

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»

Национальная конференция с международным участием
**Международная научно-техническая
конференция молодых ученых
БГТУ им. В.Г. Шухова,
посвященная 300-летию Российской академии наук**



Сборник докладов

Часть 3

Инновации и энергосбережение при обслуживании зданий и инженерных энергосистем

Белгород
18- 20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 3. – 96 с.

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами инноваций и энергосбережением при обслуживании зданий и инженерных энергосистем, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01020-2

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

Оглавление

Аверьянова А.А.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ОКОННОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКИМИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ 6

Белова А.С.

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ..... 9

Вахитова Т.М.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ, НОМИНАЛЬНЫХ И
ФАКТИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ ЖКХ 12

Гатаулина И.М.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА 16

Даутов Р.Р.

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛООВОГО НАСОСА НА
ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ 19

Журбенко М.Д., Чеснокова В.Д.

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В МНОГОСЛОЙНЫХ
ОГРАЖДЕНИЯХ..... 23

Инигус Д.Ф.

ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВПЕРЕД/НАЗАД..... 27

Карташов М.А., Бородинец А.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ В МАЛОЭТАЖНОМ ЧАСТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ . 34

Кретова В.С., Метелкин В.А.

СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ. ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ
ХАРАКТЕРИСТИК..... 37

| | |
|--|----|
| Миронова А.Д. | |
| ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 42 |
| Мухаметзянов Д.А. | |
| ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МИНИ ГЕНЕРАЦИИ | 46 |
| Непряхина Ю.Б. | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДИАФАСАДНЫХ СИСТЕМ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С МЕДИАФАСАДАМИ..... | 49 |
| Пименов Е.И. | |
| ПОТЕРИ В ГОРОДСКИХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ 0,4/10 КВ..... | 54 |
| Родин В.И. | |
| СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ | 58 |
| Рязанов И.Ю. | |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫТОВОГО КОНДИЦИОНЕРА ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ (ЦОД) | 62 |
| Свирин М.В. | |
| ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ PMV И PPD | 65 |
| Сопина Ю.В., Биряльцев А.А. | |
| МАЛАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВА ЕЕ РАЗВИТИЯ | 70 |
| Хвостова П.В., Догонина А.О. | |
| РАЗВОДНОЙ ГАЕЧНЫЙ КЛЮЧ – ИСТОРИЯ ПЕРЕВОПЛОЩЕНИЯ | 73 |
| Хизбуллин А.Р. | |

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГАЗОВ
НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ..... 77

Хименес В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ТРАНСФОРМАТОРОВ В СХЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ
ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ 81

Чуйко В.В., Саввин Н.Ю.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ ВОДЯНЫХ
РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ..... 86

Чуйко В.В., Саввин Н.Ю.

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 89

Шакела М.Н.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКА НАМИБИИ..... 93

Аверьянова А.А.

Научный руководитель: Городишенни А.Ю., асс.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ОКОННОЙ СИСТЕМЫ С ВЫСОКИМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Как показывают результаты энергетических обследований зданий жилого, общественного и административного назначения, выполненных сотрудниками ИГЭУ, в структуре их энергопотребления большая часть приходится на тепловую энергию (рисунок 1). По этой причине, а также с учетом высокой стоимости данного ресурса наиболее часто в зданиях внедряются энергосберегающие мероприятия, направленные на сокращение потребления тепловой энергии. Распределение тепловой энергии по направлениям использования приведено на (рисунок 2) [1].

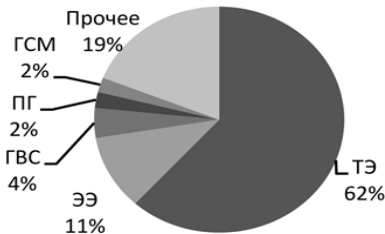


Рис. 1. Структура энергопотребления в общественных и административных зданиях

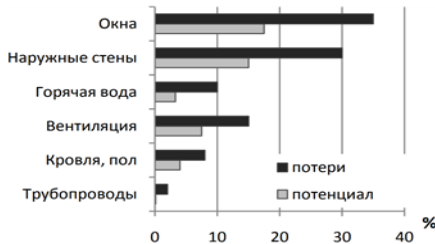


Рис. 2. Распределение тепловой энергии в зданиях и потенциал энергосбережения

В современных зданиях общественного или коммерческого назначения проектируются с большими площадями остекления для эстетического вида фасадов, а также для большого количества естественного освещения. Поэтому необходимо применять оконные системы с высокими теплотехническими характеристиками [2].

Цель работы: рассмотрение оконных систем с высокими теплотехническими характеристиками и применение наиболее энергоэффективной из них для здания бизнес-центра в городе Санкт-Петербург.

Для сравнения были выбраны лидеры в сфере остекления, которые осуществляют установку современные, технологичные, экологичные оконные системы в городе Санкт-Петербург. Это три ведущие европейские компании и их популярные модели окон: Alutech W72, Schuco Corona CT 70 Classic и VEKA Softline 82.

Для дальнейшего анализа выбраны наиболее важные характеристики окон, влияющие на сохранение тепла в здании бизнес-центра с холодное время года и прохлады – в жаркое, также сравнивались долговечность и цена. Характеристики выбранных оконных систем сведены в (таблицу 1).

Таблица 1 – Сравнение характеристик оконных систем

| Характеристика | Alutech W72 | Schuco Corona CT 70 Classic | VEKA Softline 82 |
|---|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Изготовитель | Беларусь | Германия | Германия |
| Материал профиля | Алюминий | Пластик | Пластик |
| Коэффициент сопротивления теплопередачи R_0 , м ² ·°C/Вт | 1,04 | 0,75 | 1,12 |
| Долговечность, лет | 50 | 40 | 40 |
| Звукоизоляция, дБ | 48 | 45 | 45 |
| Водонепроницаемость | класс А (600 Па) [6] | класс 9А (600 Па) [3] | класс 9А (600 Па) [3] |
| Ветроустойчивость | класс А [6] | класс C5/B5 [4] | класс C5/B5 [4] |
| Воздухопроницаемость | класс А [6] | класс 4 [5] | класс 4 [5] |
| Цена за окно 900x1500 мм * (ориентировочная - глухая створка, без монтажа, отливов и откосов), руб. | 39000 | 35900 | 38600 |

Примечание: *цены актуальные на март 2022 на сайтах производителей.

Рассмотрим три вида оконных систем разных компаний.

Две системы из пластика (ПВХ) и одна из алюминия. Пластик является более дешевым материалом и менее долговечным (30-40 лет), но благодаря современным технологиям окна из этого материала не уступают алюминиевым аналогам по качеству.

По коэффициенту сопротивления теплопередачи, а это ключевая теплотехническая характеристика, система №2 значительно хуже других систем, это говорит о том, что в зимнее время понадобится больше отопления здания, что не приводит к концепции энергоэффективности.

По звукоизоляции системы примерно равны. По водонепроницаемости, ветроустойчивости и воздухопроницаемости все виды окон проклассифицированы, белорусский – по ГОСТ, немецкий – по европейскому стандарту DIN EN, классы идентичны друг другу, то есть все системы имеют одинаковые показатели.

По цене все оконные системы так же не имеют значительных отличий: система №2 на 8% дешевле системы №1 и на 7% дешевле системы №3.

Анализируя все параметры выбранных видов окон, самым не подходящим оказался вариант №2, так как он имеет не большую долговечность и теплоэффективность по сравнению с другими системами. А наиболее подходящим вариантом является система №1, так как благодаря алюминиевому профилю этот вариант является наиболее долговечным и имеет оптимальное отношение цены и энергоэффективности, и, как следствие, в течение эксплуатации здания будет меньшая необходимость в отоплении, что является экономично с точки зрения экономики и экологии.

