренда тока

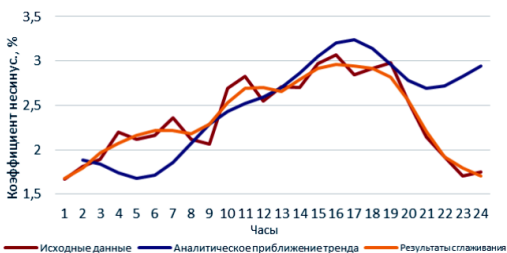


Рис. 2. Аналитическое приближение линейного тренда коэффициента несинусоидальности напряжения

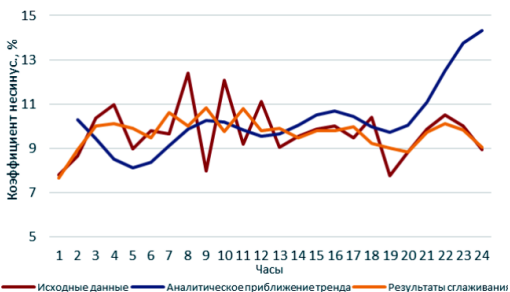


Рис. 3. Аналитическое приближение линейного тренда коэффициента несинусоидальности тока

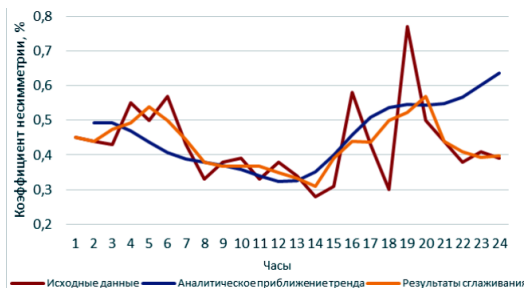


Рис. 4. Аналитическое приближение линейного тренда коэффициента несимметрии напряжения обратной последовательности

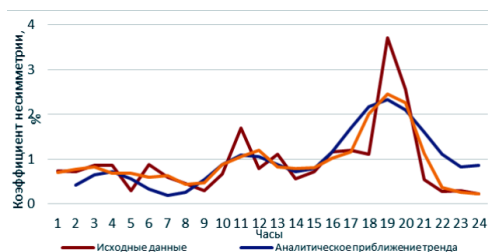


Рис. 5. Аналитическое приближение линейного тренда коэффициента несимметрии напряжения нулевой последовательности

Таким образом статистический анализ результатов экспериментальных исследований показал, что наиболее вероятными значения токов нагрузки, коэффициентов несинусоидальности и несимметрии соответственно равны:

р	1	2	3
I, А	64,7	83,21	96,2
$K_U$ , %	2,29	2,8	3,24
$K_I$ , %	9,42	10,63	14,33
$K_{2U}$ , %	0,5	0,51	0,64
$K_{2I}$ , %	0,68	1,7	2,45

### Библиографический список

1. Кобелев А.В., Зыбин А.А. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения // Вестник ТГТУ. 2011. Том 17. № 1 С. 187-191.
2. Жилин Е.В., Авербух М.А. Оценка потери электроэнергии при несинусоидальных и несимметричных режимах работы на базе экспериментальных данных // Молодежь и научно-технический прогресс, г Губкин. 2016. Ч. 1. С.93-96.

3. Авербух М.А., Забусов В.В., Пантелеев В.И. Системный подход к оценке параметров заземляющих сетей электроустановок северных промышленных комплексах: монография. Красноярск, 2009. 271 с.

4. Нестеров А.М., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ**

аспирант **Жуков Н.А.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Имитационное моделирование – реализация алгоритма воспроизведения функционирования системы во времени, где имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени и оценить характеристики системы [1]. Имитационное моделирование применяется в тех случаях, когда модель слишком сложна, чтобы можно было использовать аналитические методы решения и ценно как предварительный этап, который поможет принять решения о необходимости и возможности проведения эксперимента. Именно к классу сложных систем относятся системы электроснабжения, а значит, имитационное моделирование наиболее подходящий способ исследования активных фильтрокомпенсирующих устройств (АФКУ).

В статье рассматриваются особенности построения имитационной модели АФКУ в системе электроснабжения потребителей с нелинейными вольт-амперными характеристиками с целью исследования различных систем управления активными фильтрами.

В структуре системы электроснабжения с АФКУ (рис. 1) можно выделить основные функциональные блоки:

- сеть, питающая потребители с нелинейными вольт-амперными характеристиками;
- силовая часть АФКУ, состоящая из инвертора напряжения, накопителя энергии и сглаживающего реактора на выходе;
- драйвер ключей инвертора напряжений;
- вычислителя-оценщика (ВО) сигнала высших гармоник в сети.

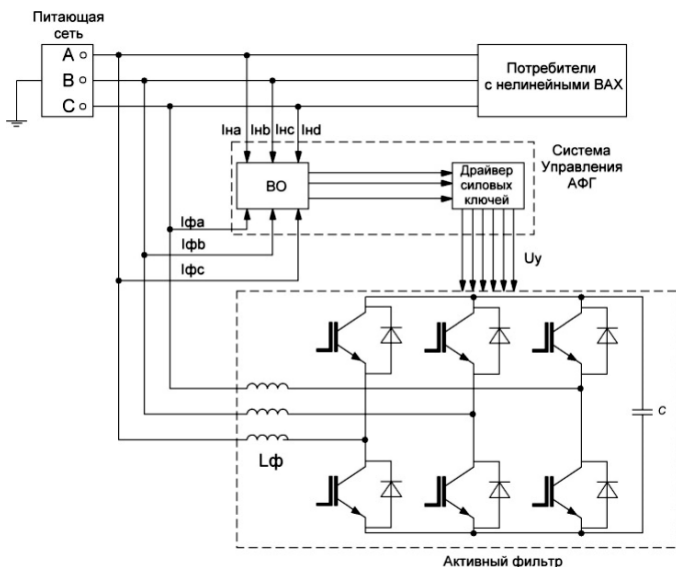


Рис. 1. Схема параллельного активного фильтра высших гармоник

Эффективность АФКУ главным образом зависит от структуры системы управления, ядром которой является вычислитель-оценщик. Его задачей является формирование управляющих сигналов на драйвер, который в свою очередь преобразует аналоговый сигнал искажений токов сети в сигнал управления силовыми ключами. Методы формирования управляющих сигналов можно разделить на две группы. К первой группе относят методы формирования управляющих сигналов в частотной области (основаны на представлении несинусоидальных токов и напряжений в виде ряда Фурье). Общий недостаток таких методов заключается в том, что требуется предварительная аналоговая фильтрация для того, чтобы исключить наложение спектров сигналов. Включение фильтра вносит дополнительные амплитудные и фазовые искажения. Кроме того, необходима синхронизация между частотой дискретизации и частотой основной гармоники. И, наконец, анализируемый сигнал должен быть стационарным, что на практике выполняется не всегда. Методы формирования управляющих сигналов во временной области основаны на формировании компенсирующих сигналов из мгновенных значений токов и напряжений сети. Благодаря большему быстродействию они получили преимущественное распространение [2].

Имеющиеся методы формирования управляющих сигналов во временной области можно условно разделить на 2 группы:

- метод мгновенной мощности;
- метод режекторных фильтров.

*Метод мгновенной мощности* основан на преобразовании токов нагрузки и напряжений сети из трехфазной системы координат  $a, b, c$  в новую систему координат  $\alpha, \beta, 0$  в которой производятся вычисления активной и реактивной мощностей. Затем через эти мощности определяются суммарные искажения в координатах  $\alpha, \beta, 0$  (с помощью фильтра выделяются переменные составляющие активной и реактивной мощностей). Далее эти искажения при помощи обратного преобразования переводятся в реальную координатную систему  $a, b, c$ , в которой они являются искомыми сигналами управления. Модель описанного вычислителя-оценщика представлена на рис. 2.

В блоках «abc to  $\alpha, \beta, 0$ » производится преобразование Кларк над сигналами токов и напряжений в сети, в блоке «Calc PQ» производится расчет активной и реактивной составляющей мощности. С помощью фильтров «First-Order Filter» из сигналов мощности выделяется сигнал искажений (переменная составляющая мощности). Далее производится вычисление токов компенсации в неподвижной системе координат  $\alpha, \beta, 0$  блоком «Calc IA IB», и обратное преобразование Кларк блоком «AB0 to abc». Выходной сигнал вычислителя оценщика пропорционален искажениям тока в сети и сдвинут относительно него по фазе на  $180^0$ .

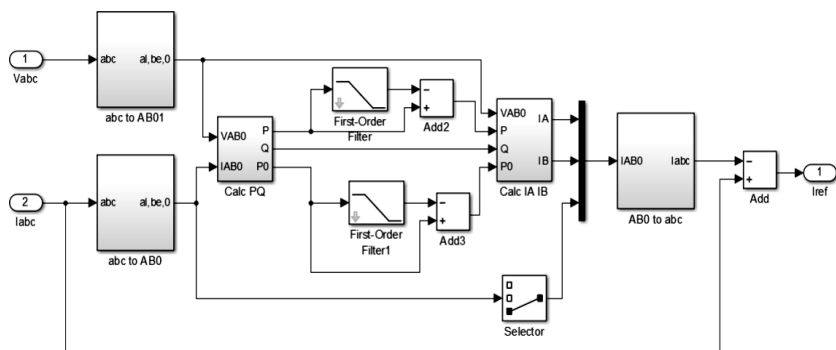


Рис. 2. Имитационная модель вычислителя оценщика, основанная на методе мгновенной мощности

Недостатком этого принципа является большое количество математических операций, что, безусловно, усложняет практическую реализацию вычислителя-оценщика и снижает точность выявления сигнала управления и, соответственно, снижает точность фильтрации тока. Такие вычислители-оценщики имеют высокую стоимость, что при нынешней покупательной способности промышленных предприятий сдерживает внедрение активных фильтров, построенных по данному принципу [3].

*Использование режекторных фильтров* позволяет выделять сигнал искажений сети без предварительных преобразований сигналов токов. Суть метода заключается в фильтрации режекторным фильтром, настроенным на частоту первой гармоники тока и получения таким образом сигнала искажений. При таком подходе возникает необходимость в синхронизации фазы и частоты управляющего компенсируемого сигналов. Для решения этой задачи в состав вычислителя-оценщика включают устройство фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Имитационная модель описанного вычислителя-оценщика представлена на рис. 3. Сигнал, пропорциональный токам сети поступает на вход блоков «PLL» и «RMS». В функции блока «PLL» входит выделение частоты и фазового сдвига основной гармоники токов сети. Блок «RMS» вычисляет действующее значение токов сети.

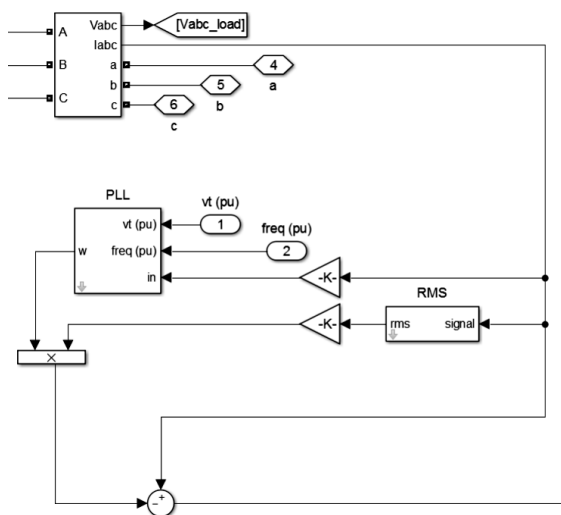


Рис. 3. Имитационная модель вычислителя оценщика с режекторным фильтром



Произведение выходных сигналов описанных блоков есть сигнал, пропорциональный току основной гармоники. Разность полученного сигнала и сигнала токов сети и есть сигнал искажений.

В результате исследования получены имитационные модели двух систем управления, позволяющие формировать управляющий сигнал АФКУ во временной области.

### **Библиографический список**

1. Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие. Брянск: Изд-во БГТУ, 2004. 271 с.
2. Боярская Н. П., Дербенев А. М., Довгун В. П. Адаптивная система формирования управляющих сигналов для активных фильтров гармоник // Ползуновский вестник. 2011. №. 2/1. С. 25-29.
3. Климаш В. С., Светлаков Д. П. Анализ физических процессов компенсатора реактивной мощности с симметрированием тока сети и новым принципом управления // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2007. №. 5. С. 18-22.
4. Авербух М.А. Жуков Н.А. Хворостенко С.Ю. Оценка уровня высших гармоник токов и напряжений в электрических сетях заводов железобетонных изделий. // Научное обозрение, 2016 №7. С. 79 – 85.
5. Килин С.В., Духанин С.А. Проблемы высших гармонических составляющих и способы их решения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 141-145.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА НАГРУЗКИ НА ПРИМЕРЕ ЛАМПЫ ДРЛ**

магистрант **Канивец И.В.**

ст. преп. **Рошубкин П.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Потребление мощности в электрических системах изменяется при изменении параметров режима. Эти изменения отражаются при изменении потоков мощности в линиях, что влияет на распределение напряжений в сети и на напряжение на зажимах электроприемников. Поэтому при расчетах режимов сетей весьма существенное значение имеет учет характеристик, отражающих изменение мощности, потребляемой нагрузкой при изменениях подведенного к ней напряжения по величине

и частоте. Такие характеристики, отвечающие установившемуся режиму, называются статическими характеристиками по напряжению и частоте:

$$P_H = f_P(U), Q_H = f_Q(U); \quad P_H = \varphi_P(f), Q_H = \varphi_Q(f).$$

$$P_H = P_0 \left( \frac{U}{U_0} \right)^{P_u} \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{P_\omega}; \quad Q_H = Q_0 \left( \frac{U}{U_0} \right)^{Q_u} \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{Q_\omega};$$

где  $P_u, P_\omega, Q_u, Q_\omega$  – регулирующий эффект активной и реактивной нагрузки по напряжению и частоте соответственно.

Схема опыта приведена на рис. 1. В результате измерений получены данные, показанные в табл. 1. Затем вычисляется полная мощность, реактивная мощность и  $\cos \varphi$  (табл. 2) по формулам:

$$S = UI; \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}; \quad \cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

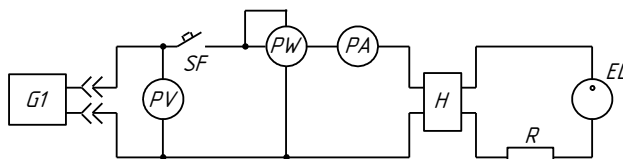


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема включения лампы ДРЛ:  
 G1 – источник переменного тока, PV – вольтметр, PW – ваттметр,  
 PA – амперметр, SF – ключ, H – пускорегулирующий аппарат,  
 R – активное сопротивление, EL – лампа ДРЛ

Таблица 1

**Данные измерений**

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, В	241	228	225	219	214	209	197	185	175
I, А	2,15	1,98	1,88	1,78	1,67	1,6	1,45	1,28	1,18
P, Вт	250	233	221	210	202	190	170	151	133

Таблица 2

**Результаты вычислений**

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S, ВА	517	451	422	390	357	333	286	238	207
Q, ВАр	454	386	360	328	294	273	230	184	158
cosφ	0,48	0,51	0,52	0,53	0,56	0,57	0,59	0,63	0,64

Определить регулирующие эффекты активной и реактивной нагрузок  $P_u$  и  $Q_u$  можно, используя метод наименьших квадратов. Необходимо найти такие значения  $P_u$  и  $Q_u$ , при которых будут принимать минимальные значения следующие выражения:

$$F = \sum_{i=1}^n \left( P_i - P_0 \left( \frac{U_i}{U_0} \right)^{P_u} \right)^2; \quad \Phi = \sum_{i=1}^n \left( Q_i - Q_0 \left( \frac{U_i}{U_0} \right)^{Q_u} \right)^2.$$

В MsExcel при помощи надстройки «Поиск решения» находятся соответствующие значения регулирующих эффектов:  $P_u = 1,899$ ;  $Q_u = 3,4$ . При этом получили соответствующие разности (табл. 3).

Таблица 3

Результаты вычислений

№	$\left( P_i - P_0 \left( \frac{U_i}{U_0} \right)^{P_u} \right)$	$\left( Q_i - Q_0 \left( \frac{U_i}{U_0} \right)^{Q_u} \right)$
1	0	0
2	8,265	11,262
3	2,382	2,738
4	1,399	0,369
5	3,193	-7,138
6	0,765	-2,219
7	-0,766	0,458
8	-2,196	-4,465
9	-3,533	4,656
Сумма квадратов	$F = 104,626$	$\Phi = 232,187$

Таким образом, получаем для активной и реактивной нагрузок следующие формулы:

$$P_0 = 250 \cdot \left( \frac{U}{240,9} \right)^{1,899}, \quad Q_0 = 453,6 \cdot \left( \frac{U}{240,9} \right)^{3,4}.$$

Зависимости активной и реактивной нагрузок от напряжения приведены на рис. 2, 3.

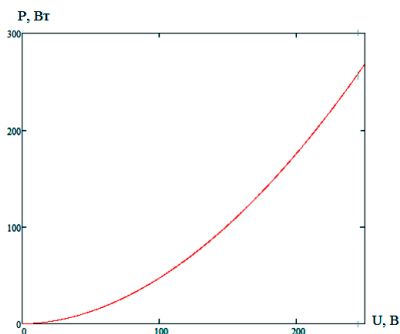


Рис. 2. Зависимость активной нагрузки от напряжения

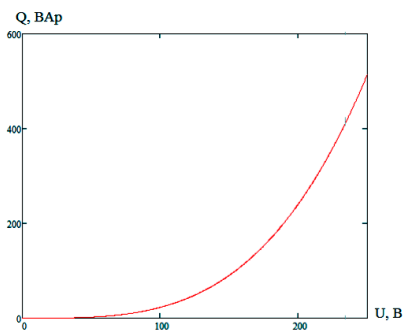


Рис. 3. Зависимость реактивной нагрузки от напряжения

### Библиографический список

1. Гончаров Д.В., Михайлова М.Ю. Мероприятия по снижению потерь в электрических сетях // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с.
2. Евсеев А.Н., Михайлова М.Ю. Влияние качества электрической энергии на работу электротехнического оборудования // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с.
3. Иванов А.С., Нестеров М.Н.. Современные проблемы развития энергетики // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с.
4. Духанин С. А., Нестерова Н. В., Прасол Д. А. Сравнительный анализ энергосберегающих источников света акцентного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 198-201.

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА ПО УБОЮ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗАО «БЕЛАЯ ПТИЦА – БЕЛГОРОД»

магистрант, **Корнев М.В.**

канд. техн. наук, доц. **Скурятин Ю.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет имени В. Г. Шухова, г. Белгород*

Одним из актуальнейших вопросов в бизнес-плане развития любого предприятия является энергетическая составляющая. Немногие предприятия задумывается о таких параметрах, как качество электроэнергии, гармонический состав, и т.д. Для анализа энергопотребления был взят

комплекс по убою и переработки мяса птицы группы компаний «Белая птица». Мощность комплекса составляет порядка 10,5 тысяч голов в час, а общая производительность составляет 130 тысяч тонн готовой продукции в год. Пиковые значения потребляемой мощности достигают порядка 5 МВт. Схема электроснабжения комплекса представлена на рис.1.

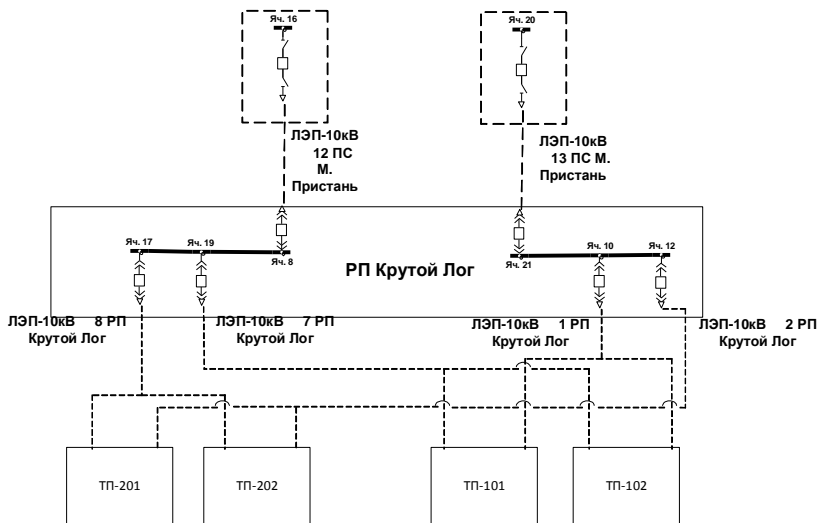


Рис.1. Схема электроснабжения комплекса по убою и переработки «Белая птица»

На сегодняшний день острым вопросом являются способы снижения затрат на электроэнергию, путём оптимизации процесса энергопотребления. Для поиска решений, был произведён анализ общего состояния.

На рис.2, представлены значения максимальных потребляемых мощностей от каждого ввода.

Можно увидеть, что пиковые значения от каждого ввода примерно одинаковы, следовательно, преобразующие трансформаторы нагружены равнозначно, и осуществлять оптимизацию энергопотребления путём переброса нагрузки с одной подстанции на другую нецелесообразно.

На рис. 3 представлена суточная диаграмма нагрузки на электросеть.

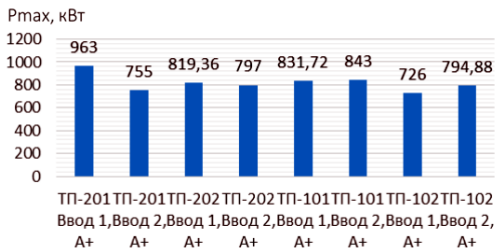


Рис.2. Диаграмма потребление электроэнергии от каждого ввода

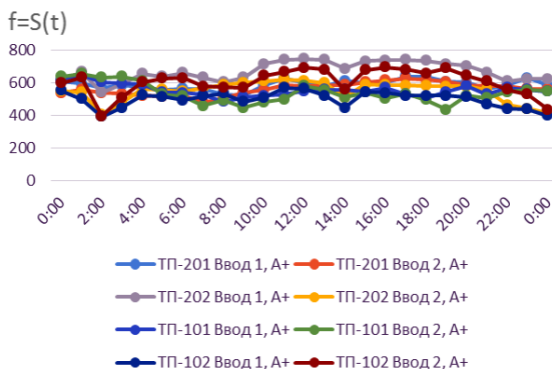


Рис. 3. Диаграмма суточного потребления полной мощности

Исходя из этой диаграммы, можно установить, т.к. комплекс имеет постоянный режим работы, то оптимизация путём изменения графика работы неэффективна. Вследствие данных выводов, был произведён анализ качества электросети, т.к. в комплексе используется большое число преобразовательной полупроводниковой техники. На рис. 3 представлена диаграмма потребления активной мощности.

Сравнив диаграммы потребления полной и активной мощностей, можно установить, что коэффициент мощности составляет от 0.76 до 0.81, в течении всего дня. Средние значения коэффициента мощности для всех вводов, представлены на рис. 4.

Значение коэффициента мощности в пределах от 0.76 до 0.81 является удовлетворительным, повысив его значение, мы можем получить ощутимую прибыль, в виде экономии на электроэнергии, а также в большем ресурсе работы приводов.

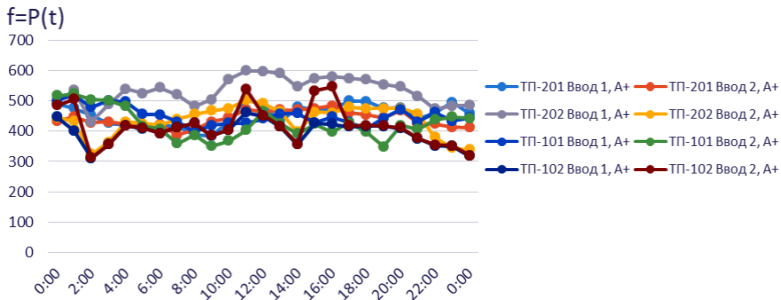


Рис. 3. Диаграмма суточного потребления активной мощности

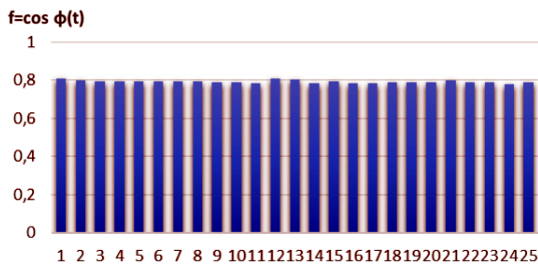


Рис. 4. Диаграмма изменения средних значений коэффициента мощности в течении суток

Для анализа подходов, которые возможно применять, была построена имитационная модель электроснабжения одного ввода в математическом пакете Matlab. За нагрузку и потребителя реактивной мощности принят неуправляемый выпрямитель, эквивалентной мощности. Структурная схема представлена на рис. 5 [1].

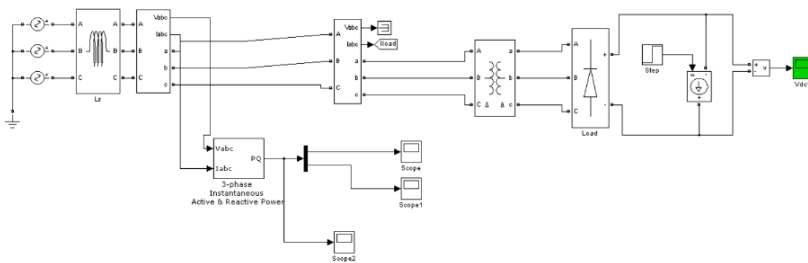


Рис. 5. Имитационная модель

Промоделировав процессы, получим значения реактивной и активной мощностей. Средние значения активной мощности составляет 520 кВт, реактивной 415 кВт, исходя из этого, можно рассчитать, что при моделировании процессов, коэффициент мощности примерно равен 0.8, что соответствует действительным значениям.

Для оптимизации процесса энергопотребления планируется использование силового активного фильтра. Для этого, необходима разработка имитационной модели, с целью моделирование процессов при использовании фильтра, и расчета оборудования, позволяющие в дальнейшем получить необходимый эффект [2].

### **Библиографический список**

1. Авербух М.А. Системы управления электроприводов. Моделирование динамических процессов: Учебное пособие. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 79 с.

2. Скурятин Ю.В., Белоусов А.В. Повышение эффективности активной фильтрации. Прямое управление потребляемой мощности // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2016. № 1 (543). С. 71-77.

3. Авербух М. А., Кузнецов В. А., Коржов Д. Н., Коробкин А. А., Лимаров Д. С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## **ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЛАВНОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СЫРОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**

магистрант **Курочкин В.В.**

д-р техн. наук, проф. **Авербух М.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Аппараты воздушного охлаждения (АВО) широко используются в нефтегазовой промышленности для конденсации и охлаждения парообразных, газообразных и жидких сред. Одной из областей применения АВО является охлаждение природного газа на дожимных компрессорных станциях газовых промыслов (ДКС ГП) и на компрессорных станциях магистральных газопроводов (КС МГ) [1].

Общее количество секций в АВО газа первой ступени – 13, из них 3 резервные. Одна секция аппарата воздушного охлаждения газа содер-



жит четыре вентилятора [2]. В качестве электроприводов вентиляторов применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором различных мощностей. Цифровые устройства плавного пуска на основе тиристорного регулятора напряжения (ТРН) предназначены для плавного поочередного пуска асинхронных и синхронных электродвигателей, обеспечивающих привод таких агрегатов, как компрессоры, вентиляторы, дымососы, насосы и т.п.

Применение тиристорного регулятора напряжения позволяет осуществлять неограниченное число плавных пусков ненагруженных двигателей с ограничением пускового тока до уровня  $(1-3)I_{ном}$  с последующим их переключением на питание от промышленной сети [3].

Поскольку изменение скорости АД за счет регулирования напряжения статора приводит к уменьшению допустимого момента в обратно пропорциональной зависимости от скольжения, то рационально использовать ТРН для пуска и торможения механизмов с вентиляторной нагрузкой. Таким образом, возможно использования ТРН для плавного пуска электроприводов АВО, при этом одно устройство может быть применено для последовательного пуска четырех двигателей. Оценку возможности применения ТРН для плавного пуска электродвигателей в системе АВО произведем с помощью виртуальной модели, построенной в пакете MATLABR2014b Simulink (рис.1).

В модели (рис.1) обратная связь по скорости выполнена виртуально с помощью наблюдателя «estim».

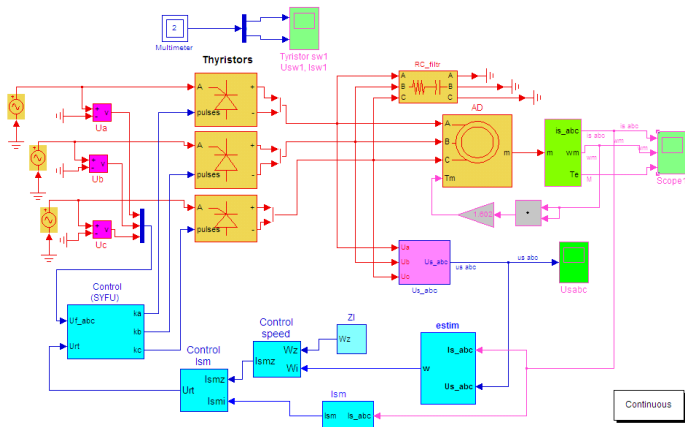


Рис.1. Виртуальная модель электропривода вентилятора совместно с системой плавного пуска на базе ТРН

Это объясняется тем, что системы плавного пуска применяются для двигателей, где не предусмотрено подключение тахогенераторов или датчиков скорости, или где они приводят к удорожанию системы.

Параметры двигателя рассчитываются по паспортным данным (табл. 1) по специальной программе «Param», в результате расчета определяются параметры схемы замещения АД двигателя, которые являются основанием для моделирования (рис.2). При моделировании принята Т-образная схема замещения, построенная на одну фазу АД.

Таблица 1

**Параметры двигателя**

Мощность, кВт.	$n$ , об/мин.	Ток при 380В, А	Напряжение, В	$\eta$ , %	$\cos \varphi$	Мн, Н·м	Приведенный момент инерции, кгм <sup>2</sup>	Сном, %
37	250	96,1	380	90	0,65	1437	104	1,6

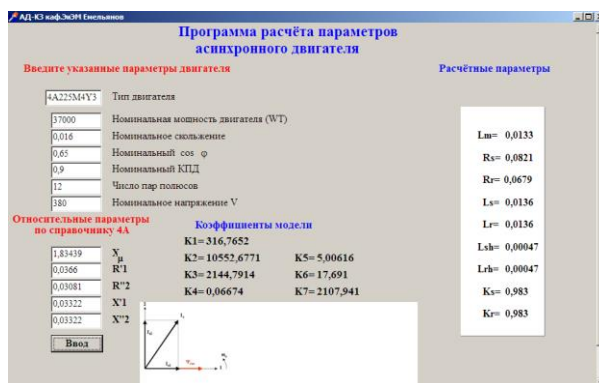


Рис.2. Программа Param для расчета параметров двигателя

Нагрузка представляется в виде вентиляторного момента с коэффициентом пропорциональности  $k_c = 1,602$ .

Результаты моделирования пуска двигателя с заданным темпом нарастания скорости представлены на рис. 3.

По результатам моделирования пуска двигателя с заданным темпом нарастания скорости (рис. 3), значения тока, скорости, момента двигателя соответствуют требуемым, как в установившемся режиме, так и в переходных процессах при этом пусковой ток не превышает  $I_{п}=4I_{н}$ .

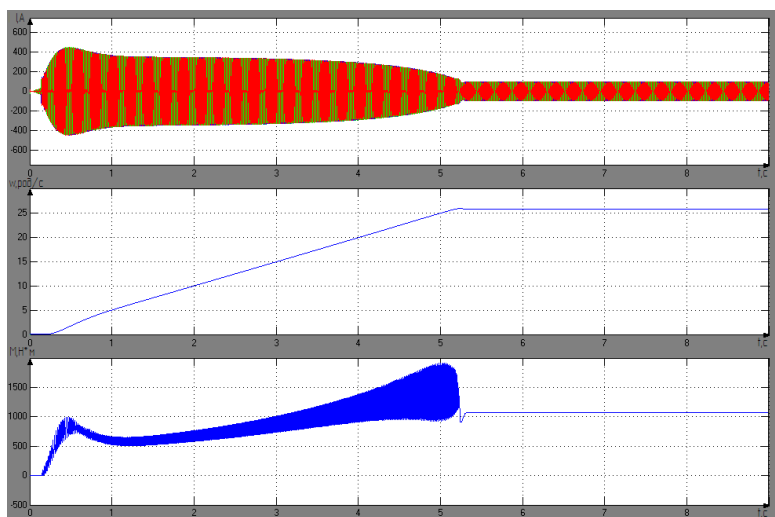


Рис. 3. Результаты моделирования пуска двигателя с заданным темпом нарастания скорости

На рис. 4 представлена имитационная модель при прямом пуске двигателя.

Произведём моделирование переходных процессов для скорости, момента и тока при прямом пуске (рис. 5). По результатам моделирования прямого пуска двигателя (рис. 5), значения тока, скорости, момента двигателя соответствуют требуемым в установившемся режиме, однако в переходных процессах пусковой ток превышает  $I_n=8I_n$ , что может привести к сильным просадкам напряжения на питающих шинах выбранной подстанции, так же может нарушить работу других потребителей и самого двигателя (торможение/пуска). Большой пусковой ток может вызвать также приличные термические перегрузки обмотки, в результате чего может появиться возможность ускорения старения всей изоляции, ее повреждение, в результате может образоваться межвитковое короткое замыкание.

Пиковые моменты переменного знака, которые развиваются электродвигателем во время пуска, превышают номинальный момент двигателя в 9 раз, что может привести к медленному повышению зазоров в механических соединениях между механизмом и электродвигателем, кроме этого, в другом ряде случаев вредно сказывается на всем технологическом процессе, что является недопустимым.

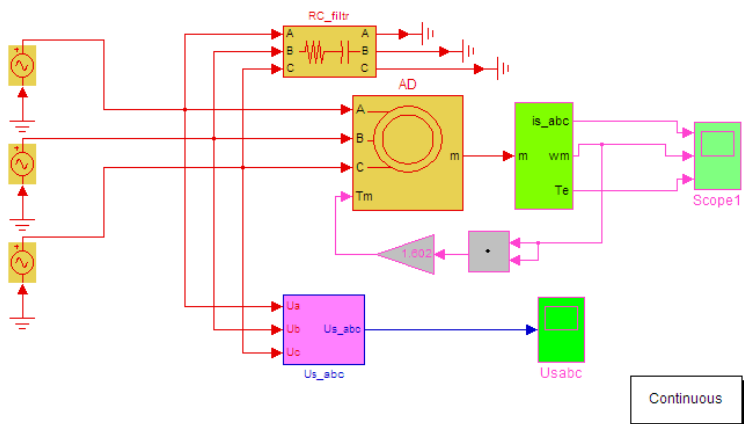


Рис.4. Модель электропривода вентилятора при прямом пуске

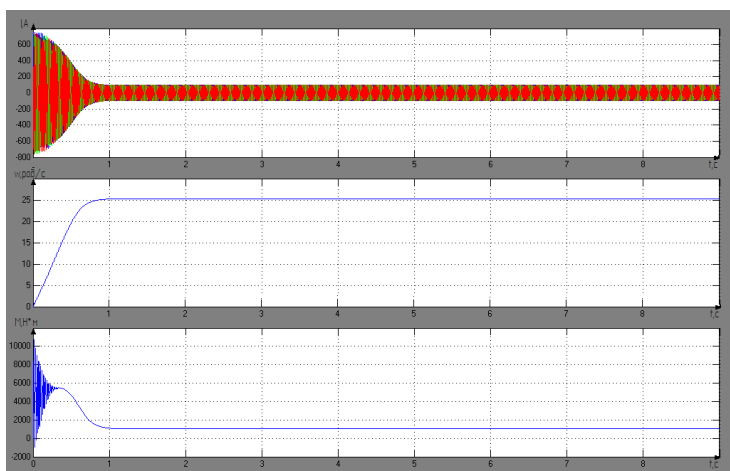


Рис.5. Результаты моделирования прямого пуска двигателя

Использование же устройств плавного пуска дает возможность: устранить все рывки в механической части привода в момент останова и пуска электродвигателя; увеличить период службы электродвигателя; уменьшить вероятность перегрева электродвигателя; снизить ударные перегрузки с помощью уменьшения пусковых токов электродвигателя.

Устройство плавного пуска дает возможность уменьшить мгновенную активную используемую мощность, существенно уменьшить реактивную мощность, снизить шум, защитить электродвигатель, вибрацию и нагрев электродвигателя.

### **Библиографический список**

1. Щербинин С.В., Коловертнов Г.Ю., Краснов А.Н., Новоженин А.Ю. Система автоматизированного управления аппаратами воздушного охлаждения сырого природного газа // Нефтегазовое дело. 2004. № 1. 10 с.

2. Курочкин В.В. Обоснование и расчет системы электропривода аппаратов воздушного охлаждения сырого природного газа [Электронный ресурс] / Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – Белгород, 2016.

3. Авербух М.А., Коржов Д.Н., Лескина Я.В., Чередников А.В. Анализ электродинамических процессов и электромагнитной совместимости частотного электропривода в пакете Matlab 7.12. // Известия ВУЗов. Электромеханика. - 2014. № 4. С. 57-62.

4. Авербух М. А., Кузнецов В. А., Коржов Д. Н., Коробкин А. А., Лимаров Д. С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## **АМОРФНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ – ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

студент **Лемешко К.О.**

студент **Сахибгараева Р.Ф.**

ст. преп. **Воловиков А.А.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Электроэнергия – это уникальный вид продукции, для передачи которого от пункта производства до пункта потребления не используются другие ресурсы. Для передачи используется только часть самой энергии, поэтому её потери неминуемы.

Потери электроэнергии – важнейший показатель экономичности работы электросетей [7]. Из-за концентрации производства электроэнергии на крупных электростанциях и непрерывного роста нагрузок электрических сетей наблюдается большой рост потерь электроэнергии [8].

Если не предпринимать никаких действий по сдерживанию роста потерь электроэнергии, то уже в ближайшем будущем будут наблюдаться повышение тарифов на электроэнергию, неоптимальная нагрузка электрических сетей, низкое качество электроэнергии и т.п.

Наши представления о проблеме энергосбережения в каждый промежуток времени соразмерны с нашими техническими возможностями и нашей ответственности перед будущими поколениями за расточительное расходование природных богатств, поэтому знания постоянно совершенствуются по мере развития проблемы.

Так как электроэнергетика негативно влияет на окружающую среду в целом, то наиболее действенным способом уменьшения воздействия на природу является энергосберегающие технологии, к числу которых можно отнести аморфные трансформаторы.

В США, Китае и Индии аморфные трансформаторы массово используются около 30 лет. Мощность данных трансформаторов варьируется от 630 до 1000 кВА. А в европейских странах, начиная с 2009 года, постепенно вводят в эксплуатацию трансформаторы мощностью 400 кВА [1].

Распределительные аморфные трансформаторы называли трансформаторами будущего [6]. Но до недавнего времени их производство в России долгое время сдерживалось по ряду причин: реформирование технологического цикла производства трансформаторов, высокая цена аморфной стали, отсутствие ленты с нужными параметрами.

Использование прогрессивных энергосберегающих трансформаторов позволяет внушительно сократить потери в энергосистемах. На распределительные трансформаторы приходится 20–30 % всех технических потерь электроэнергии в энергосистемах. Полностью устранить эти потери невозможно, но эксплуатация аморфных трансформаторов за рубежом показала, что стоимость силовых трансформаторов окупается примерно за пять лет.

В чём же особенность аморфных трансформаторов? Аморфные сплавы – это сплавы с неупорядоченным расположением атомов в пространстве. Такие сплавы состоят из двух групп элементов – переходных металлов и аморфизаторов (B, Si, N и др.). Эти сплавы получают при определенной скорости охлаждения расплава, которая превышает скорость кристаллизации. Аморфные сплавы характеризуются впечатляющими электрическими и прочностными характеристиками, но их производство требует самые передовые технологии [3].

Известный факт, что функцией любого трансформатора является повышение напряжения на электростанции и понижение у потребите-

ля для безопасного пользования электроэнергией. За время работы трансформатора происходят постоянные потери электроэнергии, составляющие 2÷4 процента от передаваемой электроэнергии [3]. Часть этой электроэнергии идет на нагрев проводников обмоток (потери короткого замыкания), а другая часть – на перемагничивание сердечника (потери холостого хода). Трансформаторы с аморфными сердечниками созданы для снижения потерь холостого хода благодаря использованию аморфных сплавов в сердечнике. Применение магнитопроводов из аморфных сплавов гарантирует пятикратное снижение потерь холостого хода трансформаторов по сравнению с традиционными магнитопроводами из электротехнической стали.

В отличие от нагрузочных потерь, потери холостого хода не зависят от нагрузок и носят постоянный характер, поэтому уменьшение потерь электроэнергии с помощью аморфных трансформаторов происходит за счет снижения потерь холостого хода.

В табл. 1 приведены усредненные потери холостого хода для силовых трансформаторов с сердечником из аморфной стали и из электротехнической стали на номинальное напряжение 10 кВ и мощностью от 25 до 2500 кВА.

Таблица 1

**Потери холостого хода**

Мощность трехфазного трансформатора 10 кВ	Усредненные потери ХХ, магнитопровод – трансформаторная сталь SiFe	Усредненные потери ХХ, магнитопровод – аморфный сплав	Сравнительное снижение потерь ХХ, %
25 кВА	100	28	72
40 кВА	140	39	72
63 кВА	180	50	72
100 кВА	260	66	75
250 кВА	520	150	71
630 кВА	1000	280	77
1000 кВА	1700	350	80
1600 кВА	2100	490	77
2500 кВА	2700	550	80

Ознакомившись с табл. 1, можно сделать вывод, что использование сердечника из аморфного сплава в сравнении с традиционной трансформаторной сталью позволяет снизить потери холостого хода в 4-5 раз [4].

Аморфные трансформаторы имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными силовыми трансформаторами: высокая энергоэффективность, улучшенные магнитные характеристики, экономическая целесообразность и минимизированное влияние на окружающую среду. Каждое из перечисленных преимуществ заслуживает более подробного описания.

В направлении создания энергосберегающих трансформаторов играет большую роль высокая энергоэффективность, поскольку использование магнитопровода из аморфного материала позволяет на 75% сократить потери холостого хода, что можно считать настоящим технологическим прорывом. Помимо этого, появилась возможность предложить потребителю аморфные трансформаторы по доступным ценам за счет освоения серийного производства аморфной ленты с соблюдением точных параметров для трансформаторов различной мощности зарубежными производителями. Также, благодаря опыту эксплуатации аморфных трансформаторов за рубежом, было доказано, что, несмотря на превышающую на 30–35 % стоимость по сравнению с трансформаторами с магнитопроводом, выполненном из холоднокатаной электротехнической стали, аморфный трансформатор мощностью 32–1250 кВА полностью окупается в течение 3–5 лет. Более того, в сравнении с аналогом из электротехнической стали, сердечник из аморфных сплавов обладает улучшенными магнитными характеристиками: он имеет сравнительно меньшие удельные магнитные потери и обладает высокой магнитной проницаемостью и индукцией насыщения на высоких частотах [5]. Необходимо заметить, что применение аморфного трансформатора позволяет устранить выброс углекислого газа благодаря высокому уровню сохранения энергии [3].

Но, несмотря на все явные преимущества, аморфные трансформаторы обладают и существенными недостатками. Поскольку аморфные трансформаторы имеют прямоугольную намотку (вследствие прямоугольного сечения магнитопровода), то они обладают меньшей устойчивостью к токам короткого замыкания. Кроме того, аморфный сплав – очень хрупкий материал, требующий бережного отношения. Магнитопровод из аморфной стали не допускает чрезмерной весовой нагрузки, вследствие чего он крепится к обмоткам, которые расположены на несущей базе. Это приводит к проведению дополнительных мероприятий по увеличению жесткости конструкции. Нужно также отметить, что данная сталь имеет слабую рабочую индукцию, обуславливающую более массивную активную часть самого трансформатора. Из-за сложности конструкции аморфного трансформатора необходима полная ре-



конструкция производства: необходимо оборудование для отжига конструкции сердечника, резки аморфной ленты, пропитки смолой магнитопровода, также необходимы специальные сборочные столы, оснастка для намоточного стола и т.д. [2].

Поскольку выпуск этой инновационной продукции начал осуществляться сравнительно недавно, то главной целью сейчас является оптимизация надежности, стабильной работы и энергоэффективности аморфных трансформаторов, что, в свою очередь, требует определенного тестового периода, испытаний и дополнительных конструкторских решений. В связи с этим, необходимо придавать большое значение мониторингу работы оборудования в полевых условиях [1].

В современных условиях трансформаторы с аморфной сталью являются одним из наиболее перспективных решений для повышения энергоэффективности и энергосбережения.

### **Библиографический список**

1. Рекламно-информационный журнал «Электротехнический рынок», №5-6 (47-48) Сентябрь-Декабрь 2012. URL: <http://market.elec.ru/nomer/44/silovye-amorfnye-transformatory-budushee-v-nastoya/>
2. Инновации в энергетике. Статья: «Твердый снаружи, аморфный внутри». URL: <http://www.chekltd.com/node/664>
3. Энергетика. Оборудование. Документация. Статья: «Трансформаторы с аморфным магнитопроводом». URL: <http://forca.ru/stati/podstancii/transformatory-s-amorfnum-magnitoprovodom.html>
4. Энергетика. Оборудование. Документация. Статья: «Аморфные сплавы и экономия». URL: <http://forca.ru/stati/podstancii/amorfnye-splavy-i-ekonomiya.html>
5. Официальный сайт производственной группы «ТРАНСФОРМЕР». ТМГ аморфные. URL: <http://transformator.ru/production/transformatory-tmg/tmg-amorfnye/>
6. Кравченко А., Метельский В. Сухие и энергосберегающие трансформаторы [Электронный ресурс] // Электрик». 2013. № 4. С. 12-15. URL: <http://electrician.com.ua/posts/1198>
7. Воронцов В. Э. Снижение потерь электроэнергии – важнейший путь энергосбережения в электрических сетях [Электронный ресурс] // Энергосбережение. 2014. №3 2014. URL: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5813](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5813).
8. Шоймова С. П. Потери электроэнергии и способы борьбы с ними // Молодой ученый. — 2015. — №23. — С. 278-280.
9. Кузнецов В.А., Рошубкин П.В., Сингатулин Р.С. Основные показатели качества электроэнергии. Применение вольтодобавочных трансформаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 204-207.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

магистрант **Махиборода А. Н.**  
д-р техн. наук, проф. **Авербух М.А.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Целью задачи оптимизации режимов частотно-регулируемого асинхронного электропривода является достижение экстремума функции качества (критерия оптимальности). Для электроприводов одним из важных критериев качества по энергетическим соображениям и надежности является потери мощности. Требования оптимальности по потерям можно рассматривать по отношению к двигателю, преобразователю частоты и в целом к электроприводу.

Выявление оптимального режима управления по минимуму потерь двигателя имеет значение в следующих случаях:

- при обеспечении минимума потерь для ограничения нагрева двигателя и расширение области допустимых по нагреву моментов нагрузки;
- для анализа эффективности законов частотного управления по критерию потерь при использовании в качестве эталона закона управления по минимуму потерь в двигателе.

Целью в этих случаях является обеспечение надежной работы двигателя, так как даже незначительное повторяющееся превышение температуры обмотки статора сверх допустимой приводит к ускоренному старению изоляции и сокращению срока службы АД[1].

В статье рассматривается одна из возможных постановок задачи оптимизации частотно-регулируемого электропривода по потерям мощности в АД, для которого режим работы при изменяющемся моменте нагрузки является основным.

Предположим, что технологический процесс требует регулирования скорости и характеризуется изменением момента статического сопротивления рабочего органа механизма. В общем случае задача оптимального управления решается для множества точек, соответствующих предписанным условиям технологической задачи области изменения момента  $M$  и скорости  $\omega$  асинхронного двигателя.

Будем считать технологическую задачу заданной, если известны нагрузочная диаграмма и тахограмма двигателя, т.е.

$$f_M = (F_M, T, \Omega_M); \quad (1)$$

$$f_\omega = (F_\omega, T, \Omega_\omega), \quad (2)$$

где  $F$ ,  $T$  и  $\Omega$  – соответственно график, область определения и область значений функции  $f$ .

В формулах (1) и (2) область определения  $T=[t: t_0 \leq t \leq t_k]$ , где  $t_0$  и  $t_k$  – время, характеризующее соответственно начало и конец цикла.

Области значений функции  $f_M$  и  $f_\omega$  следующие:

$$\Omega_M = [M: f_M(t)=M, M_{\min} \leq M \leq M_{\max}];$$

$$\Omega_\omega = [\omega: f_\omega(t)=\omega, \omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}],$$

где  $M_{\min}$ ,  $\omega_{\min}$  и  $M_{\max}$ ,  $\omega_{\max}$  – соответственно нижние и верхние границы множества  $\Omega_M$  и  $\Omega_\omega$ .