Таким образом, самой оптимальной оконной системой с высокими теплотехническими показателями является система №1 и она будет эффективна для здания бизнес-центра в городе Санкт-Петербург.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бухмиров В.В., Пророкова М. В. Оценка микроклимата в помещениях жилых, общественных и административных зданий // Вестник ИГЭУ. – 2015.

2. Ruey-Lung Hwang, Shiu-Ya Shu. Building envelope regulations on thermal comfort in glass facade buildings and energy-saving potential for PMV-based comfort control. – 2011.

3. DIN EN 12208 - Windows and doors - Watertightness - Classification; German version.

4. DIN EN 12210 - Windows and doors - Resistance to wind load - Classification; German version.

5. DIN EN 12207 - Windows and doors - Air permeability – Classification.

6. ГОСТ 26602.1-99 БЛОКИ ОКОННЫЕ И ДВЕРНЫЕ.

УДК 621.311

Белова А.С.

*Научный руководитель: Шешуков Е.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Потери электроэнергии неотъемлемы от работы сети. Убытков нельзя избежать, но их можно свести к минимуму за счет сочетания передовых технологий с улучшенными операционными процедурами. Сектор распределения считается самым слабым звеном во всем энергетическом секторе. Потери при передаче составляют примерно 17%, а потери при распределении - примерно 50%. Существует два типа потерь при передаче и распределении: технические и нетехнические (коммерческие убытки). Технические потери связаны с рассеянием энергии в проводниках, оборудовании, используемом для линий электропередач, трансформаторов, линий электропередач и распределительных линий, а также из-за магнитных потерь в трансформаторах. Технические потери обычно составляют 22,5% и напрямую зависят от характеристик сети и режима работы [1, 2]. Наибольшее количество потерь в энергосистеме приходится на первичные и вторичные распределительные сети. Потери электроэнергии определяются множеством факторов. К ним относятся технические параметры, конфигурация электрических сетей, режимы их работы, качество электроэнергии, надежность работы оборудования, погодные условия. Потерями электроэнергии в электросетях считают разность между количеством переданной электроэнергии от производителя и количеством учтенной электроэнергией потребителя. Потери происходят на линиях электропередачи, в силовых трансформаторах, в приборах с реактивной нагрузкой [3, 4].

Коэффициент потерь мощности является важным комплексным показателем для измерения уровня технического управления и

управления эксплуатацией предприятий энергоснабжения. Поскольку потери мощности в распределительной сети составляют значительную долю во всей энергосистеме, модификация распределительной сети по снижению потерь всегда была критически важной работой для энергоснабжающих предприятий для улучшения их экономической деятельности. Таким образом, оптимизация снижения потерь в распределительной сети является актуальной задачей для энергоснабжающих предприятий [5, 6].

Стратегии сокращения потерь распределительной сети можно в основном разделить на управленческие и технические стратегии. Поскольку стратегии управления в первую очередь связаны с человеческим фактором, первоочередной задачей энергоснабжающих предприятий является оптимизация системы управления потерями мощности и стандартизация процесса управления потерями мощности [7]. Метод оптимизации снижения потерь для распределительной сети является одним из самых известных методов. Он основан на комбинированной стратегии снижения потерь мощности, которая разделена на три этапа: анализ слабых мест потерь мощности, формирование стратегии снижения потерь и комбинированная оптимизация стратегии снижения убытков. Анализ слабых мест потерь мощности в распределительной сети сначала выполняется на основе расчета потока мощности. Затем разрабатываются соответствующие стратегии снижения потерь мощности с учетом трех аспектов: замена распределительных линий, распределительных трансформаторов и компенсация реактивной мощности. На этапе формирования стратегии снижения убытков по результатам анализа слабых мест, для каждого объекта снижения потерь (распределительного трансформатора, распределительной линии) формируются соответствующие стратегии снижения потерь с учетом трех аспектов замены распределительных линий, распределительных трансформаторов и компенсации реактивной мощности.

Другим методом являются эффективные компоненты, такие как высокоэффективные трансформаторы с малыми потерями. Это может значительно улучшить характеристики как потерь под нагрузкой, так и потерь без нагрузки. Они могут управлять потерями и рассеиваемой мощностью, динамически конфигурируя сеть с помощью программного обеспечения, созданного для оценки потерь.

Также к действенным мероприятиям по снижению потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4–35 кВ относятся: использование 10 кВ в качестве основного напряжения распределительной сети; увеличение доли сетей напряжением 35 кВ;

сокращение радиуса действия и строительство воздушной линии 0,4 кВ в трехфазном исполнении по всей длине; применение самонесущих изолированных и защищенных проводов для воздушной линии напряжением 0,4-10 кВ; использование максимального допустимого сечения провода в электрических сетях 0,4-10 кВ с целью адаптации их пропускной способности к росту нагрузок в течение всего срока службы; разработка и внедрение нового более экономичного электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с уменьшенными активными и реактивными потерями холостого хода, встроенных в комплектную и закрытую трансформаторные подстанции конденсаторных батарей.

Таким образом, потери электроэнергии в распределительных сетях нужно снижать. Это довольно выгодно и организациям, и потребителям. Для того чтобы обеспечить снижение таких потерь или их поддержание на нужном уровне, необходимо комплексно подходить к проблеме, то есть совершенствовать организацию работы, учитывать все особенности и недостатки сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

2. Жилкина, Ю.В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению // Электрические станции. 2020. № 2 (1063). С. 23-26.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Надтока И.И., Павлов А.В. Повышение точности расчета электрических нагрузок многоквартирных домов с электроплитами // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. № 2. С. 45-48.

5. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

6. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV //

Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

7. Гофман А.В., Ведерников А.С., Ведерникова Е.С. Повышение точности краткосрочного и оперативного прогнозирования электропотребления энергосистемы с применением искусственной нейронной сети // Электрические станции. 2012. № 7 (972). С. 36-41.

УДК 621.313.3

Вахитова Т.М.

Научный руководитель: Низамова А.Ш., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ, НОМИНАЛЬНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ РАСХОДОВ ТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИКЕ ЖКХ

Известно, что на теплоснабжение гражданских и производственных зданий расходуется более одной трети всего добываемого в нашей стране органического топлива. В связи с ростом стоимости всех видов топлива более актуальной и значимой становится решение задач экономного расхода теплоты на всех этапах от ее выработки до потребителя. Значительная часть расходов современных теплоснабжающих организаций приходится на приобретение энергетических ресурсов для производства тепловой энергии и на общехозяйственные нужды предприятия. Создание условий повышения эффективности использования таких ресурсов, как электрическая и тепловая энергии, вода, топливо, становится одной из приоритетных задач развития теплоисточников, для решения которой проводится энергетическое обследование основного и вспомогательного оборудования и зданий котельных в целом.

Основная задача оценки энергетических систем – нормирование использования затраченной в них энергии. Нормированию подлежат расходы топлива на: отпуск электрической энергии с шин и тепловой энергии с коллекторов тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, отпуск тепловой энергии с коллекторов котельных.

Нормирование расходов топлива производится для каждой тепловой электростанции. Нормирование расхода топлива на отпуск тепловой энергии с коллекторов отопительных (производственно-

отопительных котельных) организаций жилищно-коммунальной сферы производится с учетом особенностей функционирования данной отрасли. [1]

Нормативный расход топлива.