Графики функций имеют следующий вид:

$$F_M = [(t, M) \in T \times \Omega_M: f_M(t) = M];$$

$$F_\omega = [(t, \omega) \in T \times \Omega_\omega: f_\omega(t) = \omega].$$

Введем в рассмотрение вектор состояния

$$X = (M, \omega), X \in \Omega_x = \Omega_M \times \Omega_\omega$$

и вектор управления

$$U = (u_1, \omega_1), U \in \Omega_{u1} \times \Omega_{\omega1},$$

где  $\Omega_{u1}$  и  $\Omega_{\omega1}$  – области допустимых значений управляющих воздействий по амплитуде и частоте выходного напряжения преобразователя частоты. Изменение  $U$  обеспечивает цепь управления, необходимым условием достижением которой является

$$\Omega_x = F(\Omega_U),$$

где  $F(\Omega_U)$  – соответствие между множествами возможных состояний векторов  $X$  и  $U$ .

Наличие свободы выбора управляющего воздействия в частотно-регулируемом электроприводе позволяет решать технологические задачи при наилучшем значении критерия качества управления. Если критерием оптимальности считать полные потери АД, то оптимальное управление  $U_{\text{опт}}$  должно удовлетворять решению следующей задачи математического программирования:

$$\Delta P_{\text{дв}}(X, U) \rightarrow \min; \quad (3)$$

Решение задачи (3) затруднено тем, что управляющее воздействие  $U$  представляет собой вектор. Однако можно свести задачу оптимизации с векторным управляющим воздействием  $U$  к задаче оптимизации со

скалярным управлением. При заданных условиях технологической задачи значениях  $M$  и  $\omega$  в качестве скалярного управляющего воздействия принимается компонента  $\omega_1$  вектора  $U$ .

При решении задачи синтеза оптимального управления вместо  $\omega_1$  пользуются абсолютным скольжением двигателя  $\beta$ , так как при заданном значении скорости  $\omega$  величина  $\beta$  однозначно определяет  $\omega_1$ .

Исходя из сказанного, задачу оптимизации по минимуму потерь можно сформулировать в следующем виде:

$$\Delta P_{\text{дв}}(X, \beta) \rightarrow \min$$

Функция качества  $\Delta P_{\text{дв}}(X, \beta)$  непрерывна, унимодальна (имеет один экстремум), выпукла и имеет первую производную. Для отыскания экстремума этой функции можно воспользоваться известным в математическом анализе условием[2]:

$$\frac{d}{d\beta} \Delta P_{\text{дв}}(M, \omega, \beta) = 0. \quad (4)$$

Пренебрегая эффектами насыщения магнитной цепи и вытеснения тока ротора, из условия (4) находится сравнительно простое аналитическое решение задачи. Однако решение задачи оптимального управления, полученное без учета насыщения машины, может быть использовано в ограниченной области изменения  $M$  и  $\omega$ . При изменении  $M$  и  $\omega$  в широких диапазонах магнитная цепь АД насыщается. В этом случае учет насыщения АД по главному магнитному пути имеет принципиальное значение при решении задач экстремального управления.

В случаях, когда  $M$  и  $\omega$  задаются в широких пределах целесообразно пользоваться численными алгоритмами поиска экстремума функции потерь.

В данной статье рассматривается вычислительная схема поиска экстремума функции  $\Delta P_{\text{дв}}(M, \omega, \beta)$  методом касательных.

Для реализации данного метода необходимо знать параметры схемы замещения АД ( $R_1, R_2, L_1, L_2$ ), заданные значения  $M_3$  и  $\omega_3$ .

Параметры схемы замещения АД по паспортным данным рассчитываются в программе, написанной на языке программирования C++. Листинг данной программы приведен в упрощенной блок-схеме, показанной на рис. 1.

Для поиска экстремума функции методом касательных необходимо ввести параметры:  $\lambda = \text{const}$ , база метода  $g$ , погрешность  $\epsilon$ .

Чтобы найти точку экстремума нужно рассчитать производную функции [3]:

$$\frac{d}{d\beta} \Delta P_{\text{дв}} = \frac{\Delta P_{\text{дв}}(M, \omega, \beta + g) - \Delta P_{\text{дв}}(M, \omega, \beta - g)}{2g}.$$

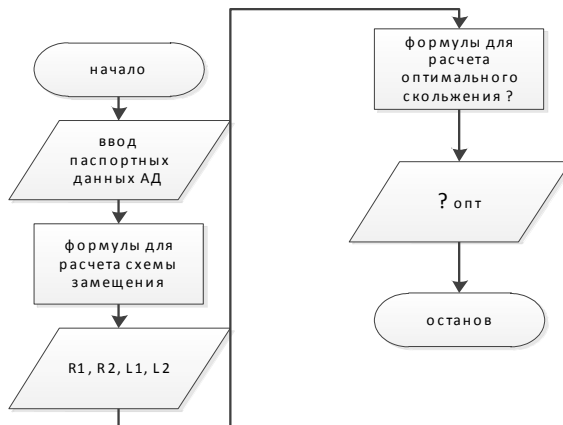


Рис. 1. Упрощенная блок-схема программы расчета параметров схемы замещения

Затем необходимо проверить расчет производной данной функции по условию:  $\left| \frac{d}{d\beta} \Delta P_{ос} \right| < \varepsilon$ , если данное условие не выполняется, то рассчитывается рабочий шаг  $\Delta\beta = \lambda \frac{d}{d\beta} \Delta P_{ос}$ , новое приближение  $\beta = \beta - \Delta\beta$  и следует переход к началу расчета производной функции. При выполнении условия поиск заканчивается и вычисляются координаты потерь  $\Delta P_{дв}(M, \omega, \beta)$  при оптимальном управлении.

Программа для поиска экстремума функции потерь при оптимальном скольжении будет реализована на языке программирования C++.

### Библиографический список

1. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. Москва: Академия, 2004. 265 с.
2. Махиборода А.Н., Авербух М.А. Оценка энергетической эффективности применения частотного электропривода металлорежущих станков с различными законами управления // Молодежь и научно-технический прогресс. Губкин, 2016. С. 151-154.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. М.: Изд. центр «Академия», 2006. 272 с.
4. Бакалин Ю.И., Мухин Н.П., Виноглядов В.Н. Сдерживающие факторы в организации энергосбережения и вопросы получения реальной энергоэффективности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 185-187.

## ПОСТРОЕНИЕ КОНТУРОВ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ZUBEX

магистрант **Нестеренко В.А.**  
канд. техн. наук, доц. **Семернин А.Н.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Двигатели с катящимся ротором имеют преимущество при использовании на малой частоте при высоком моменте вращения, а так же могут без понижающего редуктора сочленяться с производственными механизмами, требующими невысоких скоростей движения рабочих органов. Их недостатком является высокая инерционность. На рисунке 1 внешнее заштрихованное кольцо 1 представляет собой статор двигателя. Внутри статора расположен гладкий ферромагнитный ротор 2, ось которого  $Q_2$  не совпадает с осью статора  $Q_1$ .

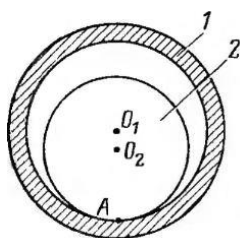


Рис. 1. Двигатель с катящимся ротором

Для построения модели двигателя с катящимся ротором был выбран вид двигателя с внутренним зубчатым зацеплением ротора. Для его построения воспользовались программой *ZubEx*.

Программа *ZubEx* [1] предназначена для построения контуров эвольвентных зубчатых колёс и эвольвентных шлицевых соединений. Программа вычисляет координаты торцевого контура зубчатых колёс (пары) внешнего или внутреннего зацепления, шлицевого вала или втулки. Результат записывается в виде полилинии в файле универсального формата DXF, что позволяет загрузить полученный контур в любой современный 3D CAD (*AutoCAD*, *Компас 3D*, *SolidWorks* и т.п.) и использовать для построения объёмной модели зубчатого колеса или шлицевого соединения.

Результаты расчёта геометрии зубчатой цилиндрической эвольвентной передачи [2] представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные:			1-шестерня	2-колесо
1	Модуль зацепления	$m=$	1,00	
2	Угол наклона зубьев	$b=$	0,0000	
3	Число зубьев	$z=$	121	132
4	Коэффициент смещения исходного контура	$x=$	0,3000	0,3000
Результаты расчета:			1-шестерня	2-колесо
5	Передаточное число	$u=$	1,091	
6	Делительный диаметр	$d=$	121,000	132,000
7	Делительное межосевое расстояние	$A=$	5,500	
8	Угол профиля	$at=$	20,0000	
10	Диаметр основной окружности	$db=$	113,703	124,039
11	Угол зацепления	$atw=$	20,0000	
12	Начальный диаметр	$dw=$	5,261	5,739
13	Диаметр вершин зубьев	$da=$	123,600	130,600
14	Диаметр впадин (справочно)	$df=$	119,100	135,100

Для построения зубчатой передачи нужно ввести требуемые параметры и выбрать внутренний тип зацепления (рис.2), затем выбрать точность прорисовки (при большем использовании точек уменьшается производительность), после сохранить полученное построение для последующего использования.

Построение было загружено в программу AutoCAD (рис. 3), после чего было вырезано лазерным резакон из органического стекла.

Параметры зацепления

Модуль нормальный, мм

Угол наклона зуба, град.

Колесо 1:

Число зубьев Z1

Коэффициент смещения x1

Колесо 2:

Число зубьев Z2

Коэффициент смещения x2

Нормальный боковой зазор jn

Исходный контур:

	$\alpha$	$ha^*$	$hf^*$	$C^*$	$rf^*$
<input type="radio"/>	18	1	1,2	0,28734	0,41585
<input checked="" type="radio"/>	20	1	1	0,25	0,38
<input type="radio"/>	22,5	1	1	0,4	0,28467
<input type="radio"/>	25	1	1	0,20328	0,35208
<input type="radio"/>	28	0,95	0,95	0,16840	0,31742
<input type="radio"/>	28	0,9	0,9	0,18438	0,34754
<input type="radio"/>	Другой...				

Тип зацепления

Внешнее     Внутреннее

Рис.2. Окно ввода исходных параметров программы ZubEx

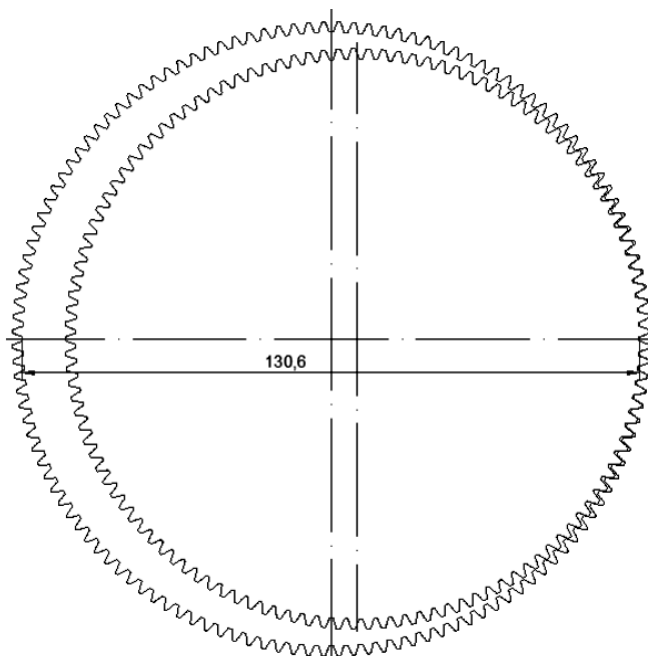


Рис. 3. Полученное построение зубчатой передачи внутреннего зацепления

Полученная зубчатая передача соответствует результату расчёта геометрии данного внутреннего зацепления, что указывает на возможность использования программы ZubEx для быстрого и эффективного построения различных зубчатых эвольвентных передач.

### Библиографический список

1. Плущевский А.М. ZubEx [Электронный ресурс]. Электрон. прогр. – Москва: 2004. Режим доступа: <http://ampsoftware.narod.ru/zubex.htm>
2. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизированное выполнение чертежей. М.: Высш. шк., 2003. 428 с.
3. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М., Смирных А.П., Якубенко А.Н. Технология обработки крупногабаритных зубчатых колес вращающихся агрегатов с применением приставного вертикального зубофрезерного станка // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 66-67



## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА БЕЛГОРОДА

магистрант **Оксаниченко С.А.**

д-р техн. наук, проф. **Сапрыка А.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Современная осветительная система города представляет собой сложный комплекс, состоящий из световых приборов, проводов и кабелей, пускорегулирующих и управляющих устройств и систем. Экономия электрической энергии без ущерба интересам потребителей может быть достигнута внедрением энергосберегающих технологий и новейших технологических решений в системе освещения, которые опираются на:

- внедрение новейшего светотехнического оборудования, имеющего высокие технико-экономические и эксплуатационные характеристики;
- разработку и внедрение специальных режимов работы осветительных установок, позволяющих снизить электропотребление без ущерба для зрительного восприятия;
- применение современных средств для определения технического состояния светотехнического оборудования с проведением энергоаудита.

Система искусственного освещения является наиболее распространенным конечным потребителем электроэнергии. Освещение используется во всех сферах деятельности человека. В осветительных установках расходуется около 15% всей генерируемой электрической энергии.

Основными элементами системы искусственного освещения, как совокупности осветительных установок, определяющими ее эффективность, являются осветительные приборы, включающие источники света и пускорегулирующую арматуру.

В наружном освещении города используют в основном осветительные установки с натриевыми и светодиодными источниками света.

Анализ литературных источников [1,2,3] показывает, что ежегодный выпуск светодиодов и светодиодных излучающих устройств в промышленно развитых странах достигает 11 млрд. шт. в год. Ведущими производителями мощных светодиодных источников света являются Cree Lighting, Nichia, Lumileds Lighting, Epistar, Osram, Seoul Semiconductor и Edixeon, использующие кристаллы компании Cree.

Взяв за основу количественный метод по сбору информации было проведено исследование на основе анкетирования. Более 400 жителей города приняли участие в коллективном исследовании для определения проблем осветительного комплекса. Анкетирование было анонимно. Вопросы было предложено 10, 5 из которых по освещённости города, остальные по основным чертам респондентов (род занятий, пол, возраст, образование)

На вопрос «Как Вы оцениваете освещение города в целом?» 62,25% опрошиваемых ответили положительно (рис.1), а 37,75% – отрицательно.

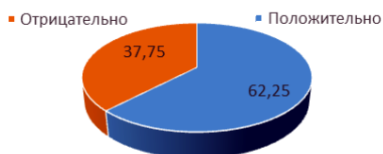


Рис.1. Общая оценка качества освещения городской среды

При этом число опрошенных, которые ответили «отрицательно» на уточняющий вопрос «где именно не устраивает» освещение, ответили следующим образом:

- во всем городе – 8%;
- магистралей, дорог, площадей – 10,5%;
- тротуаров – 12,75%;
- внутриквартальное – 7,25%;
- подъездов – 9%;
- парков – 7,25%;
- другое – 2%;

Полученные результаты исследования на этом этапе свидетельствуют о том, что значительного улучшения требует освещение жилых зон, особенно тротуаров, а также освещение магистралей, дорог и внутриквартальное освещение

При этом на вопрос, если бы Они были на месте городской власти, был получен ответ: максимальное внимание уделили бы освещению города в целом (60,5%).

К световой рекламе жители относятся следующим образом: 60% ответили положительно, 40% отрицательно.

На вопрос «Какой цвет, применяемых источников света в наружном освещении города улучшает Ваше пространственное восприятие?» был получен ответ, представленный на рис.2



Рис.2. График распределения пространственных восприятий

Как видно из рис.2 в области комфортности цветового восприятия жители города практически одинаково оценили излучение ДРИ и ДНаТ (с учетом жителей для которых цвет не имеет значения).

Из опрошенных жителей мужчин оказалось 64%, женщин 36%. Образование: около 50 % высшее или незаконченное высшее, а также 27,5% среднее специальное, возрастная категория опрошенных была до 29 лет и от 29 лет до 60 лет и старше.

Таким образом, необходимо отметить, что в сфере наружного освещения города в последние годы произошли значительные перемены: проведена модернизация системы наружного освещения, внедрены современные технологии, разработан проект «Концепции развития наружного освещения г. Белгорода на 2017-2021 гг.». Общая идея Концепции заключается в создании в городе множества светоцветовых пространств, каждое из которых организуется по своему архитектурно-художественному замыслу гармоничным применением средств и приемов освещения. Единство светоцветовой среды достигается формированием системы светоцветовых пространств в структуре города. Создание выразительных светоцветовых образов будничного и праздничного города, формирование в нем безопасной и комфортной световой среды неразрывно связывается с применением новейших, эффективных и экономичных приемов светоцветового дизайна и светотехники.

Исследование освещенности с помощью цифрового люксметра марки DER EE-3350 в районе улицы Щорса, где применены светодиодные источники излучения приведены в табл. 1.

Также было проведено исследование по освещенности на улице Мичурина с лампами ДНаТ. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Освещенность тротуарной части на улице Щорса  
(светодиодные излучающие устройства)**

№ контрольной точки	Тротуарная часть, лк	Освещенность опор, лк	Освещенность подъездных путей с дорог, лк
1	3,6	54,8	40
2	3	55,9	32,8
3	4	50,9	24,6
4	1,7	56,8	20,1
5	4,6	57,6	17
6	3,4	54	6
7	2,8	53	5,5
8	1,5	57,2	5,7
9	2,6	56,4	6,6
10	4,1	55,7	7,1

Таблица 2

**Освещенность тротуарной части на улице Мичурина (лампы ДНаТ)**

№ контрольной точки	Тротуарная часть, лк	Освещенность опор, лк	Освещенность подъездных путей с дорог, лк
1	20,2	50,6	35
2	14,1	53,4	34,7
3	23,5	51,8	30,2
4	24,8	48,3	28,1
5	17,2	39,5	31,7
6	30,1	37,6	31,1
7	25,7	38,9	34,6
8	15,9	39,1	36,6
9	18,2	45,8	31,7
10	13,4	44,9	26,5

По результатам исследования освещенности улицы Щорса (табл.1) видим очень высокую неравномерность – максимальная освещенность подъездных путей с дорог – 40 люкс, минимальная – 5,5 люкс. Визуально видны световые пятна под опорами, а между ними – провал освещенности.

Исследование улицы Мичурина (табл.2) показало, что освещённость тротуаров 4-6 лк находится в пределах нормы, чему способствует использование светодиодных источников света. Вместе с тем, согласно СНиП [4] освещённость в городе не везде соответствует нормам.

Для улучшения качества освещения городского пространства была использована программа Light-in-Night Road и произведен расчет по

освещенности на пересечении улиц Белгородского Полка, Преображенская, Вокзальная и проспект Славы.



Рисунок 1. План освещения кольца

Из вышесказанного следует, что имеются значительные резервы для повышения энергоэффективности наружного освещения при сохранении необходимых качественных и количественных показателей осветительных установок. Можно сделать вывод, что светодиодные источники света хорошо подходят для замены стандартных ламп высокой интенсивности типа ДНаТ в наружном освещении, что подтверждают результаты исследования.

Также применение осветительных установок на основе светодиодных излучающих устройств будет улучшать экологическую безопасность жилой застройки, так как в отличие от ламп ДНаТ они не содержат ртути.

### Библиографический список

1. Энергосбережение в освещении. Под ред. проф. Ю.Б. Айзенберга. М.: Издательство «Знак», 1999. 264 с.
2. Сапрыка А.В. Повышение энергоэффективности осветительных комплексов с учетом качества электрической энергии. Харьков: ХНАГХ, 2009. 126 с.
3. Варфоломеев Л.П. Применение достижений электроники в современной светотехнике // Светотехника. 2007. № 3. С. 4-11.
4. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. М., 2011. 75с.
5. Духанин С. А., Нестерова Н. В., Прасол Д. А. Сравнительный анализ энергосберегающих источников света акцентного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 198-201.

# ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ В Г. БЕЛГОРОДЕ

магистрант **Оксаниченко С.А.**

ст. преп. **Тоушкин А.Г.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Современный мир невозможно представить без разработок новейших технологий и привлечения их в нашу жизнь. Последнее время активно проходит модернизация систем управления электрического, в том числе и светотехнического оборудования.

23 ноября 2009 года вступил в силу Федеральный Закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», целью которого является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В соответствии с настоящим Федеральным Законом, под энергосбережением следует понимать реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования [1]. Одной из таких технических мер в получении экономии электроэнергии используют автоматическую и диспетчерскую системы освещения. Меры бывают различного характера. Самые простые и распространенные меры автоматизации управления освещением следующие:

- датчики движения;
- сумеречные датчики (фотореле);
- датчики освещенности;
- таймеры;
- диммеры.

Но все меры по экономии электрической энергии применяют по отдельности, только недавно стали внедрять их общее использование.

При оценке системы управления освещением следует отметить очень важный аспект – комфортность, т.е. получение желаемого освещения в нужный момент времени. Если рассматривать задачу именно таким образом, то все одновременно включенные световые агрегаты,

безусловно, обеспечат требуемую освещённость. Но это крайняя граница возможных решений, причём, находясь на этой границе, расход электроэнергии максимален. Применение же приведённых выше устройств снижает расход электроэнергии, но увеличивает затраты на монтаж системы освещения. Причём, сочетание двух или даже трёх управляющих воздействий для отдельных цепей освещения или светильников приведёт к значительному удорожанию системы освещения. Таким образом, появляется второе граничное условие, которое говорит о максимальных капиталовложениях. Оптимальное решение должно соответствовать минимальной стоимости как при монтаже, так и при эксплуатации. Такой эффект может дать использование управляющих устройств – контроллеров, которые позволят с минимальным количеством управляющих воздействий снижать время использования освещения.

От устройств управления, в которые входят перечисленные выше меры экономии электроэнергии, через входной модуль осуществляется связь с контроллером и происходит диспетчеризация сигналов. От общего контроллера уже непосредственно идет связующее звено через выходной модуль к приемникам. Контроллер управляет всеми функциями и помогает достичь усовершенствованный уровень в базе.

На данный момент производителями контроллеров в России являются SchneiderElectric, Elektrostandard, Эра и многие другие. Широко изучено использование контроллеров в Германии. В России подобное оборудование используется всего несколько лет. Такие контроллеры было предложено использовать в рамках проектов внутреннего электрооборудования различных строящихся объектов в г. Белгороде [2–5].

Преимущества использования контроллеров:

- увеличение или уменьшение яркости осветительных приборов;
- управление группами светильников или отдельных элементов по еженедельному расписанию или астрономическому графику в автоматическом режиме;
- возможность совместить несколько управляющих воздействий.

Проведём анализ работы системы освещения с участием контроллера на объектах г. Белгорода. Выберем три характерных, имеющих разные по структуре системы освещения, объекта:

1. Ериковская ООШ, реконструкция которой будет происходить в 2017 году. Проект электроснабжения был выполнен в 2016 году [2].
2. Многоквартирный жилой дом на перекрестке ул. Островского и ул. Богдана Хмельницкого [3, 4], проектируемый дом 2016-2017 гг.
3. Паркинг под жилым домом, проект 2016 г [5].

Покажем схему управления на основе контроллеров для школы (рис. 1).

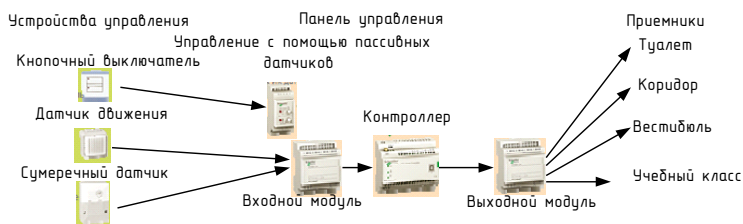


Рис.1. Общий обзор управления освещением Ериковской ООШ

При проектировании школы предлагаются различные вариации исполнения экономии электроэнергии. Такие как: установка датчиков движения, сумеречных датчиков, применение диммирования освещенности в кабинетах.

Проведём расчёты экономии электроэнергии для приемников помещения в школе с регулированием и без регулирования. Т.е. сравним два способа управления освещением: по месту выключателями, применение автоматизации на основе общих контроллеров управления. На объекте рассматриваем только те помещения и зоны освещения, которые будут различаться для двух расчётов.

Принципиально различают коридоры закрытого типа и с окнами, а также вестибюли и туалеты. Во всех коридорах, вестибюлях и туалетах применяют светодиодные светильники марки СПН 30-3000/Н, IP 40, в туалетах еще применяются светильники марки LED-НППОЗ-Н-6 Вт-220 В-4500 К, IP 65. В наружном освещении школы используют светильники типа LED-НППОЗ-Н-6 Вт-220 В-4500 К, IP 65, которые управляются сумеречными датчиками. Учебные классы освещают светодиодные светильники марки СПУ 40-3500, IP-40.

При расчёте количества потребляемой энергии необходимо учесть следующие нюансы: 2 смены в школе; помещения, имеющие естественное освещение и не имеющие; школьное расписание, количество и тип светильников (светодиодные светильники потребляют примерно вдвое меньше мощности чем светильники с люминесцентными лампами, соответственно, эффект от автоматизации управления будет меньше для светодиодных светильников). Мощность светильников, количество, время их работы приведены в табл. 1.

Кроме регулирования момента включения и выключения осветительных приборов, можно применять диммирование.



Таблица 1

**Расчёт потребляемой электроэнергии системой освещения**

Тип помещений и площадь, м <sup>2</sup>	Мощность светильников P, кВт	С регулированием		Без регулирования	
		Время горения за сутки, кВт·ч		Время горения за сутки, кВт·ч	
		Зима	Весна-осень	Зима	Весна-осень
Вестибюль 54,66	3·0,03= =0,09	0,583·0,09= =0,05247	0,416·0,09= =0,03744	4·0,09= =0,36	3·0,09= =0,27
Коридор 35,46	6·0,03= =0,18	2·0,18= =0,36	2·0,18= =0,36	12·0,18= =2,16	12·0,18= =2,16
Коридор 3,91	2·0,03= =0,06	2·0,06= =0,12	2·0,06= =0,12	12·0,06= =0,72	12·0,06= =0,72
Коридор 8,92	3·0,03= =0,09	2·0,09= =0,18	2·0,09= =0,18	12·0,09= =1,08	12·0,09= =1,08
Коридор 8,45	3·0,03= =0,09	2·0,09= =0,18	2·0,09= =0,18	12·0,09= =1,08	12·0,09= =1,08
Коридор 43,10	2·0,03= =0,06	2·0,06= =0,12	2·0,06= =0,12	12·0,06= =0,72	12·0,06= =0,72
Вестибюль 41,66	8·0,03= =0,24	0,583·0,24= =0,14	0,416·0,24= =0,09	4·0,24= =0,96	3·0,24= =0,72
Туалет 44,07	20·0,006+ +4·0,03= =0,24	2,16·0,24= =0,52	2,16·0,24= =0,52	12·0,24= =2,88	12·0,24= =2,88
Наружное освещение	16·0,06= =0,96	6·0,096= =0,576	3·0,096= =0,288	12·0,096= =1,15	9·0,096= =0,864
Учебный класс 139,3	48·0,04= =1,92	1,344	1,344	1,92	1,92
<b>Итого</b>	<b>18,426</b>	<b>14,342</b>	<b>13,994</b>	<b>28,39</b>	<b>27,774</b>

Во время пасмурной погоды приходится включать искусственное освещение, поскольку недостаточно освещения через окна. При этом нет необходимости использовать полную мощность светильников. Контроллер позволяет диммировать освещенность, тем самым экономя, расход электроэнергии. Установив датчики освещенности в учебных аудиториях можно рассчитать эффективность от такого способа.

Пасмурных дней в г. Белгород 125. Следовательно, мощность светильников в учебных классах составляет 1,92 кВт. Диммирование позволяет экономить электроэнергию на 30%.

На примере Белгородского района Ериковской ООШ видно, что установка контроллера позволяет экономить электроэнергию в школе

по сравнению с обычным способом освещения без регулирования в сутки зимнего периода на  $W=14,048$  кВт·ч, в сутки весенне-осеннего периода на  $\Delta W=13,78$  кВт·ч.

Общий расход экономии электроэнергии за сутки при мощности осветительных приборов 18,426 кВт составил  $\Delta W=27,828$  кВт·ч.

Таким образом на стадии проектирования школы было рассмотрено применение различных автоматических светотехнических и телемеханических устройств с целью снижения затрат электрической энергии.

Проверка экономии электроэнергии современных технологий в освещении на примере Многоквартирного жилого дома по ул. Н. Островского - Богдана Хмельницкого [3, 4].

Потребление электроэнергии в жилом секторе достигает 8 % всей электроэнергии страны: из них около 12 % расходуется на приготовление пищи, порядка 40 % приходится на электробытовые приборы и почти 30 % электроэнергии расходуется на освещение.

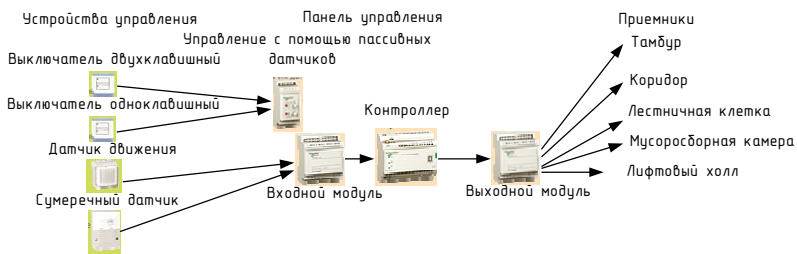


Рис.2. Общий обзор управления освещением жилого дома по ул. Н. Островского-Богдана Хмельницкого

Чтобы установить освещение по новейшим разработкам на примере жилого дома необходимо было просмотреть варианты не только архитектурного ландшафта, но и экономического критерия. Наилучшим методом оказалось применение контроллеров, устанавливаемых в общественных зонах.

Рассмотрим многоквартирный жилой дом, состоящий из двух блок-секций, в котором будет предусмотрена автоматическая диспетчеризация. Для позиций жилого дома будем рассматривать общественные зоны. К таким зонам относятся следующие: тамбуры (входной и выходной), лестничные клетки, лифтовые холлы, мусоросборные камеры и освещение над подъездами. Все эти зоны освещения должны иметь разный алгоритм регулирования.

Тамбуры, коридоры, лестничные клетки и лифтовые холлы освещаются светильниками накладными мощностью 2·36 Вт. Мусоросборные камеры и наружное освещение осуществляется светильниками накладными пылевлагозащитными мощностью 2·9 Вт типа «Шар». Во всех этих помещениях применяется установка датчиков движения, сумеречных датчиков и таймеров. Периодическое освещение с датчиками будет использовано в активные часы дня и ночи, грубо говоря, взяв за основу часы рабочего дня.

Для автоматизации наружного освещения применены сумеречные датчики особо актуальные для вечернего и ночного времени около подъезда жилого дома.

По использованным мероприятиям в установках для получения экономии электроэнергии такой дом можно отнести к категории умного дома.

Наибольшее потребление электроэнергии, а также потенциальная экономия максимальны будут в зимнее время. Потребление электроэнергии системой освещения за зимние сутки, с учётом абсолютно глухих коридоров [3, 4] для двух позиций:

- без регулирования освещенности  $W = 63,504$  кВт·ч;
- с регулированием освещенности  $W = 28,782$  кВт·ч.

Общая экономия электроэнергии за зимние сутки при установленной мощности осветительных приборов 8,122 кВт для двух позиций составил  $\Delta W = 25,722$  кВт·ч.

Рассмотрим ещё один подход к экономии электроэнергии на примере паркинга под многоквартирным жилым домом по ул. Н. Островского - Богдана Хмельницкого [5]

В паркинге установлены датчики движения (рис. 3), которые в сочетании 2-3 штук помогают увидеть движущегося человека или автомобиль и сразу же зафиксировать его по сигналу. Соответственно, чтобы не допускать ежесуточной работы электричества оно должно включаться по пути движения человека или пути движения автомобиля. В помещении для хранения автомобилей в качестве «дежурного» освещения используется «резервное аварийное», которое функционирует постоянно по условиям безопасности. С учетом работы дежурного освещения, одновременно движущихся машин 1-2, проведём расчет эффективности автоматического регулирования освещения. Для включения/отключения освещения в паркинге используются всего два устройства – датчик движения и выключатель. Если же автоматическое регулирование освещения отсутствует, то в качестве устройства управления используются только выключатели.

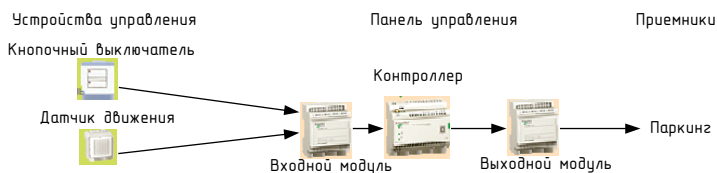


Рис.3. Общий обзор управления освещением паркинга

Помещения для хранения автомобилей допускается предусматривать без естественного освещения или с недостаточным по биологическому действию естественным освещением [6].

С заездом машин без регулирования освещения будут включены все светильники в количестве 108 (светильники без датчиков движения в количестве 75), а с регулированием освещения только те, которые включают в себя дежурное освещение в количестве 33 (аварийное резервное освещение) и светильники по пути следования автомобиля или человека.

В итоге расход электроэнергии будет следующий:

- мощность помещения всех светильников 5,4 кВт;
- мощность помещения светильников с датчиками движения 2,376 кВт;
- без регулирования освещенности потребляемая электроэнергия

$$W = 129,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

- с регулированием освещенности потребляемая электроэнергия

$$W = 67,024 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Общий расход экономии электроэнергии за сутки при мощности осветительных приборов на 7,776 кВт составил

$$\Delta W = 62,576 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Таким образом, при проектировании паркинга были учтены требования для улучшения качественного и удобного уровня освещенности.

Одним из наиболее перспективных устройств для автоматического управления группами осветительных приборов является специализированный контроллер, учитывающий одновременно разные управляющие сигналы.

### Библиографический список

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: закон Российской Федерации от 23.09.2009 г. № 261 ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.).

2. 2016-24-ЭО, ЭМ Капитальный ремонт с пристройкой пищеблока и столовой, устройством дошкольных групп МОУ «Ериковская ООШ с. Ерик Белгородского района Белгородской области (Система электроснабжения)

3. 2016-01-ИОС1.1. Многоквартирные жилые дома (поз.2,поз.3) с нежилыми помещениями и подземной одноуровневой автостоянкой по ул. Н. Островского в г. Белгород (Позиция 2)

4. 2016-01-ИОС1.2. Многоквартирные жилые дома (поз.2,поз.3) с нежилыми помещениями и подземной одноуровневой автостоянкой по ул. Н. Островского в г. Белгород (Позиция 3)

5. 2016-01-ИОС1.3. Многоквартирные жилые дома (поз.2,поз.3) с нежилыми помещениями и подземной одноуровневой автостоянкой по ул. Н. Островского в г. Белгород (Подземная автостоянка)

6. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99.-М.: Минрегион России, 2012. 63 с.

7. Авербух М.А., Бочаров, О.К. Жилин Е.В. Оценка качества электроэнергии в электрических сетях индивидуального жилищного строительства при нелинейных потребителях // Научное обозрение. 2015. Вып. 2. с. 147-150.

8. Стоцкий В. В., Нестеров А. М. Тестирование объектов наружного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 204-208.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМАССОВЫМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

канд. техн. наук, доц. **Полилов Е. В.**

студент **Баранов В. И.**

студент **Тимофеев Д. И.**

студент **Руденко Д. В.**

*Донбасский государственный  
технический университет, г. Алчевск*

В настоящее время к электроприводам предъявляются высокие требования: привод должен обладать динамической и статической точностью, обрабатывать входные траектории с минимальной ошибкой, а также быть инвариантными к параметрическим и координатным возмущениям. В таком классе объектов как многомассовые системы задача управления усложняется, так как такие системы по своей природе склонны к колебательным процессам. Учёт конечной жёсткости, зазоров в передачах приводит к снижению запаса устойчивости и возникновению упругих колебаний.

Целью работы является представление электромеханической системы со сложной кинематической структурой в виде многомассовой нелинейной электромеханической системы и моделирование оптимальных систем управления многомассовым электромеханическим объектом, учитывающее их кинематическую структуру и свойства (упругие свойства связей, нелинейные нагрузки и характеристики трения, вызывающие автоколебания).

Какие бы системы управления не применялись для управления многомассовыми объектами, ключевую роль играет быстродействие, вкладываемое в контур управления. Так в стремлении к высокой динамической точности увеличение среднегеометрического корня  $\omega_0$  контура может привести к появлению ещё больших колебаний либо развалу системы. В релейных системах управления увеличение быстродействия приведёт к срыву скользящего режима. Всё это обусловлено физическими возможностями объекта управления, например, может оказаться необходимым большой запас по напряжению тиристорного преобразователя, поэтому физическое ограничение управляющего воздействия приведет к неизбежной потере управления. Поэтому, будь это модальное, релейное или любое другое управление, необходимо учитывать быстродействие самого объекта.

Важно также, что отработка траекторий с высокой точностью и, казалось бы, идеальной системой управления по каналу задания вовсе не гарантирует ограниченную реакцию на возмущающее воздействие в силу того, что в канале возмущения какие-либо фильтры физически не имеют смысла. Поэтому приходится намеренно чрезмерно загружать систему, что в итоге уменьшает динамическую точность.

Однако существуют такое решение как тандем управлений, впервые предложенное доц. Полиловым Е. В. [1]. В такой системе канал задания обладает своим быстродействием, а канал возмущения – своим, при этом быстродействие контура компенсации возмущения несколько ниже, что позволяет отрабатывать возмущающие воздействия более мягко, не теряя при этом точности по каналу задания (рис. 1).

Синтез законов управления был проведён на примере главного электропривода блюминга 1300 Криворожского металлургического комбината. Данный привод представляет собой 2-х массовую электромеханическую систему, объект управления 5-го порядка.

$$\omega_n = 6,28 \text{ с}^{-1}; \quad C\Phi = 130,3 \text{ Вб}; \quad C12 = 9,2 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}; \quad U = 850 \text{ В}.$$

$$R_e = 0,00575 \text{ Ом}; \quad T_\mu = 0,003 \text{ с}; \quad K_{тн} = 86; \quad T_b = 0,003 \text{ с};$$

$$J1 = 8 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad \beta12 = 8 \cdot 10^2; \quad J2 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad \beta_c = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$$

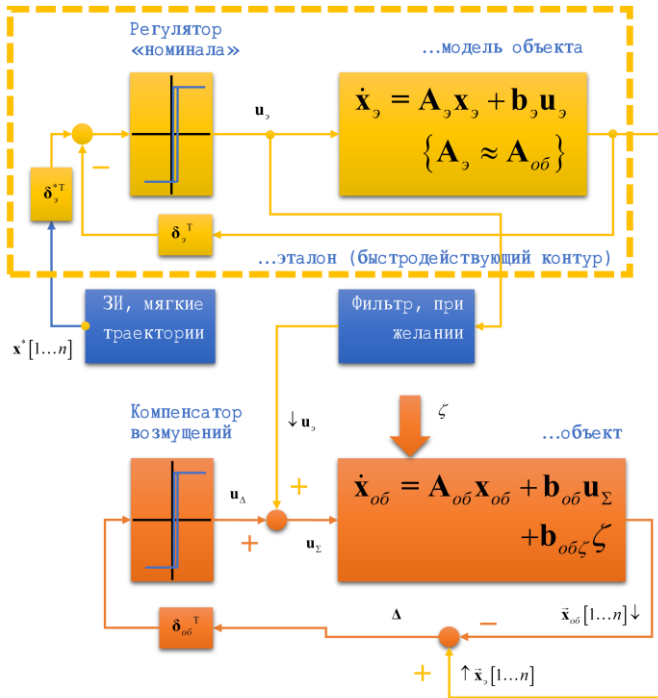


Рис. 1. Структурная схема тандема управлений

Заполненные матрицы уравнений движения соответствуют математической модели двухмассовой электромеханической системы:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{-b_c - b_{12}}{J_2} & \frac{1}{J_2} & \frac{b_{12}}{J_2} & 0 & 0 \\ -c_{12} & 0 & c_{12} & 0 & 0 \\ \frac{b_{12}}{J_1} & \frac{-1}{J_1} & \frac{-b_{12}}{J_1} & \frac{C\Phi_n}{J_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-C\Phi_n}{R_3 T_3} & \frac{-1}{T_3} & \frac{1}{R_3 T_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{T_\mu} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{K_m}{T_\mu} \end{bmatrix}^T.$$

Вначале рассмотрим разомкнутую систему, подавая на вход мягкие траектории, сформированные по распределению корней Баттерворта 5-го порядка со значением среднегеометрического корня  $\omega_0 = \omega_{12}$ . Частота свободных колебаний составляет

$$\omega = \sqrt{\frac{C12 \cdot (J1 + J2)}{J1 \cdot J2}} = 70 \text{ c}^{-1}.$$

На рис. 2 представлены графики переходных процессов. Как видно, даже разомкнутая система способна демпфировать колебания масс. Дальнейшее увеличение  $\omega_0$  фильтра приведёт к появлению колебаний, так как задающая траектория приближается к ступенчатому виду.

Замкнутая система рассчитана с помощью концепции обратной задачи динамики [3], а также с помощью релейного элемента реализован бесконечный коэффициент усиления, что обеспечивает низкую чувствительность к параметрическим и координатным возмущениям. Корни характеристического уравнения выбраны по распределению Баттерворта. На рис. 4 представлена модель, которая реализована для системы  $n$ -го порядка. Построены и исследовались также релейные системы с законами управления, определёнными в различных фазовых пространствах, а также с классическими законами модального управления.

На вход системы подаётся линейная траектория скорости, при этом можно видеть, что при  $\omega_0 = 150$  рад/с появляются всплески ЭДС преобразователя, а также бросок тока (рис. 3).

Вместо линейного задатчика можно использовать фильтр. Ступенчатое воздействие подается на фильтр Баттерворта 5-го порядка с  $\omega_0 = 30$  рад/с, быстродействие контура при этом  $\omega_0 = 150$  рад/с. Быстродействие фильтра определялось из учета максимального значения тока двигателя. Графики представлены на рис. 5, а. Можно видеть, что время пуска незначительно отличается от времени пуска системы с линейным задатчиком, при этом всплески ЭДС преобразователя и тока уменьшаются, что в свою очередь уменьшает возможные удары в массах. Также можно использовать линейную траекторию, сглаженную фильтром с  $\omega_{0ф} = \omega_{12} = 70$  рад/с (рис. 5, б).

При набросе номинальной нагрузки система уже при  $\omega_0 = 150$  рад/с теряет устойчивость (рис. 6, а).



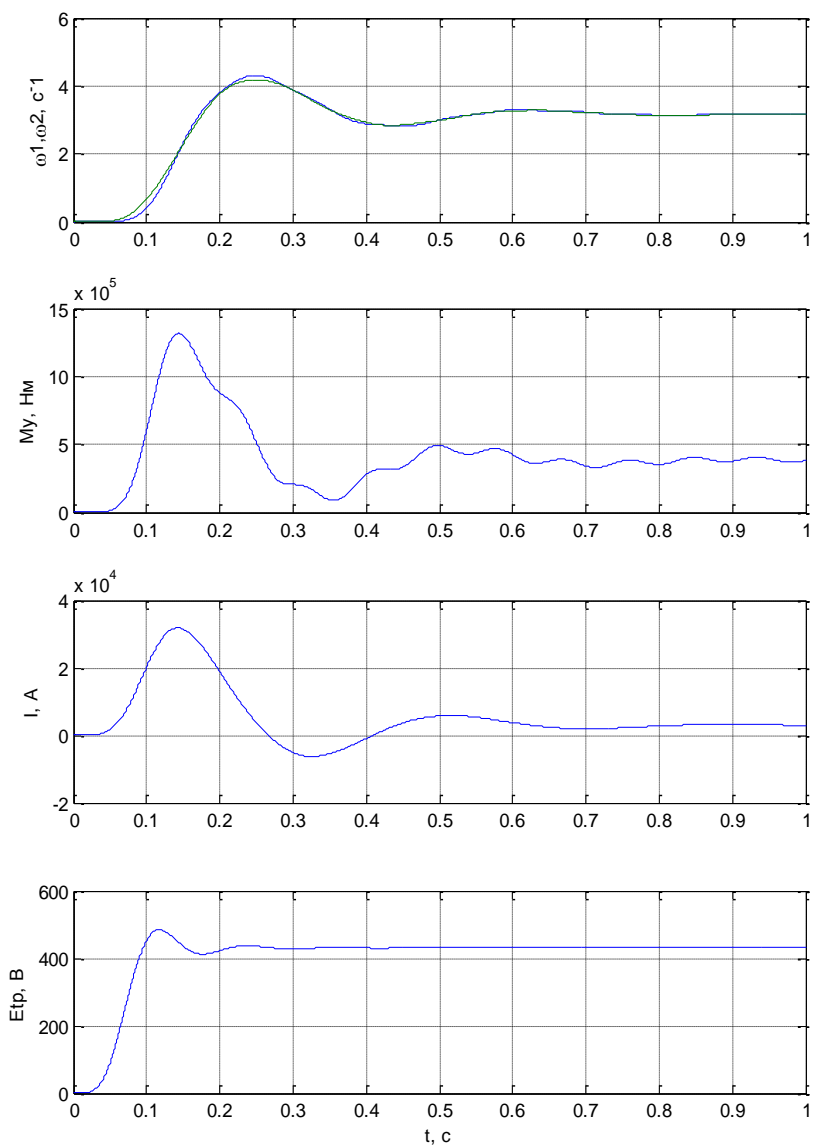


Рис 2. Переходные процессы в разомкнутой системе  
при  $\omega_0$  фильтра = 50 рад/с

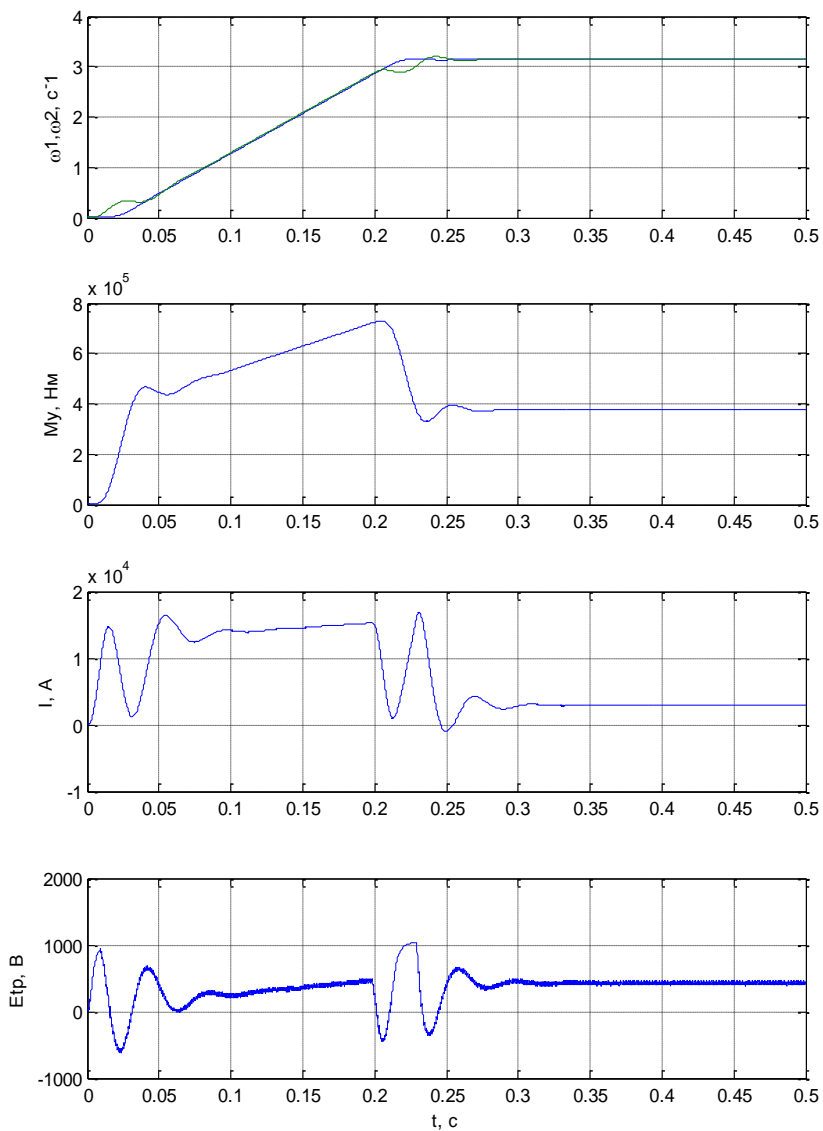
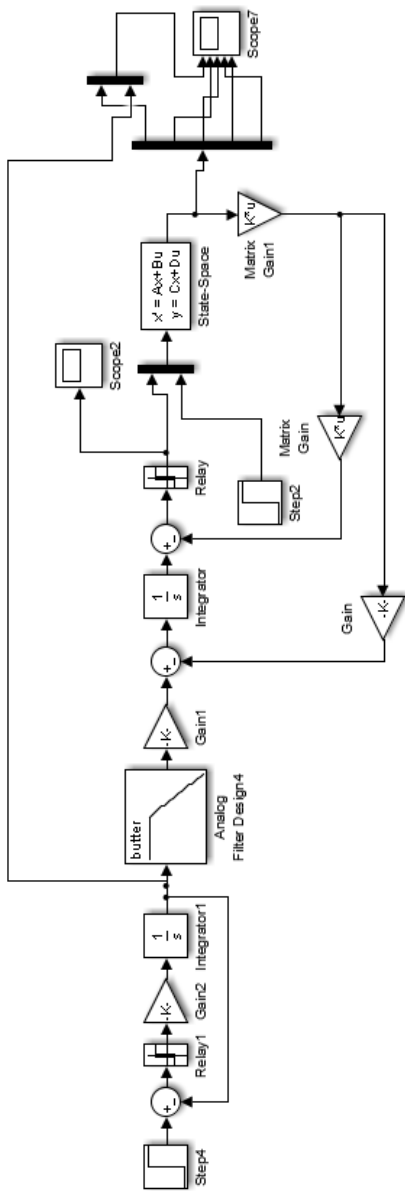


Рис 3. Переходные процессы в замкнутой системе, линейный ЗИ,  
при  $\omega_0$  контура = 150 рад/с

Рис. 4. Модель, реализованная для системы  $n$ -го порядка

Это вызвано тем, что система не может обеспечить необходимый уровень управления, и происходит срыв скользящего режима, так как в начальный момент (если не учитывать физическое ограничение на управление) возникает явление всплеска. При этом может быть определена верхняя граница всплеска с помощью решения, предложенного Полиловым Е. В. [4-7]:

$$\max h(t) = M \times \left( \frac{R_{i(x)}}{R_{i(0)}} \right)^m \approx 150 \text{ В},$$

где  $R_{i(0)} = \sqrt[m]{a_0/a_m}$  и  $R_{i(x)} = \sqrt[n]{\beta_0/\beta_n}$  – радиусы инвариантов Полилова-Мотченко (среднегеометрические нулей и полюсов):

$$R_{i(0)} = \omega_{0, об} = 55 \text{ рад/с};$$

$$R_{i(x)} = \omega_{0, СЛУ} = 150 \text{ рад/с}.$$

Как видим, необходимое управление составило 150 В, при том, что управление составляет стандартные 10 В. Поэтому приходится чрезмерно заглублять систему управления в целом (рис. 6, б). Также кроме заглубления контура решением этой проблемы может стать тандем управлений. В этой концепции есть два независимых контура, первый контур представляет собой эталонную модель системы управления и является более «быстрым», данный контур создаёт управление для невозмущённого объекта (рис. 7). Сигнал управления из эталонной модели подаётся на реальный объект управления. Выходные величины эталонной модели и объекта управления сравниваются, и в случае возникновения возмущений появляется рассогласование, которое обрабатывается вторым более «медленным» контуром, управления при этом складываются. Из графиков (рис. 8) видно, что при  $\omega_0 = 350 \text{ рад/с}$  в контуре задания и  $\omega_0 = 70 \text{ рад/с}$  в контуре возмущения, система мягко компенсирует возмущающее воздействие, при этом слежение за входной координатой выполняется с достаточно высокой динамической точностью.

### **Выводы по работе**

Получены законы управления в концепции обратной задачи динамики для систем  $n$ -го порядка. В этой концепции система управления не теряет устойчивость при увеличении коэффициента усиления, поэтому его можно заменить релейным элементом. Система при этом приобретает квази-инвариантность, так как релейный элемент в скользящем режиме эквивалентен бесконечному коэффициенту усиления.

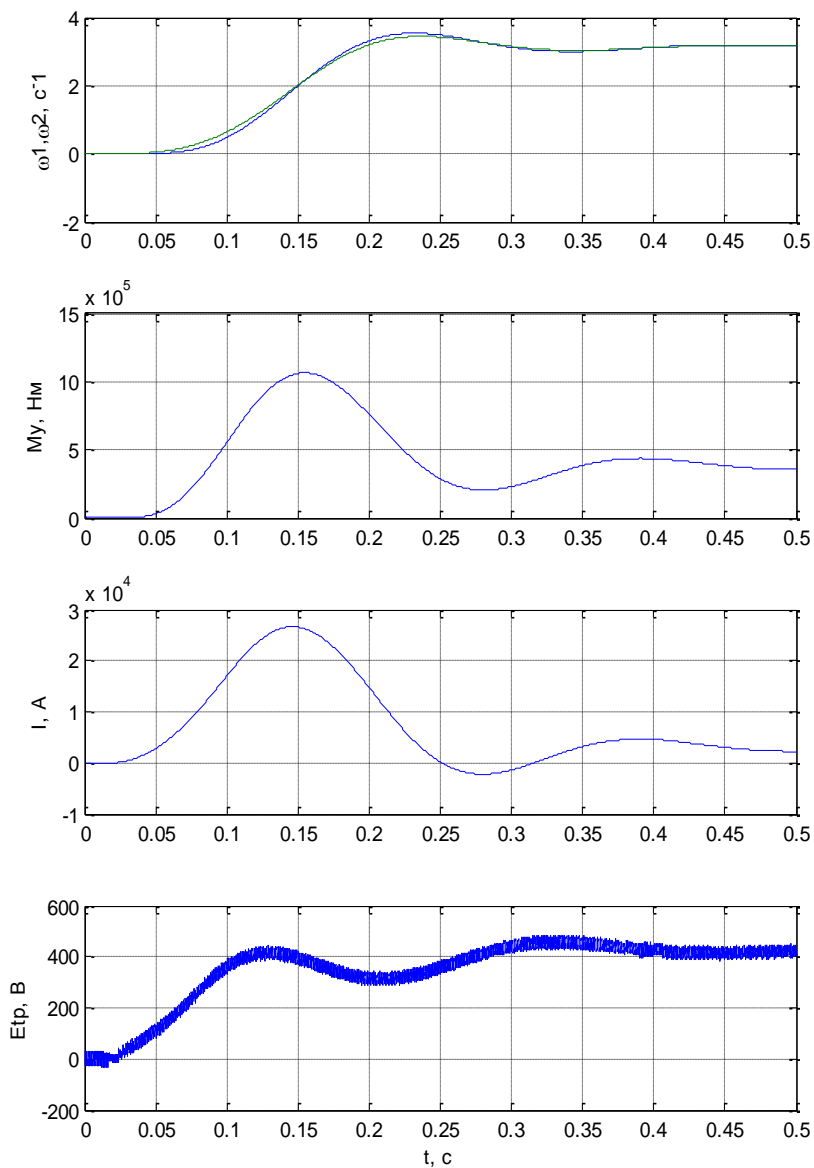


Рис. 5а. Переходные процессы в замкнутой системе:  
 $\omega_{\text{фильтра}} = 30 \text{ рад/с}$

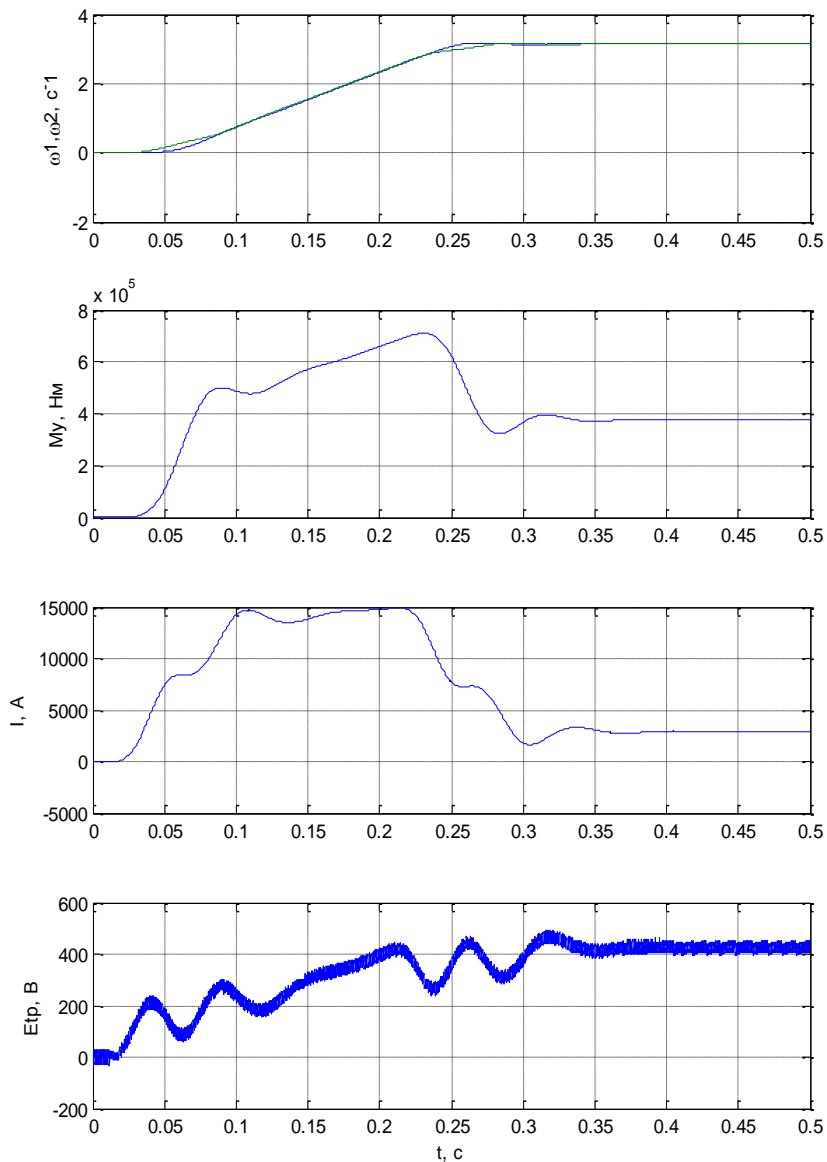


Рис. 5б. Переходные процессы в замкнутой системе:  
 $\omega_0$  контура = 150 рад/с и  $\omega_0$  фильтра =  $\omega_{12} = 70$  рад/с

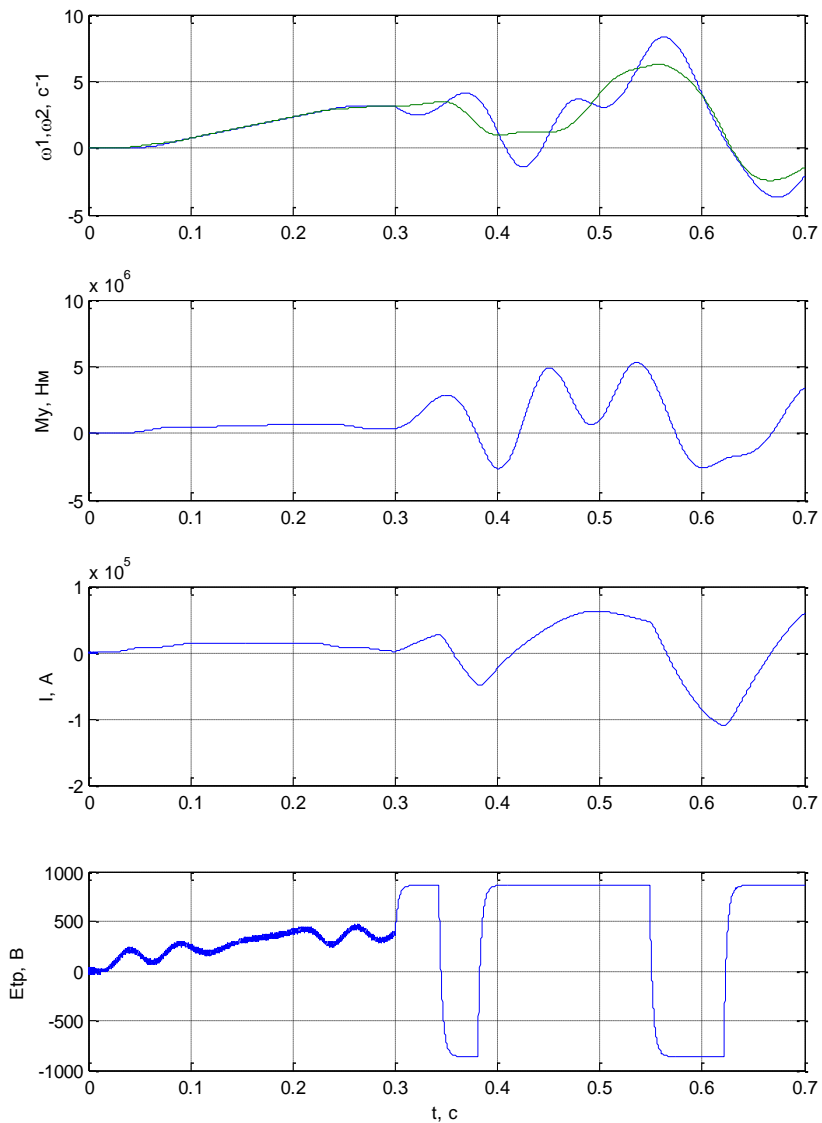


Рис. 6а. Наброс номинальной нагрузки в 0,35 с:  
 $\omega_0 \text{ контура} = 150 \text{ рад/с}$

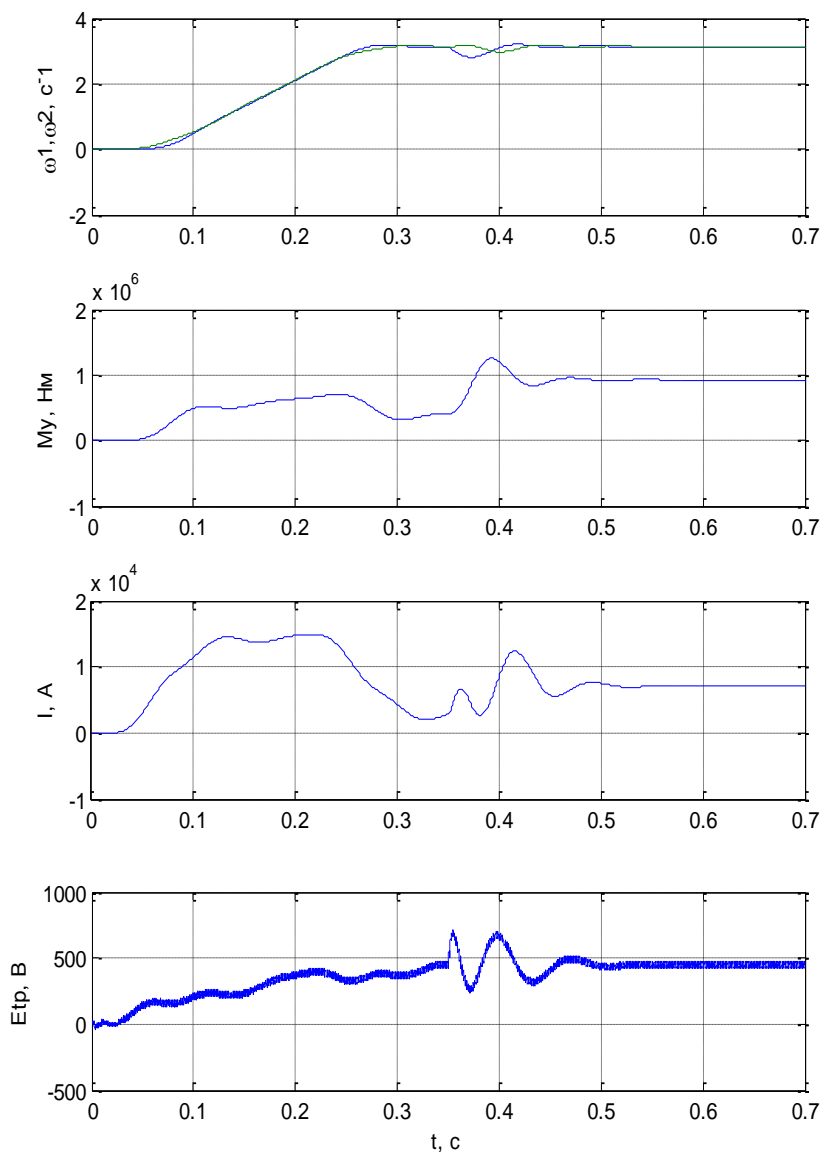


Рис. 6б. Наброс номинальной нагрузки в 0,35 с:  
загружение контура  $\omega_{0 \text{ контура}} = 90 \text{ рад/с}$



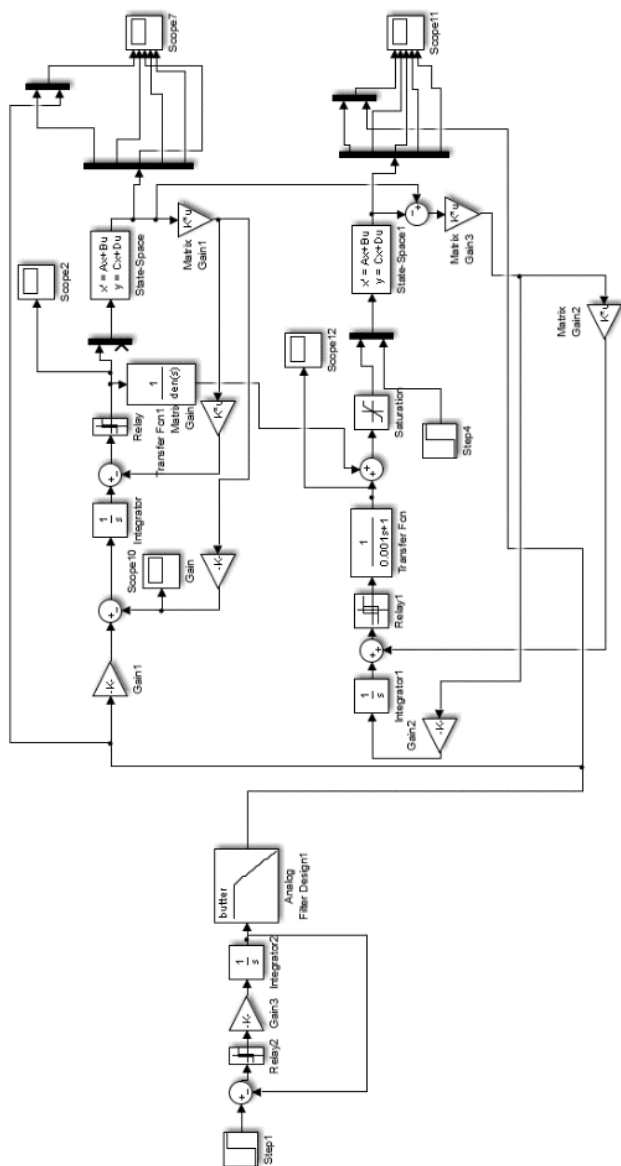


Рис. 7. Simulink-модель динамической системы  $p$ -го порядка с тандемом управлений

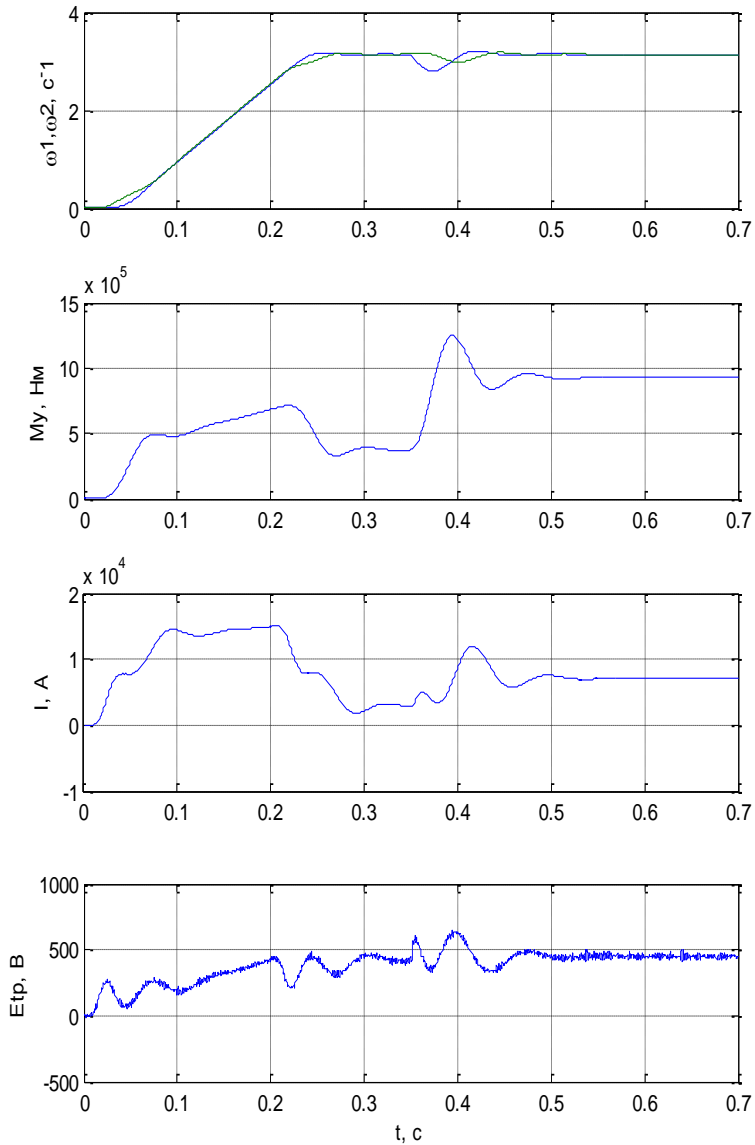


Рис. 8. Тандем управлений, эталонная модель  $\omega_0_{\text{контур}} = 350$  рад/с и компенсация возмущений  $\omega_0_{\text{контур}} = 70$  рад/с

Рассмотрено влияние фильтров в канале задающего воздействия. Использование стандартного линейного сигнала с задатчика скорости может приводить к ударам в «ближних» массах, а также к всплескам тока и ЭДС преобразователя.

Используя фильтр на выходе ЗИС с частотой среза, близкой к частоте свободных колебаний двухмассовой системы, можно значительно уменьшить всплески ЭДС преобразователя, что в свою очередь уменьшает всплески тока и удары в массах. Также использование фильтра позволяет вкладывать в систему гораздо большее быстродействие, что, в конечном счете, влияет на точность слежения системы, однако физически невозможно то же самое осуществить для канала возмущения, поэтому одним из решений является закругление системы. Ещё одно решение данной проблемы – это тандем управлений, в котором управление по заданию и по возмущению разделены и имеют разное быстродействие. Это позволило качественно отрабатывать желаемые траектории в канале задающего воздействия и мягко компенсировать возмущения.

### Библиографический список

1. Полилов Е.В., Бугаев В.И., Меделяев А.А. и др. Стратегии качественно-го управления многомассовыми электромеханическими системами // Вісник Національного технічного університету «ХП». 2013. № 36 (1009). С. 86-96.
2. Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиец В.В. Синтез электромеханических систем со сложными кинематическими цепями. Харьков: УИПА, 2005. 512 с.
3. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. Цикл лекций, учеб. пособ. для вузов. М.: Машиностроение, 2004. 576 с.
4. Полилов Е. В. Феномен всплеска в управлении динамическими системами // Электротехнические и компьютерные системы. К.: Техника. 2014. № 15 (91). С.25-35.
5. Полилов Е. В. О границах достижимости теории автоматического управления // Вісник Національного технічного університету «ХП». 2015. № 12(1121). С.72-82.
6. Полилов, Е. В. Маркеры устойчивости линейных динамических систем // Завалишинские чтения'16: сборник докладов: 18-22 апреля 2016 г. С.-Пб.: ГУАП, 2016. С.196-205.
7. Полилов Е. В. Оценка границ больших уклонений фазовых переменных в линейных системах // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Алчевск: ДонГТУ, 2016. Вып. 46. С. 102-121.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СКИПОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ РУДНИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ст. преп. **Прасол Д.А.**

магистрант **Морозов В.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В системах электроснабжения рудничных предприятий большое количество электрооборудования с нелинейными вольтамперными характеристиками. К наиболее мощным электроприёмникам в рудничных сетях относятся электропривода скиповых и клетевых подъемных установок (ПУ). В качестве электроприводов таких ПУ широко применяется регулируемый электропривод постоянного тока, выполненный по системе тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением (ТП-Д). На рис. 1 представлена схема электроснабжения электроприводов скиповой и клетевой ПУ рудничного предприятия в Белгородской области.

Распределительное устройство 6 кВ скиповой и клетевой подъемных установок получает электроснабжение от ГПП-110 кВ рудничного предприятия. Из схемы электроснабжения, представленной на рис. 1 видно, что питание электропривода скиповой ПУ осуществляется через трансформаторы ТРДН-25000/110 и ТСЗП-4000, основные технические характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Паспортные данные трансформаторов**

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение обмоток, кВ			Потери, кВт		$\eta_k$ , % (ВН-НН)	$i_x$ , %
		ВН	СН	НН	$P_x$	$P_k$		
ТРДН-25000/110	25000	115	-	6,3-6,3	25	120	10,5	0,65
ТСЗП-4000	4000	6,3	-	0,825	6,4	25	7,4	1

Особенностью схемы электроснабжения подъемных установок является то, что электропривода запитываются от независимых секций шин 6 кВ через согласующие трансформаторы. 100%-ый резерв электроснабжения обеспечивается по двум кабельным линиям. К первой секции шин подключен электропривод клетевой подъемной установки.

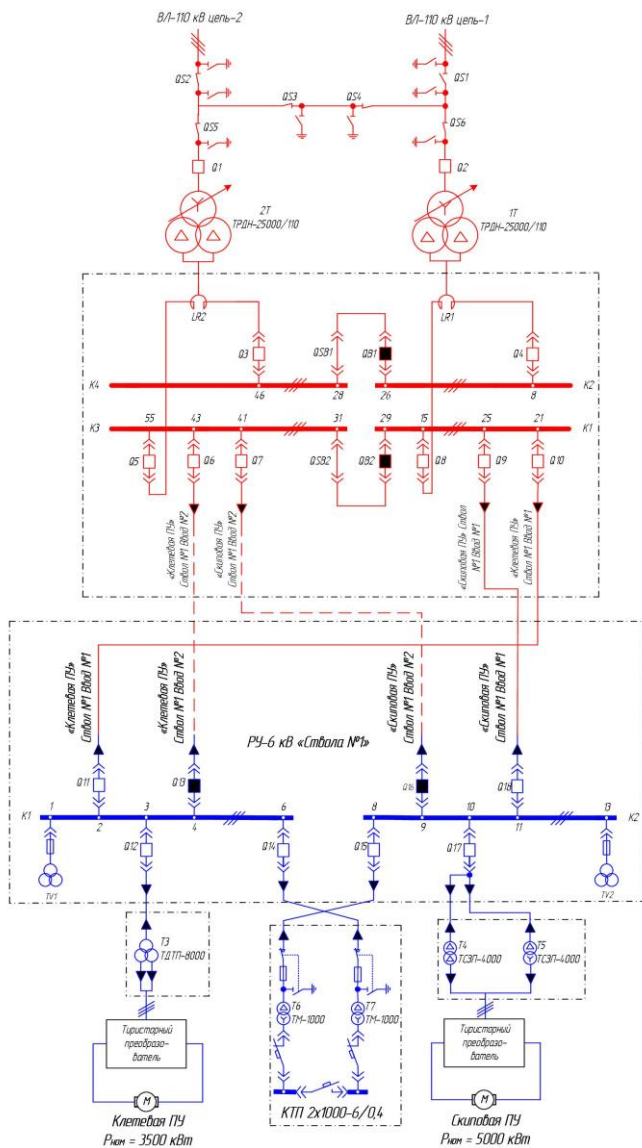


Рис. 1. Схема электроснабжения электроприводов скиповой и клетевой ПУ рудничного предприятия

Ко второй секции шин подключен электропривод скиповой подъемной установки с двигателем постоянного тока мощностью 5000 кВт.

В соответствие со схемой электроснабжения основными потребителями второй секции шин РУ-6 кВ являются электроприемники, представленные в табл. 2.

Таблица 2

**Технические характеристики электроприёмников**

Трансформатор собственных нужд (с.н.)							
Тип трансформатора	Мощность, кВА	Ном. напряжение сетевой обмотки, В	Ном. напряжение вторичной обмотки, В	$I_{XX}, \%$	$U_{K3}, \%$	Потери, кВт	
						K3	XX
ТМ-1000	1000	6300	400	1,4	5,5	11	2,45
Тиристорный преобразователь							
Тип преобразователя	Схема выпрямления	Длительно-допустимый ток, А	Выпрямленное напряжение $U_{ном}, В$	Выпрямленный ток $I_{ном}, А$	Напряжение питания цепей управления, В		
УКТЭШ-6300/750-211-500УХЛ4	Мостовая неперевёрнутая	9000 ( $t = 1$ мин)	750	6300	380		
Двигатель постоянного тока							
Тип двигателя	Ном. мощность, кВт	Ном. напряжение якоря $U_{я ном}, В$	Ном. ток якоря $I_{я ном}, А$	Ном. напряжение обмотки возбуждения $U_{в ном}, В$	Ном. ток обмотки возбуждения $I_{в ном}, А$	Ном. частота вращения $n_{ном}, об/мин$	Напр. вращения
П2Ш-800-256-7К УХЛ4	5000	750	5790	220/110	212/424	50	Реверсивное

Одним из важных вопросов в настоящее время является обеспечение электромагнитной совместимости в высоковольтных системах электроснабжения рудничных предприятий.

Для расчета основных показателей электромагнитной совместимости выполняется аналитический расчет высших гармонических (ВГ) составляющих тока и напряжения.

Для определения значений ВГ составляющих тока необходимо составить схему замещения рудничной сети, обеспечивающей электроснабжение скиповой подъемной установки, и выполнить расчет параметров схемы замещения. Также схемы замещения с расчетом параметров необходимы, например, для оценки потерь мощности в системах электроснабжения [6]. Схема замещения рудничной сети представлена на рис. 2.

Определяются параметры схемы замещения, представленной на рис. 2. В частности, выполняется расчет индуктивных и активных составляющих элементов схемы. В качестве основной ступени выбирается напряжение 825 В – напряжение на входе тиристорного преобразователя.

Определяется индуктивное и активное сопротивление ЛЭП, входящих от подстанции «Белгород-330». Данная линия выполнена проводом АС-185. Согласно [1], индуктивное сопротивление данной линии равно  $X_{y\partial} = 0,357$  Ом/км,  $R_{y\partial} = 0,157$  Ом/км. Длина линии составляет 40,6 километра. Производится расчет сопротивления по формулам [2]:

$$\begin{aligned} X_C &= X_{y\partial} \cdot L \cdot K_1^2 \cdot K_2^2 = \\ &= 0,357 \cdot 40,6 \cdot (0,055)^2 \cdot (0,131)^2 = 0,00075, \text{ Ом} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} R_C &= R_{y\partial} \cdot L \cdot K_1^2 \cdot K_2^2 = \\ &= 0,157 \cdot 40,6 \cdot (0,055)^2 \cdot (0,131)^2 = 0,00033, \text{ Ом} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $K_1$  – коэффициент трансформации 1 ступени,  $K = 6,3/115 = 0,055$ ;  $K_2$  – коэффициент трансформации 2 ступени,  $K = 0,825/6,3 = 0,131$ .

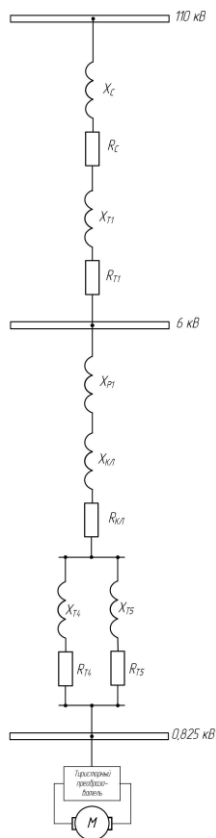


Рис. 2. Схема замещения сети скиповой ПУ

Определяется индуктивное и активное сопротивление силового трансформатора типа ТРДН-25000 115/6,3/6,3, связывающего систему со схемой электроснабжения рудника. Паспортные данные трансформатора представлены в табл. 1 [3].

Индуктивное сопротивление трансформатора определяют по формуле из [2]:

$$X_{T1} = \frac{U_{K\%} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} \cdot K_2^2 = \frac{10,5 \cdot 6,3^2}{100 \cdot 25} \cdot (0,131)^2 = 0,0029, \text{ Ом} \quad (5)$$

$$R_{T1} = \frac{\Delta P_{K3} \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} \cdot K_2^2 = \frac{120000 \cdot 6,3^2}{25000^2} \cdot (0,131)^2 = 0,00013, \text{ Ом} \quad (6)$$

За трансформатором находится реактор типа РБСГ 10-2×1600-0,25. Индуктивное сопротивление реактора:

$$X_{P1} = 0,25 \cdot (0,131)^2 = 0,00429, \text{ Ом} [3].$$

Далее производится расчет сопротивлений кабельной линии, которая связывает ГПП 110/6/6 и РУ 6 кВ «ЗПМ. Ствола №1». Кабельная линия представлена проводником марки 2ААБЛГ-6,3·150. Длина кабеля принимается 450 м. Согласно [4],  $X_{уд}=0,074$  Ом/км (для  $U_6 = 6,3$  кВ),  $R_{уд}=0,24$  Ом/км. Произведем расчет индуктивного и реактивного сопротивления по [2]:

$$\begin{aligned} X_{кл} &= X_{уд} \cdot L \cdot K_2^2 = \\ &= 0,074 \cdot 0,45 \cdot (0,131)^2 = 0,00057, \text{ Ом} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} R_{кл} &= R_{уд} \cdot L \cdot K_2^2 = \text{ Ом.} \\ &= 0,24 \cdot 0,45 \cdot (0,131)^2 = 0,0019, \text{ Ом} \end{aligned} \quad (8)$$

Определяются индуктивные и активные сопротивления трансформаторов типа ТСЗП-4000, параметры которых приведены в табл. 1 [5].

Два трансформатора данного типа включены на параллельную работу. Определяются их сопротивления по формулам (5) и (6):

$$X_{T5} = X_{T4} = \frac{7,4 \cdot 6,3^2}{2 \cdot 100 \cdot 4} \cdot (0,131)^2 = 0,0063, \text{ Ом},$$

$$R_{T5} = R_{T4} = \frac{25000 \cdot 6,3^2}{4000^2} \cdot (0,131)^2 = 0,0011, \text{ Ом}.$$



Определяется величина реактивного сопротивления схемы замещения  $X_{C3}$ :

$$X_{C3} = X_C + X_{T1} + X_{P1} + X_{KL} + \frac{X_{T4}}{2},$$
$$X_{C3} = 0,00075 + 0,0029 + 0,00429 + 0,00057 + \frac{0,0063}{2} = 0,012, \text{ Ом.}$$

Определяется величина реактивного сопротивления схемы замещения  $R_{C3}$ :

$$R_{C3} = R_C + R_{T1} + R_{KL} + \frac{R_{T4}}{2},$$
$$R_{C3} = 0,00033 + 0,00013 + 0,0019 + \frac{0,0011}{2} = 0,00291, \text{ Ом.}$$

Значение полного сопротивления схемы замещения  $Z_{C3}$  составило:

$$Z_{C3} = \sqrt{R_{C3}^2 + X_{C3}^2} = \sqrt{0,012^2 + 0,00291^2} = 0,0123, \text{ Ом.}$$

Найденные значения параметров схемы замещения являются исходными данными для расчета ВГ составляющих токов и напряжений в рудничной сети.

### Библиографический список

1. Гайсаров Р.В. Справочник по высоковольтному оборудованию электроустановок [Электронный документ]. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004.
2. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Новосибирск: НГТУ, М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. 283 с.
3. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2013. 608 с.
4. Активные и реактивные сопротивления кабелей [Электронный ресурс]. URL: <http://forca.ru/spravka/spravka/aktivnyie-i-reaktivnyie-soprotivleniya-kabeley.html> (14.12.2016).
5. Комплектные тиристорные электроприводы: справочник / Под ред. В.М. Перельмутера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 319 с.
6. Прасол Д.А., Нестеров С.А. Проверочный расчет установившегося режима работы вариантов реконструкции типовой районной подстанции «Сельская» 35/10 кВ в Белгородской области // Электротехнические комплексы и системы: материалы всеросс. научно-практ. конф., посвященной 110-летию А.М. Бамдаса. Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015. С. 33-37.
7. Виноградов А.А., Зябкина О.Н., Михайлова М.Ю. Анализ показателей качества электрической энергии в системе электроснабжения Лебединского горно-обогатительного комбината в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 175-180.

# РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НАБЛЮДАТЕЛЯ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ТРЁХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ

магистрант **Прокопишин Д.И.**

канд. техн. наук, доц. **Солдатенков А.С.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Во многих случаях, при разработке систем управления асинхронным электроприводом [1] необходимо знать скорость вращения вала двигателя. Для решения этой задачи применяют датчики скорости, такие как инкрементальные энкодеры, тахогенераторы и др. Однако, применение датчиков скорости в некоторых случаях бывает невозможным, ввиду конструктивных особенностей рабочей машины, неблагоприятной окружающей среды и других причин. Для решения этой проблемы используются наблюдатели скорости, которые для своей работы требуют информацию о параметрах двигателя, его математическую структуру и оптимально подобранные другие параметры [2]. На сегодняшний день разработано множество наблюдателей скорости в основу, которых легли различные методы [3]:

1. Наблюдатель со сравнением потока
2. Наблюдатель со сравнением ЭДС
3. Наблюдатель на основе фильтра Калмана и др.

В данной статье будет рассмотрена работа наблюдателя скорости построенного на сравнении потока. Для построения этого наблюдателя используются уравнения равновесия статора и ротора в неподвижной системе координата  $\alpha\beta$  [4]:

$$\begin{cases} \vec{U}_S = \frac{d\vec{\Psi}_S}{dt} + \vec{I}_S R_S \\ 0 = \frac{d\vec{\Psi}_R}{dt} + \vec{I}_S R_S - jZ_p \omega_R \vec{\Psi}_R \\ \vec{\Psi}_S = \vec{I}_S L_S + \vec{I}_R L_m \\ \vec{\Psi}_R = \vec{I}_S L_m + \vec{I}_R L_R \end{cases} \quad (1)$$

На основании системы (1) можно разработать две модели осуществляющие оценку потокосцепления ротора: модель статора и модель ротора. Для синтеза модели статора из первого уравнения системы (1) выражают потокосцепление статора, а из третьего уравнения ток ротора. Полученные выражения подставляют в четвёртое уравнение

системы и получают:

$$\vec{\Psi}_R = \frac{1}{k_R} \left( \int (\vec{U}_S - \vec{I}_S R_S) dt - \sigma L_S \vec{I}_S \right) \quad (2)$$

Для синтеза модели ротора необходимо во второе уравнение системы (1) подставить четвёртое уравнение. И выражают производную потокоцепления ротора. В результате получаем:

$$\begin{cases} \frac{d\Psi_{R\alpha}}{dt} = \frac{1}{T_R} (L_m I_{S\alpha} - \Psi_{R\alpha}) - \omega_R Z_p \Psi_{R\beta} \\ \frac{d\Psi_{R\beta}}{dt} = \frac{1}{T_R} (L_m I_{S\beta} - \Psi_{R\beta}) - \omega_R Z_p \Psi_{R\alpha} \end{cases} \quad (3)$$

На основе полученных выражений были составлены имитационные модели в программе Simulink (рис. 1, 2). Следует отметить, что интегратор в модели статора был заменён аperiодическим звеном для минимизации ошибок интегрирования.

Как видно из рисунков входными сигналами моделей являются токи и напряжения статора, однако для модели ротора необходимо также знать и скорость ротора, а она является неизвестной. Идея наблюдателя скорости состоит в том, чтобы по потоку ротора, вычисленному в модели статора найти такую скорость ротора, чтобы потоки двух моделей стали соответствовать друг другу (рис. 3).

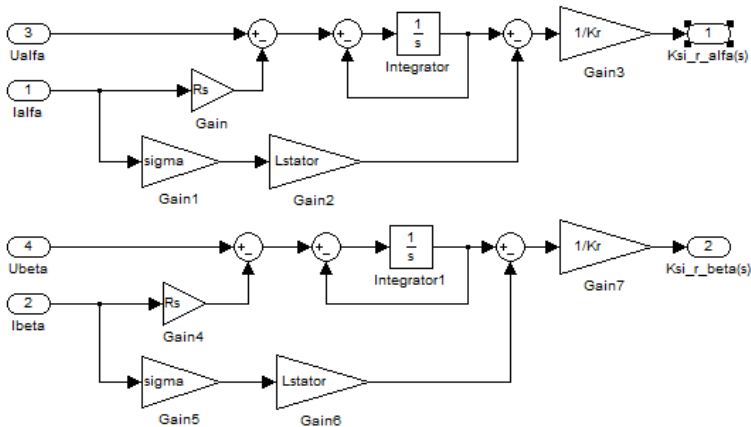


Рис. 1. Модель статора асинхронного двигателя

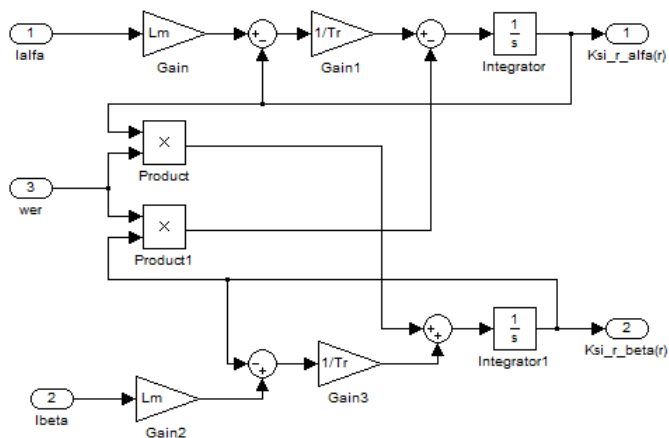


Рис. 2. Модель ротора

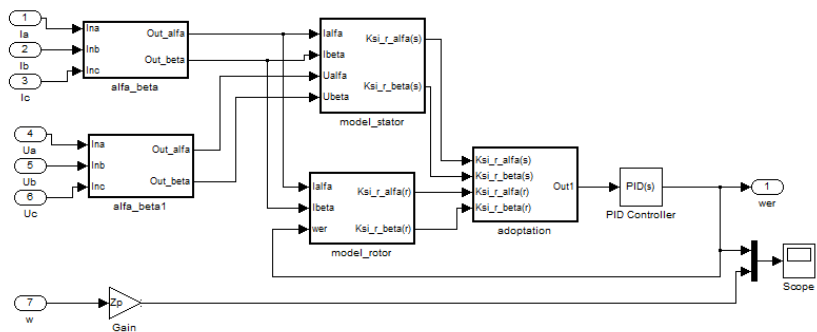


Рисунок 3. Структура наблюдателя скорости ротора

Для преобразования сигнала разности потоков в скалярную величину используется блок *adaption*, структура которого представлена на рис. 4.

В качестве регулятора, на вход которого поступает сигнал с блока *adaption*, используется ПИ-регулятор, коэффициенты которого были подобраны опытным путём. Результаты работы наблюдателя представлены на рис. 5 и 6. Моделирование проводилось при прямом пуске двигателя и набросом нагрузки в момент времени  $t = 5с$ .

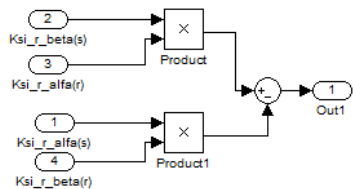


Рис. 4. Структура блока *adorapion*

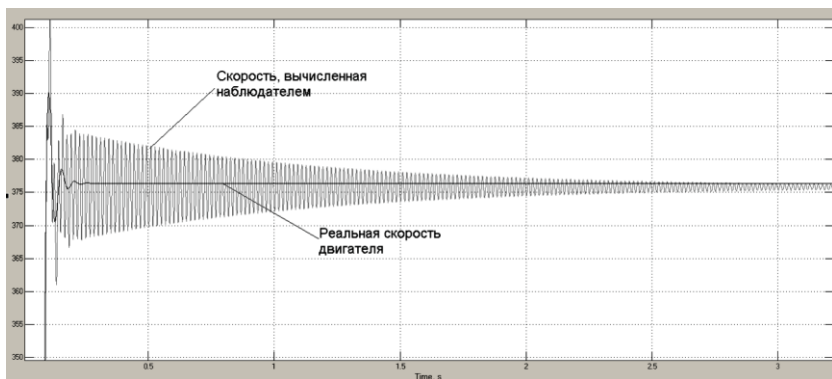


Рис. 5. Результат работы наблюдателя скорости при пуске

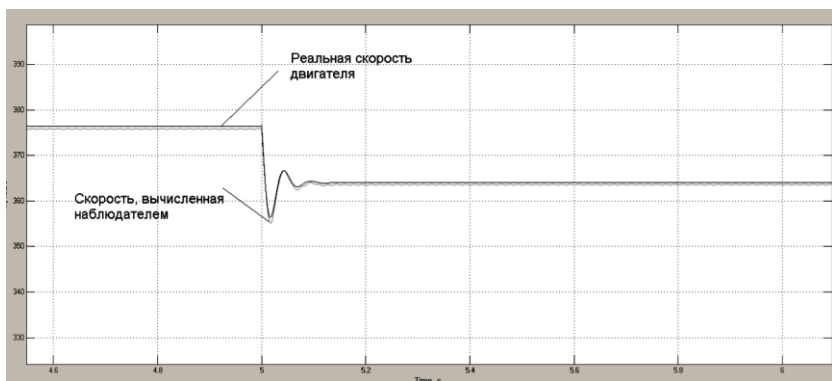


Рис. 6. Результат работы наблюдателя скорости при набросе нагрузки

В статье были рассмотрены принципы построения наблюдателя скорости по сравнению потоков ротора, была получена его модель в программе Simulink, и подобраны коэффициенты ПИ-регулятора. Полученный наблюдатель можно использовать в системах векторного управления асинхронным двигателем.

### **Библиографический список**

1. Авербух М.А., Кузнецов В.А., Коржов Д.Н., Коробкин А.А., Лимаров Д.С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5(36). С. 203-208.
2. Прокопишин Д.И., Солдатенков А.С., Сибирцева Н.Б. Влияние частоты коммутации ключей инвертора на форму выходного напряжения и тока преобразователей частоты // Современные тенденции развития науки и технологий. Белгород: ИП Ткачёва Е.П., 2015. № 8, часть II. 148с.
3. Калачёв Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). М.: ЭФО, 2013. 72 с.
4. Калачёв Ю.Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе. М.: ГАМЕМ, 2015. 81 с.

## **СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

магистрант **Решетников А.А.**

ст. преп. **Прасол Д.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Реалии нашей жизни таковы, что вопрос выбора лучшего электросчетчика является точкой пересечения интересов его будущего владельца и оператора розничного рынка электроэнергии, с которым у ее потребителя заключен договор. Согласно действующему законодательству, единственным требованием к приборам учета (для физлиц) является их класс точности. Однако снабжающие компании руководствуются собственными критериями, которые сложно оспорить. В табл. 1 указаны лучшие модели счетчиков текущего года, данные рейтинга приведены в соответствии с продажами товара на рынке [1].

### **Нева 103 ISO**

Счетчик имеет современную электронную начинку и электромеханическое отсчетное устройство барабанного типа.

Таблица 1

**Лучшие счетчики учета электроэнергии на торговом рынке**

Категория	Место	Наименование	Рейтинг	Цена
Лучшие электронные электросчетчики с электромеханическим циферблатом	1	НЕВА 103 ISO	9.7/10	812 руб.
	2	Энергомера CE101-S6	9.1/10	950 руб.
Лучшие счетчики электроэнергии с ЖКИ	1	Меркурий 201.8	9.4/10	800 руб.
Лучшие многотарифные счетчики электроэнергии	1	Меркурий 200.02	9.5/10	1 800 руб.
	2	Энергомера CE102 S7	9.1/10	2 965 руб.
Лучшие трехфазные счетчики электроэнергии	1	Меркурий 231 АТ-01	9.6/10	3 200 руб.

Все преимущества этой комбинации владелец прибора учета оценит, когда придет время снимать показания, а напряжение в сети будет отсутствовать. В отличие от ЖКИ, данные на механическом циферблате читаемы всегда, даже в случае выхода счетчика из строя. Такая неприятность случается крайне редко, ведь Нева 103 отличается высокой надежностью, но лучше исключить возможную проблему изначально. Крепление модели рассчитано на DIN-рейку и оснащено добротной защелкой, которую непросто сломать. Наиболее важный нюанс, которым этот счетчик отличается от многочисленных конкурентов — продуманная конструкция зажимного узла. Скобы здесь притягиваются болтами, а не отжимаются, поэтому риск нанести повреждение в процессе монтажа или переподключения минимален.

Основные плюсы:

- 1) надежный зажимной узел;
- 2) добротная защелка для DIN-рейки;
- 3) циферблат с достаточно крупными знаками;
- 4) удобная для опломбирования крышка.