При нормировании удельных расходов топлива применяются понятия исходно-номинального и номинального удельного расхода топлива, норматива удельных расходов топлива. Под исходно-номинальным удельным расходом топлива ($b_{(исх)}$) понимается удельный расход топлива на отпуск электроэнергии или тепла, рассчитанный на основе энергетических характеристик оборудования при фиксированных значениях внешних факторов. Удельные расходы топлива на отпускаемую электростанцией электроэнергию и тепло (районной котельной - тепло) при тарифном прогнозировании рассчитываются в последовательности, регламентированной макетом расчета номинальных и нормативных показателей, входящим в состав утвержденной нормативно-технической документации по топливоиспользованию. Нормативный удельный расход топлива - максимально допустимая технически обоснованная мера потребления топлива на единицу отпущенной тепловой или электрической энергии при фактических режимах работы оборудования и фактических значениях внешних факторов в отчетном периоде. По его величине оценивается технический уровень эксплуатации оборудования ТЭС.

Нормативы определяются в граммах условного топлива на 1 киловатт-час (г.у.т./кВт•ч), килограммах условного топлива на одну гигакалорию (кг у.т./Гкал). Расчет нормативов удельных расходов топлива производится для каждой тепловой электростанции и котельной (за исключением отопительных и производственно-отопительных котельных жилищно-коммунальной сферы). [2]

Нормативно-технические документы должны быть разработаны для всех ТЭС и котельных. При этом используются следующие термины и определения. Энергетическая характеристика оборудования - это комплекс зависимостей технико-экономических показателей его от нагрузки при оптимальных режимах работы, принятой тепловой схеме, фиксированных значениях внешних факторов, а также состояния оборудования и уровня его эксплуатации. ЭХ включает в себя расчеты показателей и систему поправок к отдельным показателям на изменение значений внешних факторов, отражает реально достижимую экономичность работы оборудования при названных условиях и является технической базой нормирования

Внешние факторы - это объективные факторы, влияющие на экономичность работы оборудования, значения которых не зависят от

персонала энергопредприятия: качество и вид используемого топлива, температура наружного воздуха, расход и температура обратной сетевой воды, давление пара в производственных отборах или противодавление турбин, температура и количество возвращаемого с производства конденсата, температура охлаждающей воды для ТЭС, работающих без градирен и др.

Внутренние факторы - это начальные параметры пара, давление и температура, параметры промперегрева, конечное давление в конденсаторе, температурные напоры в конденсаторах, сетевых подогревателях и других теплообменниках, присосы воздуха в конденсатор, температура уходящих газов, избыток воздуха в уходящих газах.

Некоторые внутренние факторы для ТЭС в целом являются внешними для отдельного оборудования. Например, температура питательной воды является внешним фактором для энергетических котлов, но внутренним для турбин, поскольку зависит от состояния ПВД (в первую очередь верхнего).

Номинальный расход топлива.

Номинальный удельный расход топлива – это удельный расход условного топлива на отпуск тепла, рассчитанный на основе энергетических характеристик оборудования при фактических значениях внешних факторов. По истечении отчетного месяца рассчитывается для фактического состава работавшего оборудования, его электрических и тепловых нагрузок. При установлении индивидуальных норм в качестве нормативных значений принимаются значения удельного расхода расчетного вида топлива в условном исчислении при номинальной нагрузке котлоагрегата с учетом прогрессивных показателей удельного расхода топлива на выработку тепловой энергии котлом данного типа. [3]

При прогнозировании и планировании потребности в топливе значения удельных расходов топлива на выработку тепла по данным завода-изготовителя при номинальной загрузке корректируются в соответствии с режимной картой конкретного котла, учитывающей техническое состояние, срок ввода в эксплуатацию и величину его фактической загрузки. Нормативные характеристики используются и для разработки нормативных коэффициентов, учитывающих отклонения условий эксплуатации от принятых при определении индивидуальных отраслевых норм. Значение удельного расхода топлива при оптимальных условиях эксплуатации на номинальной нагрузке принимается по соответствующим нормативным характеристикам.

Фиксированные условия - номинальные значения ряда параметров и наиболее вероятные величины внешних факторов, принятые при расчете и построении энергетических характеристик оборудования.

Исходно-номинальное значение технико-экономического показателя - значение показателя, определенное по действующим нормативным энергетическим характеристикам при фиксированных значениях внешних факторов.

Номинальное значение технико-экономического показателя - значение показателя, полученное путем введения к его исходно-номинальной величине поправок на отклонение фактических значений внешних факторов от фиксированных. [4]

Номинальный удельный расход топлива на отпуск электроэнергии и (или) теплоты - это реально достижимый УРТ при фактических условиях работы станции.

Фактический расход топлива.

Фактический расход топлива на теплоисточнике характеризуется эмпирической оценкой расхода топлива для обеспечения потребителей тепловой энергией в необходимом количестве и производится в следующем порядке: определяется полезный отпуск тепловой энергии, который необходим для потребителей, к которому суммируется нормативная величина потерь тепловой энергии в магистральных и распределительных сетях, сумма указанных значений составляет отпуск тепловой энергии с коллекторов источника, который умножается на удельный расход топлива, определенный эмпирическим путем, что дает нам окончательное значение фактического расхода топлива на теплоисточнике за расчетный период. [5]

1. Промежуточный фактический удельный расход условного топлива на тепловую энергию по ПВК:

$$b_m^{пвк(факт)} = \frac{(100 + \alpha_{ном}^{пвк}) \cdot 10^3}{\eta_{пвк}^{бр} \cdot 7}, \text{ кг/Гкал,}$$

2. Промежуточный фактический удельный расход условного топлива на тепловую энергию по энергетическим котлам:

$$b_m^{эк(факт)} = \frac{(100 + \alpha_{ном}^{эк}) \cdot 10^5}{\eta_{эк} \cdot \eta_{пт} \cdot 7}, \text{ кг/Гкал,}$$

3. Фактический удельный расход условного топлива на отпущенную тепловую энергию:

$$b_m^{факт} = \frac{b_m^{эк(факт)} \cdot (100 - \alpha_{пвк} - \alpha_{нас}) + b_m^{пвк(факт)} \cdot \alpha_{пвк}}{100}, \text{ кг/Гкал.}$$

где $\alpha_{пот}^{пвк}$ – коэффициент потерь при отпуске тепла внешним потребителям от ПВК, %;

$\eta_{пвк}^{бр}$ – номинальное значение КПД брутто ПВК, %.

$\eta_{тп}$ – коэффициент теплового потока, %.

$\eta_{эк}^{бр}$ – номинальное значение КПД брутто энергетических котлов, %;

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буланин В.А. Учет энергии на источнике теплоснабжения //Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2019. – Т. 46. – №. 4.

2. Качан А.Д., Копко В.М., Стрелкова О.А. Методические основы расчета изменения эффективности систем теплоснабжения при различных режимах и графиках отпуски теплоты //Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – №. 4. – С. 91-99.

3. Андрюшенко А.И., Аминов Р.З., Хлебалин Ю.М. «Теплофикационные установки и их использование». М. : Высш. школа, 1983. С.123

4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. «Теплопередача». М.:энергоиздат,1981. С. 145.

5. Р.П. Грушман «Что нужно знать теплоизолировщику». Ленинград; Стройиздат, 1987. С. 120-123.

УДК 697.331

Гатауллина И.М.

*Научный руководитель: Кондратьев А.Е., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

В настоящее время все большее внимание уделяется внедрению современных, энергоэффективных систем теплоснабжения. К ним относится блочно-модульный индивидуальный тепловой пункт (БИТП)

– тепловой пункт, через который тепловая энергия от внешней тепловой сети передается конкретному потребителю.

Конструкция БИТП замечательна тем, что объекты ЖКХ при проведении капитального ремонта подключаются в минимальные сроки, в том же случае, если объект находится на стадии строительства, монтаж теплового пункта не вызывает затруднений [1].