Минусы: практически нет.

**Энергомера CE101-S6**

Модель очень популярна и рекомендуется к установке многими энергоснабжающими организациями. Помимо возможности снять показания в любой момент, независимо от наличия сетевого напряжения, счетчики с механическим циферблатом обладают еще одним преимуществом, по сравнению со своими полностью электронными собратьями. Такие модели сохраняют полную работоспособность при более низких

температурах. Прибор рассчитан на крепление тремя винтами и выпускается в двух модификациях — 145 и 148 с номинальными/максимальными токами 5(60)А и 10(100)А соответственно.

Основные плюсы:

- 1) 5 лет заводской гарантии;
- 2) высокая точность измерений;
- 3) малое собственное энергопотребление.

Минусы:

- 1) зажимные скобы отодвигаются винтами и их может перекосить;
- 2) надежность устройства зависит от используемых комплектующих.

### **Меркурий 201.8**

По сравнению с более ранними модификациями модели Меркурий 201, новинка компании Инкотекс компактнее и имеет расширенный температурный диапазон. Счетчик крепится на DIN-рейку и «вписывается» в отверстие от девяти стандартных модулей на щитке. Отличительная особенность этого электросчетчика: широкий диапазон рабочих нагрузок. При номинальном токе в 5А, максимальная нагрузка составляет 80А. К сожалению, производитель не посчитал возможным оборудовать счетчик импульсным выходом для снятия телеметрии. Если его наличие требуется для снабжающей или управляющей компании — обратите внимание на модификации 201.2 и 201.4 с ЖКИ или 201.5 с механическим циферблатом.

Основные плюсы:

- 1) расширенный диапазон допустимых нагрузок;
- 2) компактные размеры;
- 3) широкий диапазон рабочих температур.

Минусы: нет выхода для снятия телеметрии.

### **Меркурий 200.02**

Один из лучших бюджетных вариантов многотарифного электросчетчика. Целесообразность установки счетчика именно такого типа зависит от наличия в доме или квартире электропотребителей, чью активную эксплуатацию удастся совместить с наиболее дешевым тарифом. Причем не создавая особых неудобств в быту. В качестве примера можно назвать теплый пол, электрокотел или бойлер для нагрева воды. Энергоснабжающие организации также благосклонно относятся к модели Меркурий 200.02, поскольку она имеет встроенный PLC-модем и позволяет легко интегрировать этот счетчик в состав АСКУЭ. Прибор умеет хранить информацию о ежемесячном потреблении, что может быть полезно при возникновении спорных ситуаций.



Основные плюсы:

- 1) доступная цена;
- 2) способен вести учет по 4 тарифам;
- 3) встроенный PLC-модем и CAN-шина;
- 4) память помесечных показаний.

Минусы:

- 1) достаточно большие габариты;
- 2) бесполезен, если основное энергопотребление происходит днем.

### **Энергомера СЕ102S7**

Об этом счетчике достаточно было бы сказать, что он в свое время получил награду «Сто лучших товаров России». Модель действительно интересная и, что не менее важно, универсальная. Ее индикатор отображает массу нужной и просто полезной информации. Причем длительность цикла показа настраивается. Прибор запоминает данные за последний год и способен их хранить при отключении питания не менее тридцати лет. Превосходно интегрируется с большим количеством автоматизированных систем учета, за что его очень любят многие управляющие и снабжающие компании. Нужно только проконсультироваться перед покупкой — каким интерфейсом должен обязательно обладать счетчик СЕ102 S7, поскольку он выпускается в нескольких модификациях.

Основные плюсы:

- 1) заводская гарантия 5 лет;
- 2) расширенный температурный диапазон;
- 3) 7 модификаций с разными наборами интерфейсов и дополнительных опций;
- 4) есть модификация со встроенным управлением нагрузкой.

Минусы: качество исполнения сильно зависит от использованных комплектующих.

### **Меркурий 231 АТ-01**

Доступная и практичная модель счетчика для организации учета электроэнергии в трехфазных сетях на небольших предприятиях, отдельных цехах, магазинах, а также в частном секторе. Помимо относительно невысокой стоимости, этот прибор выгодно отличается от других устройств подобного класса наличием встроенного интерфейса IRDA. Такое решение позволяет перенастраивать счетчик на новые правила учета дистанционно, без вскрытия клеммной колодки. В условиях часто меняющейся нормативной базы — это большое преимущество. Если же многотарифный учет вам не нужен — обратите внимание на

модель Меркурий 231 AM-01. Она обойдется на треть дешевле и еще удобней, поскольку оснащена электромеханической шкалой.

Основные плюсы:

- 1) 4 тарифа и 16 временных зон учета;
- 2) беспроводной доступ к настройкам;
- 3) есть журнал событий.

Минусы:

- 1) рассчитан на эксплуатацию внутри помещений;
- 2) измеряет только активную энергию;
- 3) не имеет встроенного реле, ограничивающего потребляемую мощность[2].

Чему отдать предпочтение, моделям с механическим циферблатом или ЖКИ — зависит скорее от личных вкусов. Начинка у электронных счетчиков с разным способом отображения отличается мало, но «механика» более удобна для уличной установки. Целесообразность приобретения многотарифных приборов учета — до сих пор является темой дискуссий на самых разных сетевых ресурсах. Получит ли владелец такого счетчика выгоду от его установки — полностью определяется почасовым режимом потребления, а также готовностью перенести наиболее энергоемкие мероприятия на время действия льготного тарифа. Без сомнения, рано или поздно автоматизированные системы учета потребления станут неотъемлемой частью нашего быта. Если ориентироваться на перспективу — выбирать счетчик электроэнергии лучше электронного типа, с возможностью его интеграции в АСКУЭ. По сравнению с однофазными, выбор трехфазного счетчика обременен еще большим количеством условий [3].

### **Библиографический список**

1. Эксперт цен: [сайт]. [2016]. URL: <http://www.expertcen.ru/article/ratings/luchshie-schetchiki-elektroenergii.html> (дата обращения: 12.12.2016)
2. Данилов Д.А., Нестеров М. Н. Использование многотарифных счетчиков – как способ экономии электрической энергии // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с.
3. Овчаренко В.А., Михайлова М.Ю. / Применение дифференцированных тарифов в г. Белгород и сравнение эффективности их использования с тарифной политикой г. Москва [Электронный ресурс] / Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород 2013 [CD диск].
4. Михайлова М. Ю., Афанасьев А. А., Нестеров А. М. Предложения электронных счетчиков и дифференцированная тарифная политика в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013 . № 6. 208-211.

## ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕНОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОБОРУДОВАНИЯ В ГОРОДСКИХ СЕТЯХ

магистрант **Романова А.А.**

ст. преп. **Тоушкин А.Г.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

подавляющая часть электрических сетей носит активно-индуктивный характер. Сопротивление элементов такой сети возрастает при возрастании номера гармонической составляющей по общеизвестным законам [1]. Тем не менее, при установке компенсирующих устройств возможно резонанс в сети на высших гармониках. Кроме того, проводимость компенсирующих устройств увеличивается с ростом номера гармоник. Это создаёт опасность выхода из строя электрооборудования, при резонансе, и устройств компенсации.

Согласно [2], для подключаемых потребителей на напряжение 0,4 кВ максимальная величина  $\operatorname{tg}\varphi = 0,35$ , что соответствует  $\cos\varphi=0,944$ . Это достаточно высокий коэффициент мощности. Так, например, для жилых домов с газовыми плитами или электрическими, но при наличии бытовых кондиционеров,  $\cos\varphi = 0,92-0,93$ , для общественных зданий  $\cos\varphi=0,75-0,98$  [3]. В большинстве случаев требуется компенсация реактивной мощности. Исключения составляют предприятия общепита (обособленные или в составе других предприятий) с электрическими плитами или жилые дома с электрическими плитами и без бытовых кондиционеров. На предприятиях, в составе которых есть мощные вентиляционные установки, холодильное оборудование, механизмы, приводимые в действие асинхронными двигателями, то можно с уверенностью говорить о наличии компенсации реактивной мощности.

Поскольку приказ Минэнерго [2] был введён в действие в 2015 г. и распространяется на объекты вновь подключаемые, то на сегодняшний день, проводя замеры показателей качества электроэнергии, невозможно их сопоставить с параметрами электрической сети, которая в постоянной динамике. Для новых объектов, подключаемых к сети, инструментом анализа может быть моделирование процессов.

В общем случае схема для подключения потребителей от ТП в городских условиях выполняется радиальной, с установкой ВРУ на каждом из объектов. Т.е. потребители подключаются каждый своей линией через коммутационный аппарат. Таким образом, количество потребителей влияет на количество контуров в сети и на количество источников искажения (рис. 1).

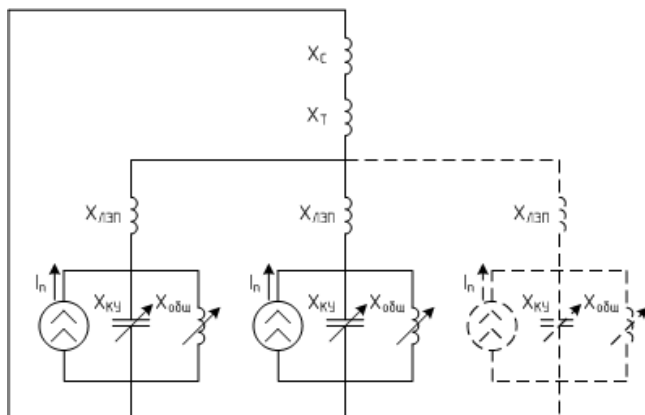


Рис. 1. Схема замещения сети

По приведённой схеме можно отметить следующее:

- индуктивное сопротивление питающих кабельных линий достаточно мало, а компенсация реактивной нагрузки до высокого коэффициента мощности приводит к беспрепятственному распространению высших гармоник в сети 0,4 кВ;
- число контуров протекания тока меняется для каждой схемы;
- индуктивные сопротивления  $X_{общ}$ , находятся в постоянной динамике, поскольку находятся в динамике потребителя электрической энергии;
- емкостные сопротивления компенсирующих устройств  $X_{кц}$  также находятся в постоянной динамике, поскольку на сегодняшний день являются автоматизированными и подстраиваются под потребителя электроэнергии.

Данные аспекты делают задачу исследования достаточно сложной.

Поставленную задачу можно решать, преобразовывая схему для каждого источника искажения в отдельности. Одним из таких распространённых источников в городской среде являются люминесцентные лампы и компактные люминесцентные лампы, которые на сегодняшний день в подавляющем большинстве используются в офисных и общественных зданиях, а также в жилых зданиях. Для данного типа нагрузки характерна генерация больших значений 3 и 5 гармоник токов, а также небольших значений 7 и 9 гармоник [1].

По известной схеме электроснабжения был проведён расчёт амплитудных значений оговоренных высших гармонических составляющих и

построены временные функции (рис.2), после суммирования которых, была смоделирована осциллограмма напряжения на шинах ТП (рис.3).

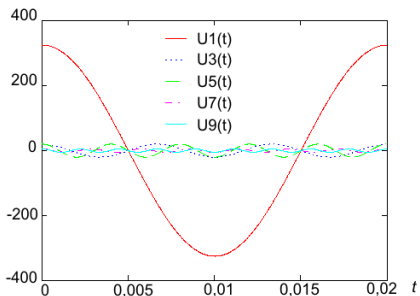


Рис. 2. Гармонические составляющие

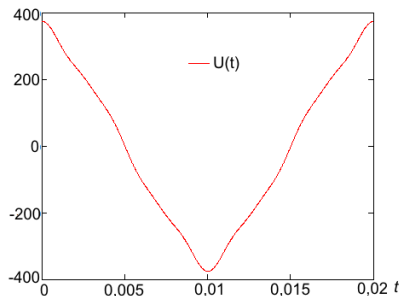


Рис. 3. Модель осциллограммы напряжения

В данном случае гармонические составляющие 3 и 5 превысили значение нормируемое ГОСТ [4]. Это связано с тем, что компенсация реактивной мощности проводится на основной частоте 50 Гц и сводит реактивную составляющую практически к нулю. Соответственно резонансная частота близка к основной, а гармониками, наиболее близкими к 1, в исследуемой сети являются 3 и 5.

Мерами по борьбе со снижением качества электроэнергии могут быть предварительные расчёты и моделирование на стадии проектирования вновь вводимых объектов. В результате предварительных расчётов могут быть выбраны меры по борьбе с высшими гармониками.

### Библиографический список

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 2000. 331 с.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 23 июня 2015 г. N 380 «О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии»
2. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014 – 16 с.
4. Авербух М. А., Кузнецов В. А., Коржов Д. Н., Коробкин А. А., Лимаров Д. С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

ст. преп. **Рошубкин П.В.**

студент **Сарасом В.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Качество электроэнергии является мерой соответствия параметров электроэнергии их установленным значениям. Параметр электрической энергии является величиной, которая характеризует качество электроэнергии по одному или нескольким ее параметрам. Норма качества электрической энергии – установленное определенное значение показателя качества электрической энергии.

Показатели качества электрической энергии, методы их оценки и нормы определяет Межгосударственный стандарт: «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» ГОСТ – 32144-2013 [1].

Показатели качества электроэнергии (ПКЭ) разделяют на две группы: основные и дополнительные. Основные ПКЭ служат для определения свойств электрической энергии, характеризующих ее качество. Дополнительные ПКЭ являются формой записи основных ПКЭ и используются в других нормативно-технических документах.

К основным показателям качества относятся: отклонение напряжения  $\delta U_y$ , размах изменения напряжения  $\delta U_T$ , дозу колебаний напряжения  $\psi$ , коэффициент несинусоидальности кривой напряжения  $K_U$ , коэффициент  $n$ -ной гармонической составляющей  $K_{U(n)}$ , коэффициент обратной последовательности напряжения  $K_{2U}$ , коэффициент нулевой последовательности напряжения  $K_{0U}$ , отклонение частоты  $\Delta f$ , длительность провала напряжения  $\Delta t_{п}$ , импульсное напряжение  $U_{имп}$ , коэффициент временного перенапряжения  $K_{перU}$ .

К дополнительным ПКЭ следует относить коэффициент амплитудной модуляции  $K_{мод}$ , коэффициент небаланса междуфазных напряжений  $K_{неб}$ , коэффициент небаланса фазных напряжений  $K_{неб.ф}$ .

Большая часть явлений, происходящих в электрических сетях и пагубно влияющих на качество электрической энергии, происходят в виду особенностей совместной работы различных электроприемников и электрической сети.

В табл. 1 приведены основные показатели качества ЭЭ, а так же факторы, способные влиять на их изменения [2].

Таблица 1

### Основные показатели качества ЭЭ

Наименование ПКЭ		Наиболее вероятная причина
<i>Отклонение напряжения</i>		
$\delta U_y$	Установившееся отклонение напряжения	График нагрузки потребителей
<i>Колебания напряжения</i>		
$\delta U_t$	Размах изменения напряжения	Потребитель с резко переменной нагрузкой
$P_t$	Доза фликера	
<i>Несимметрия напряжения в трехфазной системе</i>		
$K_{2U}$	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности	Потребитель с несимметричной нагрузкой
$K_{0U}$	Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности	
<i>Несинусоидальность формы кривой напряжения</i>		
$K_U$	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения	Потребитель с нелинейной нагрузкой
$K_{U(n)}$	Коэффициент n-ной гармонической составляющей напряжения	
<i>Прочие</i>		
$\Delta f$	Отклонения частоты	Особенности работы сети, климатические условия или природные явления
$\Delta t_T$	Длительность провала напряжения	
$U_{имп}$	Импульсное напряжение	
$K_{перU}$	Коэффициент временного перенапряжения	

Семь ПКЭ в основном обусловлены потерями (падением) напряжения на участке электрической сети, от которой питаются соседние потребители:

- 1) при медленном изменении нагрузки в соответствии с ее графиком – отклонение напряжения;
- 2) при резко переменном характере нагрузки – колебания напряжения;
- 3) при несимметричном распределении нагрузки по фазам электрической сети – несимметрия напряжений в трех-фазной системе;
- 4) при несинусоидальной нагрузке – несинусоидальность формы кривой напряжения.

В отношении этих явлений потребители электроэнергии могут тем или иным способом воздействовать на качество ЭЭ.

Все *прочие* показатели, ухудшающие качество электрической энергии, зависят от климатических или погодных условий. То есть, влиять на эти показатели потребитель не имеет возможности. В данном случае возможна защита оборудования установкой быстродействующих защит или устройств гарантированного питания.

Существует три возможности улучшения показателей качества электрической энергии и создания условий электромагнитной совместимости потребителей и энергосистемы:

- 1) уменьшение сопротивлений элементов системы электроснабжения;
- 2) изменение напряжений симметричных составляющих;
- 3) ограничение токов симметричных составляющих основной и высших гармонических частот в местах их возникновения [3].

Первая возможность заключается в использовании двоярных реакторов, установок продольной компенсации реактивной мощности, быстродействующих токоограничивающих устройств. Эти методы позволяют осуществить параметрическую стабилизацию режима напряжений, но не устраняют несимметрию и несинусоидальность токов и вызванные ими последствия (перегрузка обмоток вращающихся машин токами обратной последовательности, конденсаторных батарей токами высших гармоник, потери мощности и пр.).

Вторая возможность — создание симметричной системы напряжений на зажимах многофазного ЭП, подключенного к несимметричной системе. При этом несимметрия входных токов и напряжений не устраняется. Такой путь может быть использован, например, при разработке устройств питания трехфазных потребителей от системы два провода — земля, рельс, труба от однофазной сети; для симметрирования напряжений сети, подключенной к неполнофазной линии электропередач; для стабилизации напряжения.

Среди технических средств применяют: фильтровые устройства: включение параллельно нагрузке узкополосных резонансных фильтров, фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ), фильтросимметрирующих устройств (ФСУ), ИРМ, содержащих ФКУ, специальное оборудование, характеризующееся пониженным уровнем генерации высших гармоник, «ненасыщающиеся» трансформаторы, многофазные преобразователи с улучшенными энергетическими показателями.

На рис. 1, показана схема поперечного (параллельного) пассивного фильтра высших гармоник. Звено фильтра представляет собой контур из последовательно соединенных индуктивности и емкости, настроенных на частоту определенной гармоники.



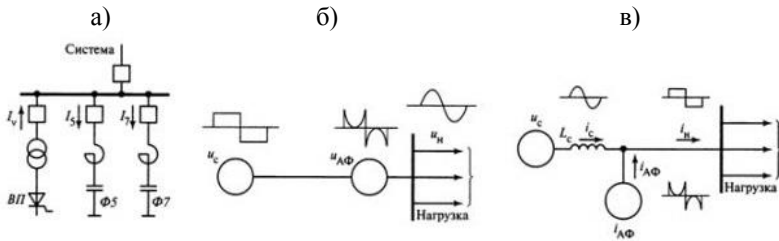


Рис. 1. Принципиальные схемы фильтров высших гармоник:

а – пассивного; б – активного фильтра (АФ) как источника напряжения; в – АФ как источника тока; ВП – вентильный преобразователь; Ф5, Ф7 – соответственно звенья фильтра на 5-ю и 7-ю гармоники;  $u_c$  – напряжение сети;  $u_{AF}$  – напряжение АФ;  $u_n$  – напряжение на нагрузке;  $I_s$  – ток сети;  $I_{AF}$  – ток, генерируемый АФ;  $I_n$  – ток нагрузки

Третья возможность состоит в ограничении нагрузочных токов симметричных составляющих до допустимых значений с помощью поперечно включаемых компенсирующих устройств. Принципиальное отличие этого метода от двух предыдущих заключается в том, что его использование устраняет причину возникновения несимметрии (токи), а не ее следствие (напряжение). [4]

Снижение систематической несимметрии в сетях низкого напряжения осуществляется рациональным распределением однофазных нагрузок между фазами с таким расчетом, чтобы сопротивления этих нагрузок были примерно равны между собой. Если несимметрию напряжения не удастся уменьшить с помощью схемных решений, то применяют специальные устройства: несимметричное включение конденсаторных батарей (рис. 2, а) или схемы симметрирования (рис. 2, б) однофазных нагрузок.

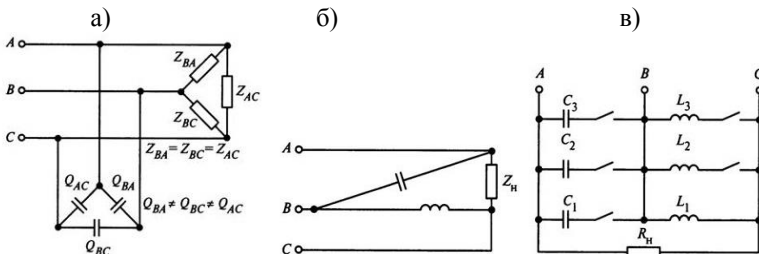


Рис. 2. Схемы симметрирующих устройств: а – с конденсаторной батареей; б – специальная схема симметрирующего устройства; в – типовая схема

Если несимметрия меняется по вероятностному закону, то для ее снижения применяют автоматические симметрирующие устройства, схема одного из которых представлена на рис. 2, в. Регулируемые симметричные устройства дороги и сложны, их применение порождает новые проблемы (в частности, несинусоидальность напряжения). Поэтому положительного опыта использования симметрирующих устройств в России нет.

Для защиты от перенапряжений применяются ограничители перенапряжений. От кратковременного снижения и провалов напряжений могут использоваться динамические компенсаторы искажений напряжения (ДКИН), которые решают многие проблемы качества электроэнергии, включая провалы (в том числе и импульсные) и перенапряжения питающего напряжения.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Normы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М., 2014. С. 5-9.
2. Блок В. М. Электрические системы и сети: учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов. М.: Высш. шк., 1986. 200 с.
3. Новые средства передачи электроэнергии; под ред. Г.Н. Александрова. Липецк: Издательство ЛГУ. 1997. 157 с.
4. Мероприятия и технические средства повышения качества электрической энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info>.
5. Нестеров А.М., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КОММУНАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

д-р техн. наук, проф. **Сапрыка А.В.**,  
магистрант **Панчехин Д.В.**  
магистрант **Головин Д.А.**  
магистрант **Кондратенко А.П.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Особенностью современных городов является значительное увеличение удельного веса коммунально-бытовых нагрузок, оказывающих специфическое влияние на показатели качества электрической энергии

в осветительных сетях. Случайный характер изменений напряжения в осветительных сетях с большим удельным весом нагрузок предъявляет особые требования к качеству напряжения. Величина потерь определяется режимом работы осветительных установок, электроприёмников, отдельных звеньев сети-линии и силовых трансформаторов. Предстоящий значительный рост коммунально-бытового потребления в городах на перспективу до 2030 года, а также увеличение численности городского населения подтверждают актуальность проблемы качества электроэнергии.

Дальнейшее насыщение квартир приёмниками электроэнергии повышенной мощности обострит вопросы качества электроэнергии в осветительных сетях. Случайный характер включения коммунально-бытовых приборов, присоединённых к однофазной сети, приводит к значительной несимметрии фазных нагрузок. При этом большинство электроприёмников имеют нелинейную вольт-амперную характеристику, что приводит к искажению формы кривой тока. Потребление электроэнергии на внутреннее освещение помещений составляет более 50% общего потребления бытовыми приёмниками электроэнергии.

Анализ электропотребления в жилищно-бытовой сфере показывает, что в отрасли имеются значительные резервы экономии электроэнергии в условиях действующих технологий.

Современные электрические сети освещения являются сложными техническими системами, состоящими из световых приборов, проводов и кабелей, пускорегулирующих и управляющих устройств. Целью их функционирования является создание световой среды, обеспечивающей комфортные и безопасные условия труда, передвижение пешеходов и транспортных средств, а также архитектурно-художественное восприятие окружающего пространства в тёмное время суток. Сети наружного освещения распределены на значительной территории и состоят из огромного количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, с вероятностным характером изменения параметров режимов. Так в народно-хозяйственном комплексе эксплуатируется сотни миллионов световых приборов, десятки тыс. км проводов и кабелей [1]. Оптимальное управление режимами работы таких сетей невозможно без детального анализа существующих режимов их работы.

На сегодняшний день электропотребление, приходящееся на искусственное освещение, составляет более 15% электроэнергии, вырабатываемой всеми электростанциями страны. При этом общая эффективность преобразования энергии топлива в световую энергию составляет около 3% [2]. В связи с необходимостью экономии электроэнергии в

осветительных установках согласно [1] возникает вопрос о разработке мероприятий по экономии потребления электроэнергии осветительными установками. Снижение уровня потребляемой энергии наружным освещением невозможно без применения энергоэффективных осветительных приборов на полупроводниковых источниках света, а также оптимизации режимов напряжения в сетях наружного освещения, приводящей к снижению потерь электроэнергии и улучшению световых параметров.

Основная доля осветительной нагрузки приходится на световые приборы с люминесцентными лампами, которые и являются источниками несимметрии и высоких значений гармоник токов. Снижение напряжения на 1% вызывает уменьшение светового потока ламп накаливания на 3 – 4%, люминесцентных ламп – на 1,5%. Перенапряжение же сети приводит к увеличению потребляемой энергии осветительными установками. Так, повышение напряжения на 10% у ламп накаливания вызывает увеличение потребляемой мощности на 16,4%, а у люминесцентных ламп – на 20%. Это вызывает значительное сокращение срока службы ламп и увеличение количества ламп, необходимых для эксплуатации осветительных приборов. При перенапряжении сети на 3% относительный срок службы сокращается до 66,2%, а при перенапряжении сети на 10% – до 7,8% от номинального у ламп накаливания. У разрядных же ламп соответственно при 3% до 90%, а при перенапряжении 10% относительный срок службы сокращается до 73%.

Анализу режимов напряжения в электрических сетях уделялось много внимания, так как решение данного вопроса имеет большое практическое значение. К наиболее существенным разработкам в данной области относятся работы Мельникова Н.А., Солдаткиной Л.А., Маркушевича Н.С., Фокина Ю.А., Яндюльского А.С. и др. [3-6].

Исследования последних лет показали, что значения установившегося отклонения напряжения в сетях коммунальных предприятий не соответствуют требованиям к качеству электрической энергии [1]. Это приводит к резкому сокращению срока службы разрядных ламп, используемых в сетях наружного освещения. Таким образом, вопросы исследования режимов напряжения и их оптимизация в сетях коммунальных предприятий приобрели на сегодняшний день особую актуальность.

Целью проведённых исследований является выявление закономерностей изменения отклонения напряжения в сетях коммунальных предприятий для разработки рекомендаций по оптимизации процесса регулирования напряжения для повышения эффективности работы освети-

тельных комплексов.

Для оценки закона распределения отклонения напряжения в сетях коммунальных предприятий было произведено более 20 измерений на шинах 0,4 кВ на вводе шкафов городских трансформаторных подстанций. Длительность непрерывных измерений напряжения в указанных точках сети составляла от 3 до 7 суток.

По результатам проведённых измерений для каждой точки сети значения отклонения напряжения были представлены в виде выборки, состоящей из  $n$  независимых наблюдений за случайной функцией  $\delta U(t)$ .

Для всех исследуемых точек осветительной сети были определены интегральные вероятностные характеристики случайной функции отклонения напряжения: математическое ожидание  $M[\delta U(t)]$ , дисперсия  $D[\delta U(t)]$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma[\delta U(t)]$ . Далее для них были построены эмпирические гистограммы с усреднением экспериментальных данных по всему периоду измерений. Для построения группированного ряда вся область измерения случайной величины  $\delta U(t)$  была разбита на  $q$  интервалов, величина которых  $h$  определялась по формуле Стёрджеса. Для более детального анализа отклонений напряжения в сетях коммунальных предприятий определён закон распределения случайной величины отклонения напряжения на суточном интервале. Исследования показали, что на суточном интервале для отклонения напряжения также не существует единой плотности вероятностей.

Это позволяет сделать вывод, что величина отклонения напряжения для всех исследуемых точек сетей наружного освещения представляет собой случайную последовательность, которая близка к процессам Марковского типа. Её частичное описание, достаточное для решения инженерных задач, в том числе и анализа режима отклонения напряжения в осветительных сетях, может быть представлено одномерной интегральной функцией распределения вида

$$F(\delta U, t) = \int_{-\infty}^{\delta U} p(\delta U, t) d\delta U ,$$

где  $\delta U$  – отклонение напряжения на элементе сети,  $t$  – текущее время.

Для достоверного описания такого процесса может быть использована только последовательность мгновенных плотностей вероятностей, построенных для каждого момента времени отдельно. Для каждого из таких интервалов были построены гистограммы и определен закон распределения отклонения напряжения для каждого часа суток. Анализ данных гистограмм показал, что они аппроксимируются нормальным законом распределения.

Таким образом, вероятностным описанием исследуемого процесса изменения отклонения напряжения в сети коммунальных предприятий может служить только последовательность мгновенных плотностей вероятностей, построенных для каждого момента времени.

### **Библиографический список**

1. Сапрыка А.В. Повышение энергоэффективности осветительных комплексов с учётом качества электрической энергии. Харьков: ХНАГХ, 2009. 126 с.
2. Мельников Н.А., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электрических сетях. М.: Энергия, 1968. 152 с.
3. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1984. 104 с.
4. Лежнюк П.Д., Аль-Хайтмер Абдалла. Оптимизация режимов электрических сетей с учётом ущерба, вызываемого отклонениями напряжения // Энергетика. 1991. № 11. С. 27-31.
5. Яндудьский А.С., Головатюк Н.Ф., Хлыстов В.М. Вопросы регулирования напряжения в электрических сетях // Энергетика и электрификация. 1996. № 4. С. 36-38.
6. Килин С.В., Духанин С.А. Проблемы высших гармонических составляющих и способы их решения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 141-145.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ПАКЕТЕ MATLAB**

магистрант **Саенко В.С.**,

магистрант **Эсауленко И.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Вентильный бесколлекторный двигатель является одним из видов электрического двигателя, который индуцирует непостоянные магнитные полюса на ферромагнитном роторе. Крутящий момент создается за счет магнитного сопротивления. В вентильном двигателе (ВД) индуктор находится на роторе (в виде постоянных магнитов), якорная обмотка находится на статоре (синхронный двигатель). Напряжение питания обмоток двигателя формируется в зависимости от положения ротора. В двигателях постоянного тока для этой цели использовался коллектор, в вентильном двигателе его функцию выполняет полупроводниковый коммутатор (с датчиком положения ротора ДПР с инвертором).

Целью работы является моделирование работы вентильного двигателя при динамических нагрузках. С технической точки зрения, двигатели с датчиками положения ротора более предпочтительны. Алгоритм управления такими двигателями значительно проще. Если конструктивно разместить датчики в корпусе двигателя невозможно, используют двигатели без датчиков. Конструктивно такие двигатели практически не отличаются от двигателей с датчиками. При этом система управления должна обеспечивать соответствующие характеристики конкретной модели двигателя.

Двигатели с датчиками применяют, если двигатель должен стартовать с существенной нагрузкой на валу двигателя (электротранспорт, подъёмные механизмы и т.п.), если двигатель стартует без нагрузки на валу, то можно применять двигатели без датчиков. В момент старта двигателя без датчиков возможны вращательные колебания оси двигателя в разные стороны [1]. Напряжение на обмотки двигателя подается в зависимости от положения ротора двигателя. Контроль положения ротора обеспечивают 3 датчика Холла.

При моделировании вентильного двигателя используется модель магнитоэлектрической синхронной машины (Permanent Magnet Synchronous Machine) с трапецеидальным распределением магнитного поля в воздушном зазоре. В этом случае электромагнитная часть машины описывается системой дифференциальных уравнений в неподвижных фазовых координатах.

В Permanent Magnet Synchronous Machine задаем номинальные значения  $R$ ,  $L$  двигателя, напряжение питания и количество пар полюсов.

В вентильном двигателе обратная связь по положению ротора выполнена тремя датчиками Холла, смещенные в пространстве на  $120^\circ$ . Сигналы с этих датчиков после логических преобразований управляют непосредственно MOSFET-транзисторами (блок драйверов MOSFET-модулей). Величина напряжения на выходе силового полупроводникового преобразователя регулируется широтно-импульсным способом [2].

Модель электропривода в программе MatLab – Simulink для моделирования динамических процессов представлена на рис. 1.

Результаты моделирования вентильного двигателя представлены на рис. 2–4 в виде основных параметров: выходная скорость, ток статора, момент, противо-ЭДС при набросе нагрузки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что система управления стабилизирует частоту оборотов под воздействием возмущающего момента, обеспечивает плавность разгона, за счет уменьшения бросков момента во время переходного процесса.

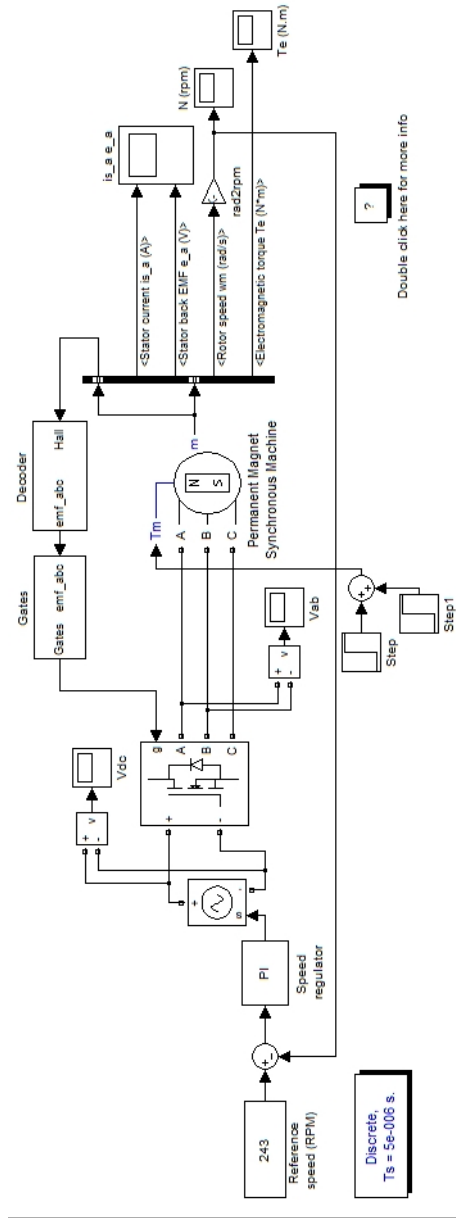


Рис. 1. Модель электропривода в программе MatLab – Simulink



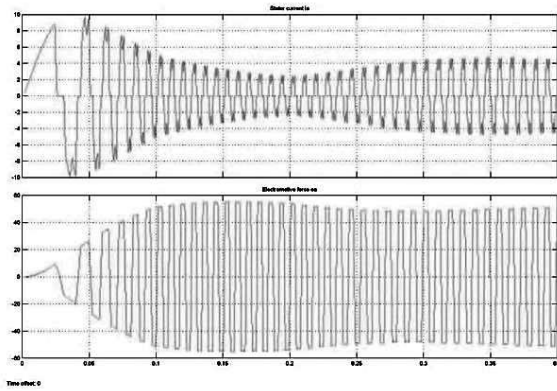


Рис. 2. Осциллограмма тока нагрузки и противо-ЭДС двигателя

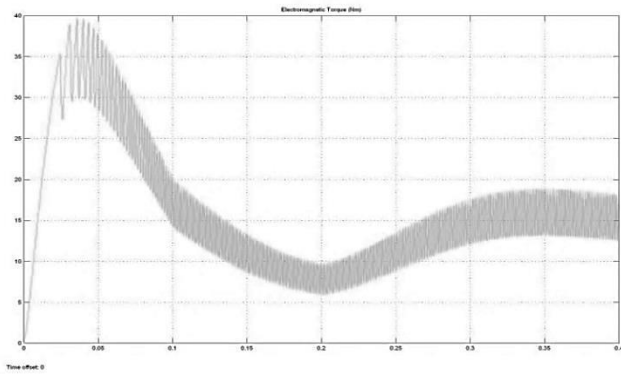


Рис. 3. Осциллограмма момента при набросе нагрузки

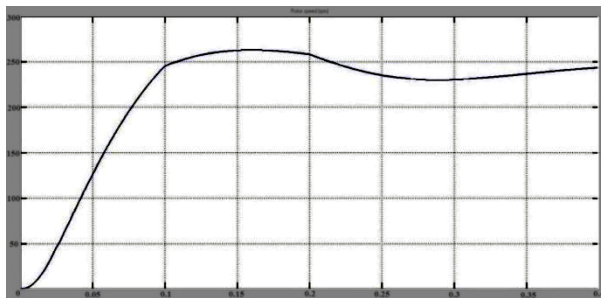


Рис. 4. Осциллограмма скорости вращения вала двигателя при набросе нагрузки

Вентильный двигатель является энергосберегающим и отвечает современным эксплуатационным требованиям. Данную модель можно использовать в образовательных целях, для изучения безколлекторных двигателей постоянного тока.

### **Библиографический список**

1. Бесколлекторные двигатели постоянного тока [Электронный ресурс] // Avislab [Офф. сайт]. URL: <http://www.avislab.com/blog/brushless01/> (дата обращения: 05.10.2015).

2. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab Simulink: Учебник. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 448 с.

3. Авербух М.А., Кузнецов В.А., Коржов Д.Н., Коробкин А.А., Лимаров Д.С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 203-207.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ**

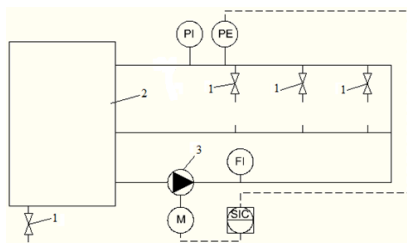
канд. техн. наук, доц. **Семернин А.Н.**  
магистрант **Комиссаров А.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Под системой водоснабжения подразумевается комплекс инженерных сооружений, установок (зданий, технологических сооружений, машин, трубопроводов с арматурой, контрольно-измерительные приборы /КИП/ и др.) и решений по ним, взаимосвязанных и предназначенных для забора воды, подъема и создания требуемого напора, очистки и подготовки, хранения и транспортировки к месту потребления [1]. Вне зависимости от своего назначения система должна обеспечивать необходимый напор при изменении расхода воды. Для решения этой задачи применяют различные способы, но наиболее эффективным является изменение гидравлической характеристики насоса, которое осуществляется путём регулирования оборотов насоса.

Применение регулируемого электропривода с использованием преобразователя частоты (ПЧ) позволяет автоматизировать этот процесс. Современные ПЧ имеют аналоговые входы, к которым можно подключать различные датчики, в том числе и датчик давления, который необ-

ходим для функционирования системы водоснабжения со стабилизацией напора. Примером подобной системы может служить лабораторный стенд, схема которого представлена на рис. 1. Выбор насоса производится в соответствии с необходимым напором и расходом. Зная мощность электродвигателя насоса выбираем ПЧ.



- PI – манометр
- PE – датчик давления
- SIC – ПЧ
- M – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором
- FI – расходомер
- 1 – запорная арматура
- 2 – ёмкость с водой
- 3 – циркуляционный насос

Рис 1. Схема стенда

Для того чтобы исследовать процессы, которые будут протекать в системе водоснабжения с выбранными элементами, проведём моделирование динамических процессов. Структурная схема системы управления электроприводом насоса со стабилизацией напора представлена на рис. 2. Моделирование проводится в программе Matlab Simulink. Модель скалярной системы управления насосом представлена на рис. 3.

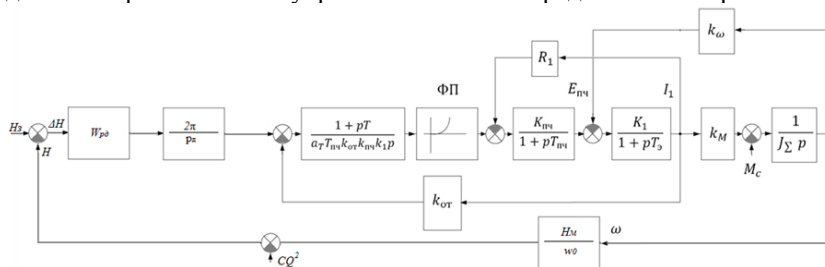


Рис. 2. Структурная схема системы управления электроприводом насоса со стабилизацией напора

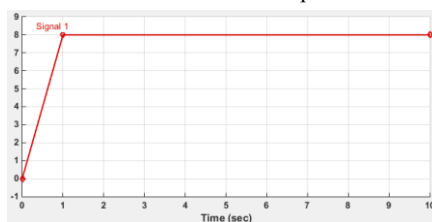


Рис. 3. Сигнал задания

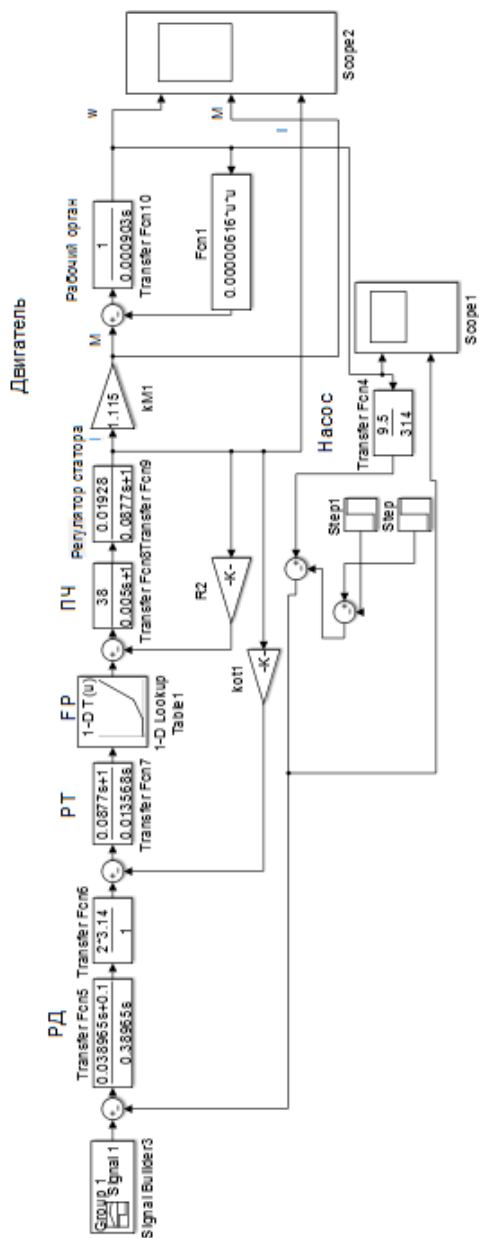


Рис. 4. Модель скалярной системы управления насосом

Сигнал задания представлен на рис.4. Схема состоит: РД-регулятор давления, РТ-регулятор тока, ФР-функциональный преобразователь, асинхронный двигатель, насос. Блок ФР формирует закон управления  $\frac{U}{f^2} = const.$

Переходные процессы при изменении напора представлены на рис. 5.

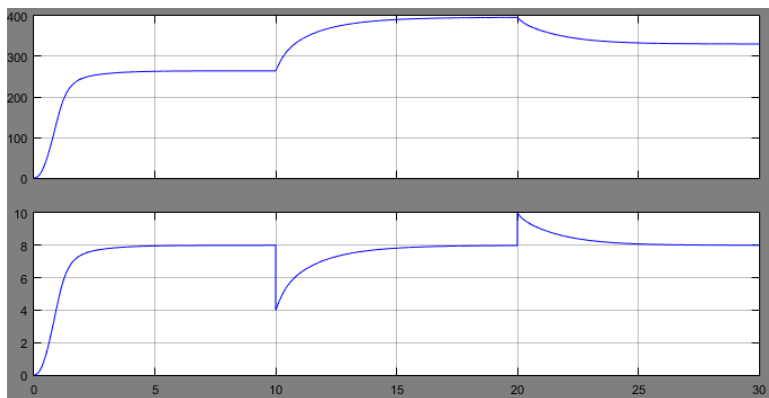


Рис. 5. Графики переходных процессов для скорости и напора

В момент времени  $T=10$  с расход в системе увеличивается, следовательно напор в системе падает. При этом скорость вращения рабочего колеса насоса увеличивается до тех пор, пока напор не достигнет заданного значения. В момент времени  $T=20$ с расход в системе уменьшается (но не достигает значения расхода при  $T<10$ с), следовательно напор в системе растёт. При этом скорость вращения рабочего колеса насоса снижается до тех пор, пока напор не снизится до заданного. Следовательно, система выполняет возложенную на неё функцию при различных значениях расхода в системе.

### Библиографический список

1. Шиховцова Н.Н. Богданов В.И. Инфраструктура городской среды [Электронный ресурс]. Пятигорск: РИО-КМВИС,2011. 107 с. Режим доступа: <http://akt-zakon.ru/geografiya/29116/index.html>, свободный.
2. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 140-147.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «ELCUT» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

канд. техн. наук, доц. **Семернин А.Н.**

студент **Урванов А.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В настоящее время существует множество программ, в которых представлена возможность расчета электрических и магнитных полей. Расчет такого рода производится методом конечных элементов. Наиболее распространенные программы, использующие этот метод: ANSYS, NASTRAN, COMSOL Multiphysics. Это мощные программные комплексы, распространяющиеся на коммерческой основе, их применение не рационально для относительно несложных задач. Поэтому, моделирование произведено в программе ELCUT, студенческая версия которой распространяется бесплатно. Данная программа является достойным аналогом вышеперечисленных комплексов.

ELCUT — это компьютерная программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ). Программа ELCUT разрабатывается российской компанией-разработчиком ООО «Тор» [1]. Студенческая версия программы обладает всеми возможностями профессионального ELCUT, но имеет ограничение на количество узлов сетки. Всё остальное, включая пользовательский интерфейс, формат файлов и типы анализа такое же, как в полной версии.

ELCUT успешно применяется для решения различных задач, связанных с проектированием электрических машин. В статье рассмотрено магнитное поле переменных токов в массивном роторе асинхронного двигателя. Геометрическая модель ротора в этой задаче представляется плоским срезом. Первый этап – построение разреза ротора заданного диаметра, и воздушного зазора между ротором и статором. Вторым этапом будет обозначение физических свойств построенных объектов. Для воздуха задаем относительную магнитную проницаемость. Ротор машины состоит из ферромагнитного сплава, для которого следует указать магнитную проницаемость и электропроводность. Также следует задать параметры внешней границы геометрической модели. На внешней границе требуется задать бегущее поле. Чтобы смоделировать бегущую волну, записываем в параметры границы угол изменения фазы  $2\phi$ , что

соответствует четырехполосной машине, и задаем прямолинейную токовую нагрузку. Заключительным этапом является построение сетки в пределах геометрической модели. В программе ELCUT сетка строится автоматически. Законченная сетка представлена на рис. 1.

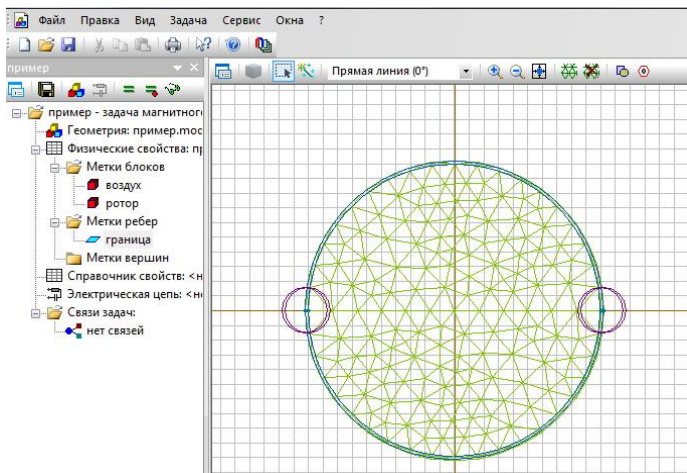


Рис. 1. Геометрическая модель ротора

После того, как закончено построение сетки, в программе можно получить решение. Результат выдается в виде цветовой диаграммы, на которой наглядно представлено распределение плотности тока и индукции по плоскости разреза ротора. Результат представлен на рис. 2.

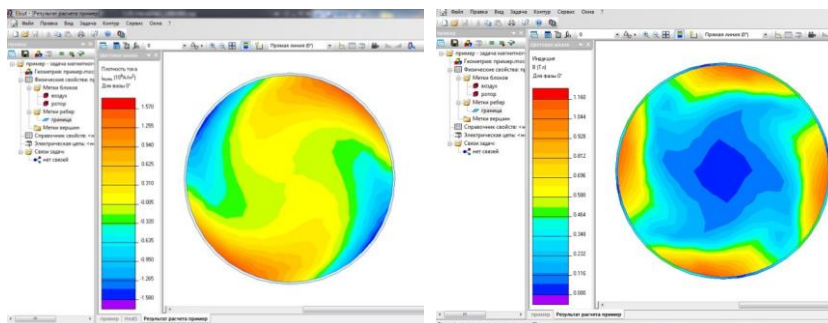


Рис. 2. Распределение плотности тока и индукции.

На графическом решении можно отразить действующие, мгновенные и максимальные значения. С помощью анимации можно увидеть, как меняется картина поля при изменении фазы. Параметры цветовой диаграммы можно представить графически. Для этого следует провести контур, по которому будет показано распределение параметра. На рис. 3 представлен график распределения плотности тока от края ротора к его центру.

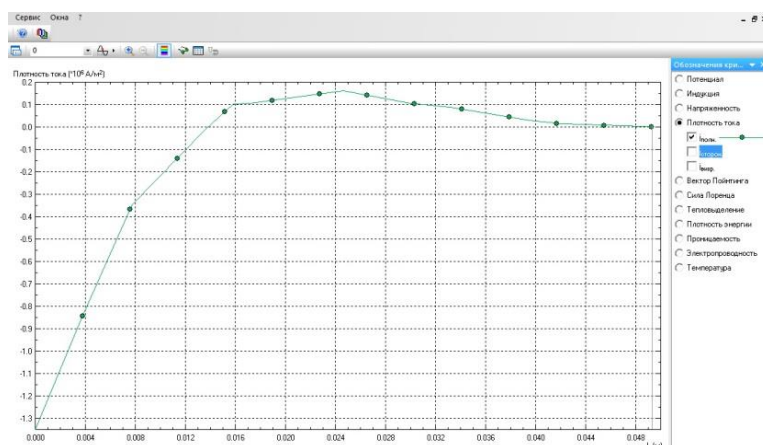


Рис. 3. Распределение плотности тока

Кроме того, программа позволяет посмотреть результат не только в виде графика, а также в виде таблицы. В таблице будут представлены распределения различных полевых величин. Данные из таблицы программа позволяет выгрузить в MS Excel.

В статье представлен анализ магнитного поля переменных токов фрагмента электрической машины. В программе ELCUT можно производить моделирование температурных полей, механических напряжений и деформаций. Компьютерное моделирование и численный анализ позволяет избежать дорогостоящих и длительных натурных испытаний, ускоряет и дополняет процесс проектирования и разработки.

### Библиографический список

1. ELCUT Новый подход к моделированию полей: <http://elcut.ru>.
2. Богданов В.С., Семернин А.Н., Анциферов С.И., Колесник В.А. распределение оптимальных параметров электропривода планетарного смесителя // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 190-195.



## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

магистрант **Федотова Е.К.**

д-р техн. наук, проф. **Авербух М.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Для электрических сетей общего назначения устанавливаются нормы качества электрической энергии согласно ГОСТ 32144-2013 [1].

Все ПКЭ, которые установлены ГОСТ 32144-2013, могут быть условно разделены на три группы.

К первой группе можно отнести отклонения частоты и отклонения напряжения, которые связаны с особенностями технологического процесса производства и передачи электроэнергии. Качество регулирования отклонений частоты и напряжения определяет их уровень в электроэнергетической системе.

– медленные изменения напряжения  $\delta U_{(+)}$ ,  $\delta U_{(-)}$ ;

$$\delta U_{(-)} = [(U_0 - U_{m(-)})/U_0]100, \quad \delta U_{(+)} = [(U_{m(+)} - U_0)/U_0]100;$$

Ко второй группе можно отнести ПКЭ, характеризующие несинусоидальность формы кривой напряжения, несимметрию и колебания напряжения:

– коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности:

$$K_{2U_i} = \frac{U_{2(1)i}}{U_{\text{ном.мф}}} 100,$$

– коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности

$$K_{0U_i} = \frac{U_{0(1)i}}{U_{\text{ном.ф}}} 100;$$

– гармонические составляющие напряжения  $K_{U(n)}$ :

$$K_{U(n)} = 1,5 K_{U(n)\text{ном.}}$$

Источниками этих искажений являются, главным образом, электроприемники. Для координации ЭМП, вносимых такими ЭП, необходимо применение технических мероприятий как на этапе разработки и производства, так и в процессе их эксплуатации.

К третьей группе можно отнести ПКЭ, характеризующие случайные электромагнитные явления и электротехнические процессы, нераз-

ривно связанные с технологическим процессом производства, передачи и потребления электроэнергии. К ним относятся провалы напряжения, перенапряжения и импульсы напряжения, которые возникают в системе электроснабжения в большинстве случаев в результате коммутаций электрооборудования или разрядов молнии на линию электропередачи.

Показатели качества электроэнергии первых двух групп нормируются ГОСТ, и на них установлены два допустимых уровня: нормальный и предельный. ПКЭ третьей группы не нормируются, однако статистическая информация о них имеет большое значение для нормальной эксплуатации электроэнергетической системы.

На потери прежде всего влияют отклонения напряжения, электроэнергии и мощности (первая группа ПКЭ). Эти потери пропорциональны квадрату приложенного напряжения. Таким образом, превышение допустимых отклонений напряжения в сторону их увеличения приводит к дополнительному нагреву электроприемника и, следовательно, сокращению срока его службы. Снижение напряжения может привести к нарушению функционирования ЭП.

Отклонения частоты и напряжения являются результатом единого процесса производства и передачи электроэнергии, поддержание их в допустимых пределах возлагается на энергоснабжающую организацию, которая только и располагает средствами регулирования напряжения и частоты.

Обеспечить эти требования можно двумя способами: снижением потерь напряжения и регулированием напряжения.

Снижение потерь напряжения ( $\Delta U$ )

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U} \quad \Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}$$

достигается:

– выбором сечения проводников линий электропередач ( $\Delta R$ ) по условиям потерь напряжения.

– применением продольной емкостной компенсации реактивного сопротивления линии ( $X$ ). Однако, это опасно повышением токов короткого замыкания при  $X \rightarrow 0$ .

– компенсацией реактивной мощности ( $Q$ ) для снижения ее передачи по электросетям, с помощью конденсаторных установок и синхронных электродвигателей, работающих в режиме перевозбуждения. Кроме снижения потерь напряжения, это является неплохим мероприятием энергосбережения, снижающим общие потери электроэнергии в сетях.

– регулированием напряжения  $U$ .

В центре питания регулирование напряжения осуществляется с помощью трансформаторов, оснащённых устройством автоматического регулирования коэффициента трансформации в зависимости от величины нагрузки (регулирование под нагрузкой — РПН). Такими устройствами оснащены 10% трансформаторов. Диапазон регулирования  $\pm 16\%$  с дискретностью 1,78%.

Напряжение может регулироваться на промежуточных трансформаторных подстанциях с помощью трансформаторов, оснащённых устройством переключения отпаяк на обмотках с различными коэффициентами трансформации (переключение без возбуждения — ПБВ, т.е. с отключением от сети). Диапазон регулирования  $\pm 5\%$  с дискретностью 2,5%.

Первый (R) и второй (X) способы выбираются при проектировании сети и не могут изменяться в дальнейшем. Третий (Q) и четвертый (U) способы хороши для регулирования при сезонном изменении нагрузки сети, но руководить режимами работы компенсирующего оборудования потребителей, необходимо централизованно, в зависимости от режима работы всей сети.

Рассмотрим подробнее схему промышленного района, изображенную на рис. 1. Кольцевая схема питания предполагает обеспечение потребителя электроэнергией от двух источников питания. Таким образом, увеличивается надежность энергоснабжения системы.

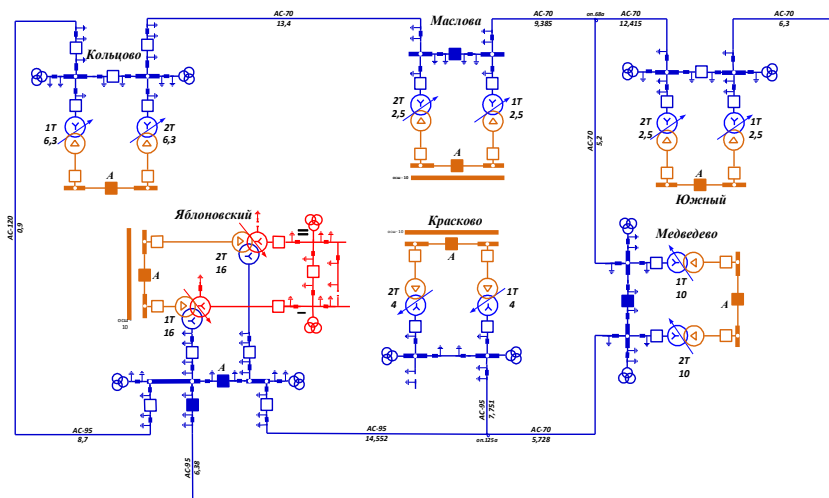


Рис. 1. Кольцевая схема промышленного района

В табл. 1 указаны паспортные данные трансформаторов схемы [2]. Межподстанционные связи выполнены воздушными линиями на напряжение 35/10 кВ. Марка и сечение всех ВЛ указаны в табл. 2 [2].

Таблица 1

**Характеристики трансформаторов**

Район	Номинальная мощность трансформаторов, кВт	Потери, Вт		Ток XX, %	Напряжения КЗ, %
		XX	КЗ		
Кольцово	ТМ-160	460	2650	2,4	4,7
Маслова	ТМГ-160	440	2650	2,4	4,7
Южный	ТМ-100	320	1970	2,6	4,5
Медведево	ТМГ-400	800	5500	2,1	4,5
Красково	ТМ-100	320	1970	2,6	4,5
Яблоновский	ТМГ-630	1050	7600	2	5,5

Таблица 2

**Характеристики высоковольтных линий**

Марка провода	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	R <sub>0</sub> , Ом/км	X <sub>0</sub> , Ом/км
АС	70	0,428	0,432
АС	95	0,306	0,421
АС	120	0,249	0,427

Таким образом особенности построения схемы электроснабжения должны быть учтены при оценке показателей качества и потерь электроэнергии.

**Библиографический список**

- ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
- Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1989. 592 с.
- Авербух М.А., Кузнецов В.А., Коржов Д.Н., Коробкин А.А., Лимаров Д.С. Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости в электроустановках промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5 (36). С. 203-208.

# ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦЕХОВОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

аспирант **Хворостенко С.В.**

д-р техн. наук, проф. **Авербух М.А.**

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Использование электроприемников (ЭП) с нелинейной вольт-амперной характеристикой осложняет обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) в цеховой системе электроснабжения (СЭС). Аналитические расчеты ЭМС затруднены, а экспериментальная оценка выполняется для данной конкретной ситуации и не учитывает возможные изменения нагрузок и режимов в СЭС [1]. Поэтому создание виртуальной модели реальной СЭС является актуальной задачей.

Виртуальная модель построена на основе реальной цеховой системы электроснабжения промышленного предприятия по производству железобетонных изделий (рис. 1).

Основные элементы СЭС, которые моделируются на основании паспортных данных, представлены в табл. 1.

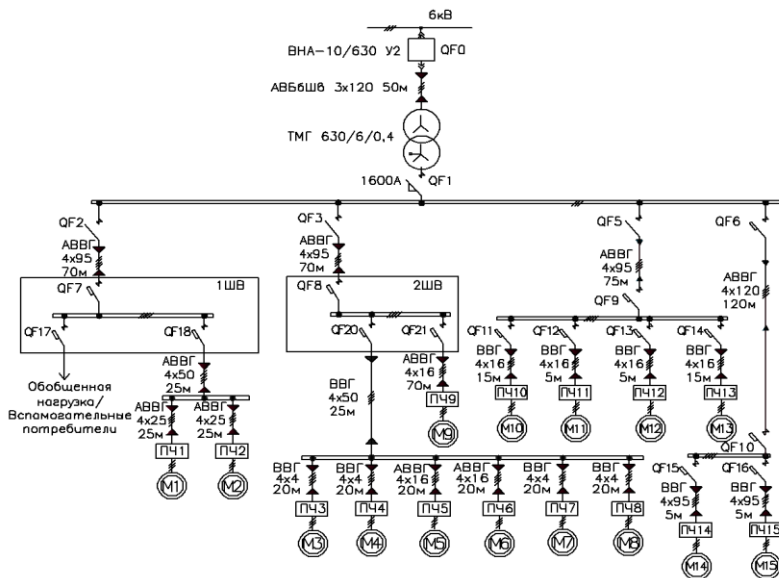


Рис. 1. Схема цеховой СЭС промышленного предприятия по производству ЖБИ

Таблица 1

**Элементы схемы электроснабжения**

№	Тип	Количество	S, кВА	U, кВ
1	Трехфазный источник синусоидального напряжения	1	10000	6
2	Трансформатор ТМГ 630/6/0.4	1	630	10/0.4
3	Электропривод АИР/ преобразователь частоты VFD	15	4.8-143	0.4
4	Высоковольтная кабельная линия АВВГ / ВВГ	Длина, м	R, Ом/км	X, Ом/км
		5-120	0.261-4.63	0.076-0.107

Основным оборудованием конвейерной линии цеха являются ЭП с частотно-регулируемыми электроприводами, на базе полупроводникового преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (ППЧ-АД).

Средой имитационного моделирования является приложение Simulink пакета программ Matlab, позволяющее использовать готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых систем [2].

Роль источника электрической энергии в модели выполняет трехфазный источник синусоидального напряжения (Three-PhaseSource).

Кабельная линия связывающая трансформатор с источником напряжения представлена блоком (Three-PhasePISection). Понижающий трансформатор представлен блоком (Theree-phase Reducetransformer, Two Windings). Блок subsystem представляет собой подсистему ППЧ-АД (Variable Frequency Drive) соединенную с вторичной обмоткой трансформатора с помощью блока кабельных линий. Подсистема Variable Frequency Drive, представленная на рис. 2, является моделью ППЧ-АД, состоящего из 6-пульсного неуправляемого выпрямителя (НВ), промежуточного звена постоянного тока (ПЗПТ) и автономного инвертора напряжения (АИН). Для управления инвертором используется двух уровневый генератор ШИМ с частотой 5 кГц. Блок (Bus Selector) необходим для измерения динамических процессов в электроприводе, и передачи сигнала на осциллоскоп (Scope). LC-фильтр в промежуточном звене постоянного тока, выбирался исходя из требований жесткости механических характеристик.

Имитационная модель всей системы электроснабжения с электроприемниками представлена на рис. 3. На рис. 4 представлены кривые изменения токов во всех трех фазах, скорость вращения и момент двигателя электропривода конвейера протаскивания. Паспортные данные преобразователя представлены в табл. 2.

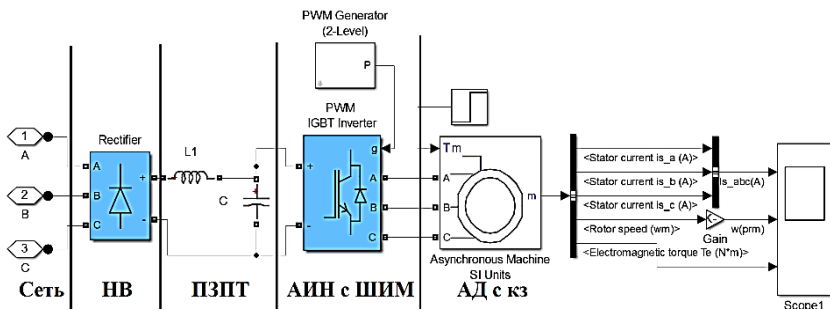


Рис. 2. Подсистема Variable Frequency Drive

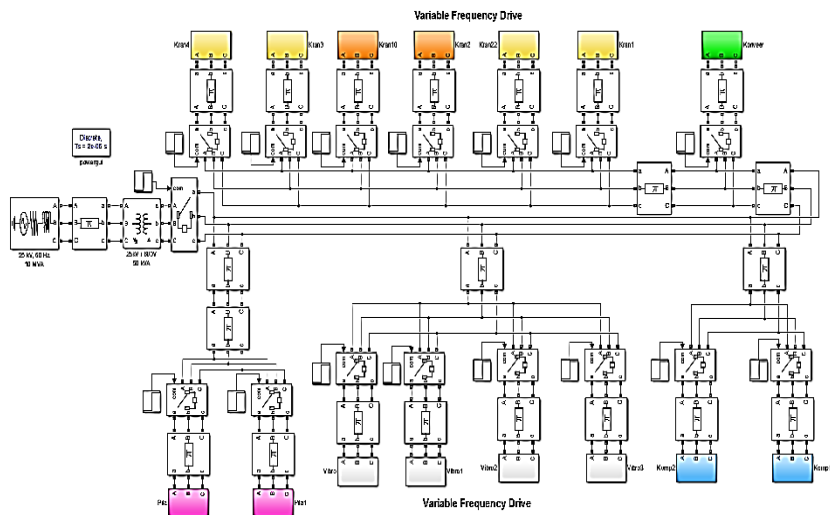


Рис. 3. Имитационная модель СЭС промышленного предприятия, построенная в соответствии с рис. 1

Таблица 2

**Характеристики преобразователя**

Тип ППЧ-АД	Режим работы	S, кВА	n, об/мин	I <sub>н</sub> , А	M <sub>н</sub> , Н·м	cosφ
АИР-VFD	S2	30	1435	35.5	123	0.87

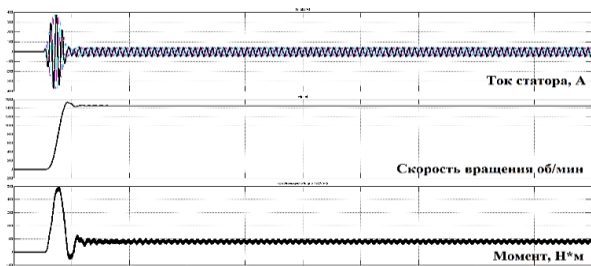


Рис. 4. Кривые изменения тока, скорости и момента регулируемого электропривода конвейера протаскивания

Для проведения анализа гармонического состава на входе преобразователя частоты электропривода конвейера протаскивания предусмотрено выведение исследуемого сигнала в рабочую область MATLAB с помощью блока Scope [3].

После окончания процесса расчета модели в интерфейсе Powergui выбирается функция FFT Analysis для гармонического анализа исследуемого сигнала (рис. 5).

Таким образом, построение виртуальной модели СЭС цеха позволяет определить параметры режимов работы и оценить основные показатели ЭМС. Результаты анализа кривой тока и напряжения показывают, что  $\text{THD}_I$  и  $\text{THD}_U$  в точке подключения регулируемого электропривода конвейера протаскивания составляют 34.6% и 2.67% соответственно, что также подтверждено результатами экспериментальных исследований проведенных в точке подключения ЭП  $\text{THD}_I=35.6\%$  и  $\text{THD}_U=3\%$ .

### Библиографический список

1. Авербух М.А., Коржов Д.Н., Лимаров Д.С. Экспериментальная оценка уровня высших гармоник в схеме электроснабжения трубогибочного стана УЗТМ-465 // Промышленная энергетика. Качество электроэнергии. 2015. № 1 (138). С. 48-54.
2. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб: Питер, 2008. 288 с.
3. Герман-Галкин С.Г., Кардонов Г.А. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК. СПб.: КОРОНА Принт, 2009. 256 с.
4. Виноградов А.А., Зябкина О.Н., Михайлова М.Ю. Анализ показателей качества электрической энергии в системе электроснабжения Лебединского горно-обогатительного комбината в Белгородской области // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 175-180.



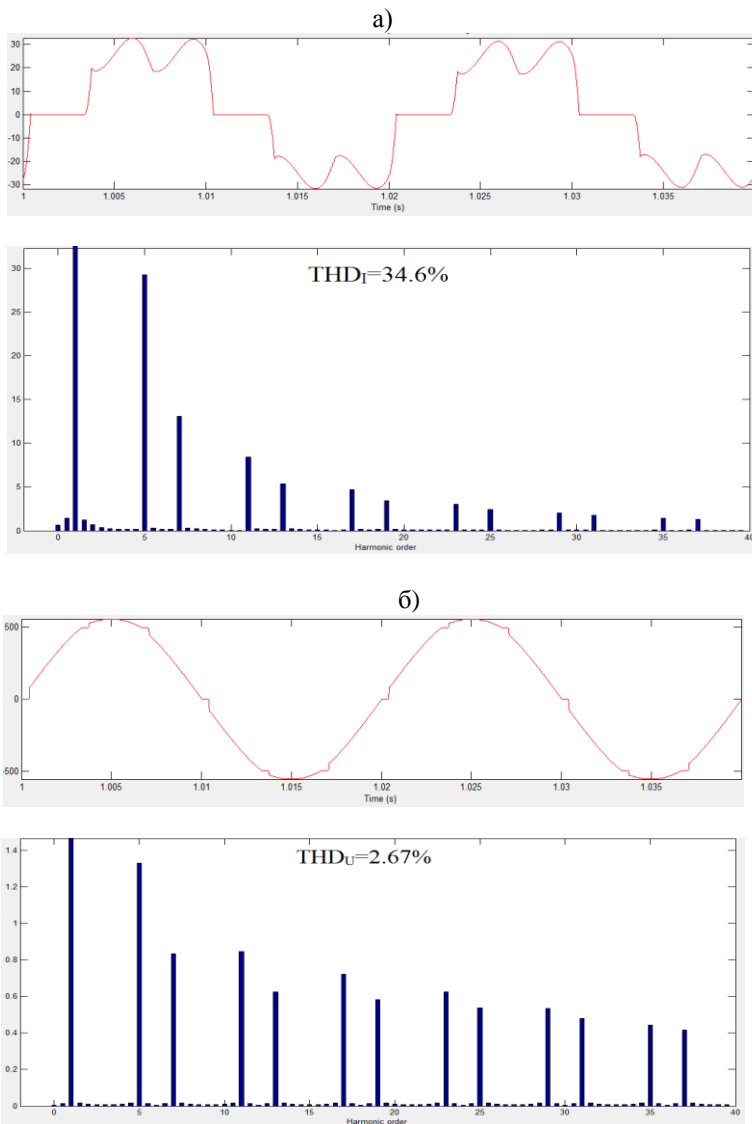


Рис. 5. Кривые изменения тока а) и напряжения б) в фазе А и гистограммы высших гармонических составляющих

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НЕСИММЕТРИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

магистрант **Хохлов С.В.**

д-р техн. проф. **Сапрыка А.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Измерение симметричных составляющих напряжений и токов в электрических сетях должно осуществляться как при синусоидальном напряжении, так и при наличии высших гармоник. Высокую помехозащищенность имеют корреляционные методы обработки сигналов, основанные на дискретном преобразовании Фурье и позволяющие измерять симметричные составляющие в реальном или квазиреальном масштабе времени [1]. К ним относятся:

- метод, основанный на изменении интегральных значений кусочно-гармонических напряжений;
- поисковый метод измерения амплитуд и фаз;
- метод, основанный на вычислении ортогональных составляющих напряжений;
- метод, основанный на предварительном преобразовании трехфазного напряжения в двухфазное с последующим вычислением ортогональных составляющих двухфазного напряжения.

Последний метод реализуется более простой схемой по сравнению с предыдущими методами, так как он основан на корреляционной обработке сигналов с предварительным преобразованием исходной системы трехфазных величин. Преобразованию подвергается трёхфазное в двухфазное напряжение; измеряются действующие значения напряжений с последующим вычислением по ним симметричных составляющих.

Рассмотрим принцип измерения, на котором основывается данный метод [1]. Комплексы действующих значений симметричных составляющих напряжений определяются выражением:

$$U_n = 1/3 \cdot (U_A + \alpha^n U_B + \alpha^{2n} U_C) \quad (1)$$

где  $\alpha$  – оператор поворота на  $120^\circ$ ;  $n$  – измеряемая последовательность напряжений и токов.

В выражении (1) напряжения прямой и обратной последовательностей определяются как сумма фазных напряжений, где напряжения фаз В и С через оператор поворота  $\alpha$  сдвигаются на  $\pm 120^\circ$ . Преобразовав в выражении  $\alpha = e^{j120^\circ}$ , по формуле Эйлера получим:

$$U_1 = 1/3 \cdot (U_A + U_B \cos 120^\circ + jU_B \sin 120^\circ + U_C \cos 120^\circ - jU_C \sin 120^\circ) =$$

$$= 1/3 U_A + \cos 120^\circ (U_B + U_C) + j \sin 120^\circ (U_B - U_C) \quad (2)$$

$$U_2 = 1/3 \cdot (U_A + U_B \cos 120^\circ + jU_B \sin 120^\circ + U_C \cos 120^\circ - jU_C \sin 120^\circ) =$$

$$= 1/3 (U_A + \cos 120^\circ (U_B + U_C) + j \sin 120^\circ (U_B - U_C)) \quad (3)$$

Для определения прямой и обратной последовательностей напряжений трехфазное напряжение, использованное в формулах (2), (3), преобразуется в двухфазное:

$$V = U_A + \cos 120^\circ (U_B + U_C) \quad (4)$$

$$W = \sin 120^\circ (U_B - U_C) \quad (5)$$

Подставив выражения (4) и (5) в формулы (2) и (3), получим:

$$U_1 = 1/3 \cdot (V + jW) \quad (6)$$

$$U_2 = 1/3 \cdot (V - jW) \quad (7)$$

Для мгновенных значений:

$$v(t) = 1/3 \cdot \{U_A(t) + \cos 120^\circ [U_B(t) + U_C(t)]\} \quad (8)$$

$$w(t) = 1/3 \cdot \{\sin 120^\circ [U_B(t) - U_C(t)]\} \quad (9)$$

Затем определяются ортогональные составляющие двухфазного напряжения:

$$\begin{cases} V_x = V \cos \psi_v; & V_y = V \sin \psi_v; \\ W_x = W \cos \psi_w; & W_y = W \sin \psi_w; \end{cases} \quad (10)$$

где  $\psi_v, \psi_w$  – начальные фазы напряжений  $v(t)$   $w(t)$ .

Ортогональные составляющие напряжений  $V_x, V_y, W_x, W_y$  могут быть измерены любым методом, в частности корреляционным. Так, используя дискретное преобразование Фурье, для составляющих можно записать следующие выражения:

$$\begin{cases} V_x = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} v(t_i) \cos \omega t_i; & V_y = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} v(t_i) \sin \omega t_i; \\ W_x = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} w(t_i) \cos \omega t_i; & W_y = \frac{2}{m} \sum_{i=0}^{m-1} w(t_i) \sin \omega t_i; \end{cases} \quad (11)$$

Вычисление прямой и обратной последовательностей напряжений выполняется по выражениям:

$$U_1^2 = 1/9 (V_x^2 + V_y^2 + W_x^2 + W_y^2 + 2V_y W_x - 2V_x W_y) \quad (12)$$

$$U_2^2 = 1/9 (V_x^2 + V_y^2 + W_x^2 + W_y^2 + 2V_y W_x - 2V_x W_y) \quad (13)$$

Или в более простом виде:

$$U_1 = 1/3 \cdot \sqrt{[(V_x - W_y)^2 + (V_x + W_y)^2]} \quad (14)$$

$$U_2 = 1/3 \cdot \sqrt{[(V_x + W_y)^2 + (V_y - W_x)^2]} \quad (15)$$

На рис. 1 приведена структурная схема, реализующая данный метод.

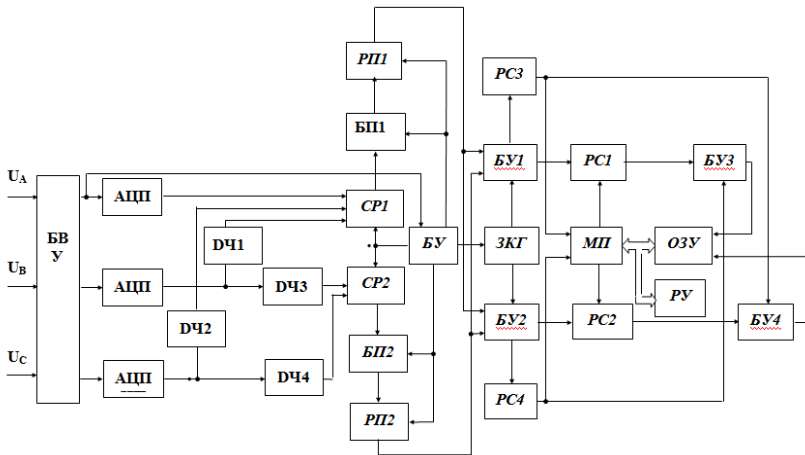


Рис. 1. Структурная схема измерителя симметричных составляющих на базе микропроцессора

Схема цифрового измерителя прямой и обратной последовательностей напряжений содержит блок входных устройств БВУ, блок аналого-цифровых преобразователей АЦП, делители частоты ДЧ1, ДЧ2, ДЧ3, ДЧ4, реверсивные сумматоры СР1, СР2, блоки переноса БП1, БП2, регистры памяти РП1, РП2, блок управления БУ, блоки умножения БУ1, БУ2, БУ3, БУ4, задатчик кодов гармоник ЗКГ, реверсивные счетчики РС1, РС2, РС3, РС4, микропроцессор МП, оперативное запоминающее устройство ОЗУ, регистрирующее устройство РУ.

Принцип действия цифрового устройства, реализующего данный метод, состоит в следующем. Напряжения  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  поступают через блок входных устройств БВУ на аналого-цифровые преобразователи АЦП.

С выходов преобразователей АЦП числовые коды, пропорциональные мгновенным значениям напряжений  $U_A(t)$ ,  $U_B(t)$ ,  $U_C(t)$ , поступают на вход реверсивного сумматора СР1, причем с преобразователя АЦП фаза А – на суммирование, а с преобразователей АЦП фаз В и С через делители частоты ДЧ1 и ДЧ2 с коэффициентом деления 0,87 – на вычитание.

В результате в реверсивном сумматоре СР1 записывается код, пропорциональный напряжению  $v(t)$  согласно выражению (8). С выходов преобразователей АЦП фаз В и С через делители частоты ДЧ3 и коэффициентом деления 0,5 коды, пропорциональные  $U_B(t)$   $U_C(t)$ , поступают на вход реверсивного сумматора СР2. В результате этого в сумматоре СР2 записывается код напряжения  $w(t)$  согласно выражению (9). Коды  $v(t)$  и  $w(t)$  напряжений из реверсивных сумматоров СР1 и СР2 по команде с блока управления БУ через блоки переноса БП1 и БП2, вводятся в регистры памяти РП1 и РП2. После переноса кодов напряжений  $v(t_i)$  и  $w(t_i)$  в регистры памяти РП1 и РП2 реверсивные сумматоры СР1 и СР2 устанавливаются в нулевое состояние и тем самым подготавливаются для записи следующих мгновенных значений  $v(t_i)$  и  $w(t_i)$ , в регистры памяти РП 1 и РП 2 реверсивные сумматоры СР1 и СР2 устанавливаются в нулевое состояние и тем самым подготавливаются для записи следующих мгновенных значений  $v(t_{i+1})$  и  $w(t_i)$ . По команде с блока управления БУ код напряжения  $v(t_i)$  поступает на первый и второй блоки умножения БУ 1 и БУ 2, где перемножаются с кодами  $\cos \omega t_i$  и  $\sin \omega t_i$ , задаваемыми задатчиком кодов гармоник ЗКГ. Произведение  $v(t_i) \sin \omega t_i$  с выхода блока умножения БУ1 поступает на реверсивный счетчик РС1, а произведение  $v(t_i) \cos \omega t_i$  кода блока умножения БУ2 – на реверсивный счетчик РС2. В следующий момент времени код напря-

жения  $w(t_i)$  перемножается в блоках умножения БУ1 и БУ2 с кодами тех же значений ортогональных функций  $\cos \omega t_i$  и  $\sin \omega t_i$ . Произведение  $w(t_i) \sin \omega t_i$  с выхода блока умножения БУ1 поступает на реверсивный счетчик РС3, а произведение  $w(t_i) \cos \omega t_i$  блока умножения БУ2 – на реверсивный счетчик РС4.

За период исследуемого сигнала (после обработки кодов мгновенных значений) в реверсивных счетчиках РС1 ÷ РС4 будут получены коды  $V_x, V_y$ , и  $W_x, W_y$  ортогональных составляющих основной гармоники напряжений. Из реверсивных счетчиков РС1 ÷ РС4 коды ортогональных составляющих поступают на микропроцессор МП, а с выхода последнего квадраты этих кодов вводятся в оперативное запоминающее устройство ОЗУ. Коды ортогональных составляющих с выходов реверсивных счетчиков РС1, РС4 и РС2, РС3 поступают на входы блоков умножения БУ3 и БУ4. Ввод кодов в множительные блоки БУ3 и БУ4 производится так, чтобы на выходе были получены коды удвоенных произведений квадратурных составляющих  $2V_y W_x$  и  $2V_x W_y$ . Эти коды с выходов множительных блоков БУ3 и БУ4 поступают на входы оперативного запоминающего устройства ОЗУ с соответствующим знаком. Микропроцессор МП по алгоритмам (12) и (13) вычисляет симметричные составляющие.

Предлагаемый измеритель позволяет существенно сократить время измерений и исключить погрешность, обусловленную измерением симметричных составляющих по различным реализациям исследуемого напряжения.

### Библиографический список

1. Гриб О.Г. Контроль и регулирование несимметричных режимов в системах электроснабжения. Харьков: ХГАГХ, 2006. 180 с.
2. Евсеев А.Н., Михайлова М.Ю. Влияние качества электрической энергии на работу электротехнического оборудования // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с. С. 262-267.
3. Коржов Д.Н., Авербух М.А. Измерение показателей качества электроэнергии в промышленных сетях с нелинейными потребителями // Энергетика и энергоэффективные технологии. Белгород, 2014. Вып. II. 408 с. С. 288-293.
4. Кузнецов В. А., Рошубкин П. В., Сингатулин Р. С. Основные показатели качества электроэнергии. Применение вольтодобавочных трансформаторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. № 6. С. 204-207.

## ОТКРЫТАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

д-р техн. наук, проф. **Черенков А.Д.\***

д-р техн. наук, проф. **Косулина Н.Г.\***

д-р техн. наук, проф. **Сапрыка А.В.\*\***

\* *Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков*

\*\* *Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В работе проведен теоретический анализ открытой электродинамической системы, представляющей собой симбиоз открытого резонатора и отрезка прямоугольного волновода. Показано, что поперечные размеры волновода, выполненного в центре одного из зеркал открытого резонатора, однозначно определяются геометрическими параметрами резонатора и рабочей длиной волны. При этом максимальная эффективность возбуждения основной волны  $TE_{10}$  в прямоугольном волноводе с помощью основного колебания открытого резонатора  $TEM_{00q}$  составляет 88%. Как оказалось, в этом случае нормированные поперечные размеры волновода равны  $\tilde{a} = 2,844$  и  $\tilde{b} = 1,980$ . Следовательно, он сверхразмерным, а рассмотренная система может найти применение для измерения сверхслабого свечения семян зерновых культур.

Для измерения хемилюминесценции семян подсолнуха, кювету необходимо облучать электромагнитным полем (ЭМП). В миллиметровом (мм) диапазоне длин волн для этих целей целесообразно использовать резонаторы, поскольку одномодовые волноводы имеют малые поперечные размеры. Однако здесь возникает ряд трудностей. Помещение кюветы с семенами в резонансный объем приведет к сдвигу частоты. В этом случае при перестройке частоты задающего генератора в резонаторе может возбудиться другой тип колебаний, что в итоге исказит результаты измерений. Следовательно, объемный резонатор должен иметь одночастотный отклик для того, чтобы исключить неоднозначность при проведении измерений. С другой стороны, поскольку добротность возбуждаемого колебания определяется энергией, накопленной в резонансном объеме, то в мм диапазоне одномодовые объемные резонаторы должны иметь низкую добротность из-за их малых геометрических размеров и омических потерь в стенках. Кроме того, помещение измеряемого объекта в резонансный объем может вообще привести к срыву колебаний. Поэтому в рассматриваемом диапазоне для проведения исследова-

дований по воздействию излучения ЭМП на семена необходимо переходить к резонансным системам, адекватным этому диапазону – открытым резонаторам (ОР) [1]. Но здесь возникает другая проблема. Как правило, ОР имеют аксиально-симметричную форму с локализацией поля колебаний вблизи оси. А для проведения измерений кювета с семенами каждый раз должна помещаться в область с одной и той же напряженностью ЭМП. В случае традиционно используемых ОР, это представляет сложную техническую задачу. Поэтому необходимо провести анализ открытой электродинамической системы, которая позволит измерять сверхслабое свечение семян зерновых культур.

Хорошо известно, что ОР находят широкое применение в различных областях науки и техники [2]. Отличительной особенностью таких резонансных систем являются их геометрические размеры, которые значительно превышают рабочую длину волны. Кроме того, связь с внешним пространством обеспечивает дополнительную селекцию спектра. Задача по измерению сверхслабого свечения семян с помощью ОР сродни вопросу определения электрофизических свойств различных материалов [3]. В мм диапазоне с помощью метода ОР исследуются, как правило, только плоские образцы, которые располагаются перпендикулярно оси, либо на поверхности одного из зеркал [4], либо в области перетяжки, где фазовый фронт гауссова пучка плоский [5]. При этом в резонансном объеме возбуждается основной тип колебаний  $TEM_{00q}$ . В этой ситуации исследование цилиндрических образцов можно проводить только при их помещении вдоль оси резонатора, чтобы не нарушать аксиальную симметрию системы. А поскольку напряженность ЭМП для рассматриваемого типа колебаний максимальна как раз на оси ОР, то расположение протяженного образца вдоль оси приведет к срыву колебаний. Аналогичная ситуация будет иметь место при исследовании кюветы с семенами. С другой стороны, кювета с семенами приведет к сдвигу резонансной частоты. Поэтому ОР должен обеспечивать еще дополнительную селекцию спектра. Для этих целей применяются диафрагмы, проволочные дифракционные решетки. Однако они не решают задачу исследования кюветы с семенами, которая должна помещаться в область с одной и той же напряженностью ЭМП и не приводить к сильному возмущению колебания ОР.

Будем рассматривать полусферический ОР, в центре плоского зеркала которого расположен прямоугольный волновод. Волна  $TE_{10}$  возбуждается в нем с помощью колебания  $TEM_{00q}$ . Отражением от раскрытого прямоугольного волновода пренебрегаем, а апертуры зеркал резонатора считаем бесконечными. Геометрические параметры резонатора и



амплитудное распределение возбуждающего поля  $\vec{E}_e(x, y)$  приведены на рис. 1. Прямоугольный волновод ориентирован таким образом, что вектор напряженности электрического поля  $\vec{E} = E_y \vec{y}_0$  волны  $TE_{10}$ , которая возбуждается с помощью колебания ОР, перпендикулярен плоскости рисунка.

Учитывая, что колебание в резонаторе линейно поляризовано таким образом, что вектор  $\vec{E}_e$  перпендикулярен плоскости рис. 1, можем записать распределение электрической компоненты возбуждающего поля в плоскости  $z=0$ , которое представляет собой основной тип колебаний ОР  $TEM_{00q}$ :

$$\vec{E}_e(x, y) = A_{00} \exp\left[-(x^2 + y^2)/w_0^2\right] \vec{y}_0, \quad (1)$$

где  $A_{00}$  – амплитудный коэффициент;  $w_0$  – радиус пятна поля основного колебания на плоском зеркале резонатора.

Распределение электрической компоненты поля волны  $TE_{10}$  в прямоугольном волноводе сечением  $a \times b$  в плоскости  $z=0$  запишем в виде:

$$\vec{E}_w(x, y) = \vec{E}_{10}(x, y, 0) = C_0 \frac{1}{N_{10}} \left( \frac{\pi}{a} \cos \frac{\pi x}{a} \vec{y}_0 \right), \quad (2)$$

где  $C_0 = ik_0 W_0 \mu_0$ ;  $k_0 = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$ ,  $W_0 = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0} = 120 \pi$ ;  $N_{10} = (\pi/a) \sqrt{ab/2}$  – константа нормировки.

Как видно из приведенных формул, ориентации векторов напряженностей электрических полей в возбуждающем колебании и волне  $TE_{10}$  в прямоугольном волноводе, выполненном в центре плоского зеркала ОР (см. рис. 1), совпадают.

Из теории зеркальных антенн [6] известно, что для получения высокого коэффициента использования поверхности (КИП)  $\eta$  необходимо согласовать поля в фокальной плоскости рефлектора и в раскрыве облучателя.

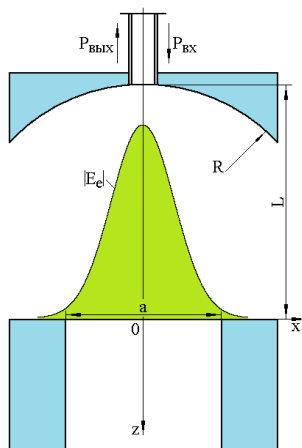


Рис. 1. Полусферический ОР с отрезком прямоугольного волновода

С физической точки зрения это аналогично согласованию поля резонатора с полем волны, распространяющейся по волноводу, расположенному в центре плоского зеркала ОР. Поэтому, чтобы определить эффективность возбуждения волны  $TE_{10}$  в прямоугольном волновод с помощью колебания  $TEM_{00q}$  ОР, воспользуемся представлениями (1), (2) и соотношением [7]:

$$\eta = \frac{\left| \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \vec{E}_e(x, y) \vec{E}_w^*(x, y) dx dy \right|^2}{\left\| \vec{E}_e(x, y) \right\|^2 \left\| \vec{E}_w(x, y) \right\|^2}. \quad (3)$$

В отличие от антенной техники мы используем выражение, в котором отсутствует множитель  $(1 - |\dot{\Gamma}|^2)$ , учитывающий несогласованность волноводного тракта. Здесь  $|\dot{\Gamma}|$  – модуль коэффициента отражения от раскрыва прямоугольного волновода. Строго говоря, в выражении (3) этот множитель необходимо учитывать, поскольку за счет отражения от раскрыва волновода не вся накопленная в резонаторе энергия может пойти на возбуждение волны  $TE_{10}$ . Однако, как показали предварительные исследования [7], для получения максимальной величины  $\eta$  поперечные размеры прямоугольного волновода должны составлять несколько длин волн. В этом случае отражением от раскрыва волновода можно пренебречь [8]. Поэтому мы полагаем  $|\dot{\Gamma}|=0$  и для вычисления  $\eta$  используем выражение (3). Значок « $\cdot$ » указывает на комплексно-сопряженную функцию. Фактически соотношение (3) показывает, какая доля энергии, запасенной в колебании резонатора, переходит в энергию поля, распространяющейся по волноводу волны  $TE_{10}$ . Величины  $\left\| \vec{E}_e(x, y) \right\|^2$  и  $\left\| \vec{E}_w(x, y) \right\|^2$  – это квадраты норм функций возбуждающего и рабочего полей, которые определяются выражениями:

$$\left\| \vec{E}_e(x, y) \right\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \vec{E}_e(x, y) \vec{E}_e^*(x, y) dx dy, \quad (4)$$

$$\left\| \vec{E}_w(x, y) \right\|^2 = \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \vec{E}_w(x, y) \vec{E}_w^*(x, y) dx dy. \quad (5)$$

После подстановки функций  $\bar{E}_e$  и  $\bar{E}_w$ , определяемых равенствами (1) и (2), в выражения (4), (5) получим в окончательном виде:

$$\|\bar{E}_e(x, y)\|^2 = \frac{1}{2} \pi A_{00}^2 w_0^2, \quad (6)$$

$$\|\bar{E}_w(x, y)\|^2 = \left( \frac{C_0}{N_{10}} \right)^2 \left( \frac{\pi}{a} \right)^2 \frac{ab}{2} = C_0^2. \quad (7)$$

Рассмотрим интеграл в числителе соотношения (3) который после подстановки в него значений  $\bar{E}_e$  и  $\bar{E}_w$ , определяемых выражениями (1), (2), примет вид:

$$\begin{aligned} |\bar{H}(x, y)|^2 &= A_{00}^2 \left( \frac{C_0}{N_{10}} \right)^2 \left( \frac{\pi}{a} \right)^2 \times \\ &\times \left| \int_{-a/2}^{a/2} \exp\left(-\frac{x^2}{w_0^2}\right) \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx \int_{-b/2}^{b/2} \exp\left(-\frac{y^2}{w_0^2}\right) dy \right|^2. \end{aligned} \quad (8)$$

Проанализируем интегралы под знаком модуля в выражении (8). Для этого их обозначим и, учитывая, что подынтегральные функции четные, запишем:

$$\bar{H}_1(x, y) = 2 \int_0^{b/2} \exp\left(-\frac{y^2}{w_0^2}\right) dy; \quad (9)$$

$$\bar{H}_2(x, y) = 2 \int_0^{a/2} \exp\left(-\frac{x^2}{w_0^2}\right) \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx. \quad (10)$$

Рассмотрим выражение (9). С учетом значения табличного интеграла [9]:

$$\Phi(qu) = \frac{2u}{\sqrt{\pi}} \int_0^q \exp(-t^2 u^2) dt,$$

запишем уравнение (9) в окончательном виде:

$$\bar{H}_1(x, y) = \sqrt{\pi} w_0 \Phi(b/2w_0), \quad (11)$$

где  $\Phi(b/2w_0)$  – интеграл вероятности.

Теперь рассмотрим выражение (10). Представив  $\cos(\pi x/a)$  в показательной форме и сделав обозначения  $\alpha = j/w_0^2$ ,  $\beta = \pi/a$ , перепишем (10) в виде:

$$\vec{H}_2(x, y) = \int_0^{a/2} \exp[j(\alpha x^2 + \beta x)] dx + \int_0^{a/2} \exp[j(\alpha x^2 - \beta x)] dx. \quad (12)$$

Выражения под знаком экспоненты в уравнении (12) представим в виде:

$$\begin{aligned} (\alpha x^2 + \beta x) &= \left( \sqrt{\alpha} x + \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}} \right)^2 - \frac{\beta^2}{4\alpha}, \\ (\alpha x^2 - \beta x) &= \left( \sqrt{\alpha} x - \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}} \right)^2 - \frac{\beta^2}{4\alpha}. \end{aligned}$$

Теперь введем новые переменные  $(\sqrt{\alpha} x + \beta/2\sqrt{\alpha} = m)$ ,  $(\sqrt{\alpha} x - \beta/2\sqrt{\alpha} = n)$ , тогда выражение (12) примет вид:

$$\begin{aligned} \vec{H}_2(m, n) &= \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \exp\left(-j \frac{\beta^2}{4\alpha}\right) \times \\ &\times \left[ \int_{\frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}}^{\sqrt{\alpha} \frac{a}{2} + \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}} \exp(jm^2) dm + \int_{-\frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}}^{\sqrt{\alpha} \frac{a}{2} - \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}}} \exp(jn^2) dn \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Еще раз сделаем обозначения  $\sqrt{j}m = s$ ,  $\sqrt{j}n = p$ , и, учитывая введенные значения  $\alpha$  и  $\beta$ , можем записать соотношение (13) в виде:

$$\vec{H}_2(s, p) = \frac{w_0}{j} \exp(-c^2) \left[ \int_c^{c+jd} \exp(s^2) ds + \int_{-c}^{-c+jd} \exp(p^2) dp \right], \quad (14)$$

где  $c = \pi w_0/2a$ ,  $d = a/2 w_0$ .

Теперь можем вычислить интегралы, входящие в выражение (14). Для этого воспользуемся теоремой Коши [10]. Опуская промежуточные выкладки, запишем выражение (14) в окончательном виде:

$$\bar{H}_2(x, y) = w_0 \sqrt{\pi} \left[ \exp(-c^2) + j \frac{\exp(-d^2)}{2} (W^*(c + jd) - W(c + jd)) \right], \quad (15)$$

где  $W(c + jd)$  – интеграл вероятности комплексного аргумента.

С учетом (15) запишем соотношение (8) в окончательном виде:

$$\begin{aligned} |\bar{H}(x, y)|^2 = & A_{00}^2 \left( \frac{C_0}{N_{10}} \right)^2 \left( \frac{\pi}{a} \right)^2 \pi w_0^2 \times \\ & \times \left| e^{-\left(\frac{\pi w_0}{2a}\right)^2} + j \frac{e^{-\left(\frac{a}{2w_0}\right)^2}}{2} \left[ W^* \left( \frac{\pi w_0}{2a} + j \frac{a}{2w_0} \right) - W \left( \frac{\pi w_0}{2a} + j \frac{a}{2w_0} \right) \right] \right|^2. \quad (16) \end{aligned}$$

Подставляя (6), (7) и (16) в (3), получим представление для величины  $\eta$ :

$$\eta = \frac{4\pi}{\tilde{a}\tilde{b}} \Phi^2 \left( \frac{\tilde{b}}{2} \right) \left| e^{-(\pi/2\tilde{a})^2} + j \frac{e^{-(\tilde{a}/2)^2}}{2} \left[ W^* \left( \frac{\pi}{2\tilde{a}} + i \frac{\tilde{a}}{2} \right) - W \left( \frac{\pi}{2\tilde{a}} + i \frac{\tilde{a}}{2} \right) \right] \right|^2, \quad (17)$$

где  $\tilde{a} = a/w_0$ ,  $\tilde{b} = b/w_0$ .

На рис. 2 приведена зависимость  $\eta(\tilde{a}, \tilde{b})$ , рассчитанная по формуле (17). Как видно из рисунка, при  $\tilde{a} = 2,844$  и  $\tilde{b} = 1,980$  эффективность возбуждения волны  $TE_{10}$  в прямоугольном волноводе, расположенном в центре плоского зеркала ОР, с помощью основного колебания резонатора  $TEM_{00q}$  максимальна и равна 0,881.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в отрезке прямоугольного волновода, выполненного в центре одного из зеркал ОР, с эффективностью  $\approx 90\%$  возбуждается основная волноводная волна с помощью колебания  $TEM_{00q}$  ОР. Поскольку почти вся мощность идет на возбуждение этой волны, то такая открытая электродинамическая система должна иметь одночастотный отклик в широкой полосе частот.