Современные технологии позволяют оснастить БИТП системой погодного автоматического регулирования и устанавливать различные режимы работы, такие как режим выходных дней, дневная и ночная работа [2].

При необходимости БИТП может снабжаться системой дистанционного контроля и передачи данных центральному оператору через проводную или беспроводную коммуникационные линии. Таким образом оператор диспетчерского пульта получает частную и общую информацию о работе как конкретного теплового пункта, так и группы потребителей тепла в режиме реального времени в виде мнемосхемы работы системы теплоснабжения [3].

Блочные ИТП обладают следующими достоинствами:

- возможность установки отдельных средств автоматического управления и учета тепловой энергии;
- режим автономной работы систем отопления и горячего водоснабжения;
- компактность оборудования теплового пункта;
- незначительные временные затраты на монтаж оборудования и проведение пусковых работ;
- комплексная автоматизация значительно снижает количество и время проведения ручных операций;
- дистанционное управление тепловым пунктом и удаленный контроль параметров работы;
- в целом снижение материальных затрат на обслуживание теплового пункта [4].

В настоящее время становится целесообразным применять и различные возобновляемые источники энергии, в частности, особый интерес представляют солнечные коллекторы. В солнечную погоду с их помощью можно получить до 10% тепловой энергии [5].

В итоге можно отметить, что применение блочно-модульных ИТП почти в 2 раза сокращают общую протяженность теплопроводов, для размещения теплового пункта в объекте ЖКХ не требует больших размеров занимаемой площади, что актуально в условиях дорожания стоимости жилья, при новом строительстве капитальные затраты на теплоснабжение снижаются на 20-25%, уменьшаются тепловые потери,

а эксплуатационные затраты за счет средств автоматизации снижаются 40-50% [6]. Также сроки монтажа теплового пункта сокращаются в 3-4 раза при применении монтажных блоков заводского изготовления [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбунов, К. Г. Проект перехода на индивидуальные тепловые пункты в сфере теплоснабжения / К. Г. Горбунов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. – 2019. – № 1. – С. 43-45.

2. Сабирова, Л. Р. Применение нейронных сетей для автоматизации индивидуальных тепловых пунктов / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 132-134.

3. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

4. Калинина, М. В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан / М. В. Калинина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 181-182.

5. Алимкулова, С. Р. Схемы подключения индивидуального теплового пункта к тепловой сети / С. Р. Алимкулова, А. Е. Кондратьев // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников, Самара-Оренбург, 05 апреля 2018 года. – Самара-Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2018. – С. 158-159.

6. Горбунов, К. Г. Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в теплоэнергетике / К. Г. Горбунов // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля

2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 88-90.

7. Алимкулова, С. Р. Способ решения проблем энергосбережения в системе теплоснабжения / С. Р. Алимкулова // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 73-74.

УДК 621.577:621.564.23

Даутов Р.Р.

Научный руководитель: Кондратьев А.Е., канд. техн. наук, доц.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Внедрение тепловых насосов ввиду своей высокой энергетической и экономической эффективности в централизованные системы теплоснабжения, а также в системы отопления жилых зданий в России всё больше набирает обороты.

Тепловые насосы (ТН) представляют из себя устройства для преобразования низкопотенциального тепла в высокопотенциальное с целью нагрева воды в отопительной системе. Принцип действия традиционно используемого теплового насоса состоит в следующем: тепловая энергия от природного низкопотенциального источника нагревает хладагент в испарителе до его вскипания. В парообразном состоянии он направляется в компрессор, где сжимается при значительном повышении давления и температуры. Далее проходя через конденсатор полученное высокопотенциальное тепло нагревает теплоноситель, циркулирующий в системе отопления здания. Высокое давление сбрасывается с помощью дроссельного клапана, и цикл теплового насоса повторяется снова [1].

Разделяют по источникам низкого потенциала водяные, воздушные, геотермальные и, использующие различные сбросы теплоты (вторичные энергоресурсы), тепловые насосы [2].

Самыми лучшими по производительности и экономической целесообразности применения считаются геотермальные тепловые насосы. В качестве низкопотенциального источника в данном случае выступает тепловая энергия грунтовых (подземных) вод. Высокая эффективность данных агрегатов объясняется постоянством

температуры данной среды – от 8 до 12 градусов. А так как коэффициент преобразования COP (англ. Coefficient of Performance) теплового насоса напрямую зависит от температуры источника тепловой энергии, то, следовательно, с коэффициентом 3,5-4 рассматриваемый геотермальный ТН для нужд отопления и горячего водоснабжения (ГВС) сможет преобразовать 1 кВт электроэнергии в 3,5-4 кВт тепловой мощности.

Для привода компрессора ТН необходимо снабжать его электроэнергией. Каждый месяц данная установка будет потреблять около 1000 кВт в час (для среднего жилого здания). Покрыть большую часть электрической энергии для привода парокомпрессионного теплового насоса можно с помощью солнечных батарей. Они представляют собой устройства для преобразования солнечной энергии в постоянный электрический ток. Данная комбинированная система предусматривает не только получение тепловой энергии из возобновляемых источников, но и частичную независимость теплового насоса от общей электросети [3]. Схема теплоснабжения дома при помощи геотермального теплового насоса и солнечных батарей представлена на (рисунке 1).

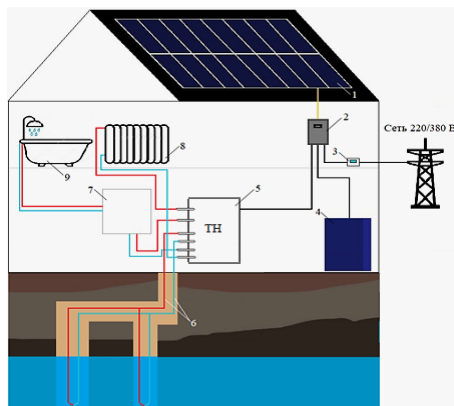


Рис. 1 Принципиальная схема системы теплоснабжения жилого здания с тепловым насосом и солнечными батареями: 1 - солнечные батареи; 2 - инвертор; 3 - контроллер; 4 - аккумуляторы; 5 – парокомпрессионный тепловой насос; 6 - вертикальные зонды; 7 - буферная ёмкость; 8 - отопительные приборы; 9 - система ГВС.

Для преобразования электрического тока в переменный в установке солнечных батарей 1 используется инвертор 2. Другое

устройство – контроллер 3 – позволяет подзарядить аккумуляторы 4, не допуская перегрузок. Здесь отбор низкопотенциальной теплоты производится при помощи вертикальных зондов, находящихся в пробуренных скважинах. Электрическая энергия, полученная солнечными батареями, идет на привод компрессора теплового насоса 5, а в случае ее нехватки забирается из линии электропередачи. В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии используются подземные грунтовые воды. Для ее отбора используются вертикальные геотермальные зонды 6, помещенные в глубокие земляные скважины. Буферная ёмкость 7 в системе необходима для подогрева воды, её аккумуляирования и хранения. Она устанавливается между источником тепловой энергии (ТН) и системой отопления 8 и ГВС 9 здания [4].

Так как применение традиционных хладагентов (хлорфторуглеродов и гидрохлорфторуглеродов) ТН запрещается из-за их высокого потенциала глобального потепления Земли и озоноразрушающего эффекта, многие прибегают к использованию иных холодильных агентов. В частности, во всем мире нашли широкое применение тепловые насосы на диоксиде углерода. При сравнении затрат на эксплуатацию и вреда на экологию тепловые насосы на основе диоксида углерода являются одними из самых перспективных и энергетически эффективных. Кроме этого, они хорошо работают в суровых низкотемпературных условиях и могут обеспечить высокую температуру горячей воды (до 90 градусов) [5].