При этом сам волновод является сверхразмерным с поперечными размерами  $\tilde{a} = 2,844$  и  $\tilde{b} = 1,980$ . Поэтому такая система идеально подходит для измерения сверхслабого свечения семян зерновых культур при их облучении ЭМП мм диапазона. Кроме того, учитывая поперечные размеры волновода, довольно просто решается задача о размещении кюветы с семенами в области с одной и той же напряженностью ЭМП.

### Библиографический список

1. Фокс А., Ли Т. Резонансные типы колебаний в интерферометре квантового генератора; пер. с англ. // Лазеры. Сб. статей под ред. М.Е.Жаботинского и Т.А. Шмаонова. М.: ИЛ, 1963. С.325-362.
2. Шестопалов В.П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники. Киев: «Наукова думка», 1985. Т. 1. 218 с.; Т 2. 225 с.
3. Егоров В.Н. Резонансные методы исследования диэлектриков на СВЧ // Приборы и техника эксперимента. 2007. №2. С.5-38.
4. Afsar M., Li X., Chi H. An automated 60 GHz open resonator system for precision dielectric measurement // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. 1990. No 38/12. P. 1845 – 1853.
5. Zwick T., Chandrasekhar A. Determination of the complex permittivity of packaging materials at millimeter-wave frequencies // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. 2006. No 54/3. P. 1001–1010.
6. Kay A. Near-field gain of aperture antennas // IRE Trans. on Antennas and Propagation. 1960. No 8/6. P. 586–593.
7. Kuzmichev I. Excitation efficiency of quasioptical resonance systems // Telecommunications and Radio Engineering. 2009. No 68/1. P. 49–63.
8. Кюн Р. Микроволновые антенны; пер. с англ. Л.: Судостроение, 1967. 518 с.
9. Градштейн И. С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений; 4 изд. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963. 1108 с.
10. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов; 13- изд. М.: Наука, 1986. 544 с.
11. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. М.: Радио и связь, 1981. 440 с.
12. Глоге Д. Расчет оптических резонаторов и линзовых систем; пер. с нем. и англ. под ред. Б. З. Каценеленбаума и В.В. Шевченко // Квaziоптика. М.: Мир, 1966. С. 280–314.
13. Духанин С. А., Нестерова Н. В., Прасол Д. А. Сравнительный анализ энергосберегающих источников света акцентного освещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 198-201.

## ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

магистрант **Чунин И.Н.**

канд. техн. наук **Кошлич Ю.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Мониторинг энергопотребления является мощным инструментом при разработке и анализе внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности. Количественные показатели электропотребления зависят от большого числа факторов (количество людей в помещениях, времени суток, установленного оборудования и т.п.) [1]. Наиболее наглядное изменение потребления можно увидеть при ежедневном и круглогодичном наблюдении. Для снабжения электроэнергией общежития №1 БГТУ им. В. Г. Шухова имеются 2 электрических ввода, оснащённых электросчётчиками Меркурий 230 ART03RN ((№ 01829605) и (№ 00565044)) с трансформаторами тока. Цифровой интерфейс RS-485 указанных приборов учета позволяет осуществлять удаленный мониторинг и анализ основных параметров электрической сети при помощи автоматизированной системы диспетчерского управления распределенными энергоресурсами БГТУ им. В.Г. Шухова (АСДУ) [2].

На рис. 1 представлено среднесуточное электропотребление общежития №1 на основе информации, полученной из базы данных АСДУ [3]. Минимальное потребление в будний день учебного года (02.11.16) в 05:00 составило порядка 34,48 и 25,8 кВт соответственно для каждого электрического ввода. Дневное потребление составило в среднем 45-50 кВт и 90 – 118кВт по каждому из вводов электроэнергии. А пик нагрузки в этот день пришёлся на 03.11.16 01:00 и составил около 140,51 и 232,42 кВт соответственно.

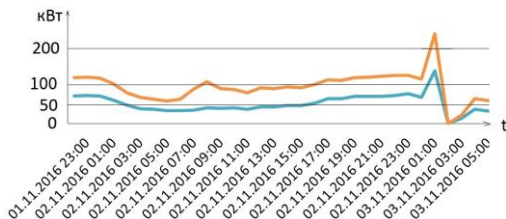


Рис.1 Суточное среднестатистическое электропотребление общежития №1

Как видно из графика (рис.1) активное потребление начинается примерно с 07:00. Связано это с тем, что студенты начинают просыпаться на занятия и пользоваться электроприборами. С течением времени показатели достигают среднего значения. Но к вечеру потребление вновь возрастает, т. к. естественный свет становится недостаточным и большая часть проживающих находится в общежитии, пользуясь электроприборами. Снижение начинается с 01:00, когда студенты начинают ложиться спать. Затем цикл повторяется.

Аналогичную параллель можно провести и с недельным наблюдением. Около 70% студентов уезжают на выходные домой, и не используют электроприборы, поэтому в выходные дни потребление минимально. Для примера возьмём промежуток времени с 15:00 до 21:00 каждого дня, в течение недели (рис. 2), где наглядно видно, что в выходной день потребление значительно ниже.

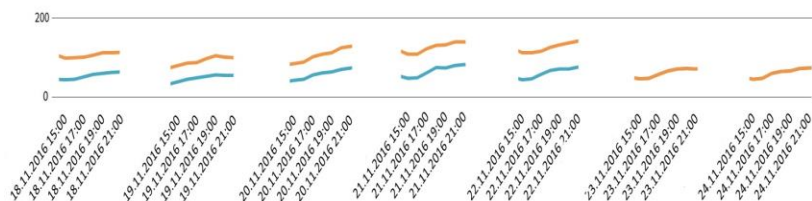


Рис.2 Потребление электроэнергии в течение недели

Его возможно снизить благодаря отключению одного лифта и части (1/2 или 1/3) освещения в ночное время в коридорах и секциях, а также заменить люминесцентные лампы освещения на светодиодные. Один из ключевых параметров – мощность. Именно эта характеристика определяет уровень энергоэффективности лампы. Так, светодиодные источники света потребляют в несколько раз меньше электроэнергии, чем все существующие аналоги, включая и люминесцентные исполнения. При этом световой поток у энергосберегающих осветительных элементов одинаково интенсивный. При уровне мощности с разницей в 3 раза (для диодных – 5 Вт, для компактных люминесцентных аналогов – 15 Вт) световой поток составит 450 лм в обоих случаях. Но при этом эффективность светоотдачи (лм/Вт) будет выше у светодиодных источников света по причине небольшого уровня энергопотребления.

Для примера рассмотрим люминесцентную лампу Philips MASTER TL-D Super 80 18W/865 1SL/25 и светодиодную Philips ESSENTIAL LEDtube 600mm 9W840 T8 AP I [5].



Таблица 2

**Технические характеристики ламп**

Тип лампы	Люминесцентная	Светодиодная
Форма лампы/Колбы	линейная	линейная
Цоколь	G13	G13
Мощность лампы	18 Вт	9 Вт
Световой поток	1300 лм	800лм
Индекс цветопередачи	80-89 (класс 1B)	80-89 (класс 1B)
Цветовая температура	6500K	4000K
Цветовой код света	865	840
Цветность света по стандарту	Холодный дневной >(5300K)	Холодно-белый (3300-5300K)
Диаметр трубки	26мм	26мм
Длина	604мм	600мм
Внутр. Отражатель	нет	Нет
Угол светового пучка	360	150
Цвет	белый	Белый
Область применения	Общего назначения	Общего назначения
Класс энергоэффективности	A	A
Средний срок службы	15000 ч	30000 ч

Оба варианта рассматриваемых ламп работают при высоких температурах окружающей среды (60-70 градусов). Срок службы у светодиодных аналогов заметно дольше: от 30 000-50 000 часов. К тому же данный вид лампы является полностью безопасным, так как не содержит вредных веществ [4].

Еще одна особенность люминесцентных видов – задержка при включении. Диодные аналоги срабатывают моментально, к тому же этот вид источника света характеризуется полным отсутствием мерцания.

В общежитии №1 весной 2016 года была произведена замена люминесцентных ламп освещения коридора на светодиодные. Проведя мониторинг потребления электроэнергии за апрель месяц в последние 3 года мы видим, что данное мероприятие позволило снизить энергопотребление в среднем до 15%. Результаты представлены в таблице 2.

Таким образом, мониторинг и анализ электропотребления является важным инструментом для разработки и анализа внедрения технологических и организационных мероприятий по повышению энергоэффективности.

Для общежития № 1 можно отметить, что здесь кроется достаточно большой потенциал для снижения энергопотребления.

Таблица 2

## Контрольные показания приборов активной электрической энергии.

Наименование и адрес объекта	№ счёт-чика	Транс. тока	показания счётчиков		Фактический расход кВт·ч
			Предыдущие	На момент снятия	
Общежитие №1 ул. Костюкова д.44 (газовые плиты) 2014	00565044	200/5	71192571	71896845	28 171.5
	01829605	400/5	42448618	43015949	45 386.5
Общежитие №1 ул. Костюкова д.44 (газовые плиты) 2015	00565044	200/5	80157606	80890317	29 308.1
	01829605	400/5	4925882	49804420	43 675.7
Общежитие №1 ул. Костюкова д.44 (газовые плиты) 2016	00565044	200/5	88927055	89611646	27 383.6
	01829605	400/5	54405423	54838750	34 665.7

Например, установка датчиков движения на лестничных клетках 3, 5 и 8 этажей, так же снизит энергозатраты на освещение.

### Библиографический список

1. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Перспективы применения современных статистических и детерминированных методов прогнозирования в системах мониторинга энергопотребления / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 192-196.
2. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Реализация коммуникационного взаимодействия оборудования нижнего функционального уровня в системах диспетчеризации на основе анализа проводных линий связи / Телекоммуникации. 2016. № 2. С. 10-15.
3. Электропотребление в режиме реального времени: [Электронный ресурс] <http://ntk.intbel.ru/energo/> (Дата обращения 1.12.2016).
4. Proosveschenie.ru. Информация о различиях светодиодных и люминесцентных ламп [Электронный ресурс] <http://proosveschenie.ru/dlya-doma-i-kvartir/sravnienie-lyuminescentnykh-lamp-ot-svetodiodnykh.html>. (Дата обращения 1.12.2016).
5. АВСЭлектро. Интернет-магазин Технические характеристики приведенных ламп [Электронный ресурс] <https://avselectro.ru/catalog/4152-lampy-svetodiodnye/605199> (Дата обращения 1.12.2016).

# **Секция 5. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ**

студент **Вердиев Н.Ф.**

студент **Гусев В.С.**

канд. техн. наук, доц. **Тихомирова Т.И.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

На сегодняшний день широко используются теплоизоляционные материалы, применяемые в строительстве жилых и промышленных зданий, трубопроводов с целью уменьшить тепловые потери в окружающую среду.

Любые промышленные или жилые здания необходимо грамотно теплоизолировать. От этого зависит надежность конструкций, комфортность проживания, самочувствие.

Использование теплоизоляционных материалов позволяет уменьшить толщину и массу стен, снизить расход основных конструктивных материалов и соответственно снизить стоимость строительства.

Выбирая теплоизоляционный материал необходимо учитывать следующие их свойства:

1. Теплопроводность. Самый важный показатель любого теплоизоляционного материала. Теплопроводность влияет на количество материала, необходимое для утепления той или иной конструкции, т.е. стоимость решения по утеплению объекта.

2. Водопоглощение. Показатель водопоглощения характеризуется количеством воды, которое поглощает сухой материал при контакте с влагой. Чем больше влаги способен накопить теплоизолятор, тем хуже будет его теплоизоляционная способность.

3. Долговечность. Это способность материала в насыщенном влажной состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и изменения геометрии. От этого показателя зависит долговечность всей конструкции.

4. Прочность. К важнейшим физико-механическим свойствам теплоизоляции относят прочность.

5. Экологичность. Теплоизоляция должна изготавливаться из абсолютно безопасного сырья [2].

Теплоизоляционные материалы классифицируют по виду основного сырья, форме и внешнему виду, структуре, плотности, жесткости и теплопроводности.

По структуре теплоизоляционные материалы классифицируют на волокнистые (минераловатные, стекло-волокнистые), зернистые (перлитовые, вермикулитовые), ячеистые (изделия из ячеистых бетонов, пеностекло).

Теплоизоляционные материалы по виду основного сырья подразделяются на:

1. Органическая теплоизоляция – производится из различного вида растительного сырья: опилок, стружек, торфа, шерсти животных.

2. Неорганическая теплоизоляция. К ней относится минеральная вата, стекловолокно и т.п.

Минеральная вата является самым распространенным материалом на данный момент. Производится из минерального сырья: доломитов, базальтов и других ископаемых.

Преимущества: хорошие теплоизолирующие свойства, практически не впитывает влагу, морозостойкая, может служить дополнительной звукоизоляцией, не горит, долговечная, не меняет своих характеристик, не подвержена гниению, «дышит».

Минеральная вата сегодня используется намного чаще, чем раньше, и она уже стала постепенно вытеснять традиционный полистирол. Все дело в том, что минеральная вата практически не боится огня. По своей структуре она является крупноволокнистым утеплителем, для производства которого применяются углеродистые сплавы. Именно благодаря им утеплитель обладает своими высокими показателями и большим сроком службы [2].

Стекловолокно – это уникальный строительный материал, который изготавливают путем расплавления неорганического стекла.

Сейчас для получения стекловолокнистого материала используют отходы стекольной промышленности, стеклянный бой, доломит, песок, известняк, соду и другие компоненты.

Стекловолокно обладает особыми качественными характеристиками, благодаря которым его можно использовать в разных сферах. Это практичный материал, который не гниет, не горит, не впитывает влагу. Важным фактором является небольшая плотность и отличное тепловое сопротивление, которое достигается, благодаря некоторому количеству воздуха внутри материала [3].

Рост тарифов на энергетические ресурсы заставляет потребителей искать более эффективные способы и технологии сбережения тепла в своих домах. Утепление фасадов является одним из способов решения этой проблемы.

Утепление дома с внешней стороны является более предпочтительным вариантом в виду нескольких причин, в том числе в связи с необходимостью защиты несущих конструкций от воздействия внешней среды, отсутствие уменьшения жилой площади дома, а также эстетическая составляющая. Современный рынок предлагает несколько видов материалов и вариантов утепления фасадов [1].

При подборе утеплителя важно учитывать не только его теплоизоляционные свойства, но и другие эксплуатационные показатели, в частности – пожаробезопасности, экологичность и срок службы.

В настоящее время на территории РФ строительные организации применяют преимущественно три типа систем теплоизоляции зданий:

1. С вентилируемым фасадом, достоинством которой является наличие вентилируемого воздушного промежутка между слоем утеплителя и облицовкой, что улучшает теплотехнические характеристики утеплителя, т.е. последний всегда находится в сухом состоянии, и то, что работы можно производить при отрицательных температурах.

2. С колодезной кладкой, наиболее часто применяемая в строительстве и относительно недорогая. Монтаж системы также может производиться при отрицательных температурах.

3. Многослойная система "мокрого" типа, наиболее универсальна и применяется во многих странах Европы в качестве основной системы теплоизоляции фасадов. Она фактически имеет только один недостаток – монтаж может осуществляться только при температуре воздуха не ниже + 5°C. Утепление по этой системе вновь строящихся и существующих зданий обеспечивает требуемые новыми нормами сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций. Устройство такой теплоизоляции существующих крупнопанельных, крупноблочных домов снимает все проблемы, связанные с протечками, промерзанием, сыростью, улучшает микроклимат в помещениях, так как защитный слой, образно говоря, "дышит".

Теплоизоляционные материалы должны быть биостойкими т. е. не подвергаться гниению и порче насекомыми и грызунами, сухими, с малой гигроскопичностью так как при увлажнении их теплопроводность значительно повышается, химически стойкими, а также обладать тепло и огнестойкостью [4].

Применение тепловой изоляции для строящихся объектов и установка ее при реконструкции позволит обеспечить повышение энергоэффективности и снижение энергетических потерь.

### **Библиографический список**

1. Букин А. Строительство: новые технологии, новое оборудование. № 8, 2011. 21 с.
2. Горлов Ю.П., Меркин А.П. Технология теплоизоляционных материалов. М.: СТРОЙИЗДАТ, 1980. 399 с.
3. Евстегнеева Ю.А. Эффективные материалы для изоляционных работ // Технологии бетонов. 2005. № 1. 23-25 с.
4. Основин В.Н., Шуляков Л.В. Справочник по строительным материалам. М.: Ростов на Дону: Феникс. 2007. 444 с.
5. Пучка О.В., Сергеев С.В., Вайсера С.С., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы на основе техногенного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 51-55.

## **ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА АРМАТУРЫ НА ПЛОТНОСТЬ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА В БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

канд. техн. наук **Выборнов Д.В.**

студент **Негода И.Н.**

*«Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций зданий и сооружений остается актуальной задачей наряду со снижением материалоемкости процесса возведения строительных конструкций и улучшением их теплотехнических показателей [1]. Во многих развитых странах энергоэффективность поддерживается на законодательном уровне. Теплофизические характеристики строительных материалов являются одним из важнейших факторов в строительстве, поскольку определяют как величину термического сопротивления, так и интенсивность воздухопроницания через ограждения. На сегодняшний день одним из перспективных направлений в строительстве является применение композитной арматуры. К примеру, базальтовая арматура обладает низким коэффициентом теплопроводности, радиопрозрачна, является диэлектриком, а также магнитоинертна, чего нельзя сказать о стальной арматуре [2, 3, 4]. При этом недостаточно исследованным является распределение температурных полей в ограждающих конструкциях, включающих в себя стекловолоконистую арматуру.

Цель работы заключается в сравнительном анализе распределения теплового потока в участке наружной стены, включающей в себя армопояс из стальной арматуры и композитной арматуры.

В результате расчетно-аналитических исследований было изучено влияние наличия арматурных поясов с разным материалом стержней на величину плотности теплового потока. При использовании стальной арматуры увеличивается средняя теплопроводность армопояса за счет наличия теплопроводных включений, т.е. данная конструкция представляет своего рода «мостик холода», что неблагоприятно влияет на термическое сопротивление всей ограждающей конструкции и может привести к увеличению тепло- и влагопереноса через конструкцию стены. При использовании арматуры из композитных материалов, коэффициент теплопроводности которой значительно ниже, чем у стальной, среднее термическое сопротивление армопояса увеличивается, т.к. стекловолокно представляет собой нетеплопроводные включения [3]. Очевидно, что снижение температуры ограждения приводит к увеличению содержания влаги в материале. При этом его коэффициент теплопроводности увеличивается, что приводит к ухудшению теплотехнических характеристик теплоизоляционного материала.

Для визуальной оценки процесса теплопереноса были произведены расчеты и построены графики распределения теплового потока в толще ограждения при помощи программного обеспечения «Heat 2».

Поскольку для большинства рассматриваемых в строительной теплофизике случаев температура в любых точках среды принимается постоянной во времени, то дифференциальное уравнение температурного поля в стационарных условиях теплопередачи будет описано уравнением для общего случая (1) и для двумерного температурного поля (2)

$$\frac{dt}{dz} = a \cdot \left( \frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} + \frac{d^2t}{dz^2} \right); \quad (1)$$

$$\frac{dt}{dz} = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma} \cdot \left( \frac{d^2t}{dx^2} + \frac{d^2t}{dy^2} \right). \quad (2)$$

В данном случае были заданы граничные условия первого рода, которые состоят в задании распределения температур на поверхности тела в любой момент времени. В данном случае температура на поверхности была принята постоянной в течение всего процесса теплообмена и была принята равной температуре окружающей среды.

$$t|_n = f(\tau); \quad (3)$$

$$\begin{cases} t|_{нар} = t_{p.o.} = \text{const} = -22; \\ t|_{ен} = t_{ен} = \text{const} = 20. \end{cases} \quad (4)$$

При этом под рассматриваемой следует понимать плоскость, параллельную направлению вектора теплового потока и перпендикулярную продольной оси армопояса. В ограждающих конструкциях такое поле характерно при наличии элементов нетеплопроводных включений, длина которых значительно превышает ширину и высоту. Распределение температуры во всех плоскостях, параллельных плоскости поперечного сечения рассматриваемых элементов можно будет принять аналогичным. Полученная краевая задача решается с помощью метода конечных разностей [5].

В процессе исследования были рассмотрены две задачи. В первом случае при толщине стены 300 мм из легкого бетона ( $\lambda_c = 0,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) исследовалось поведение тепловых потоков при наличии армопояса, в котором используется стальная арматура. Средняя теплопроводность армопояса принята  $\lambda_{a.п.} = 2,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Во втором случае был рассмотрен армопояс с использованием композитной арматуры  $\lambda_{a.п.} = 1,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  в стене, выполненной из аналогичного материала. Результаты моделирования показаны на рис. 1.

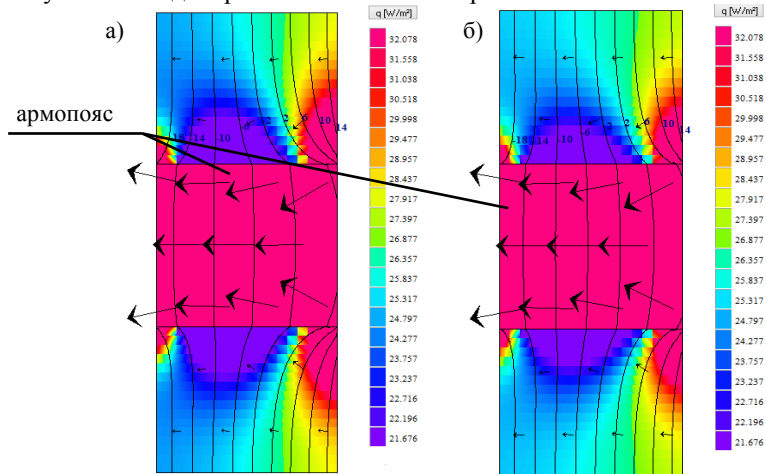


Рис. 1. Распределение теплового потока и расположение изотермических поверхностей в толще ограждающей конструкции с армопоясом



По данным расчета тепловой поток в толще стены составляет  $q_c = 24,2 \text{ Вт/м}^2$ , в толще арматурного пояса со стальной арматурой  $q_{a.п.} = 166 \text{ Вт/м}^2$ , а в толще арматурного пояса с арматурой из стекловолокна  $q_{a.п.} = 128 \text{ Вт/м}^2$ .

При дальнейших исследованиях необходимо учитывать такие влияющие на процесс теплообмена факторы, как пространственное расположение арматуры в конструкции, возможность деформации (расслаивания) материала композита стержней, а также направление вектора теплового потока относительно продольной оси волокон [6].

Вывод: с теплотехнической точки зрения можно сказать, что использование арматуры из стекловолокна и другой композитной арматуры приводит к снижению теплового потока на 23%, что существенным образом отразится на теплотехнической характеристике здания, улучшит термическое сопротивление стен, повысит температуру на внутренней поверхности участков ограждающих конструкций в месте прокладки армопоясов. Также необходимы дальнейшие исследования для уточнения распределения изотермических поверхностей в таких теплотехнически неоднородных конструкциях, как арматурные пояса, но уже сейчас можно сказать, что использование композитной арматуры в данных узлах строительных конструкций является более предпочтительным, если применение данного типа арматуры не ухудшает прочностных характеристик.

### Библиографический список

1. Негода И.Н., Выборнов Д.В. Сравнительный анализ нормативной базы для проведения энергосберегающих мероприятий / Збірник тез доповідей за матеріалами конференції «Науково-технічні досягнення студентів, аспірантів, молодих вчених будівельно-архітектурній галузі». Макіївка, 2016. С. 191-192.
2. Окольников Г.Э., Герасимов С.В. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве // «Экология и строительство». 2015. № 3. С. 14-21.
3. Климов Ю. А. Современная композитная базальтовая арматура для армирования бетонных конструкций // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. 2010. С. 16.
4. Теплова Ж.С., Киски С.С., Стрижкова Я.Н. Стеклопластиковая арматура для армирования бетонных конструкций // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9 (24). С.49-70.
5. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий; Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.
6. Янковский А. П. Моделирование процессов теплопроводности в пространственно армированных композитах с произвольной ориентацией волокон // Прикладная физика. 2011. №. 3. С. 32-39.

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ С ТРУБЧАТЫМИ ТЕПЛООБМЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

доц. Губарев А.В.  
студ. Бычихин С.А.

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В процессе создания и конструирования теплообменного оборудования перед конструктором встает вопрос повышения интенсивности процессов теплообмена в проектируемом аппарате. За счет интенсификации процесса теплопередачи уменьшается необходимая площадь поверхности теплообмена, а, следовательно, габариты, металлоемкость и масса теплообменника. Однако, предлагая конструктивные способы повышения интенсивности теплообмена, необходимо иметь в виду, что при этом весьма нежелательными сопутствующими явлениями могут стать, например, значительное повышение затрат энергии на осуществление технологического процесса в проектируемом оборудовании, усложнение и удорожание производства и обслуживания аппарата. В связи с этим задача выбора наиболее эффективного и рационального способа повышения интенсификации теплообмена в трубчатых теплообменниках, являющегося при этом наименее энерго-, материало-, капитало- и трудозатратным, представляется весьма актуальной.

В качестве конструктивных мероприятий, позволяющих повысить интенсивность конвективного теплообмена в рекуперативных трубчатых теплообменниках, обычно предлагаются минимизация термического сопротивления теплообменной поверхности, использование развитой поверхности теплообмена, искусственная турбулизация потока, изменение скорости потока [1–2, 5].

Термическое сопротивление теплообменной поверхности зависит от толщины стенки и коэффициента теплопроводности материала трубок. Таким образом, создание условий, позволяющих уменьшить толщину стенки труб, обусловит некоторое повышение интенсивности теплообмена. Однако, материалы, применяемые для изготовления труб теплообменного оборудования, обладают весьма значительной теплопроводностью. Таким образом, термическое сопротивление непосредственно теплообменной трубы не является определяющим. Необходимо отметить, что в процессе эксплуатации аппарата, теплоносителями в

котором являются вода, загрязненные газы, например, продукты сгорания органического топлива и т.п., на поверхностях нагрева обычно накапливаются отложения, увеличение толщины которых значительно ухудшает теплообмен в поверхности нагрева. То есть в качестве основных конструктивных способов, позволяющих минимизировать термическое сопротивление теплообменной поверхности, необходимо выделить способы, позволяющие осуществлять своевременную очистку внутренних и наружных поверхностей нагрева с наименьшими затратами времени и материалов. С этой точки зрения наиболее перспективными представляются разборные конструкции теплообменных аппаратов.

Интенсификация конвективного теплообмена может достигаться также за счет оребрения или ошпиковки теплообменных поверхностей. В этом случае количество тепла, передаваемого от одного теплоносителя другому, растет из-за увеличения поверхности теплообмена. Положительным моментом в рассматриваемом случае является также то, что ребра и шипы омываются со всех сторон одним и тем же теплоносителем с одним и тем же давлением. Таким образом, толщина ребер и шипов выбирается не из условий прочности и может быть значительно меньшей, по сравнению с толщиной стенок труб. Однако использование ошпикованных и оребренных поверхностей нагрева значительно усложняет расчет и изготовление теплообменного аппарата, а, следовательно, повышает его стоимость. Кроме того, наличие ребер и шипов повышает затраты энергии на перекачку теплоносителей.

Искусственная турбулизация потока осуществляется за счет установки или формирования в трубах или каналах турбулизаторов. В качестве указанных мероприятий часто применяются, например, навивка на трубы спиральных ребер, установка на входе в канал завихрителей, формирование на трубах плавных кольцевых выступов и т.д. Такие мероприятия также усложняют конструкцию оборудования и увеличивают гидравлическое сопротивление, а следовательно и затраты на перекачку теплоносителей. Увеличение скорости потока позволяет повысить интенсивность конвективного теплообмена. Конструктивно увеличение скорости потока в межтрубном пространстве теплообменника достигается при уменьшении шага расположения труб в трубных решетках. При этом очевидными являются две проблемы.

Первой из этих проблем является существенное увеличение потерь давления на преодоление гидравлического сопротивления трубного пучка, величина которых зависит от квадрата скорости. Необходимо отметить, что в рассматриваемом случае рост гидравлического сопротивления значительно превышает рост теплоотдачи [2]. В качестве ва-

рианта, позволяющего в некоторой степени снизить гидравлическое сопротивление трубного пучка при поперечном омывании труб потоком теплоносителя, протекающего в межтрубном пространстве, может быть предложено использование вместо труб круглого сечения трубок плоскоооальной формы, ориентированных большей осью вдоль потока [3]. Такие трубки при минимальных затратах могут быть изготовлены обжатием труб круглого сечения. Кроме того, при использовании плоскоооальных труб может быть повышена компактность аппарата.

Второй существенной проблемой является необходимость при конструировании теплообменного оборудования соблюдения требований к размещению труб в трубных решетках, исходя из условий прочности ослабленных отверстиями элементов сосудов, работающих под давлением. В качестве решения может быть предложен вариант, успешно применяющийся в котлах типа ДЕ для ввода в барабаны труб, установленных вплотную и образующих газоплотную перегородку, отделяющую топочную камеру от конвективного газохода [4]. Концы таких труб обсаживаются до меньшего диаметра, позволяющего соответствовать условиям прочности оборудования и его элементов.

Таким образом, в каждом конкретном случае к выбору конструктивного метода интенсификации процессов теплопередачи в теплообменном оборудовании необходимо подходить комплексно, всесторонне оценивая и сравнивая эффект от повышения интенсивности процессов теплоотдачи и компактности аппаратов с затратами материалов, финансовых средств, труда и энергии на осуществление интенсифицирующих теплообмен мероприятий, а также на эксплуатацию оборудования.

### **Библиографический список**

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 208 с.
2. Горшенин, А.С. Методы интенсификации теплообмена: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. 82 с.
3. Пат. 1834692 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> В 01 D 47/04. Устройство для очистки запыленных горячих газов / Кулешов М.И., Петрунов О.А., Носатов В.В., Гришко Б.М.; заявитель Белгор. технол. ин-т строительных материалов; патентообладатели Кулешов М.И., Петрунов О.А., Носатов В.В. – № 4918788; заявл. 31.01.91; опубл. 15.08.93, Бюл. № 29-2000. – 3 с.
4. Паровые и водогрейные котлы: справочное пособие. СПб.: Изд-во «Деан», 2000. 192 с.
5. Минко В.А., Семенов А.С., Гунько И.В., Елистратова Ю.В. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 32-35.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОНТУРА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

ассистент **Долгов Н.В.**

канд. техн. наук, доц. **Удовиченко З.В.**

*Донбасская национальная академия строительства и  
архитектуры, г. Макеевка*

Несмотря на достигнутые результаты по исследованию потокораспределения на индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) с различными теплообменными аппаратами и смесительными устройствами остаются недостаточно изученными вопросы, связанные с работой ИТП на базе многоконтурного теплообменного аппарата (МТА).

С этой целью были проведены экспериментальные исследования гидравлических и тепловых характеристик работы контура горячего водоснабжения (ГВС) в МТА и определены факторы, влияющие на эффективную работу контура ГВС.

Потребителями тепловой энергии от систем централизованного теплоснабжения в городах обычно являются здания коммунального назначения, энергия которым подается в первую очередь на санитарно-технические нужды – отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Наибольшей нагрузкой на тепловые сети являются, как правило, системы отопления. Схемы подключения систем отопления к тепловой сети зависят от вида теплоносителя, различных параметров в тепловой сети и в системе отопления, давления в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети и назначения здания.

Подключение систем ГВС к тепловым сетям осуществляют по двум основным схемам – зависимой и независимой. При независимой схеме к тепловой сети подключают поверхностные теплообменные аппараты, при зависимой – теплоноситель отбирается непосредственно из тепловой сети. В последнем тепловую сеть называют открытой, с теплообменными аппаратами – закрытой.

При использовании открытой системы ГВС в зависимости от температуры наружного воздуха вода на горячее водоснабжение отбирается из подающего или обратного трубопровода тепловой сети. Если температура теплоносителя в подающем трубопроводе превышает 60°C, то воду на нужды ГВС подготавливают в смесительных устройствах путем смешения теплоносителей из подающего и обратного трубопроводов. Открытая схема ГВС применяется только

если это экономически обосновано, то есть если в тепловой сети осуществляется не большой водоразбор и в целом затраты не превышают затрат на обслуживание теплообменных аппаратов при независимом подключении [1].

Наибольшее распространение в странах СНГ получили схемы теплоснабжения с независимым подключением от центральных тепловых пунктов (ЦТП). В зависимости от характера нагрузки на тепловую сеть различают две основные схемы подключения теплообменных аппаратов в системах ГВС: параллельная и двухступенчатая [1, 2].

В настоящее время широкое распространение получают системы теплоснабжения на базе индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), что позволяет снизить затраты на монтаж, устройство лотков для трубопроводов и эксплуатационные затраты на разветвленную внутриквартальную тепловую сеть при подключении потребителя от ЦТП.

В качестве теплообменного оборудования для ИТП, как правило, применяются пластинчатые теплообменные аппараты, но, несмотря на ряд достоинств, они являются дорогостоящим оборудованием. Поэтому авторами предлагается использование теплообменных аппаратов змеевикового типа [3].

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (г. Макеевка) на экспериментальной установке для исследования тепловых характеристик энергетических потоков в ИТП с МТА.

Испытания проводились при установившемся температурном и гидравлическом режиме на ИТП с МТА. Интервал снятия показаний с измерительных приборов составлял 25-30 мин.

Для разработки плана планирования эксперимента на основе априорной методики были выявлены факторы, влияющие на работу ИТП, а входные параметры в ходе эксперимента изменялись от нижней до верхней границы варьирования [4, 5].

Функцией отклика был определен расход жидкости в контуре горячего водоснабжения  $Y_{ГВС} x_1, \dots, x_n$ , м<sup>3</sup>/с.

Перед разработкой плана эксперимента были определены уровни варьирования факторов, влияющих на расход жидкости в контуре горячего водоснабжения ( $G_{ГВС}$ ), выявленных на основе априорной информации, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Уровни варьирования факторов эксперимента  
регрессионного анализа**

Входные параметры факторов	Уровни факторов			Интервал варьирования
	Нижний -1	Основной (нулевой)	Верхний +1	
$x_1$ – расход теплоносителя в контуре теплоснабжения $G_{TC}$ , м <sup>3</sup> /с	0,104	0,1125	0,121	0,0085
$x_2$ – разница давлений в контуре тепловой сети $\Delta P_{TC}$ , кПа	19,81	26,055	32,3	6,245
$x_3$ – Разница давлений в контуре ГВС $\Delta P_{ГВС}$ , кПа	0,91	1,005	1,1	0,095
$x_4$ – температура воды на выходе из теплообменного аппарата в контуре ГВС $G_{ГВС}$ , °С	49,5	53,5	57,5	4
$x_5$ – температура наружного воздуха, $t_n$ , °С	-20	-5	+8	15

Предположим, что эффекты взаимодействия факторов в исследуемом объекте маловероятны и пренебрежимо малы, поэтому будем пользоваться  $\frac{1}{4}$  репликой полного факторного эксперимента и проведем дробный факторный эксперимент типа  $2^{5-2}$ . Применяв процедуру смешивания, составим матрицу плана дробного факторного эксперимента, которая представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Матрица планирования эксперимента**

№	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_7$	$B_8$	1	2	Среднее	Модель	Построчная
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 \cdot X_2 \rightarrow X_4$	$X_1 X_2 X_3 \rightarrow X_5$	$X_2 X_1 X_3$	$X_3$	$G_{ГВС}$	$G_{ГВС}$	$\bar{y}_{cp}$	$Y_{mod, Гот}$	Дисперсия $S_j^2$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,04	0,041	0,0615	0,04052	$5 \cdot 10^{-7}$
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,045	0,048	0,0605	0,046482	$5 \cdot 10^{-7}$
3	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	0,055	0,05	0,06	0,054018	0
4	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	0,056	0,05	0,06	0,052972	0
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,058	0,06	0,06	0,058982	0
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,06	0,06	0,06	0,060002	0
7	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	0,061	0,06	0,0605	0,058992	$5 \cdot 10^{-7}$
8	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	0,062	0,061	0,06	0,061518	0

Проверяя гипотезу о воспроизводимости опытов, получим: сумма построчных выборочных дисперсий составит  $j=1NSj2=5,95 \cdot 10^{-5}$ , расчетное значение критерия  $G_p = 0,53781512$ . По таблице распределения Кохрена при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  критическое значение критерия Кохрена составит  $G_{кр} = 0,6798$ . Таким образом,  $G_p < G_{кр}$ , следовательно, гипотеза об однородности дисперсий принимается.

Уравнение математической модели с учетом парных взаимодействий будет иметь вид

$$Y_{(x_1, \dots, x_5)} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{j=1}^k \sum_j b_i x_i x_j, \quad (1)$$

где  $b_0$  – свободный член;  $b_i$  – коэффициент при линейных членах, отражающий влияние  $i$ -го фактора на функцию отклика;  $k$  – число входных параметров;  $x_i$  – нормированное значение фактора;  $i, j$  – индексы при обозначении переменных.

Определим коэффициенты уравнения регрессии, представленные в табл. 3.

Таблица 3

**Численные значения коэффициентов регрессии  
для контура ГВС ( $G_{ГВС}$ )**

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{123}$	$b_{23}$	$b_{13}$
0,121688	-0,06856	0,064813	-0,07356	-0,06819	0,066813	-0,06981	0,067313

Проверим значимость коэффициентов регрессии. Дисперсия коэффициентов уравнения регрессии в данном случае составит  $Sb = Sb2 = 6,81 \cdot 10^{-4}$ . Значение доверительного интервала для коэффициентов регрессии при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  составит  $\Delta b_j = 0,00157311$ . Из сопоставления доверительного интервала  $\Delta b_j$  с абсолютными значениями коэффициентов модели приходим к выводу, что все коэффициенты являются значимыми [6]. Таким образом, окончательное уравнение регрессии в реальных физических величинах можно записать в виде

$$\begin{aligned} Y_{\text{мод}, G_{ГВС}} = & 8,362 - 97,14 \cdot G_{TC} + 0,1296 \cdot \Delta P_{TC} - \\ & - 10,78 \cdot \Delta P_{ГВС} + 116,2 \cdot G_{TC} \cdot \Delta P_{ГВС} + 0,0239 \cdot \Delta P_{TC} \cdot \Delta P_{ГВС} + \\ & + 0,0433 \cdot G_{TC} \cdot \Delta P_{TC} - 1,259 \cdot \Delta P_{ГВС} \cdot G_{TC} \cdot \Delta P_{TC} \end{aligned} \quad (2)$$



Адекватность полученной имитационной модели подтверждается сравнением данных, рассчитанных аналитически, с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований (рис. 1).

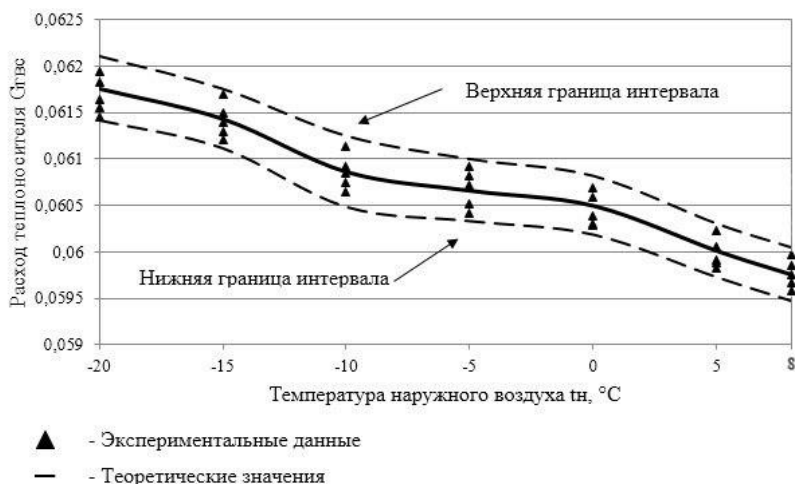


Рис. 1. Доверительный интервал расхода теплоносителя для контура горячего водоснабжения в зависимости от изменений температуры наружного воздуха

По результатам полученных экспериментальных данных, видно, что эффективная работа контура горячего водоснабжения достигается за счет использования бака аккумулятора, размещенного на теплообменном аппарате, который сглаживает пиковую нагрузку в системе теплоснабжения. Все полученные значения исследуемого параметра лежат в пределах доверительного интервала.

### Библиографический список

1. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – К.: П ДП «Такі справи», 2003. 176 с.
2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты, автоматика и регулирование. – К: П ДП «Такі справи», 2007. 252 с.
3. Кузник И.В. Централизованное теплоснабжение. Проектируем эффективность: монография. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 156 с.
4. Спирин Н.А., Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. 257 с.
5. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия. Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003. 363 с.

## АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ ДЕВЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

инженер **Калмычѐк А.С.**

*ООО «Губахинская энергетическая компания»,*

*г. Губаха*

Дом по адресу ул. Космонавтов, 4 – девятиэтажный, 1985 г. постройки (рис. 1). Материал стен – крупный блок. В доме 72 квартиры. Для учета тепловой энергии в доме установлен прибор учета. Системы автоматизации отопления в здании нет. ГВС централизованное.



Рис. 1. Дом по ул. Космонавтов, 4

Изменение суточного потребления теплоты на отопление согласно показаниям прибора учета за 2014–2016 г. приведены на рис. 2. На рис. 3 показана зависимость потребляемой теплоты от температуры наружного воздуха. Все отопительные сезоны демонстрируют достаточную отрегулированность системы отопления. В отопительном сезоне 2014/2015 г. наблюдается заметный разброс точек графика, связанные с отладкой системой учета после ее установки.

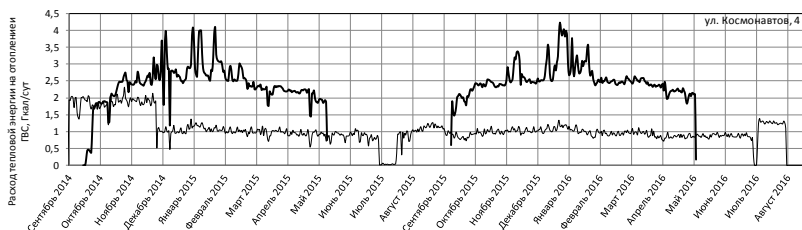


Рис. 2. Изменение расхода тепловой энергии на отопление и ГВС

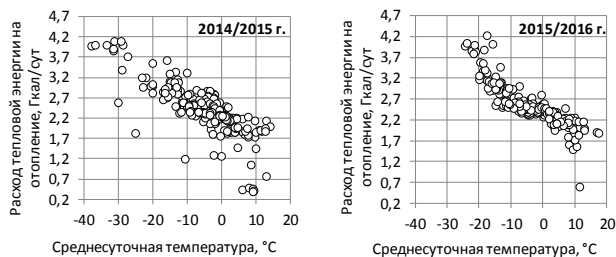


Рис. 3. График суточной отопительной нагрузки

На рис. 4 приведена зависимость средней месячной отопительной нагрузки от среднемесячной температуры наружного воздуха. Для построения графика был определен расход теплоты в каждом месяце  $q_i$ , который затем был пересчитан на сопоставимые условия – месяц продолжительностью 30 дней по выражению

$$q_i' = q_i \cdot 30/n_i,$$

где  $n_i$  – количество дней в месяце, в которых подавалась тепловая энергия для отопления. Такой пересчет позволил сравнивать месяцы разной продолжительности и месяцы, на которые приходится начало и конец отопительного сезона. Средняя температура также была рассчитана только для дней, когда дом отапливался.

Полученный график показывает плохую отрегулированность и непостоянство тепловой нагрузки.



Рис. 4. График месячной отопительной нагрузки

В табл. 1 приведен анализ расхода тепловой энергии на отопление. Нормативный удельный расход теплоты за отопительный сезон определен по табл. 1 приказа Минстроя России от 06.06.2016 г. № 399 методом

линейной интерполяции по этажности многоквартирного дома по градусосуткам отопительного периода.

Таблица 1

**Расход тепловой энергии на отопление**

Отопительный сезон	2014/15	2015/16
Дата начала	18.09.14	15.09.15
Дата окончания	15.05.15	15.05.16
Продолжительность, дней	240	244
Средняя температура, °С	-4,904	-3,447
ГСОП		
фактический	6457	6209
нормативный (СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»)	6675	
Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	3503,4	
Расход теплоты, Гкал	577,1	614,3
Удельный расход теплоты за отопительный сезон, кВт·ч/м <sup>2</sup>		
фактический	192	204
фактический, приведенный к нормативным условиям	198	219
базовый (расход на отопление), по приказу Минстроя от 06.06.2016 г. № 399	134	
Отношение фактического к базовому	149%	166%
Удельный расход теплоты, отнесенный к 8 месяцам отопительного периода, Гкал/(м <sup>2</sup> ·мес.)		
фактический	0,0206	0,0219
норматив потребления (средний за отопительный сезон), по постановлению Правительства Пермского края от 22.08.2012 № 698-п, ред. от 12.05.2015	0,0267	0,0346
Отношение фактического расхода к нормативу потребления	77%	63%

Фактические даты начала и конца отопительного сезона были определены по показаниям прибора учета. Средняя температура воздуха за отопительный сезон была рассчитана по этим датам.

Фактические градусосутки отопительного периода (ГСОП<sub>ф</sub>) определялись при температуре воздуха в домах 22°С. Расчет ГСОП<sub>ф</sub> для сезона 2015/2016 г. следующий:

$$\text{ГСОП}_{\text{ф}} = 244 \cdot (22 - (-3,4^{\circ}\text{C})) = 6209 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Для остальных периодов ГСОП<sub>ф</sub> определялся аналогично.

Удельный расход теплоты за отопительный сезон, кВт·ч/м<sup>2</sup>, определялся по следующим выражениям:

– фактический

$$q_{\text{ф}} = Q \cdot 1163 / S;$$

– фактический, приведенный к нормативным условиям

$$q'_{\text{ф}} = q_{\text{ф}} \cdot 6675 / \text{ГСОП}_{\text{ф}},$$

где 1163 – переводной коэффициент из Гкал в кВт·ч;  $Q$  – расход тепловой энергии на топление, Гкал;  $S$  – отапливаемая площадь.

Удельный расход теплоты, отнесенный к 8 месяцам отопительного периода, Гкал/(м<sup>2</sup>·мес.), определялся по следующему выражению:

$$q_{\text{мес}} = Q / (8S).$$

Как видно из табл. 1 дом характеризуется низкой энергоэффективностью, так как удельные затраты на отопление на 49–66% выше базового значения. Но жильцы существенно экономят на оплате за отопление, так как без прибора учета они бы платили значительно больше.

В табл. 2 приведен анализ расхода тепловой энергии на ГВС.

Таблица 2

### Расход тепловой энергии на ГВС

Сезон	2014/15	2015/16
Расход теплоты, Гкал	417,9	335,1
м <sup>3</sup> /год	7082,3	5679,9
тыс. кВт·ч/год	485,97	389,74
Количество жителей	136	136
Количество дней потребления ГВС	365	347
Удельный расход (в месяц, с учетом времени фактического потребления)		
Гкал/(мес·чел.)	0,256	0,216
м <sup>3</sup> /(мес·чел.)	4,34	3,66
Норматив потребления, м <sup>3</sup> /(чел·мес.), по постановлению Правительства Пермского края от 22.08.2012 № 698-п, ред. от 12.05.2015	2,832	3,778
Отношение фактического потребления к нормативному	153%	97%

Перевод единиц осуществлялся с использованием коэффициентов:

– из Гкал в м<sup>3</sup> горячей воды .....0,059

– из Гкал в кВт·ч .....1163

Количество дней потребления ГВС определялось по показаниям прибора учета как число дней, расход в которых был больше 0. Так как нормативы потребления горячей воды дифференцированы по наличию и размеру ванны, в качестве норматива было использовано наибольшее из установленных значений.

Данные табл. 2 показывают, что потребление горячей воды в доме каждый год снижается. Фактическая оплата за горячую воду значительно ниже, чем оплата по установленным нормам потребления для тех, у кого нет приборов учета.

Определим класс энергоэффективности для здания. В качестве расчетного периода выберем один год, с 1 сентября 2015 г. по 31 августа 2016 г. (1 год).

Исходные данные:

- площадь здания  $S = 4092,6 \text{ м}^2$ ;
- количество жителей  $n_{\phi} = 138$ ;
- фактические градусосутки отопительного периода  $\text{ГСОП}_{\phi} = 6209 \text{ }^{\circ}\text{С}\cdot\text{сут.}$ ;
- нормативные градусосутки отопительного периода  $\text{ГСОП}_{н} = 6675 \text{ }^{\circ}\text{С}\cdot\text{сут.}$ ;
- расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $Q_{от} = 614,3 \text{ Гкал}$ ;
- расход тепловой энергии на ГВС  $Q_{гв} = 335,1 \text{ Гкал}$ ;
- расход электроэнергии на ОДН  $W_{одн} = 8055 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ ;
- число дней, когда осуществлялась подача горячей воды  $t_{\phi} = 347$ .

Удельный расход теплоты на отопление и вентиляцию, приведенный к расчетным условиям

$$q'_{от} = 1163 \cdot Q_{от} \cdot \text{ГСОП}_{н} / (\text{ГСОП}_{\phi} \cdot T \cdot S) = \\ 1163 \cdot 614,3 \cdot 6675 / (6209 \cdot 1 \cdot 4092,6) = 187,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Расчетное количество жителей:

$$n_{\phi} = 4092,6 / 20 = 205.$$

Удельный расход теплоты на ГВС, приведенный к расчетным условиям

$$q'_{гв} = 1163 \cdot Q_{гв} \cdot n_{н} \cdot t_{н} / (n_{\phi} \cdot t_{\phi} \cdot T \cdot S) = \\ = 1163 \cdot 335,1 \cdot 204 \cdot 366 / (138 \cdot 347 \cdot 1 \cdot 4092,6) = 148,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Удельный расход электроэнергии на общедомовые нужды многоквартирных жилых домов

$$q_{одн} = 8055 / (1 \cdot 4092,6) = 2,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Фактический суммарный удельный годовой расхода энергетических ресурсов:

$$q_{\phi} = 187,7 + 148,9 + 2,0 = 338,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Базовый суммарный удельный годовой расхода энергетических ресурсов (приказ 399):

$$q_6 = 283 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Отклонение

$$(338,6 - 283)/283 = 20\%.$$

Класс энергоэффективности – Е (Пониженный).

### **Библиографический список**

1. Строй А.Ф., Скальский В.Л. Расчет и проектирование тепловых сетей. Киев: Будівельник, 1981. 144 с.
2. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л.Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов. Москва: Стройиздат, 1988. 223с.
3. Долгов Н.В., Олексюк А.А., Удовиченко З.В., Выборнов Д. В. Экспериментальные исследования потокораспределения на ИТП с трехконтурным теплообменником // Sciences of Europe. 2016. № 5 (5). С. 77–84.
4. Потапенко А.Н., Солдатенков А.С., Потапенко Е.А. Математическое моделирование процессов отопления распределительного комплекса зданий при различных схемах теплопотребления // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т 13, №4 (4). С. 998-1002.
5. Солдатенков А.С., Потапенко А.П., Глаголев С.Н. Разработка и исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2012. № 1. С. 41-48.
6. Ford L.R., Fulkerson D.R. Flows in Networks. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1962. 276 p.

## **ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ САХАРНЫХ ЗАВОДОВ. ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ**

ст. преп. **Корнилова Н.В.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Сахарная промышленность относится к той части агропромышленного комплекса России, которая была полностью сформирована во времена СССР. В период с 1991 г. по настоящее время сахарных заводов не

строили. Неэффективные заводы закрывались. Финансовые ресурсы, выделяемые для поддержания уровня производства, направлялись на поддержание производства сахара и утилизации жома.

В настоящее время износ оборудования ТЭЦ сахарных заводов России существенно превысил 100%. В настоящее время в эксплуатации находится оборудование, проработавшее до 60 лет, как следствие, его экономическая эффективность и надежность не соответствуют требованиям сегодняшнего времени. В связи с вышеизложенным необходимо масштабное техническое техперевооружение энергоцехов сахарных заводов России.

В данной статье рассматриваются варианты проведения реконструкции энергоцехов сахарных заводов.

В основном энергоснабжение сахарных заводов выполнено в виде ТЭЦ, в которой установлены три-четыре паровых котла паропроизводительностью 35-50 т/ч, выдающими перегретый пар со следующими параметрами: давление – 3,9 МПа, температура пара – 440 °С, один или два турбогенератора с противодавлением и электрической мощностью – 3 и 6 МВт, два РОУ, общекотельное и водоподготовительное оборудование.

На зарубежных сахарных заводах применяются технологические схемы энергопотребления, приведенные на рис. 1 и рис. 2 [1].

Представленные схемы аналогичны с ТЭЦ сахарных заводов России и отличаются параметрами пара от паровых котлов и, соответственно, характеристиками турбогенераторов, а также присутствием в одном из вариантов (рис. 2) парового жомосушильного агрегата.

Необходимо также учитывать то, что период работы сахарных заводов России составляет 3,5-4 месяца, что существенно меньше, чем у зарубежных сахарных заводов.

Следует отметить, что графики потребления электрической и тепловой энергии не совпадают по времени, также практически исключен переток избытка, генерируемой на ТЭЦ сахзавода, электрической энергии структурам МРСК, что также отрицательно сказывается на экономичности работы ТЭЦ.

Проведение работ по реконструкции ТЭЦ требует привлечения значительных финансовых ресурсов в течение 1-2 года.

В связи с вышеизложенным предлагается при проведении техперевооружения энергоцехов сахарных заводов отказ от схемы ТЭЦ.

Предлагается структура энергоцеха, состоящая из комплекса газопоршневых агрегатов (ГПА) и котельной с низкими параметрами пара (0,8-1,1 МПа).



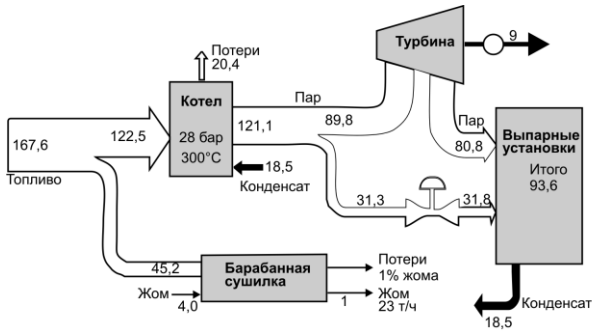


Рис.1. Энергетические потоки (кВт) на заводе с барабанной сушкой жома производительностью 10 000 т/день

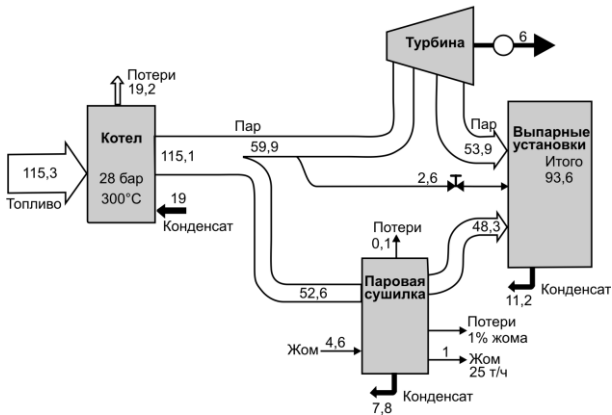


Рис. 2. Энергетические потоки (кВт) на заводе с паровой сушкой жома производительностью 10 000 т/день

На рис. 3 представлена схема энергоцеха для сахарного завода производительностью 5000 т/сутки.

Согласно схемы необходимое количество электроэнергии вырабатывается в ГПА, автоматически поддерживающих необходимую нагрузку. В данной схеме предусмотрена установка двух ГПА мощностью 3 МВт и одного мощностью 2 МВт.

Мощность ГПА выбрана из расчета расхода электроэнергии 150 кВт на 100 т продукции [2]:

$$N_{\text{ГПА}} = Q_{\text{эл.уд}} \cdot Q_{\text{пр}} = 150 \cdot 5000 = 7500 \text{ кВт.}$$

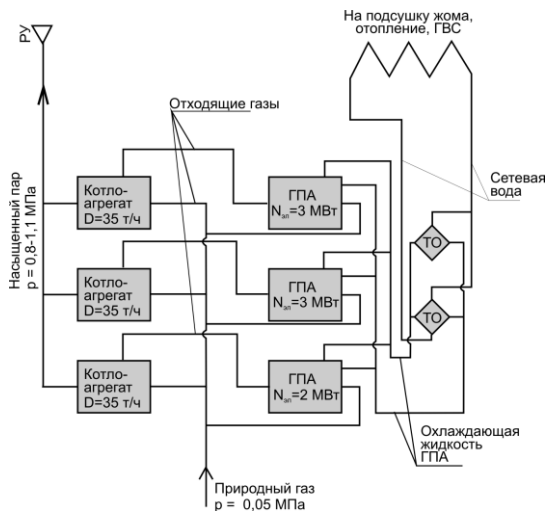


Рис. 3. Принципиальная тепловая схема установки с применением ГПА (производительность завода 5000 т/сут.)

Предусмотренная схема предполагает использование ГПА малой мощности в период межпроизводственного простоя с использованием вырабатываемой электрической и тепловой энергии (горячая вода) на текущие нужды неработающего завода. В период работы завода энергию горячей воды можно использовать в калориферах для предварительной подсушки жома и отопление.

Схема котельной предполагает установку трех паровых котлов производительностью 35 т/ч насыщенного пара с давлением 0,8-1,1 МПа, который поступает на редукционное устройство (РУ), а после него на технологические нужды. Данная мощность паровых котлов определена по формуле [1]:

$$D^T = AD / (24 \cdot 100) = 500 \cdot 45,34 / (24 \cdot 100) = 94,5 \text{ т/ч.}$$

Также следует отметить, что за счет сброса в газоходы паровых котлов дымовых газов после ГПА ожидаемая экономия топлива составит порядка 300 м<sup>3</sup>/ч (при нормальных условиях) или 3,5т пара на каждый котел.

### Выводы

Предложенная схема энергоцеха сахарного завода позволяет, после ее внедрения, получить высокую эффективность работы оборудования за счет более высокой маневренности элементов схемы. Реализацию

проекта реконструкции можно выполнить поэтапно, тем самым существенно снизив среднегодовые затраты.

### **Библиографический список**

1. Arne Sloth JENSEN. Steamdrying of Beet Pulp, Larger Units, No Air Pollution, and Large Reduction of CO<sub>2</sub> Emission. ([http://enerdry.eu/wp-content/uploads/2015/08/080327\\_Artikel\\_Eng\\_AVH\\_Reims\\_.pdf](http://enerdry.eu/wp-content/uploads/2015/08/080327_Artikel_Eng_AVH_Reims_.pdf)).

2. Колесников В.А., Нечаев Ю.Г. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов. – М.: Пищевая промышленность, 1980. 392 с.

3. Нестеров М.Н., Трубаев П.А., Михайлова М.Ю. Интеллектуальные энергокомпании: сейчас время для следующего шага // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 208-211.

4. Трубаев П.А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 199 с.

5. Глаголев С. Н. Севостьянов В. С., Гридчин А. М., Трубаев П.А., Севостьянов М. В., Филатов В. И., Кошуков А. В. Техника и технологии для экструдирования и сушки техногенных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 118-123.

6. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Трубаев П.А., Севостьянов М.В., Кошуков А.В. Тепловой анализ технологической линии по экструдированию и сушке техногенных волокнистых материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 78-83.

## **ВОДОПОДГОТОВКА ГАЗОТРУБНЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ**

д-р техн. наук, проф. **Лукьянов А.В.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектур, г. Макеевка*

Целью работы является определение основных факторов, которые влияют на образование отложений в виде накипи в современных газотрубных теплогенераторах и разработка мероприятий по предотвращению этих факторов.

Габариты и удельный вес современных газотрубных теплогенераторов значительно снижены за счет больших удельных тепловых потоков в жаровой трубе и поворотной камере в сравнении с предыдущим поколением конструкций газотрубных теплогенераторов и современных водотрубных теплогенераторов [1]. Именно этим и объясняются жест-

кие требования к качеству подпиточной воды для современных газотрубных теплогенераторов. . За счет таких высоких тепловых потоков, а также за счет наличия свободного движения воды в теплогенераторе, на поверхности жаровых труб и поворотных камер наблюдается пристенное кипения. В некоторых теплогенераторах кипение воды наблюдается также на поверхности газотрубных пучков в местах их крепления к трубной доске первой поворотной камеры. Плотность теплового потока, кВт/м<sup>3</sup>, в жаровой трубе газотрубных теплогенераторов примерно в 3-4 раза выше, чем в водотрубных теплогенераторах [1,2].

Наличие кипения на поверхности труб обеспечивает надежное охлаждение стенок поверхностей нагрева теплогенератора, поскольку температура металла труб со стороны продуктов сгорания превышает температуру кипения воды только на 15-25°C. Так, при расчетном давлении в газотрубном теплогенераторе 0,6 МПа температура насыщения равна 159°C, а максимальная температура стенки металла со стороны газа не превышает 183°C [2]. При такой температуре стенки поверхности нагрева работают достаточно надежно длительное время. Однако если в воде находятся соли жесткости, то при кипении воды на поверхности образуются плотные отложения накипи, которые существенно увеличивают термическое сопротивление стенки, а следовательно уменьшают перенос теплоты от продуктов сгорания к нагреваемой воды и одновременно охлаждение стенки поверхностей нагрева. Как показали исследования теплогенератора КВ-Г-4,0-115-Н [3] один миллиметр накипи при высоких тепловых потоках в жаровой трубе увеличивает температуру стенки – на 100 -120°C. При толщине накипи 3 мм и более температура металла достигает уже 500°C и более, при этом углеродистая сталь теряет свою прочность, на жаровых трубах появляется вздутие, трубные решетки поворотной камеры коробятся, а трубы газотрубных пучков перегорают.

При рассмотрении вопроса о тепловых потоках по длине жаротрубной топочной камеры предполагалось, что в поперечном сечении топочной камеры поле температур является однородным. В то же время, существующие исследовательские данные показывают существенные неизотермичности топочной среды в нормальном к стенам топки направлении. Большое влияние на формирование этих тепловых потоков оказывают аэродинамические условия движения топочных газов в корневых зонах факела и условия теплообмена со стенкой.

Исследование зональных тепловых потоков показывает сложную закономерность их изменения по длине камеры сгорания в виде жаровой трубы. При распределенном вводе топливоздушнoй смеси, то есть

при относительном диаметре горелочного устройства 0,8...1,0, максимальный тепловой поток имеет место в зоне горения.

Уменьшение относительного диаметра горелки приводит к существенному перераспределению зональных тепловых потоков по длине камеры сжигания, а следовательно и к условиям образования накипи на стенках поверхностей нагрева. По всем диапазонам тепловых напряжений объема топки максимальные значения поверхностной плотности теплового потока имеют место в зоне касания факела к стенке камеры сгорания.

Анализ эксплуатационных характеристик и тепловые расчеты современных газотрубных теплогенераторов [3] показали, что при снижении давления ниже расчетного (0,2-0,3) МПа температура насыщения уменьшается, и интенсивность кипения увеличивается. Это приводит к более интенсивному образованию накипи даже при сравнительно небольшой жесткости в исходной воде. Наоборот, в некоторых теплогенераторах, где плотность теплового потока находится на уровне 1000 кВт/м<sup>3</sup>, при увеличении давления (0,8-0,9) МПа кипения воды не наблюдается, и температура стенки не превышает 180-185°C.

Для обеспечения безнакипного режима работы газотрубных теплогенераторов необходимо ужесточить нормы по жесткости подпиточной воды. Вместо допустимой жесткости в 0,7 мг-эquiv/кг согласно [4] водогрейных теплогенераторов, необходимо ввести нормы, как для паровых теплогенераторов, с допустимой жесткостью 0,015 мг-эquiv/кг. Однако, как было доказано, интенсивность отложения накипи в газотрубных теплогенераторах, зависит от зональных тепловых потоков, значение которых в свою очередь соответствует рабочему давлению в теплогенераторе, то есть жесткость подпиточной воды газотрубных теплогенераторов возможно поддерживать и выше 0,015 мг-эquiv/кг, в зависимости от конкретного типа теплогенератора с соответствующим давлением воды.

При поддержании давления воды в теплогенераторе на уровне наиболее распространенного значения – 0,6 МПа, возможно ограничиться необходимой жесткостью 0,1 мг-эquiv/кг. Данные показатели обеспечиваются при одноступенчатом Na-катионировании исходной воды.

Выбор способа умягчения воды зависит от состава исходной воды, величины подпитки и конструкции теплогенераторов. Данный вопрос должен решаться в каждом конкретном случае при проектировании котельной. Однако накопленный опыт эксплуатации теплогенераторов различных конструкций и расчетный анализ работоспособности и

надежности позволяет предложить в данной статье наиболее рациональные схемы подготовки воды в котельных и требования к конструкциям газотрубных теплогенераторам локальных систем теплоснабжения.

Для модульных котельных небольшой мощности с газотрубными теплогенераторами до 100 кВт целесообразно использовать комплексную обработку подпиточной воды. Здесь в подпиточную воду автоматически подаются определенные химические реагенты, которые связывают соли жесткости и не дают им откладываться на поверхностях нагрева теплогенераторов. Данные установки отличаются небольшой стоимостью и простотой в эксплуатации.

Для котельных, оборудованных газотрубными теплогенераторами большей мощности целесообразно использовать перед одноступенчатым Na - катионированием электрохимическую обработку исходной воды. Этот метод основан на электрохимических процессах, протекающих в воде под действием электролиза [5].

При электролизе воды в анодной зоне протекает процесс распада части накипи, а в катодной идет коагуляция и укрупнение микро кристаллов карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$ , что снижает адгезию к поверхности нагрева.

Таким образом, в основном частицы накипи оседают на дно в виде шлама или на катоде антинакипного аппарата.

Учитывая, что расстояние от нижней части корпуса теплогенератора до жаровой трубы составляет 150 - 250мм для различных конструкций газотрубных теплогенераторов, возможно полное забивание этого пространства шламом и пережог жаровой трубы. Во избежание этого необходимо при проектировании газотрубных теплогенераторов локальных систем теплоснабжения предусматривать периодическое продувание из нижней части теплогенератора.

Особенности эксплуатации газотрубных теплогенераторов локальных систем теплоснабжения требуют тщательной проработки вопросов водоподготовки при проектировании современных котельных для конкретных условий водоснабжения и специальных конструктивных решений для удаления шлама.

### **Библиографический список**

1. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л. Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов М.: Стройиздат, 1988. 223 с.
2. Лукьянов А.В., Губарь С.А., Флер М.З. Исследование процессов переноса теплоты в топках жаротрубных теплогенераторов // Вестник Донецкого Университета. Сер. А. Естественные науки. 2002. №1. С.215–216.

3. Васильев А.В. Особенности водного режима при эксплуатации современных жаротрубных водогрейных котлов // Новости теплоснабжения. 2002. №4 (20). URL: [http://www.rostplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=75](http://www.rostplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=75).

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М.: НПО ОБТ, 1993. 192 с.

5. Найманов А.Я., Найманова А.А. Влияние электрообработки на накипеобразование на теплопередающих поверхностях / Теплоэнергетика, 1998. № 7. С. 59-62.

## ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА

студент **Михалева К.Д.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В данной статье будет произведен расчет системы отопления частного дома. Начальные данные: дом, выполненный в начале 1990-х годов из белого кирпича, имеющий два этажа. На рис. 1 изображены эскизы каждого этажа. Для системы отопления подобраны следующий материалы: радиаторы алюминиевые, полипропиленовые трубы диаметрами 32 мм и 20 мм.

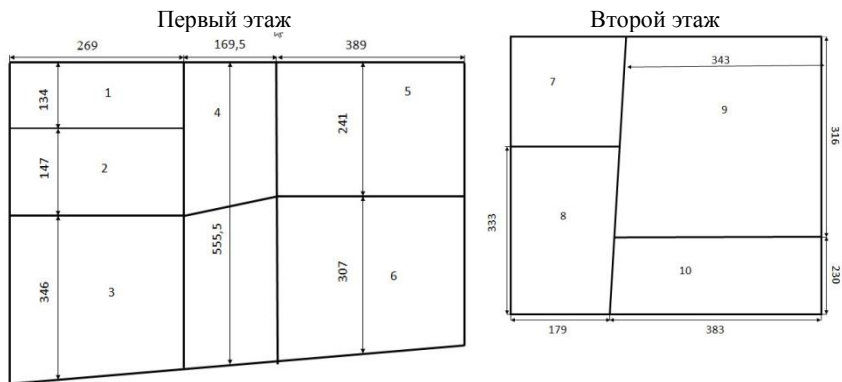


Рис.1. Схема частного дома:

1 – ванная комната; 2 – коридор; 3 – гостиная (с окнами 1,16x1,15 м); 4 – коридор; 5 – кухня (окно 0,74x1,08 м); 6-гостиная (окно 0,76x1,06 м); 7 – гардеробная; 8 – коридор (окно 0,78x1,06 м; окно 1,70x1,15 м); 9 – спальня 1 (окно 1,70x1,15 м); 10 – спальня 2 (окно 1,70x1,15 м)

Двухтрубная система получила подобное название из-за того, что теплоноситель по одной трубе подается к радиаторам, по другой – удаляется. Отопительные приборы соединяются параллельно, и температура в них не зависит от расстояния до коллектора или котла.

Основные преимущества системы с двумя трубопроводами: во все отопительные приборы поступает теплоноситель с одной и той же температурой; возможно установить терморегуляторы на радиаторы, позволяющие регулировать температуру теплоносителя; выход из строя одного отопительного прибора никак не влияет на работу остальных; можно использовать в домах с любым количеством этажей. К недостаткам можно отнести большую материалоемкость и сложный монтаж.

Исходя из перечисленных выше недостатков, можно сделать вывод, что вариант с однотрубной системой отопления экономически выгоден, нежели двухтрубная система отопления.

Произведем расчет однотрубной системы отопления.

Определим среднюю высоту помещения в доме:

$$S_{\text{ср}} = (S_1 + S_2 + \dots + S_{10})/n = (2,25 + 2,34 + 2,34 + 2,29 + 2,35 + 2,27 + 2,30 + 2,30 + 2,25 + 2,24)/10 = 2,29 \text{ м}$$

Исходя из найденной средней высоты, приходим к выводу, что расчет отопления может вестись по площади, а не объему помещения, так как высота не превышает 2,6 м.

Далее, замерив размеры комнат, по их площадям найдем требуемую тепловую мощность с учетом 20% потерь тепла в угловых комнатах (табл. 1). Для радиаторного отопления принята тепловая мощность одной секции алюминиевого радиатора равной 130 Вт. Исходя из этого, можно рассчитать необходимое количество секций (табл. 2).

Таблица 1

### Расчет тепловой мощности

№ помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Требуемая тепловая мощность, Вт
1	2,69 x 1,24 = 3,3	3,3 x 100 = 330
2	2,69 x 1,47 = 4	4 x 100 = 400
3	2,69 x 3,46 = 9,3	9,3 x 100 + 9,3 x 100 x 0,2 = 1116
4	1,69 x 5,56 = 9,4	9,4 x 100 = 940
5	3,83 x 2,41 = 9,2	9,2 x 100 + 9,2 x 100 x 0,2 = 1104
6	3,83 x 3,07 = 11,8	1180 + 236 = 1416
7	2,15 x 3,05 = 6,6	660
8	3,33 x 1,79 = 6	600
9	3,83 x 2,3 = 8,8	880 + 176 = 1056
10	3,43 x 3,16 = 10,8	1080 + 216 = 1296



В комнате № 3 два окна с размерами 1,16x1,15, значит, под каждым рекомендуется установить по одному радиатору с 6 секциями. В помещении 6 – два радиатора по 6 секций. В помещении 8 под окном (1,70x1,16) установить радиатор шестисекционный, под другим (0,78x1,06) – четырехсекционный. Следовательно, необходимо установить общей численностью 13 радиаторов (табл. 3).

Таблица 2

**Расчет количества секций в радиаторах**

№ помеще- ния	Количество секций в радиаторе	№ помеще- ния	Количество секций в радиаторе
1	$330/130 = 2,5 \approx 4$	6	$1416/130 = 10,9 \approx 12$
2	$400/130 = 3,1 \approx 4$	7	$660/130 = 5,1 \approx 6$
3	$1116/130 = 8,6 \approx 10$	8	$600/130 = 4,6 \approx 6$
4	$940/130 = 7,2 \approx 8$	9	$1056/130 = 8,1 \approx 10$
5	$1104/130 = 8,5 \approx 10$	10	$1296/130 = 9,9 \approx 10$

Таблица 3

**Расчет количества радиаторов**

Количество секций	Количество радиаторов
4x	3
6x	6
8x	1
10x	3

Произведем расчет электрического котла. Общая площадь дома составляет 79,2 м<sup>2</sup>. Согласно правилам СНиП 1кВт=10 м<sup>2</sup>. Необходимая мощность котла: 7,92 кВт+7,92·0,1=8,72 кВт. Отсюда следует, что необходим котел мощностью 9 кВт. Расчета объема воды в системе приведен табл. 4.

Таблица 4

**Расчет объема воды в системе**

Участок	Объем воды на участке, л	Кол-во	Объем воды, л
Одна секций алюминиевого радиатора	0,45	85	36,9
1 м полипропиленовой трубы Ø 32	0,8	59	47,2
1 м полипропиленовой трубы Ø 20	0,31	5	1,55
Всего			85,65

Таким образом расчет системы отопления выполнен.

## Библиографический список

1. Калинина И. Н. Отопление загородного дома. Москва : ЭКСМО, 2015 272 с.
2. Отопление и водоснабжение современного дома и квартиры от А до Я / авт.-сост. В.С. Котельников. Ростов н/Д : Феникс, 2015. 269 с.
3. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2010. 480 с.
4. Апсалямова Я.И., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Определение расхода энергетических ресурсов в зданиях // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1183-1187.
5. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Сравнение централизованного и децентрализованного теплоснабжения // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1232-1236.
6. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Сухорослова В.В., Трубаев П.А. Опыт энергосбережения при индивидуальном жилищном строительстве в Западной Европе // Фундаментальные исследования в естественнонаучной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. С. 21-24.
7. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А., Сухорослова В.В. Повышение энергоэффективности в индивидуальном жилищном строительстве в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 410-415.
8. Бузыкин А.В., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ материалов ограждающих конструкций зданий // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1196-1201.
9. Ведерников И.К., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ конструктивных решений ограждающих конструкций общественных зданий Белгородской области // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1217-1219.
10. Тарасюк П.Н., Ващенко Д.А., Трубаев П.А., Радченко В.В. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.
11. Семенов И.С., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Нормирование тепловой защиты здания в России // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1349-1355.
12. Шундеева О.В., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Нормирование энергоэффективности зданий в Германии // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1389-1392.
13. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Трубаев П.А., Погонин А.А., Мочалин А.А., Фейгельман М.О. Стенд и некоторые результаты испытаний топливосберегающего конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 182-184.

## МЕТОДИКА ГИДРОПРОМЫВКИ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

магистрант **Разумова Ю.К.**

канд. техн. наук, доц. **Кожевников В.П.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Процесс строительства, последующего монтажа и дальнейшей эксплуатации системы ЦТ обуславливается тем, что во время него в разъемы внутренних полостей трубопровода и оборудования попадают некоторые посторонние предметы. Это может быть и строительный мусор, и коррозионно-накипные взвеси. В процессе многолетнего опыта эксплуатации были выработаны стандарты предельно допустимых загрязнений труб. Но как бы ни были хороши методы измерения накипей, необходимо производить непосредственную очистку рабочих поверхностей.

Промывка системы отопления – процесс промывки труб и трубопроводов отопительной системы различными методами, имеющий целью избавить внутренние стенки отопительной системы от образовавшейся в процессе эксплуатации накипи, состоящей из солей кальция, магния, натрия и других неметаллов, различных органических и неорганических продуктов.

Накипь, собирающаяся на стенках труб и батарей, является причиной многочисленных проблем. Во-первых, это способствует ускоренному механическому износу самих труб. А во-вторых, уменьшается теплоотдача системы отопления. С течением времени в отрицательную сторону меняются ключевые параметры системы отопления – затраты на топливо существенно увеличиваются, тогда как эффективность, наоборот, падает.



Рис.1. Отложение на вентиле



Рис.2.Отложение на пластинчатом водонагревателе

Первая, главная промывка системы теплоснабжения производится по окончании строительства, перед сдачей системы в эксплуатацию. В этот период в системе возможны значительные загрязнения, может быть много посторонних предметов, которые необходимо удалить.

Промывку систем теплоснабжения ведут при помощи следующих агентов: воды, пара, водовоздушной смеси или сжатого воздуха.

Способ промывки сетей водой называется гидравлической промывкой. Это наиболее старый способ, вполне удовлетворительный при небольших диаметрах сетей и, следовательно, небольших расходах промывочной воды.

Промывка трубопроводов водяным паром является одним из старейших способов промывки тепловых сетей, отличающимся простотой и удобством выполнения. Очистка протекает быстро и при небольших диаметрах труб дает удовлетворительные результаты. Одновременно с промывкой происходит дезинфекция продуваемых труб и проверка работы тепловой сети при нагреве. Для открытых схем водяных тепловых сетей дезинфекция является весьма важным фактором. Промывка тепловых сетей паром может выполняться и в холодное время года. Однако очистка трубопроводов этим способом стоит дорого и применяется только для труб небольшого диаметра, не требующих для промывки значительного расхода пара.

В практике теплоснабжения в настоящее время чаще всего применяется гидропневматический способ промывки сетей, при правильном ведении которой достигается высокая степень чистоты трубопроводов. При проведении гидропневматической промывки системы отопления здания основной задачей является организация водовоздушной смеси с необходимым соотношением объемных расходов воздуха и воды ( $m$ ), а также скорости её прохождения по трубопроводам ( $V$ ). Наибольший эффект от гидропневматической промывки получается при  $m = 2 \div 5$  и  $V = 1,5 \div 5$  м/с.

Гидропневматическая промывка трубопроводов выполняется двумя способами:

1. Непрерывная гидропневматическая промывка. С одного конца промываемого трубопровода одновременно вводятся вода и сжатый воздух; из противоположного конца трубы смесь через спускники выводится наружу. Таким образом ведется непрерывная промывка до полной очистки трубопровода. Преимущество этого способа заключается в быстроте промывки, недостаток – в необходимости бесперебойного подвода к промываемым трубам и отвода от них сравнительно большого количества воды в течение короткого времени.

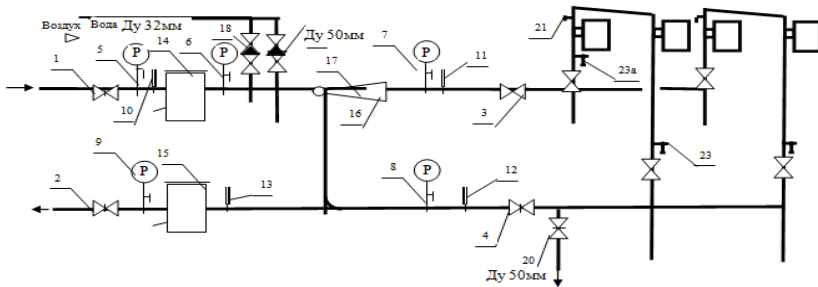


Рис. 3. Схема промывки внутренних систем отопления с нижней П-образной разводкой гидропневматическим методом:

Регулирующая арматура (1,2,3,4,18-23а); врезки под манометры (5,6,7,8,9); врезки под термометры (10,11,12,13); грязевики на подающей и обратной линиях (14,15); водоструйный элеватор (16); установленное расчетное сужающее устройство (сопло) (17).

2. Циклическая гидропневматическая промывка. Промываемый участок сети заполняется водой из гидранта городского водопровода или из автоцистерн. Заполнение промываемого участка трубопроводов при этом может занять сравнительно много времени. Затем к одному концу трубы подводят в нужном количестве сжатый воздух от передвижного компрессора. Открытием задвижки спускника на другом конце трубы полностью выводят промывочную воду. Преимущество промывки состоит в небольшом расходе воды за единицу времени.

Промывка системы теплоснабжения при открытой схеме производится только водой питьевого качества и с дезинфекцией промываемых сетей. При закрытой схеме промывку можно вести любой чистой водой без какой-либо дезинфекции сети.

Также важна и обратная промывка, ее суть сводится к следующему: вода при промывке сетки не просто обгигает механические примеси, а очищает, поступая в обратном направлении, выталкивая, таким образом, все механические примеси.

В соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» при подготовке к осенне-зимнему периоду проводятся гидропневматические промывки системы. Повысить эксплуатационные характеристики трубопроводов можно при помощи гидрохимической очистки.

Гидрохимический способ очистки подразумевает использование моющих растворов (сульфаминовая, соляная, одноосновные органиче-

ские кислоты или их смеси), которые циркулируют в трубопроводе под давлением от 3 до 7 атм со скоростью примерно 0,3 м/с. Гидрохимическая очистка удаляет отложения различного характера с труднодоступных участков паровых котлов, котлов малой мощности, труб малого диаметра, радиаторов отопления, пластинчатых теплообменников и т. д. Удаление отложений может стать альтернативой капремонту, вообще химочистка в 10 раз дешевле замены оборудования и трубопроводов.

Для очистки от накипи теплообменников, в состав которой входит карбонат кальция зачастую используется азотная кислота. Азотная кислота, входящая в состав средства для очистки от накипи теплообменников, при контакте с карбонатом кальция образует пузырьки водорода и углекислоты, которые и разрушают накипь.

В числе реагентов, используемых в процессе кислотной очистки, появляется всё большее количество эффективных составов, которые способны оказать помощь в удалении загрязнения с внутренней поверхности котельного оборудования. Одним из таких реагентов является сульфаминовая кислотная смесь. Она оказывается эффективной практически в любом случае, при этом не портит само оборудование, что делает её универсальным средством для промывки котлов самых разных типов.

Современная технология промывки котлов сульфаминовой кислотой имеет ряд особенностей. При проведении работ стоит учитывать, что:

- очистка оборудования молокозаводов предусматривает необходимость удаления таких отложений, как молочный камень. В этом случае используется 1,5 -2% водный раствор, температура – 70-75 градусов, время выполнения промывочной операции – 40 минут;

- для удаления отложений пивного камня на 10 -15 литров воды используют 0,5 – 1 кг кислотной составляющей, температура рабочей жидкости – 50-60 градусов;

- удаление карбонатной накипи с поверхности элементов отопления осуществляется при температуре состава 70 -75 градусов, при этом промывка сульфаминовой кислотой котлов и других элементов аппаратуры должна проводиться составом 2-3% рабочей жидкости, состоящей из кислоты, воды и ингибиторов коррозии. Время проведения промывочной операции – до 7 часов.

Силикатные отложения обычно устраняются при очистке от накипи теплообменников жирные кислоты. Также для очистки от накипи теплообменников может быть использована фосфорная кислота, кото-

рая не менее действенно удаляет с внутренних поверхностей теплообменника налет.

Современные технологии вводят новые стандарты комплексной, комбинированной очистки. Сегодня особого внимания удостоился физико-химический вид экологически чистой технологии, которая используется для очистки хранилищ, резервуаров, систем центрального отопления, систем водоснабжения. Такой вид технологий применяет эффект комплексного подхода. Химическая составляющая – это применение сверхочистителя на основе воды для дезодорирования, размягчения и дезинфекции поверхности трубопровода и оборудования. Физическая составляющая – это технология гидродинамического удара, использование эффекта магнитострикции, электромагнитная обработка водного потока.

Все эти процессы происходят с помощью специального оборудования, которое специально спроектировано для вымывания и отделения илесто-пластичного и коррозионно-накипного образования.

### **Библиографический список**

1. Ящур А.И. Система технического обслуживания и ремонта промышленных зданий и сооружений : справочник. М.: ЭНАС, 2009. 312 с.
2. Борзосек Н.Ю. Проблемы развития альтернативной энергетики в России / VII Международный молодежный форум "Образование, наука, производство" Белгород, 2015. С. 2905–2907
3. Копко В.П. Теплоснабжение: курс лекций. Изд, 2-е, исправл. и дополн. М.: Изд-во АСВ, 2014. 336 с.
4. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. М.: ИНФРА–М, 2006. 480 с.
5. Лисов О.М., Степанов В.Е. Энергетика, экология и альтернативные источники энергии // Экология промышленного производства. М.: ВИМИ, 2006. № 1. С.47-55.
6. Витальев В.П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплоснабжения: Справочник, М.: Стройиздат, 1988. 623 с.
7. Медведев В.В. Справочник сантехника, Х.: Прапор, 1987. 205 с.
8. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Трубаев П.А., Погонин А.А., Мочалин А.А., Фейгельман М.О. Стенд и некоторые результаты испытаний топливосберегающего конденсационного водогрейного котла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 182-184.
9. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 142-147.

## **Секция 6. МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА И СЕРТИФИКАЦИЯ**

### **ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНО- ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ В ДОНЕЦКОМ РЕГИОНЕ**

д-р. арх., проф. **Бенаи Х.А.**

канд. арх., доц. **Гайворонский Е.А.**

*Донбасская национальная академия строительства  
и архитектуры, г. Макеевка*

Рассмотрена проблема разработки концепции архитектурно-планировочной организации объектов социального жилья на территории Донецкого региона в современных социально-политических и экономических условиях. Кратко рассматриваются вопросы актуальности, степени изученности данной проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, решение которых в рамках заявленной темы позволит получить принципы и приемы архитектурного формирования жилых зданий социального фонда для городов Донецкого региона.

В современных социально-экономических условиях, сложившихся на территории Донецкого региона, стоит острая проблема создания фонда социального жилья для населения районов, пострадавших в результате боевых действий, а также для переселенцев. При этом решение данной проблемы тормозится отсутствием стратегии и научно-обоснованной концепции архитектурно-строительного и градостроительного формирования фонда социального жилья в Донецком регионе. Разработка такой концепции должна быть основана на методологии системного подхода и координации исследований по таким научным направлениям как: реконструкция зданий и сооружений; использование энергоэффективных и энергосберегающих технологий в строительстве и архитектуре; реновация и комплексное архитектурно-градостроительное освоение территории недействующих предприятий; создание архитектурной среды для маломобильных групп населения; градостроительное развитие региона; охрана и современное эффективное использование объектов историко-архитектурного наследия; формирование и развитие региональной самобытности архитектуры зданий, сооружений и их комплексов в городах Донбасса. Данная концепция должна соответствовать современным требованиям, сформулированным



в результате анализа региональных особенностей территории Донецкого региона: социально-демографических процессов, экономических и технических возможностей, природно-климатических условий, социально-культурных, национально-этнических и исторических особенностей. Должен быть учтен также международный опыт архитектурно-планировочной организации, проектирования, строительства и эксплуатации объектов социального жилья (в том числе для переселенцев).

Различные аспекты, в той или иной степени касающиеся решения поставленной научно-практической проблемы, рассматривались в научных трудах отечественных и зарубежных ученых в рамках таких научных направлений как: реконструкция зданий и сооружений [1, 2]; реновация и архитектурно-градостроительное освоение территории, зданий, сооружений и их комплексов недействующих предприятий; обеспечение доступности объектов для маломобильных групп населения [4]; охрана и современное эффективное использование объектов историко-архитектурного наследия; изучение проблем градостроительства; исследование региональных особенностей формирования и развития архитектуры зданий и сооружений в городах Донбасса [3, 5] и других регионов. Вместе с тем на сегодняшний день отсутствует комплексное научно-обоснованное решение поставленной проблемы на территории Донецкого региона.

В связи с этим возникла необходимость разработки концепции формирования объектов социального жилья на основе экономичных проектных решений, удовлетворяющих современным требованиям энергоэффективности и энергосбережения, базирующихся на производстве местных строительных материалов. Типология объектов социального жилья должна включать: жилые здания малой и средней этажности, индивидуальные жилые дома нового строительства; реконструируемые с этой целью здания существующего жилого фонда; здания, сооружения, комплексы недействующих предприятий; переоборудованные под социальное жилье объекты историко-архитектурного наследия.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать методологию исследования проблемы создания концепции архитектурно-строительного формирования фонда социального жилья в современных социально-политических и экономических условиях с учетом перспектив развития общества в Донецком регионе;
- выявить региональные предпосылки и факторы (социально-экономические, производственно-технологические, градостроительные, природно-климатические, экологические, демографические (в том числе

требования доступности для маломобильных групп населения), социокультурные, национально-этнические, исторические, требования энергоэффективности и энергосбережения, возможности использования местных строительных материалов), анализ которых позволяет сформулировать современные требования для разработки концепции архитектурно-строительного формирования фонда социального жилья, включая принципы и приемы архитектурно-планировочной организации объектов данного назначения;

– обобщить международный опыт архитектурно-строительного и градостроительного формирования, проектирования, строительства и эксплуатации объектов социального жилья (в том числе для переселенцев);

– разработать типологию объектов социального жилья: зданий малой и средней этажности, индивидуальных жилых домов; реконструируемых с этой целью зданий существующего жилого фонда; переоборудованных под функции социального жилья зданий, сооружений и комплексов недействующих предприятий; переоборудованных с этой целью объектов историко-архитектурного наследия;

– сформулировать концепцию архитектурно-строительного и градостроительного формирования фонда социального жилья, включая принципы и приемы их архитектурно-планировочной организации, в том числе градостроительные, функциональные, планировочные, конструктивно-технические, объемно-пространственные и композиционно-художественные аспекты;

– разработать экспериментальные концептуальные проекты объектов социального жилья на основе предложенных принципов и приемов их архитектурно-планировочной организации.

Кафедра архитектурного проектирования дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» имеет большой опыт разработки архитектурных проектов объектов жилой архитектуры, в том числе на основе реконструкции существующих зданий сооружений различного назначения, а также приспособления под жилые функции объектов историко-архитектурного наследия в городах Донецкого региона.

По итогам проведенных исследований предполагается получить достоверные результаты в контексте поставленной цели и задач: научно-обоснованную концепцию архитектурного проектирования объектов социального жилья (в том числе для переселенцев) для Донецкого региона с учетом современных требований на основе экономических проектных решений, удовлетворяющих требованиям энергоэффективности

и энергосбережения, базирующихся на производстве местных строительных материалов. Будет разработан типологический ряд объектов социального жилья, их экспериментальные концептуальные проекты на основе предложенных принципов и приемов их архитектурно-планировочной организации, а также разработаны рекомендации по практической реализации проектов в рамках общей концепции архитектурно-строительного и градостроительного формирования фонда социального жилья в Донецком регионе.

Ожидаемые научные результаты будут базироваться на использовании современных методов и принципов градостроительства, территориального и стратегического планирования с учетом современных социально-экономических условий Донецкого региона. Инновационный подход к проектированию объектов социального жилья будет способствовать экологической безопасности проектных решений, достижению высоких показателей социально-экономической эффективности, ресурсосбережения и энергоэффективности при реализации проектов и концепции формирования фонда социального жилья в целом.

#### **Библиографический список**

1. Бенаи Х.А., Пестрякова Э.Р.. Проблематика формирования доступного жилья для малообеспеченных слоев населения // Вестн. ДонНАСА. Проблеми архітектури і містобудування. 2016. Вып. 2 (118). С. 47-52.

2. Бенаи Х.А., Радионов Т.В. Инновационные подходы к реконструкции объектов типовой застройки // Вестн. ДонНАСА. Проблеми архітектури і містобудування. 2014. Вып. 2 (106). С. 8-12.

3. Гайворонский Е.А. Региональные особенности архитектуры и градостроительства Донбасса в научных исследованиях, в проектной практике, творчестве и подготовке специалистов на архитектурном факультете Донбасской национальной академии строительства и архитектуры // Современное промышленное и гражданское строительство. 2016. Т.12, № 1. С. 31-50.

4. Шолух Н.В., Анисимов А.В. Социальные и методологические аспекты реконструкции квартальной застройки промышленного города в районах компактного проживания слепых // Сучасне промислове та цивільне будівництво. 2015. Т.11, № 4. С. 199-212.

5. Radionov, T.V. Standardized development objects reconstruction in difficult geoclimatic conditions // Journal of Architecture and Urbanism. 2014. 38(2). P. 27 - 34.

## МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА В ОРГАНАХ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ

ассистент **Васылева-Керян О.В.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

В последнее время остро возникает вопрос менеджмента качества в органах местного самоуправления, так как система эффективного менеджмента, созданная в органах местной власти, влияет на степень удовлетворённости населения публичными услугами, что безусловно оказывает воздействие на рост благосостояния района или города.

Актуальность данной проблемы подтверждается наличием научных разработок российских и украинских авторов, а именно:

М.Ф. Федоренко применил системный подход к исследованию качества работы исполнительной власти, работа органов исполнительной власти рассматривается как объект проектного управления что позволит применить международный стандарт серии ИСО 9000 [1];

М.А. Свидров предложит внедрение Комитета бюджетно-финансовой политики и казначейства Администрации Волгоградской области, целью работы которого будет исполнение государственной функции по осуществлению контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации при использовании средств областного бюджета, а также материальных ценностей, находящихся в собственности Волгоградской области. В рамках системы менеджмента качества Комитета были реализованы все требования международного стандарта ISO 9001:2008. Система менеджмента качества в Комитете была создана с целью оптимизации управленческих процессов, повышения удовлетворенности получателей бюджетных средств (потребителей). [2]

В.В. Окрепилов предложил двухступенчатую диагностику оценки качества и эффективности деятельности ведомств исполнительной власти Российской Федерации, которая состоит из самооценки и экспертной оценки, а также алгоритма разработки национального стандарта управления качеством государственных услуг [3].

В.М. Сороко провел глубокий анализ всех несоответствий, особенно в сфере предоставления административных услуг органами государственной власти и местного самоуправления Украины (обоснованных жалоб заказчиков на несоответствующие действия или бездействие органа самоуправления), с целью выявления причин несоответствия, и определение и реализация корректирующих и предупреждающих дей-

ствий с целью устранения несоответствий и предотвращения их повторения в будущем [4].

П. Пидгаець, И. Бригилевич рассмотрели все основные этапы построения системы качества органов местного самоуправления, определили роль руководства и персонала в этом процессе, описали основные задачи и рекомендации относительно путей их решения. Особый акцент сделан на предоставлении качественных услуг общине города [5].

В современных условиях менеджмент качества в органах местного самоуправления – это прежде всего качественное предоставление населению публичных услуг, которое можно достичь через соответствующие механизмы функционирования.

Публичные услуги – это услуги, которые предоставляются населению органами местного самоуправления.

Публичной услуге характерна непосредственная коммуникационная связь субъекта предоставления услуг (органа местного самоуправления) и получателя или пользователя этой услуги: орган местного самоуправления – должность государственного служащего – лицо (гражданин).

В Украине эти услуги носят название административных услуг и регулируются соответствующим законодательством, в соответствии с которым административные услуги – это результат осуществления властных полномочий субъектом предоставления административных услуг по заявлению физического или юридического лица, направленный на установление, изменение или прекращение прав и / или обязанностей такого лица в соответствии с законом [6].

В законодательстве Российской Федерации (РФ) нет термина «публичные услуги», как правило используются термины государственные и муниципальные услуги, социальные услуги, услуги в области образования; медицинские услуги и другие. Государственные и муниципальные услуги регламентируются Федеральным Законом от 27 июля 2010 г. N 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг». В Законе государственные услуги – это услуги, которые предоставляются органами публичной власти (органы государственной власти и местного самоуправления) в рамках отдельных государственных полномочий. Государственная услуга предоставляется по запросам заявителей в пределах законодательства. Муниципальные услуги предоставляются только органом местного самоуправления, и представляют собой деятельность по реализации функций органа местного самоуправления, которая осуществляется также

по запросам заявителей в пределах полномочий органа, установленных действующим законодательством [7].

К механизмам функционирования менеджмента качества органов местного самоуправления можно отнести:

1) организационный механизм, который проявляется через создание действенной системы подготовки кадров, имеющих достаточный уровень квалификации и компетенции для работы по предоставлению публичных услуг населению;

2) информационный механизм, в рамках работы которого будет проводиться мониторинг качественного предоставления публичных услуг;

3) механизм контроля, в рамках которого происходит процедура сопоставления запланированных и реализованных мероприятий по менеджменту качества публичных услуг.

Рассмотрим функционирования данных механизмов более детально.

Организационный механизм включает в себя пять блоков, эффективное функционирование которых обеспечивает его действенность:

1) внутренняя оценка персонала органов местного самоуправления;

2) действенность в достижениях целей в области качества;

3) результаты функционирования процесса предоставления публичных услуг;

4) входные данные от заказчиков (потребителей) и от других заинтересованных сторон;

5) анализ взаимодействия с другими органами власти.

Организационный механизм должен быть составной частью менеджмента качества, функционирование которого основывается на выполнении требований к качеству публичных услуг и улучшения деятельности органа местного самоуправления в целом.

Руководство органа местного самоуправления в рамках данного механизма должно контролировать и оценивать процессы, в том числе касающиеся услуг на соответствие требованиям. Для этого необходимо периодически собирать данные, информацию о степени удовлетворенности граждан (заказчиков), на основании которых можно было бы делать выводы и принимать решения относительно необходимых действий по улучшению менеджмента качества.

Для этого необходимо эффективное функционирование информационного механизма. Данный механизм также состоит из блоков:

1) необходимый объем информации и периодичность ее предоставления;

- 2) уровень, периодичность и методы анализа;
- 3) схему принятия и контроля исполнения решений по улучшению менеджмента качества органа местного самоуправления.

Данные блоки функционируют на основе мониторинга и аудита. Мониторинг касается всего перечня определенных процессов и прежде всего тех, что устанавливают порядок предоставления услуг, а также политики и намеченных целей, в которых отражены приоритеты деятельности органа.