С точки зрения своей производительности, тепловые насосы на диоксиде углерода отличаются своей возможностью производить гораздо более высокие температуры на выходе, чем в случае использования обычных хладагентов. Отличительной чертой данных тепловых насосов является использование транскритического цикла и отсутствие в конструкции конденсатора. Так как отвод тепла от хладагента в данном цикле происходит при температуре, превышающей критическую точку, конденсации не происходит, поэтому вместо этого теплообменника используется газоохладитель, после прохождения которого, температура диоксида углерода снижается. Тепловая энергия, которая отводится на высокотемпературной стороне, используется для отопления здания. Значительное изменение температуры при охлаждении углекислого газа в надкритической области позволяет нагревать воду на большую разность температур с минимальными тепловыми потерями [6].

Для более эффективного использования данного типа тепловых насосов в системах теплоснабжения необходимо обеспечить

стабилизацию температуры диоксида углерода на входе в газоохладитель. Для этого можно использовать следующие способы:

- дополнительный подогрев на входе в испаритель теплового насоса;
- впрыск диоксида углерода в компрессор, с помощью эжектора;
- использование дополнительного теплообменника, включенного после эжектора;
- двухступенчатая схема теплового насоса [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий / Гатауллина И.М.// Материалы XIII международной молодежной научной конференции «Научному прогрессу – творчество молодых». - Йошкар-Ола: Поволжск. гос. техн. ун-т, 2018. – С.71-74.

2. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 160-162.

3. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов / Даутов Р.Р. // VI Всероссийский студенческий форум "Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России". – Йошкар-Ола. – 2020. – №5 - С. 107-108.

4. [Фаритова А.А.](#) Использование солнечных коллекторов в республике Татарстан /А.А.Фаритова // Научному прогрессу - творчество молодых. - Йошкар-Ола. 2018. № 2. - С. 147-149.

5. Рулев А.В., Усачева Е.Ю. Влияние рабочих агентов, используемых в тепловых насосах, на озоновый слой атмосферы и потепление климата // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения. – Саратов. 2020. №1. – С. 138-145.

6. Даутов Р.Р. Диоксид углерода как хладагент тепловых насосов, применяемых в системах теплоснабжения // Туполевские чтения: сборник статей XXV международной молодежной научной конференции (г. Казань, 10-11 ноября 2021). Казань, 2021. С. 191-195.

7. Шит М.Л., Журавлев А.А. Система теплоснабжения "ТЭЦ-тепловые насосы на диоксиде углерода" // Сборник научных трудов по материалам XVIII Международной научно-технической онлайн-

конференции "Актуальные проблемы энергетики и экологии" 29-30 сентября 2020, ред. А. С. Титлов. - Одесса: ФООП Бондаренко М. О., 2020. – С. 60-64.

УДК 004.9:697.1

Журбенко М.Д., Чеснокова В.Д.

Научный руководитель: Корниенко С.В., д-р техн. наук., проф.

Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, Россия

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДЕНИЯХ

В зонах холодного и умеренного климата повышенная герметичность теплозащитной оболочки здания, а также размещение плотных паронепроницаемых строительных материалов снаружи ограждающих конструкций часто вызывают серьезные проблемы, связанные с влажностью [1, 2]. Чрезмерное повышение влажности приводит к росту плесневых грибов на внутренней поверхности и в толще ограждений [3]. Длительное воздействие высокой влажности также может привести к повреждению ограждающих конструкций и существенно ухудшить здоровье людей, находящихся в помещениях [4]. Процессы тепло- и массообмена в помещениях и ограждениях взаимосвязаны. Известно, что увеличение влажности строительных материалов приводит к росту тепловых потерь, а температурные условия в элементах ограждений заметно влияют на перенос влаги [5]. Для поиска новых конструктивных решений актуален вопрос прогнозирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций [6].

Целью исследования является динамическое моделирование процесса взаимосвязанного тепловлагоденоса в трехслойной кирпичной стене с эффективным утеплителем по компьютерной программе WUFI®, в условиях умеренно-континентального климата России. Программа удобна для численного моделирования многослойных ограждений методом конечных разностей.

В данном конструктивном решении стены [7] используется теплозвукоизоляционный материал «Эковата» — перспективный биопозитивный материал для утепления и звукоизоляции различных типов ограждающих конструкций вновь строящихся,

реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий. Это материал, состоящий из 80 % вторичной целлюлозы (переработанной газетной макулатуры), с добавлением из антисептика и антипиренов. В волокнах материала находится лигнин, который при увлажнении материала связывает волокна. Согласно требованиям СТО 67386386–002–2011 «Организация и проведение работ по утеплению ограждающих конструкций зданий тепловоздухоизоляционным материалом «Эковата»», утеплитель может наноситься двумя способами: сухим — с задувкой или нагнетанием материала в утепляемые конструкции; влажным — с одновременным увлажнением и напылением утеплителя на поверхность строительных конструкций. Выбор метода нанесения утеплителя зависит от конструктивного решения теплоизолируемых ограждений, их положения в пространстве, объема работ, типа и наличия механизированных установок, климатических условий проведения работ. Анализ данных показывает, что тепловые, фильтрационные и влажностные свойства рассматриваемого материала при влажном нанесении заметно отличаются, чем при сухом. При этом высокая сорбционная влажность свидетельствует о высокой влагоемкости материала. Поэтому переувлажнение теплоизоляционного материала в конструкции недопустимо и неизбежно приведет к ухудшению эксплуатационных качеств конструкции вследствие деградации утеплителя.

Расчет температурно-влажностного режима стены выполнен в годовом цикле, при фактических часовых значениях температуры и относительной влажности, взятых из архивных источников.

Результаты расчета показывают наличие в конструкции сложных тепловых и влажностных волн, обусловленных колебаниями климатических параметров (рис. 1, 2). Полученные результаты позволяют установить годовое распределение температуры, относительной влажности воздуха и точки росы у поверхностей конструкции, оценить изменение концентрации влаги и влагосодержания по массе в каждом материальном слое и во всей конструкции, проанализировать огибающие эпюры распределения температуры и относительной влажности в слоях конструкции в течение года.

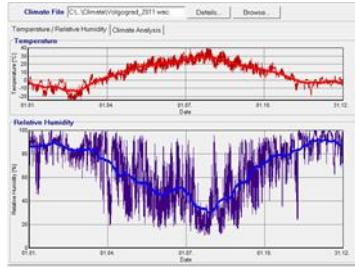


Рис. 1. Годовой ход температуры и относительной влажности наружного воздуха (г. Волгоград)



Рис. 2. График изменения влажности в слое утеплителя в течение года

Результаты численного моделирования по программе WUFI® подтверждаются практикой.

По итогам динамического моделирования процесса взаимосвязанного тепловлагопереноса в трехслойной кирпичной стене с эффективным утеплителем «Эковата» установлено, что расчетные теплотехнические характеристики принятого конструктивного решения наружной стены обеспечивают требования благоприятных санитарно-гигиенических и комфортных условий в помещениях с учетом энергосбережения.

Это обусловлено следующими значимыми обстоятельствами:

Систематического накопления влаги в конструкции за годовой период эксплуатации не происходит. Переувлажнение отдельных слоев и всей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха (период влагонакопления) отсутствует. Устройство дополнительного пароизоляционного слоя не требуется.

Влажность «Эковаты» находится в пределах сорбционной влажности, установленной СТО 67386386–002–2011 для метода сухого нанесения материала. Приращение влажности утеплителя за период

влагонакопления составляет около 1,4%. Это снижает риски ухудшения эксплуатационных свойств конструкции вследствие деградации материала теплоизоляционного слоя.