Аудит – это составная часть информационного механизма, основная задача которого является помощь органу местного самоуправления в результативном выполнении своего предназначения, определения слабых мест, проблем взаимодействия различных участков работы, возможностей для улучшения процессов, потребности в обучении персонала. Целью аудита является выявления несоответствий, поиск соответствий в деятельности органов местного самоуправления.

В процессе разработки процедуры по проведению аудитов следует учесть требования стандарта ISO 9001, а именно:

- 1) перечень должностных лиц, которые будут осуществлять функции внутренних аудиторов;
- 2) программа проведения аудита;
- 3) перечень производственных ситуаций при которых назначается внеплановый аудит;
- 4) оформление отчета по окончании аудита;
- 5) корректирующие действия после аудита.

Механизм контроля включает в себя следующие блоки:

- 1) обращение или жалобы заказчиков публичных услуг;
- 2) информация от должностных лиц органа местного самоуправления;
- 3) результаты аудита органа местного самоуправления.
- 4) результаты анализа руководством органа местного самоуправления системы качества.

В рамках работы механизма контроля необходимо применить корректирующие и предупреждающие действия, которые должны использоваться органам местного самоуправления для управления несоответствиями в его деятельности. Если корректирующие действия выполняются по выявленному несоответствию, чтобы устранить причину ее возникновения, то предупреждающие действия, направленные на недопущение этого несоответствия в деятельности органов местного самоуправления, а именно:

- 1) проведение процедуры анализа жалоб потребителей публичных услуг;
- 2) определения причин и факторов несоответствий;
- 3) осуществление необходимых корректирующих мероприятий;
- 4) оценка выполненных корректирующих мероприятий.

Реализация вышеприведенных механизмов обеспечит эффективное функционирование менеджмента качества в органах местного самоуправления, что позволит повысить уровень удовлетворенности населения публичными услугами.

### **Библиографический список**

1. Федоренко М.В. Менеджмент качества в органах власти: актуальность, международный опыт. [www.kadry24.krskstate.ru/.../4780\\_1\\_statyu\\_mejdunarodnij\\_opit\\_vnedreniy\\_menedj](http://www.kadry24.krskstate.ru/.../4780_1_statyu_mejdunarodnij_opit_vnedreniy_menedj).
2. Свидров М.А. Внедрение системы менеджмента качества в органах исполнительной власти (на примере Комитета бюджетно-финансовой политики и казначейства администрации Волгоградской области) Бизнес. образование. Право // Вестник Волгоградского института бизнеса, 2012, № 1 (18) с. 55-58.
3. Окрепилов В.В. Реализация системы менеджмента качества для совершенствования деятельности организации на различных уровнях управления. <http://www.dissercat.com/content/realizatsiya-sistemy-menedzhmenta-kachestva-dlya-sovershenstvovaniya-deyatelnosti-organizats#ixzz4Stgvnyw>
4. Сороко В.М. Функціонування і розвиток системи управління якістю. К.: НАДУ, 2013. 80 с.
5. Підгаєць П., Бригілевич І. Система управління якістю як інструмент вдосконалення діяльності органу місцевого самоврядування / Швейцарсько-український проект «Підтримка децентралізації в Україні – DESPRO». К. : ТОВ «Софія-А». 2012. 134 с.
6. Про адміністративні послуги: Закон України від 06.09.2012 № 5203-VI // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 32, ст. 409
7. Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг: федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 210-ФЗ - [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_103023](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103023).



## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ СУДОПРОИЗВОДСТВА В ДОНЕЦКОМ РЕГИОНЕ**

канд. арх., доц. **Гайворонский Е.А.**

магистрант **Волгина А.М.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

На сегодняшний день Донецкий регион является эпицентром социальных трансформаций. Эти процессы затрагивают абсолютно все стороны общества и, в первую очередь, сферу государственного управления и судопроизводства. При этом, наряду с сохранением сложившихся традиций идет поиск новых форм регулирования общественных взаимоотношений, включая законодательно-процессуальную сферу. Специалистами отмечается определенный разрыв между непосредственно судебной-управленческой деятельностью и условиями ее осуществления. Многие суды и их функциональные подразделения располагаются в непригодных, морально устаревших или ветхих зданиях, что усложняет работу этих учреждений, в результате чего судебные процессы порой затягиваются, что не способствует формированию должного уважения и доверия граждан к системе правосудия в целом. Экспертами отмечается, что только четко функционирующие органы судопроизводства могут служить гарантом надежности и политической стабильности государства [3, 4].

Наряду со специальными требованиями, которые предъявляются к зданиям судопроизводства при их совершенствовании, приоритетное значение имеют экономичность их проектных решений и эксплуатационная практичность. Важная роль отводится архитектурной среде зданий судопроизводства, которая должна отражать не только соответствующие их деятельности эстетические категории, но и иметь социально-культурную региональную самобытность [2]. Отмечается, что развитие общественных отношений, как правило, сопровождается увеличением количества судебных разбирательств, вследствие чего происходит усложнение пространственной структуры судебных зданий как в сторону увеличения количества залов для судебных заседаний, так и в сторону развития публичного пространства при них [3]. С позиции анализа современных условий и предпосылок требуется совершенствование нормативно-методической базы проектирования зданий судопроизводства [1].

Актуальность совершенствования архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства в Донецком регионе в современных социально-политических условиях продиктовано следующими обстоятельствами:

- высокой степенью важности института судопроизводства и государственного управления для урегулирования общественных отношений в регионе;

- необходимостью создания оптимальной современной архитектурной среды для проведения судебных заседаний и всего функционально-процессуального комплекса судопроизводства;

- потребностью выявления параметров архитектурно - художественного стиля зданий судопроизводства, отражающего соответствующие в данной ситуации эстетические категории (равенства перед законом всех граждан, справедливости, неотвратимости наказания за неправомерные действия и др.) с их трактовкой через призму социально-культурной самобытности региона;

- необходимостью совершенствования и развития нормативно-методического обеспечения проектирования зданий судопроизводства в современных условиях с учетом передового международного опыта в этой сфере.

Таким образом, с учетом вышесказанного в настоящее время возникла необходимость разработать принципы и приемы совершенствования архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства в Донецком регионе, для чего необходимо решить следующие задачи:

- выявить современные требования к архитектурно - планировочной организации зданий судопроизводства на основе анализа предпосылок и факторов (социально-экономических, функционально-технологических, градостроительных, природно-климатических, экологических, национально-этнических, историко-культурных, требований энергоэффективности и энергосбережения, возможностей использования местных строительных материалов), сложившихся в Донецком регионе на современном этапе его развития;

- проанализировать международный опыт архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства с позиции современных требований, выявить прогрессивные тенденции в этой сфере;

- выявить принципы и приемы, разработать логическую модель архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства с учетом современных требований и результатов анализа передового международного опыта;

– провести апробацию принципов и приемов архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства в экспериментальном проектировании.

Ожидаемые результаты исследования (принципы и приемы, логическая модель архитектурно-планировочной организации зданий судопроизводства) могут быть использованы в учебном (курсовом и дипломном) и реальном архитектурном проектировании зданий судопроизводства в городах Донецкого региона, а методика исследования имеет потенциал применения для выполнения аналогичных работ для других регионов.

### **Библиографический список**

1. ДБН В.2.2-26:2010. Будинки і споруди. Суди. Видання офіційне. Введ. 17.05.2010. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 84 с.

2. Гайворонский Е.А. Региональные особенности архитектуры и градостроительства Донбасса в научных исследованиях, в проектной практике, творчестве и подготовке специалистов на архитектурном факультете Донбасской национальной академии строительства и архитектуры // Современное промышленное и гражданское строительство. 2016. Т. 12, № 1. С. 31-50.

3. Давыдов В.Н. Пространственная организация зданий судебной системы США XX–XXI вв. // Наука, образование и экспериментальное проектирование. М.: МАрхИ, 2014. 536 с.

4. Ситнов, А.С. Особенности формирования архитектуры зданий судов: дис. ... канд. арх-ры по спец. 18.00.02 – Здания и сооружения. Екатеринбург, 2003. С. 45-49.

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

канд. эк. наук, доц. **Крахина В.А.**,  
канд. эк. наук, доц. **Вода И.С.**,  
магистрант **Сухорукова О.В.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Современная бизнес-среда характеризуется постоянно изменяющимися условиями хозяйствования, возникновением новых направлений и тенденций ведения бизнеса. Таким образом, эффективность деятельности предприятия зависит от скорости и качества решений принимаемых руководством, общей концепции управления. Взаимодействие с

большим числом контрагентов предполагает совершенствование и разработку новых направлений взаимодействия с каждым из них. В результате вырабатывается механизм обеспечения эффективности деятельности предприятия, обеспечивающий поддержку и функционирование предприятия в новых условиях, в том числе кризисных.

Исследованием механизма эффективной деятельности предприятия занимались ряд ученых таких как В. Андрийчук, Е. Вагина, В. Москаленко, А. Гончарук, А. Ансофф, К. Кохен. Тем не менее следует отметить, что вопрос создания действенного механизма обеспечения эффективной деятельности предприятия является актуальным и связан с высоким уровнем неопределенности и динамичности конъюнктуры рынка.

Целью данного исследования является обоснование экономического механизма управления эффективностью деятельности предприятия.

Рассмотрение изучаемого вопроса целесообразно начать с определения сущности и ключевых параметров понятия «экономический механизм эффективности предприятия». Также следует отметить, что в экономической литературе существует множество подходов к данной проблеме. Чаще всего учеными рассматриваются такие виды хозяйственного механизма предприятия: «организационный», «экономический», «организационно-экономический». Причем данные понятия часто дублируют друг друга. Характер исследуемого механизма объясняется конкретными управленческими целями.

Под организационно-экономическим механизмом понимают форму организации взаимодействия участников рынка, структур и отделов предприятия, внутренних бизнес-процессов, а также экономические методы и механизмы обеспечения этого взаимодействия. Определяются условия и факторы, оказывающие влияние на деятельность предприятия; субъекты управления; методы управления [2].

Экономический механизм управления предприятия заключается в получении прибыли за счет достижения промежуточных целей: выполненных в срок договоров и контрактов по установленной номенклатуре изделий, обеспечение научно-технического развития производства, экономного использования всех видов ресурсов, обеспечение высокого качества всех видов продукции, проведение работ по повышению социального развития трудовых коллективов и выполнение мер по охране окружающей среды [3].

В соответствии с подходом Карсунцевой О.В. эффективность управления предприятием следует рассматривать в зависимости от степени достижения предприятием целей производственной деятельности, и таких показателей, как прибыль от реализации товарной продукции,

рентабельность производства, стоимость предприятия, возможности корректно использовать резервы производственно-хозяйственной деятельности [1]. Данный подход заслуживает внимания, поскольку охватывает основные направления деятельности предприятия и представлен показателями, доступными для расчета и сравнения на основании финансовой отчетности исследуемого предприятия. Это позволяет провести анализ функционирования предприятия на основе ретроспективных данных и представить дальнейшие рекомендации.

Составляющими хозяйственного механизма являются организационно-экономический, социальный и правовой механизмы, которые взаимосвязанные между собой. В основе функционирования хозяйственного механизма – организационно-экономический и отражает совокупность экономических и организационно-административных рычагов и методов, с помощью которых осуществляется регулирование организационно-технических, производственно-технологических, финансово-экономических процессов и отношений с целью эффективного влияния на конечные результаты деятельности предприятия [4].

В результате обобщения проведенного исследования можно выделить такие элементы экономического механизма эффективности деятельности предприятия:

Цели механизма:

- 1) обеспечение устойчивого финансового положения предприятия;
- 2) обеспечение выпуска высококачественной и конкурентоспособной продукции;
- 3) обеспечение максимального объема продаж и выполнение в срок договоров и контрактов;
- 4) экономное расходование ресурсов и обеспечение максимального объема прибыли
- 5) обеспечение инвестиционной и инновационной деятельности и повышение научно-технического уровня производства;
- 6) удовлетворение социальных и культурно-бытовых потребностей работников;
- 7) выполнение мер по охране окружающей среды.

Рычаги управления:

- амортизационная политика;
- политика ценообразования;
- налогообложение;
- кредитование;
- страхование.

Объекты:

- маркетинговая система;
- производство;
- логистика;
- менеджмент.

Факторы влияния – внешней и внутренней среды.

Факторы внешней среды – динамика и тип рынка; конкуренция; потребительское восприятие продукции; доступ к факторам производства (земля, труд, капитал); скорость инноваций; покупательская способность; тип потребления.

Факторы внутренней среды – потенциал оптимизации соотношения «цена/ценность»; степень инновационного восприятия; финансовое состояние предприятия; технологическое развитие; организация бизнеса; качество финансового менеджмента; кадровый потенциал; накопленный опыт и история бизнеса.

Ресурсы:

- Материальные и нематериальные;
- Финансовые;
- Трудовые;
- Информационные;
- Инновационные;
- Инвестиционные.

Выделение процессов в качестве ключевых в комплексном механизме обеспечения экономической эффективности судостроительного предприятия согласуется с экономическими интересами субъекта управления, связанными с повышением эффективности процессов, включая:

- оптимизацию процессов, способствующую сокращению длительности процессов, в том числе сварочных как основных судостроительном производстве, снижению производственных простоев, снижению количества и уровня отклонений в качестве продукции и услуг, снижению себестоимости);
- оптимизацию бизнес-правил, нацеленную на финансовую оптимизацию, снижение складских запасов, повышение оборачиваемости оборотных средств, более точную оценку кредитоспособности);
- бенчмаркинг, предполагающий использование передового судостроительного опыта;
- использование ИТ, неразрывно связанных с автоматизацией производственных процессов, ростом управляемости и производительности труда, сокращением численности технического персонала, повышением качества обслуживания клиентов и т.д.;

– сохранение управляемости через мотивацию персонала, информационную прозрачность, эффективную организационную структуру, понятность и согласованность целей [5].

К методам хозяйствования можно отнести мероприятия, способы и приёмы, которые направлены на создание благоприятных условия для эффективного использования экономических ресурсов.

К методам можно отнести:

– организационные (административные) – нормативно-правовое обеспечение, методическое обеспечение.

– социально-психологические – корпоративный стиль, социальные планы, моральные стимулы.

– экономические – прогнозирование, планирование, организация, мотивация, контроль.

Рассмотренный подход к механизму обеспечения экономической эффективности предприятия предполагает использование субъектом управления таких инструментов и методов воздействия на объект управления, которые затронут все виды деятельности, осуществляемые на предприятии, что будет способствовать реализации поставленных целей обеспечения экономической эффективности предприятия и тем самым удовлетворению экономических интересов субъекта управления.

### **Библиографический список**

1. Карсунцева О.В. Организационно-экономическая модель повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2014. №1 (27). С. 122-126.

2. Актелова О.П. Формирование организационно-экономического механизма управления // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section070.html>.

3. Шипунова О.В. Финансово-экономический механизм предприятия в условиях рыночной экономики // Вісник Української академії банківської справи. 2000. № 2 (9). С. 3-11.

4. Слободян Н.Я. Теоретичні засади організаційно-економічного механізму функціонування підприємств // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2012. № 46. С. 89-94. Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt\\_2012\\_46\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt_2012_46_17)

5. Ефременко А.П. Механизм повышения эффективности экономической деятельности предприятия машиностроения: Дис. ... канд. эконом. наук. Воронеж, 2011. 185 с.

## **ВОПРОСУ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ «ПРОИЗВОДСТВО ТОЧНО В СРОК»**

студент **Левницкая К.М.**

канд. техн. наук, доц. **Юракова Т.Г.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

Важнейший показатель работы предприятия в целом является уровень качества выпускаемой продукции. На качество продукции влияет достаточно много факторов, таких как: степень использования достижений науки и техники, используемой при производстве продукции технологии, квалифицированности персонала и так далее. Для повышения эффективности производства необходимо систематическое улучшение качества выпускаемой продукции.

Существует множество систем управления качеством и все они по-своему действенны. Рассмотрим наиболее распространенную японскую модель управлением качеством.

После второй мировой войны в Японии совершенствование качества возвели в ранг государственной политики. Существует 6 особенностей японской модели управления качеством по сравнению с другими странами, такие как:

- 1) участие всех звеньев в управлении качеством;
- 2) подготовка кадров и обучение методам качества;
- 3) деятельность кружков качества;
- 4) инспектирование деятельности по управлению;
- 5) использование статистических методов;
- 6) общенациональные программы по управлению качеством [1].

Внедрению методов управления качеством в практику работы мешает желание уйти от ответственности руководителям высшего звена, нежелание внедрять новые, более действенные методы менеджмента, нежелание выслушивать мнение «со стороны», нежелание постоянно развиваться.

В японской системе управления была впервые использована четырехуровневая иерархия качества, в которой угадывается основной принцип будущей концепции тотального управления качеством (TQM) – ориентация на удовлетворение текущих и потенциальных запросов потребителей. Данную структуру можно представить следующим образом:

- 1) соответствие стандарту;



- 2) соответствие назначению;
- 3) соответствие требованиям рынка;
- 4) соответствие еще неосознанным потребностям [2].

Наиболее известны четыре японские модели управления качеством (УК), такие как: кружки качества, программа «Пяти нулей», система «КАНБАН» и система «Just in time».

Кружки качества первоначально были нацелены на обучение персонала японских компаний статистическим методам контроля. Но сегодня это инструмент для поиска мероприятия по совершенствованию качества. Такие кружки используются как метод обучения персонала, интересы которого учитываются в процессе деятельности всей организации. При работе людей в группах и используя простые статистические инструменты, обсуждаются, анализируются и решаются различные проблемы, нацеленные на безопасность, стоимость и продуктивность. Также подготавливаются предложения по усовершенствованию продукции или услуг организации. Кружки качества обеспечивают: самообучение персонала, укрепление связей между сотрудниками фирмы, проведение причинно-следственного анализа, проведение мероприятий по сокращению затрат.

Программа «Пяти нулей» – это система управления качеством на производстве, ориентированная на предотвращение возможности допущения дефектов. Суть данной программы то, что работник не должен делать следующее: вносить изменения в технологию, создавать условия для появления дефектов, принимать дефектную продукцию с предыдущей операции, передавать дефектную продукцию на следующую операцию, повторять ошибки [3].

Система «КАНБАН» – система управления производством и снабжением. В соответствии с этой системой начинают разрабатывать необходимый образец продукции только когда на нее есть определенный заказчик. Данная система базируется на усиленном контроле качества; максимальное приближение смежников к головному заводу; наладка оборудования, исключаяющая брак; сокращение числа поставщиков, комплектующих; поставка продукции заказчику точно в срок. Данная система позволяет реализовать систему «Just in time» [4].

Концепция «Just in time» (JIT или ДЖИТ) или «точно в срок» был разработан в японской автомобильной компании Тойота вице-президентом фирмы по производству Таичи Охно, которая обеспечивает систему «Пять нулей». Только совместная оптимизация качества, издержек производства, тщательность и пунктуальность выполнения

работ в совокупности позволяют увеличить долю рынка, прибыльность и производительность.

Суть концепции в том, что необходимо делать все в том количестве, с тем качеством, и в то время, которое требуется непосредственно потребителю.

Основной целью концепции «Just in time» является сбалансированная система, то есть так, которая будет обеспечивать быстрый, но плавный поток материалов через систему. Основная идея состоит в том, чтобы, используя ресурсы оптимальным образом, сделать процесс как можно короче. Но, добиться этой цели можно только в том случае, если достигнуты подцели. К подцелям можно отнести исключение сбоев и нарушение процессов производства, достижение гибкости системы, сокращение времени подготовки к процессу, производственных сроков, материальные запасы и необоснованные расходы [5].

Сбои и нарушение процесса оказывают отрицательное воздействие на систему в целом, нарушая поток изделий. Необходимо исключить факторы, вызывающие срывы производства (неисправность оборудования, изменения в графиках, задержка поставок и так далее).

Гибкая система – это система, которая способна производить широкий ассортимент изделий и, сохраняя сбалансированность и темпы, справляться с изменениями в объеме выпуска продукции.

Излишние время подготовки и производственные сроки не добавляют стоимости изделию, но удлиняют процесс. Следовательно, сокращение их очень значимо и является одной из целей непрерывного совершенствования.

Материальные запасы являются незадействованными ресурсами, которые занимают лишнее место и повышают стоимость производства. Их также следует свести к минимуму либо устранить вообще.

Устранение непроизводительных ресурсов, представляющие собой необоснованные расходы, поможет освободить их и расширить производство. К ресурсам можно отнести перепроизводство, время ожидания, ненужные перевозки, дефекты изделий, брак и отходы, хранение материальных запасов, неэффективные методы работы и так далее. Список необоснованных расходов определяет потенциальные цели непрерывного совершенствования.

Основой для выполнения перечисленных ранее целей представляются проектирование и производство. Данная основа состоит из четырех формирующих блоков, таких как: разработка изделия, разработка процесса, организационные и кадровые элементы, планирование и управле-

ние производством. Через эти формирующие блоки проходят два основных элемента: скорость и простота [6].

Существует 5 элементов производственного управления и планирования, которые особенно важны для системы «точно в срок»: сокращение числа операций и объема делопроизводства, равномерная загрузка системы, система перемещения работы, тесные взаимосвязи с поставщиками, визуальные системы.

Основными преимуществами системы «точно в срок» являются: короткий производственный цикл, высокая оборачиваемость активов, в том числе запасов; отсутствие или чрезвычайно низкие издержки хранения производственных и товарных запасов.

Основными недостатками системы «точно в срок» являются: сложность обеспечения высокой согласованности между стадиями производства продукции; значительный риск срыва производства и реализации продукции.

В наши дни система «точно в срок» набирает обороты на предприятиях России: много крупных компаний уже пытается внедрить у себя ЛТ (КамАЗ, АВТОВАЗ, «Уралсвязьинформ»). Например, на Ульяновском автозаводе внедрение данной системы позволило добиться такого результата как экономия времени на 20%. С 2003 года Заволжский моторный завод также перестроил свое производство в соответствии с концепцией ЛТ. В 2003 году и по настоящее время ОАО «Северсталь» начало осуществлять поставки металлопроката на ООО «Катерпиллар Тосно» по принципу just-in-time. Также в России поставки по системе ЛТ совершает компания Мастер-СНАБ, ведущий поставщик промышленного оборудования и лидер в области комплексного снабжения на рынках Твери, Тверской и Московской областей.

Компания «ЕВРОСИБ-Логистика» предлагает доставку по системе ЛТ автокомпонентов и труб большого диаметра. В торговле ЛТ предполагает поступление товаров на полки «прямо с колес». В Москве, например, функционирует сеть магазинов самообслуживания «АБК», поставки в которые осуществляются по системе ЛТ. Использование данной концепции позволило увеличить объем торговых площадей за счет складских помещений, избежать затоваривания и обеспечить высокий уровень наполнения заявленного ассортимента. В сфере строительства российско-чешская строительная компания «U-Group» предлагает клиентам свои услуги в проектировании и строительстве объектов с использованием быстровозводимых стальных конструкций, применяя ЛТ.

Так же все чаще применяется система «точно в срок» в сфере обслуживания.

McDonald's известен тем, что достигла высокого качества в сфере обслуживания. Она буквально "индустриализировала" систему сервисной доставки таким образом, что временно нанятые, случайные рабочие могут обеспечить одинаковое по качеству сервисное обслуживание в сфере общественного питания в любой точке мира. Качество не только означает производить лучшее, скорее оно означает постоянство при производстве товаров и услуг, на что потребителю не жалко потратить деньги.

Как уже говорилось ранее, упорядочение потоков, основанное на системе JIT, может коренным образом улучшить выполнение процесса. Так, Federal Express Corporation изменила схемы авиарейсов с "исходная точка – место назначения" на "исходная точка – узловой аэропорт", где груз перегружают на следующий самолет, направляющийся к месту назначения. Это было революцией в транспортной авиаиндустрии. Еще одним хорошим примером упорядочения потоков является отдел приема заказов производственной фирмы, который преобразовали из функционального подразделения в рабочую группу, нацеленную на обслуживание клиентов, что снизило время выполнения заказов с восьми до двух дней.

Подводя итоги, можно сказать, что данная система при соблюдении всех требований позволяет наладить эффективное, безотходное производство.

### **Библиографический список**

1. Исикава К., Японские методы управления качеством, М.: Экономика, 1988. 215 с.
2. Гончаров В.В. Руководство для высшего управленческого персонала, М.: МНИИПУ, 1998. 784 с.
3. Мугак Т.А., Терехин И.А. Применение концепции just-in-time на отечественных предприятиях, М.: Успех, 2014. С. 141-143
4. Логанина В. Федосеев А., «Статистические методы контроля и управления качеством продукции», М: Феникс, 2007. 224 с.
5. Интернет-ресурс «Менеджмент качества» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.kpms.ru/General\\_info/Just\\_in\\_Time.htm](http://www.kpms.ru/General_info/Just_in_Time.htm) (Дата обращения: 24.10.2016).
6. Степанов А.М., Поспелова Е.А., Митякина Н.А. Подтверждение соответствия продукции в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №2. С. 64-68.

# **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ В СТРУКТУРЕ КВАРТАЛЬНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ**

канд. арх., доц. **Радионов Т. В.**

магистрант **Анисимов А. В.**

студент **Андреева С. А.**

*Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры, г. Макеевка*

Проектирование больниц, поликлиник, медицинских центров в Донецком регионе является крайне актуальной темой ввиду многих факторов. За последние годы существенно повысилась степень заболеваемости на Донбассе, а так же возросла численность людей с ограниченными физическими возможностями. Это обусловлено тем, что огромное значение на данную тенденцию влияют антропогенные и урбоэкологические воздействия, а также низкий уровень социально-бытового обслуживания. Качество продуктов, лекарств и медикаментов, которые являются предметами первой необходимости также не соответствует требованиям. Кроме этого, Донбасский регион, являясь индустриальным предполагает повышенное количество несчастных случаев и заболеваний наряду с другими регионами и как следствием повышенного риска инвалидности, поэтому необходимо создавать условия для минимизации производственных травм, заболеваемости и последующей реабилитации и социального обслуживания граждан, в том числе и путем архитектурных преобразований (проектированием медицинских учреждений, реабилитационных центров, центров социально-бытового обслуживания и т.д). Рассматривая нынешнюю ситуацию на примере г. Донецка и беря во внимание опыт проектирования вышеуказанных сооружений, напрашивается вывод, что большинство из них либо недостаточно обоснованно находятся в структуре города с градостроительной точки зрения, либо имеет место обветшалость и изношенность помещений, заведения подобного типа не адаптированы под потребности маломобильных групп населения. Посему напрашивается вывод о реконструкции и реорганизации таких объектов, а также новых проектных предложений [1, 2].

При рассмотрении архитектурно-планировочной и функционально-пространственной организации медицинских учреждений берется во внимание множество аспектов. Важную роль играет градостроительный

фактор, в частности жилого района, где рассматриваются различные планировочные структуры (радиально-кольцевая, поли-моно центрическая, квадратная, прямоугольная, свободная, веерная (лучевая)), учитывается исторический или современный характер застройки, характер селитебной территории окружающего ландшафта на уровне существующего квартала (квартальная, линейная, рядовая, расчлененная, рассредоточенная планировка) [1, 2, 3].

При выборе места проектирования необходимо рассматривать плотную квартальную застройку, поскольку медицинские заведения целесообразно размещать в непосредственной близости к жилым зданиям для обеспечения наиболее комфортного и быстрого социально-бытового обслуживания проживающих в них граждан. Характер плотности застройки так же влияет на архитектурный облик и медицинских учреждений. Учитываются демографические колебания исследуемой застройки, степень ее стеснения, степень урбанизированности, наличие и характер прилегающего ландшафта [1, 2, 3].

На функциональном уровне рассматривается необходимость наличия определенного выбора функциональных зон (входная зона, зона рекреаций и коммуникаций), необходимость взаимосвязи функциональных зон между собой, гибкость использования (совмещение или делегирование функций), наличие функционального ядра [1, 2, 3].

Что касается адаптированности медицинских учреждений к потребностям маломобильных групп населения, то здесь напрашивается ряд мер, направленный на комфортное и беспрепятственное перемещение инвалидов в пространстве.

Одним из важных принципов для проектирования медицинских учреждений, является построение безопасной системы движения, которая обеспечивает непрерывность связей между входами, местами производства и обучения, и выходами. Пути передвижения должны быть: по возможности короткими; доступными для различных категорий пользователей [4, 5, 6, 7]. Входные зоны должны быть устроены в одном уровне с подходами, оборудованы автоматическими открывающимися дверьми, освещаться, обладать тактильными указателями, иметь место для отдыха перед входом и после него [7, 8, 9].

При разработке объемно-планировочного решения медицинских учреждений следует применять единый модуль для создания ритма при восприятии пространства организовать простую, ясную беспрепятственную систему коммуникационных связей [7, 8, 9]. Необходимо избегать острых углов, высоких порогов и других барьеров внутри здания. На уровне решения генерального плана и благоустройства прилегающей

территории также важно предусматривать соответствующее оснащение (пандусы при входах в здания с нормативным уклоном, поручни), для ориентации слепых и слабовидящих устраивать систему специальных ориентиров (световых, шумовых, тактильно-кинестетических и обонятельных), в том числе тактильные полосы по периметру пешеходных связей, дендрарии с остро пахнущими растениями и кустарниками [7-9].

В заключение следует сказать, что все вышеуказанные приемы архитектурно-планировочной и функционально-пространственной организации хотелось бы видеть не только в рамках Донецкого региона, но и в целом использовать в проектировании медицинских учреждений, а также комплексов социально-бытового обслуживания.

### **Библиографический список**

1. Среда обитания для физически ослабленных лиц. Основные положения: СТБ 2030–2010. Введ. 01.08.10. Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2010. 32 с.

2. В помощь проектировщику-градостроителю. Реконструкция центров исторических городов; Под ред. И. Н. Седак. К.:Будівельник, 1974. 100 с.

3. ДБН В.2.2 – 17:2006. Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення. [Чинні від 2007-05-01]. Офіц. вид. К.: Укравхбудінформ: Держбуд України, 2007. 22с.

4. ДБН В.2.2 – 18:2007. Будинки і споруди. Заклади соціального захисту населення. [Чинні від 2007-07-01]. Офіц. вид. К.: Укравхбудінформ: Держбуд України, 2007. 43 с. (Державні будівельні норми України).

5. Методические рекомендации по обновлению жилой застройки при реконструкции сложившихся жилых районов. М.: ЦНИИП градостроительства, 1984. 59 с.

6. Про введення в дію Закону Української РСР «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Українській РСР»: Постанова Верховної Ради Української РСР від 21 березня 1991 року №876 – XII // Відомості Верховної Ради України. 1991. № 21. С. 555.

7. Шолух Н. В., Черныш М. А., Каток М. Н. Многоквартирные жилые дома для слепых в Центрально-городском районе г. Макеевки как значимая часть ее культурно-исторической среды // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2014. № 2 (106). С. 97 – 108.

8. Шолух Н. В., Ильченко Д. Н. О результатах архитектурных и социологических исследований территории концентрированного проживания слепых в г. Донецке // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2006. № 3 (59). С. 40-44.

9. Шолух Н. В., Мироненко В. П. Предложения по обустройству пешеходных коммуникаций города в зонах концентрированного проживания слепых // Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті. Вип. 1, 2, 3. Харків: ХДАДМ, 2008. С. 318 – 322.

## **НДТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ**

канд. экон. наук, доц. **Степанова М.В.**

*Технический университет УГМК,*

*г. Екатеринбург*

Наилучшие доступные технологии (НДТ) подразумевают новый для России механизм экологического регулирования в отношении предприятий. Его реализация в части технологий обеспечения энергоэффективности напрямую касается энергетических служб предприятий.

Цель работы – дать представление о требованиях и возможностях нового вида регулирования.

Новое регулирование введено Федеральным законом от 21 июля 2014г. № 219-ФЗ, согласно которому предприятия делятся на четыре категории в зависимости от уровня воздействия на окружающую среду. Наиболее серьезные «загрязнители», предприятия I группы (производство кокса и нефтепродуктов, добыча сырой нефти, угля и природного газа, руд цветных металлов, обогащение железных руд, металлургические и химические производства, производства пестицидов и прочих агрохимических продуктов, фармацевтических субстанций, кожи, пищевых продуктов) обязаны внедрять технологии с минимальными сбросами и выбросами – НДТ.

Для этого разрабатываются справочники по НДТ для различных отраслей. Соответствие предприятия описанным в отраслевом справочнике наилучшим доступным технологиям становится основой для выдачи ему Комплексного экологического разрешения (КЭР), без которого деятельность предприятий первой категории будет невозможна. Теперь контролироваться для отраслей, подпадающих под регулирование по НДТ, будут не сотни индикаторов, как это происходит сейчас, а 10-15 маркерных веществ, определяемых для каждого вида деятельности.

Информационно-технический справочник по НДТ содержит информацию по всему производственному циклу от выбора сырья до утилизации отходов – описание отрасли, в том числе используемые сырье и топливо; описание ее основных экологических проблем; список и описание НДТ для этого конкретного вида деятельности, в том числе перечень основного технологического оборудования; технологические показатели НДТ, где это возможно; методы снижения негативного воздействия на окружающую среду в применяемых технологических процессах; экономические показатели, характеризующие НДТ.



Российские справочники, используя опыт европейских, разрабатываются на основе российских условий (технологий, оборудования, сырья, климатических, и экономических особенностей). Содержащиеся в справочниках технологии сгруппированы по типам и пронумерованы. В ряде случаев они содержат конкретные технологические показатели, которые должны быть достигнуты.

Всего в 2015-17гг. в России должны быть разработаны более 50 справочников (к настоящему моменту разработаны 11), а также вся необходимая подзаконная база, описывающая механизм применения. С 2019 по 2022 годы произойдет переход на Комплексные экологические разрешения для 300 крупнейших предприятий-загрязнителей, все вводимые в эксплуатацию предприятия также должны будут соответствовать НДТ. Наконец, с 2023 по 2025 годы должна произойти выдача комплексных экологических разрешений всем предприятиям, попадающим в область применения НДТ.

Справочники НДТ – не нормативные документы, а именно «справочники», ссылочные документы информационного характера. Они разрабатываются на основе анализа ситуации и сложившихся практик в конкретной отрасли. Из применяемых технологических процессов, технических способов, методов предотвращения и сокращения негативного воздействия на окружающую среду выделяются наиболее удачные. Значительную долю в НДТ занимают управленческие методы, тот же энергоменеджмент.

Справочники – результат консенсуса всех вовлеченных сторон – предприятий, государства, представляемого уполномоченными органами, и общества. Задача – не установление верхней планки, а постепенное вытеснение наиболее «грязных» и устаревших производств. Метод НДТ – это компромисс между интересами охраны окружающей среды и развития экономики.

Справочники могут быть «вертикальными» и «горизонтальными». «Вертикальные» организованы по конкретным отраслям, а «горизонтальные» носят межотраслевой характер. В настоящее время начата разработка «горизонтального» справочника по НДТ обеспечения энергоэффективности, при Бюро НДТ сформирована соответствующая Техническая рабочая группа [1]. Он будет учитывать опыт переведенного и адаптированного для применения в РФ европейского справочника в области энергоэффективности который в свое время прошел обсуждение на ряде промышленных предприятий, с чиновниками Росприроднадзора, в экспертном сообществе [2].

Взаимосвязь показателей экологии и энергоэффективности понятна – достижение высокой экологической результативности напрямую связано с внедрением энергоэффективных технологий. На предприятиях произойдет симбиоз экологических программ и программ повышения энергоэффективности.

Механизм регулирования через НДТ очень напоминает известные из мирового опыта и пока слабо пока прижившиеся в России, но призываемые энергетиками долгосрочные соглашения между государством и промышленностью по росту энергоэффективности и снижению выбросов парниковых газов.

Обработка данных 4200 российских предприятий (методика эколого-энергетического рейтингового агентства «Интерфакс-ЭРА») позволила определить три основных группы по технологической и энергетической эффективности: Порядка 20% составляет группа лидеров, 36% – среднее ядро и 44% – предприятия с наиболее низкими показателями. Ключевая задача государства – подтягивать отстающих в «ядро середнячков» и оттуда далее наращивать группу лидеров.

С подходом по внедрению наилучших доступных технологий в промышленном комплексе перекликается ряд действующих нормативных актов, например, Постановление Правительства РФ от 17.06.2015 №600 "Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности", а также семейство стандартов 2010 года по планированию энергоэффективности [3].

Справочник по НДТ обеспечения энергоэффективности позволит решить ряд задач:

- поиск резервов повышения энергетической эффективности в разных отраслях промышленности;
- согласование в них темпов энергосбережения;
- повышение адекватности исходных данных;
- информационно-рейтинговые функции («бенчмаркинг» ключевых показателей, обучение);
- основа для государственного регулирования.

Поскольку процесс только разворачивается, сохраняются нерешенные вопросы, например, достоверность собираемых данных на этапе разработки справочников; сочетание нормативов для предприятий и региональных нормативов; противоречие с действующими санитарно-гигиеническими нормативами; готовность разделов ГИС «Промышленность», куда с 2019 г. будут выгружаться данные о выбросах и сбросах с

автоматических приборов предприятий. Нет пока формы и процедуры выдачи КЭР.

Согласно оценкам экспертов, переход на регулирование в соответствии с НДТ может составить 7-14 лет, при этом можно рассчитывать на снижение негативного воздействия на окружающую среду на 75-80%.

Выводы по работе.

1. Не вызывает сомнений актуальность разработки «горизонтально» справочника НДТ обеспечения энергоэффективности. В то же время, поскольку нормативная база по применению регулирования на основе наилучших доступных технологий в России продолжает формироваться, большое значение имеет, насколько эффективным окажется механизм НДТ.

2. В свете намерений Минэкономразвития России разработать новую Государственную программу повышения энергоэффективности, целесообразно будет учесть в ней те уроки и предложения, которые могут дать Бюро НДТ и технические рабочие группы, работающие над справочниками.

### Библиографический список

1. Бюро наилучших доступных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://burondt.ru/>

2. Справочный документ по НДТ обеспечения энергоэффективности (2012) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecoline.ru/category/best-available-techniques/>.

3. ГОСТ Р 54195-2010 «Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности», ГОСТ Р 54196-2010 «Руководство по идентификации всесторонних аспектов энергоэффективности», ГОСТ Р 54197-2010 «Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности», ГОСТ Р 54198-2010 «Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности».

4. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / Бегак М. В., Гусева Т. В., Боравская Т. В., Руут Ю., Молчанова Я. П. и др. М.: ЮрИнфоР-Пресс, 2010. 218 с.

5. Гашо, Е.Г. Перспективный механизм промышленной политики / Гашо, Е.Г., Гусева, Т.В., Степанова, М.В. // Энергоназор. 2016. № 10 (86), октябрь. С. 56-57.

6. Shirime, K.J. Energy management system in Russia / Shirime K.J., Trubaev P.A. // Образование, наука, производство. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. С. 2866-2869.

7. Shirime, K.J. Comparison of Russian and international standards for implementation of energy management systems / Shirime K.J., Trubaev P.A. // Образование, наука, производство. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. С. 2870-2874.

8. Трубаев, П.А. Сравнительный анализ российского и международного стандартов систем энергетического менеджмента / Трубаев П.А., Ширрима К.Ж. // Энергобезопасность и энергосбережение. 2015. № 2. С. 10-15.

9. Ширрима, К.Ж. Особенности адаптации системы энергоменеджмента к национальным особенностям / Ширрима К.Ж., Трубаев П.А. // Наука, образование, общество. Белгород, 2014. С. 155-158.

10. Peculiarities of implementation of the energy management system in conditions of Russian economy // Trubaev P., Shirrime K., Tarasyuk P., Tarasyuk P. // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 30, № 8. С. 990-994.

11. Shirrime, K.J. The analysis of the possibility of the energy management system integration in municipal institutions in Belgorod (Russia) / Shirrime K.J., Trubaev P.A. // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9, № 11. С. 862-868.

## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

аспирант **Ширрима К.Ж.**,

д-р. техн. наук, доц. **Трубаев П.А.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород*

В мировой практике для повышения энергетической эффективности уже давно используются системы энергетического менеджмента. Для адаптации подобного опыта в рамках Российской Федерации, важным является создание единого комплекса технических и организационных мероприятий, который позволит существенно снизить затраты на коммунальные платежи.

Создание региональной системы энергетического менеджмента позволяет осуществлять мониторинг энергоэффективности и проектное управление энергосбережением как в бюджетном секторе, так и для крупных сетевых представительств любых организаций. Актуальным является создание аналитических систем, решающих следующие задачи:

- комплексный учет и мониторинг всех потребляемых энергоресурсов в бюджетном и жилом секторе;
- автоматизация процесса мониторинга исполнения региональных, муниципальных программ энергосбережения;
- контроль за эффективностью расходования бюджетных средств на оплату коммунальных ресурсов;

- выявление неэффективных потерь, адресное лимитирование оплаты коммунальных ресурсов;
- предоставления инвесторам сведений для подготовки энергосервисных и инвестиционных программ;
- разработка и контроль реализации инвестиционных программ с целью достижения максимального эффекта (поддержка принятия решений);
- автоматизированное формирования отчётности.

Подобные информационно-аналитических систем внедрены в ряде российских регионов.

1. Информационно-аналитическая система топливно-энергетических балансов – ИАС ТЭБ (разработчик – Ивановский государственный энергетический университет) [1].

Внедрена в Оренбургской, Рязанской, Владимирской, Ивановской областях и Республике Татарстан. Особенностями системы является ориентация на предприятия, поставляющие энергоресурсы, а не на потребителей.

2. Система городского управления энергоресурсами – СГУЭР (Проект ПРООН/ГЭФ 00074315 «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России», 2010-2015 г) [2]. Реализовано на базе Псковской, Архангельской, Вологодской областей. Находится в стадии разработки концепции и проектных решений.



Рис. 1. Структура СГУЭР [2]

3. Составление топливно-энергетического баланса ТЭК Дальневосточного федерального округа [3] – анализ ТЭК ДФО, состояния работ по разработке перспективных ТЭБ субъектов, входящих в ДФО, разработки предложений по обеспечению энергетической безопасности ДФО

в целом и отдельных его регионов. Особенности является разработка только ТЭБ без анализа эффективности потребления.

На основании анализа существующих систем можно сформулировать следующие проблемы, которые требуют решения.

1. Нет механизмов оперативного анализа информации.

Существующие системы сбора и анализа информации об энергопотреблении ориентированы на периодичность сбора раз в год.

2. Дублирование информации.

Подаваемая в государственную информационную систему «Энергоэффективность» бюджетными учреждениями информация дублирует данные департамента финансов по оплате бюджетными организациями потребленных энергоресурсов и данные ресурсоснабжающих организаций об их отпуске. Сбор информации по жилому фонду не осуществляется.

3. Отсутствуют механизмы обобщения и анализа имеющейся информации.

На ведомственном, муниципальном и региональном уровнях нет доступа к результатам анализа информации, поданной в ГИС «Энергоэффективность» и в вышестоящие органы.

Отсутствуют реальные данные об энергоэффективности бюджетных учреждений, МКД, и её динамике, что не позволяет выполнять проектное управление энергосбережением (выбирать направления наиболее эффективных инвестиций). В имеющихся показателях энергоэффективности не учитываются технические особенности объектов (этажность, наличие утепления и т.д.).

Отсутствуют обобщённые и детальные адресные данные для потенциальных инвесторов и заключений энергосервисных контрактов.

4. «Ручной» сбор данных (в виде ежегодного заполнения установленных форм).

Вся информация собирается в индивидуальном порядке в виде запросов. Отсутствуют механизмы автоматизированного получения информации по следующим отчётным формам:

– региональный топливно-энергетический баланс (федеральный закон N 190-ФЗ "О теплоснабжении", приказ Минэнерго от 14 декабря 2011 г. N 600);

– информация для представления субъектами РФ при подготовке государственного доклада о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности (п.3; п.6; п.7 протокол о совещании Минэнерго № ИА-88пр от 14 марта 2016 г.);

– проверка достижения и корректировка целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ПП от 31 декабря 2009 г. № 1225).

5. Необходим контроль за эффективностью расходов. Нет инструментов контроля за эффективностью вложения бюджетных средств в энергосберегающие проекты и выполнением энергосервисных контрактов. Отсутствуют методы индивидуального лимитирования расходов бюджетных учреждений на коммунальные ресурсы.

Для решения выявленных проблем необходимо:

- Интегрирование аналитических систем с АСКУЭ и базами данных поставщиков для получения от них детальной информации по каждому потребителю;

- Ежемесячный анализ данных, что позволит получать точную информацию об эффективности энергопотребления и потенциале энергосбережения;

- Учёт всех потребителей и их индивидуальных особенностей (вид деятельности, технические характеристики зданий, погодные условия и т.д.), а не простое усреднение показателей [4-5].

В заключении стоит отметить, что по опыту внедрения подобных единых региональных систем, возможно добиться снижения фактическое энергопотребления уже по истечению трех лет после введения лимитирования практически на 15% (согласно опыту ИАС ТЭБ на примере «Ярославской области») [1].

### **Библиографический список**

1. Ратманова И.Д. Информационно-аналитическое сопровождение энергетической политики на региональном уровне // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 5. С. 63-67.

2. Беккер В.Л., Додонов А.Н., Лукина-Лебедева М.А. Практические шаги внедрения системы городского управления энергоресурсами. СПб., 2016. 95 с.

3. Муzychuk С. Ю. Анализ энергоэффективности экономики и проблем топливно-энергетического комплекса дальневосточного федерального округа на основе топливно-энергетического баланса // Современные технологии управления. 2015. № 9 (57). С. 13-21.

4. Сергеев С.К., Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Математические модели управления процессами теплоснабжения зданий для автоматизированных систем управления // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 1. С. 113-117.

5. Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Гребеник А.Г. Модель распределения изменяющихся климатических параметров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 116-120.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

**Белоусов А.В. (Белгород), председатель;** Афанасьев А.А. (Белгород), Авербух М.А. (Белгород), Ботвиньев А. Н. (Белгород), Брусенцев А.Г. (Белгород), Вендин С.В. (Белгород), Иванов И.В. (Белгород), Карпук И. А. (Алчевск), Кожевников В.П. (Белгород), Кудинов Р.Г. (Белгород), Полевой И. Н. (Белгород), Поляков В.М. (Белгород), Радченко В. В. (Белгород), Решетников С.А. (Белгород), Рубанов В.Г. (Белгород), Сапрыка А.В. (Харьков), Трубаев П.А. (Белгород), Удовиченко З. В. (Макеевка), Юдин Д.А. (Белгород).

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**Глаголев Сергей Николаевич,** председатель, д-р экон. наук, профессор, ректор БГТУ им. В.Г. Шухова

**Белоусов Александр Владимирович,** зам. председателя, канд. техн. наук, доцент, директор института ЭИТУС БГТУ им. В.Г. Шухова

**Авербух Михаил Александрович,** д-р техн. наук, профессор, проф. каф. «Электроэнергетики и автоматике» (председатель секции «Электроэнергетические и электротехнические системы и комплексы»).

**Афанасьев Александр Александрович,** д-р техн. наук, профессор, зав. каф. «Стандартизация и управление качеством» БГТУ им. В.Г. Шухова (председатель секции «Менеджмент качества и сертификация»).

**Бажанов Александр Геральдович,** канд. техн. наук, доцент каф. «Техническая кибернетика» БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Иванов Игорь Владимирович,** канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Информационные технологии» БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Кожевников Владимир Павлович,** канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Энергетики теплотехнологии» (председатель секции «Теплоэнергетические и теплотехнические системы и комплексы»).

**Кочеткова Инесса Андреевна,** канд. техн. наук, доцент каф. «Информационные технологии» БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Кудинов Роман Геннадиевич,** генеральный директор ЗАО «Белгородский институт альтернативной энергетики», (председатель секции «Энергосбережение, альтернативные и возобновляемые источники энергии, экология»).

**Поляков Владимир Михайлович,** канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» БГТУ им. В.Г. Шухова (председатель секции «Информационные технологии и телекоммуникации»).

**Порхало Василий Александрович,** канд. техн. наук, доцент каф. «Техническая кибернетика» БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Рубанов Василий Григорьевич,** д-р техн. наук, профессор, зав. каф. «Техническая кибернетика» БГТУ им. В.Г. Шухова (председатель секции «Автоматизация и управление технологическими процессами и робототехническими комплексами»).

**Скрятин Юрий Васильевич,** канд. техн. наук, доцент каф. «Электроэнергетика и автоматика» БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Трубаев Павел Алексеевич,** д-р техн. наук профессор БГТУ им. В.Г. Шухова.

**Удовиченко Злата Викторовна,** к.т.н., доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (г. Макеевка).

**Юдин Дмитрий Александрович,** канд. техн. наук, председатель Совета молодых ученых и специалистов Белгородской области при Губернаторе Белгородской области.



Научное издание

# **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ, УПРАВЛЯЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

**Сборник докладов  
I Международной  
научно-технической  
конференции**

Подписано в печать 25.11.16. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл.-печ. л. 22,6. Уч.-изд. л. 24,3.

Тираж 500 экз.      Заказ      Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46