Скорость сушки «Эковаты» в трехслойной конструкции в течение первого года составляет 0,5 кг/м³ в месяц, что позволяет классифицировать данный материал как быстровысыхающий.

Температура воздуха у внутренней поверхности конструкции изменяется от 19 до 22 °С, относительная влажность воздуха колеблется в допустимом интервале от 42 до 60 %. Указанные параметры отвечают допустимым санитарно-гигиеническим и комфортным условиям в помещении.

Для сохранения стабилизации формы и размеров теплоизолирующего материала в стене в процессе эксплуатации рекомендуются в качестве элементов, соединяющих внутреннюю и наружную слои кирпичной кладки, применять точечные кирпичные связи-шпонки либо гибкие пластмассовые коннекторы. Целесообразно применение горизонтальных малотеплопроводных диафрагм, размещаемых по высоте через каждые 3–5 рядов кладки. Устройство таких диафрагм позволяет минимизировать эффект продольной и внутренней фильтрации воздуха в пористом утеплителе.

Для исключения попадания атмосферной влаги в конструкцию и намокания утеплителя швы лицевого слоя кирпичной кладки должны быть расшиты. Не допускается устройство кладки стен «впустошовку». Изнутри кладка должна быть оштукатурена плотным известково-цементным раствором.

Дальнейшие исследования трехслойных кирпичных стен с утеплителем «Эковата» могут быть связаны с уточнением теплофизических свойств теплоизоляционного материала, изучением влажностного состояния и влагоустойчивости материала при различной степени увлажнения, экспериментальным исследованием фрагментов стеновых конструкций в климатической камере. Окончательная оценка температурно-влажностного режима наружных стен может быть выполнена по результатам натурных наблюдений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zemitis J., Borodinecs A., Frolova M. Measurements of moisture production caused by various sources // *Energy and Buildings*. — 2016. — No. 127. — Pp. 884-891. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.045.
2. Development of weighting factors for climate variables for selecting the energy reference year according to the en ISO 15927-4 standard / T.

Kalamees, K. Jylhä, H. Tietäväinen, J. Jokisalo, S. Ilomets, R. Hyvönen, S. Saku // Energy and Buildings. — 2012. — No. 47. — Pp. 53-60. doi:10.1016/j.enbuild.2011.11.031.

3. Корниенко С.В. Уточнение расчетных параметров микроклимата помещений при оценке влагозащитных свойств ограждающих конструкций // Вестник МГСУ. — 2016. — № 11. — С. 132-145.

4. Горшков А.С., Дерунов Д.В., Завгородний В.В. Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2013. — № 3 (8). — С. 12-23.

5. Künzel H. M., Kiessl K. Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 1997. — No. 1. — Vol. 40. — Pp. 159-167.

6. Жарков А.Ф., Чеснокова О.Г. Расчет влияния температурно-влажностного воздействия на панели АСС «Элевит» // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. — 2014. — Вып. 35(54). — С. 90-98.

7. Динамическое моделирование процесса тепловлагопереноса в многослойных ограждениях / С.В. Корниенко, О.Г. Чеснокова, В.Д. Чеснокова, М.Д. Журбенко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2021. — № 4 (85). С. 29-40.

УДК. 621.316.11

Инигуес Д.Ф.

***Научный руководитель: Лимаров А.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВПЕРЕД/НАЗАД

Исследования потоков мощности имеют огромное значение при эксплуатации и планировании электроэнергетических сетей, обеспечивая тем самым безопасную и надежную информацию для надлежащей работы сети [1].

Важно знать поведение сети и показатели мощности, которые находятся в непрерывном изменении, поэтому следует принимать во

внимание переменные потока мощности в установившемся состоянии и определить преимущества или недостатки при изменении какого-либо элемента или переменной системы. Анализируя состояние распределительных сетей, а также их возможной реакции на подачу электроэнергии показывает, что это не простое исследование потока нагрузки, поскольку распределительные сети по своей природе несбалансированы, у них также может быть больше недостатков в регулирование напряжения за счет большого количества ответвлений [2].

Поток нагрузки - это метод численного анализа для определения состояния энергосистемы и инструмент для электрического управления системой. Зная состояние сети, можно выполнять контроль генерации электроэнергии, баланс фаз и контроль напряжения. Поток нагрузки - это упрощенный анализ, который требует разрешения нелинейных уравнений, поэтому необходимо применять алгоритм, который вычисляет поток мощности точно и быстро [3].

В настоящее время вычислительные алгоритмы приобретают большое значение благодаря их эффективности и быстродействию. Метод Вперед / Назад - это итеративный метод, в задачи которого входит решение внушительных вычислений в короткие сроки. Этот метод развивает потоки мощности без необходимости использования матрицы Якобиана, упрощая задачу и решая ее в более короткие сроки.

Методология. В системах распределения рекомендуется применять методы с алгоритмом выбора переменных, такие как:

Метод Вперед (forward): Данный метод состоит из прямого прохождения, которое начинается с узла, наиболее удаленных от источника. Во время этого цикла используются законы узлов Кирхгофа до тех пор, пока не будет достигнут узел источник. Этот процесс должен учитывать исходную величину напряжения [4].

Метод Назад (backward): Метод состоит из обратной разветки, в данном случае начало берётся с исходного узла, применяются законы напряжений Кирхгофа, получая новые параметры напряжения до тех пор, пока не будет достигнута допустимая величина [4].

– Алгоритм потока мощности: Алгоритм вычисления потока мощности описывает следующие шаги:

Шаг 1: Считывание входных переменных системы распределения: номер узла, сопротивление, индуктивность, узел-отправитель, узел-получатель, потребность в активной мощности, потребность в реактивной мощности.

Шаг 2: Рассчёт матрицы порядка глубины узлов (Порядок), матрицы, которая связывает токи ответвления с введенными токами

(BIBC), матрицы, которая связывает токи каждого с напряжениями в отдельном узле (BCBV), и общей матрицы потока распределения (DLF). Все эти матрицы помогут определить ток, протекающий в каждой ветви (IBr).

Для разработки расчета матриц согласно автору [5] существует система распределения, показанная на (рисунке 1).

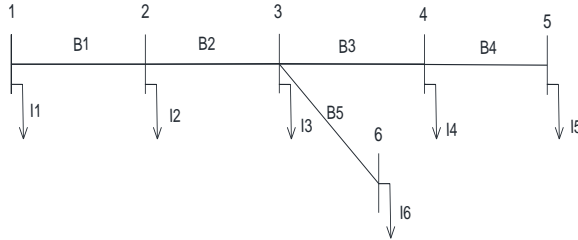


Рис. 1. Устройство подачи на 6 узлов.

На (рисунке 1) мощность в каждом узле имеет эквивалентный введенный ток, токи каждой ветви зависят от токов, подаваемых в каждый узел, где применяются законы тока Кирхгофа и получаем данное решение:

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (1)$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2)$$

$$B_3 = I_4 + I_5 \quad (3)$$

$$B_4 = I_5 \quad (4)$$

$$B_5 = I_6 \quad (5)$$

Настоящие уравнения можно записать в матричной форме следующим образом:

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Выражение, связывающее матрицу токов в каждой ветви (B), записывается общей формулой:

$$B = BIBC * I \quad (7)$$

Из (рисунка 1) получены следующие соотношения:

$$V_2 = V_1 - B_1 Z_{12} \quad (8)$$

$$V_3 = V_2 - B_2 Z_{23} \quad (9)$$

$$V_4 = V_3 - B_3 Z_{34} \quad (10)$$

V_4 можно выразить, заменив уравнения (8) и (9) в (10), и мы получим:

$$V_4 = V_1 - B_1 Z_{12} - B_2 Z_{23} - B_3 Z_{34} \quad (11)$$

Из уравнения (11) следует:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \\ V_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & Z_{56} \end{bmatrix} \quad (12)$$

С помощью уравнения (12) выводится общее выражение:

$$\Delta V = BCBV * B \quad (13)$$

В уравнении (13) заменяется B получая:

$$\Delta V = BCBV * BIBC * I \quad (14)$$

$$\Delta V = DLF * I \quad (15)$$

Шаг 3: Инициализация переменных состояния: $V_i^0 = V_{slack}$

Шаг 4: Рассчёт инжекционного тока в каждом узле, кроме исходного узла. Вычисляются инжекционные токи, возникающие в узлах, где есть нагрузка или компенсация.

$$I^k = \left(\frac{S_i}{V^{k-1}} \right)^* \quad (16)$$

где, I^k - матрица инжекционных токов в каждом узле, S_i - это матрица инжектируемых мощностей в отдельном узле, включая эффект шунт конденсаторной батареи (данные значения умножаются на значение 3, так как реализуется поток мощности каждой фазы как независимая сбалансированная система), ΔV - матрица напряжений в каждом узле системы, k - количество итераций.

Расчёт тока в каждой ветви системы:

$$Ibr^k = BIBC * I^k \quad (17)$$

где, Ibr^k - это матрица токов, протекающих через каждую ветвь системы, $BIBC$ - это матрица эквивалентных токов системы, протекающих к каждому узлу, I^k - это матрица инжекционных токов в каждом узле, k - это количество итераций.

Шаг 5: Вычисление матрицы изменения напряжения в каждом узле, для этого мы сначала вычисляем DLF (расход распределения).

$$DLF = BCBV * BIBC \quad (18)$$

$$delV^k = DLF * I^k \quad (19)$$

где, $delV^k$ - матрица изменений напряжения в каждом узле, DLF - это матрица соединений каждого узла, I^k - это матрица напряжений в каждом узле системы.

Шаг 6: Обновление напряжения в каждом узле, до тех пор, пока не будет выполнен критерий сходимости ($ошибка \leq \varepsilon$).

$$V^k = V^{k-1} - delV^k \quad (20)$$

$$\|V^k - V^{k-1}\| \leq \varepsilon \quad (21)$$

Шаг 7: Повторите шаги 4, 5, 6 для фаз В и С.

Шаг 8: Результаты, получение напряжений и углов для трехфазной системы.

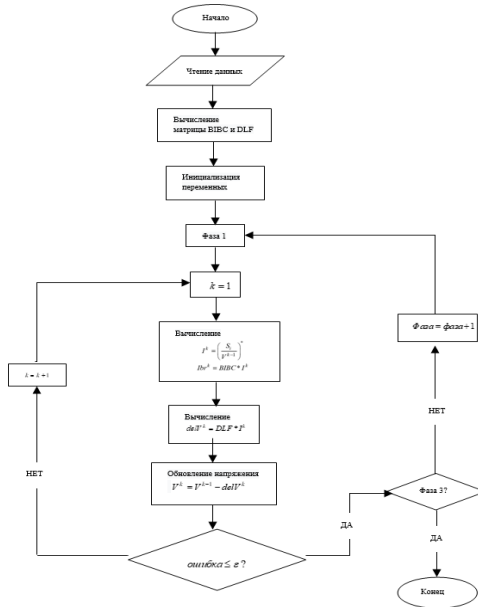


Рис. 2. Схема потока мощности в радиальных распределительных системах

Полученные результаты. В этом разделе мы протестируем алгоритмы потока мощности для системы распределения с 13 узлами.

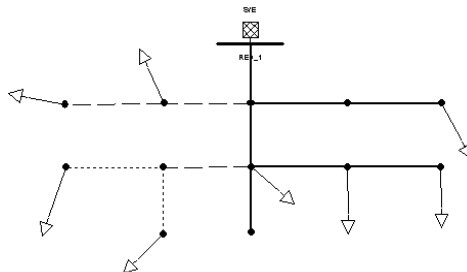


Рис. 3. 13-узловая испытательная сеть

Таблица 1. Результаты потока мощности

| Узел | V_A | δ_A | V_B | δ_B | V_C | δ_C |
|------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| 1 | 1,0000 | 0,0000 | 1,0000 | -120,0000 | 1,0000 | 120,0000 |
| 2 | 0,9888 | -0,5988 | 0,9893 | -120,4781 | 0,9872 | 119,4476 |
| 3 | 0,9820 | -0,7644 | 0,9840 | -120,5932 | 0,9819 | 119,3320 |

| | | | | | | |
|----|--------|---------|--------|-----------|--------|----------|
| 4 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9651 | -120,7907 | 0,9872 | 119,4476 |
| 5 | 0,9794 | -1,1320 | 0,9846 | -120,7046 | 0,9760 | 118,9389 |
| 6 | 0,9812 | -0,7958 | 0,9834 | -120,6158 | 0,9813 | 119,3093 |
| 7 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9516 | -121,0122 | 0,9872 | 119,4476 |
| 8 | 0,9748 | -1,1894 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9705 | 118,8203 |
| 9 | 0,9743 | -1,1731 | 0,9837 | -120,6936 | 0,9702 | 118,9929 |
| 10 | 0,9794 | -1,1320 | 0,9846 | -120,7046 | 0,9760 | 118,9389 |
| 11 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,9650 | 118,7013 |
| 12 | 0,9653 | -1,0610 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 13 | 0,9613 | -1,2779 | 0,9815 | -120,6661 | 0,9612 | 119,0575 |

Поток мощности, реализованный для систем распределения, имеет более короткое время сходимости по сравнению с традиционными методами, такими как Ньютон-Рафсон.

Метод Вперед /Назад (forward / backward) способствует сходимости в больших распределительных системах, поскольку он использует быстрый и надежный алгоритм выбора переменных. Реализованный в нашем исследовании метод основан на суммировании токов.

Проведенные исследования подтверждают, что представленный алгоритм потока мощности позволяет анализировать напряжение и системные углы с уменьшенными требованиями к памяти для вычислений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гутьеррес Г. И., Вильярроэль М. Дж., Картер С. Э. Метод суммы степеней в системы распределения: Темусо, 2013. 75 с.

2. Эстрада Е. Р. Небалансированная модель потока нагрузки для анализа распределительных сетей распределенного поколения: Гватемала, 2013. 47 с.

3. Эскобар Г. Р., Перес Х. Р. Применение прямого потока нагрузки в крупных распределительных сетях: Сартенехас, 2013. 1-2 с.

4. Правос Л. Г. Анализ потока нагрузки для анализа распределительной сети. Реализация алгоритма вперед-назад: Мадрид, 2017. 19 с.

5. Teng, J. H. A Network-Topology Based Three-Phase Load Flow for Distribution Systems // Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A), Vol. 24, No. 4, pp. 259-264, 200

Карташов М.А., Бородинец А.В.

*Научный руководитель: Бородинец А.В., д-р техн. наук, проф.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МАЛОЭТАЖНОМ ЧАСТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Целью данной работы является определение наиболее релевантных источников энергии для использования в частном малоэтажном строительстве.

Актуальность темы исследования заключается в сокращении использования не возобновляемых ресурсов планеты и переход к альтернативным способам получения энергии для использования в строительной сфере.

Комфорт в частных домах – одна из важнейших причин, по которой все больше и больше людей стремится перебраться в малоэтажные застройки вдали от шумного мегаполиса. Только за последний год процент проживающих увеличился в несколько раз. Но так как дома не всегда располагаются в зонах снабжения электричеством, газом, нужен надежный и бесперебойный источник питания, который бы не зависел от внешних ресурсов. [1][2] Именно поэтому поднимается такой важный вопрос о внедрении возобновляемых источников энергии, чтобы всегда был как запасной вариант жизнеобеспечения, так и снижающий денежные затраты. [3] [4]

Возобновляемые источники энергии вполне могут конкурировать с традиционными энергетическими технологиями, так как являются экономически выгодными. Их применение не наносит вреда окружающей среде, они экологичны, вместе с тем отсутствует необходимость в транспортировке и топливных затратах.

Именно поэтому существует несколько вариантов как поступить. Можно использовать энергию пассивно, то есть при помощи правильной ориентации дома в пространстве, больших окон, вентиляции, а можно активно – при помощи возобновляемых источников энергии.

Среди таких устройств можно выделить солнечные панели и солнечные коллекторы. Минус вторых заключается в том, что они подходят только для обогрева помещения, так как они служат для сбора тепловой энергии солнца и не производят электричество. [5]

Использование солнечных панелей является одним из способов получения энергии в малоэтажном частном строительстве, позволяющем не только быть независимым от внешней энергосети, но и сократить затраты на отопление, если данный способ используется в паре с внешним подключением.

Обратимся к исследованию Акуловой А.Ш., Калашник Н.А., Рычковой А.С., они установили, что общее потребление среднестатистическим домом площадью 60 кв. м равно 223,6 кВт·ч, если используются такие приборы, как приведены на рисунке 1. Тогда, при всех воздействующих факторах, целесообразно будет установить гибридную солнечную электростанцию, принцип работы которой будет заключаться в потреблении энергии домом от солнечных панелей, если же собранной энергии не будет хватать, то дом будет переключаться на внешнюю сеть. [6]

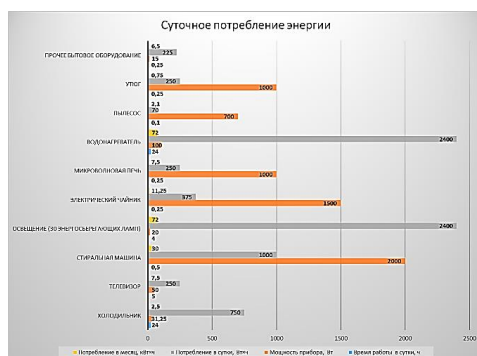


Рис 1. Список приборов и их потребление

На основе полученных данных, суточное потребление энергии будет равно 8970 Вт·ч, а потребление в месяц – 223,6 кВт·ч, следовательно, потребуется следующее оборудование: солнечная батарея SilaSolar 200Вт, среднегодовая выработка электроэнергии составляет 0,94кВт·сутки, стоимость 1 такой панели составляет 6510 рублей, поставим 10 штук; Аккумулятор SunStonePower ML12-100 – 12500 рублей, возьмем 4 штуки; Балансир заряда – 5000 рублей; Для преобразования постоянного тока выбираем Гибридный солнечный инвертор SILA V 5000P, стоимостью 45000 рублей. Итого будем иметь 165100.

Если из общего расчета убрать стоимость аккумуляторов и вывести отдачу электричества в общую сеть, то можно еще сильнее сократить срок окупаемости оборудования, если появится программа.

Среднесуточное потребление объекта равно 13,3кВт·ч, а панель в среднем вырабатывает 14,5кВт·ч энергии, система получается почти автономная, за исключением пасмурных дней в летний период и несколько месяцев в зимний период, когда панель не сможет полностью выработать нужное для дома количество энергии. Стоимость 1 кВт·ч энергии по одноставочному тарифу на момент 2021 Петербурга года составляет 3,6-3,7 рублей. Считая, что среднее потребление электроэнергии в месяц составит 250 кВт·ч, получим сумму – 925 рубля. Разделив итоговую стоимость нашей солнечной станции на стоимость электроэнергии за месяц, получим количество месяцев, за которое наша станция окупится. Она составляет 207 месяцев – 15 лет.

В долгосрочной перспективе солнечная станция принесет большую выгоду и позволит достаточно экономить и не зависеть от внешнего энергопотребления, но панели будет требовать очистки, обслуживания, а также, высокую стоимость при покупке разом, однако это будет хорошая альтернатива для небольшого загородного дома.

Самый первый плюс такого источника энергии — это неиссякаемость и вседоступность. Солнце есть практически в любой точке планеты. [7]

Второе достоинство солнечных батарей — это их экологичность.

Износ батарей происходит очень медленно, только в горячем климате они приходят в негодность чуть-чуть быстрее [8], здесь нет подвижных частей, если только не используются в системе приводы, которые поворачивают солнечные элементы в сторону источника энергии. Тем не менее, даже с такой системой, солнечные панели служат до 25 лет и даже больше.

Устанавливая такой источник энергии для дома, не нужно будет думать о том, что поставщик энергии внезапно по техническим причинам отключит дом от энергоснабжения. Конечно же, солнечные батареи нужно устанавливать в таких регионах, где присутствует максимум солнечной энергии для их эффективной работы. [9] А на северных территориях лучше совмещать солнечную энергию с другими типами отопления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карта газификации Санкт-Петербурга и ЛО [Электронный ресурс]. URL: <https://gazprommap.ru/lenobl/> (дата обращения: 04.12.2021);

2. Карта газификации в Санкт-Петербурге на 2021-2025 годы [Электронный ресурс]. URL: <https://gogov.ru/gazprommap/spb> (дата обращения: 04.12.2021);

3. Коровкина А. И., Калинина А. И., Тагайчинова А. А., Голядкина А. Д. Пути повышения эффективности работы возобновляемых источников энергии // Градостроительство, Инфраструктура, Коммуникации 2021. с. 10-15;

4. Марченко О. В., Соломин С. В. Повышение эффективности энергоснабжения децентрализованных потребителей с применением возобновляемых источников энергии и топливных элементов // Экология промышленного производства 2008. с. 86-90;

5. Поляков В. А., Бегдай С. Н. Солнечный коллектор в системах энергосбережения // Вестник белгородского государственного технологического университета Им. В. Г. Шухова 2017. с. 151-154;

6. Акулова А.Ш., Калашник Н.А., Рычкова А.С. Установка солнечной электростанции в загородном доме;

7. Селезнева А. С. Солнечные батареи: плюсы и минусы альтернативных источников энергии // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири 2018. с. 352-356;

8. Царев В. В., Алексеевич А. Н. Система автономного жизнеобеспечения в условиях низких широт;

9. Муравлева Е. А. Оценка потенциала энергии солнечного излучения на территории России // Вестник аграрной науки Дона 2015. с. 38-45.

УДК 620.97

Кротова В.С., Метелкин В.А.

*Научный руководитель: Шеремет Е.О., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ. ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

Понимая тот факт, что ископаемое топливо, как источник энергии, в ближайшем будущем закончится, человечество в конце 20 века начало поиск альтернативных ее источников. Одним из них является энергия солнца, которая лидирует в производстве чистой и возобновляемой энергии среди всех других неисчерпаемых источников.

Эффективное производство энергии из солнечного света является ведущей и перспективной темой исследований по всему миру. Преобразования солнечного света в электричество достаточно сложный процесс, в котором используются различные виды солнечных панелей и оборудования для них.

Принцип работы солнечной батареи (рисунок 1) заключается в фотоэлектрическом эффекте, или эффекте полупроводников. Он заключается в способности преобразовывать солнечные лучи в электрический ток. Наиболее эффективным из всех известных полупроводников является кремний. Именно из него и изготавливают верхний слой/ пластину (n-слой (-) и p-слой (+)) [1].

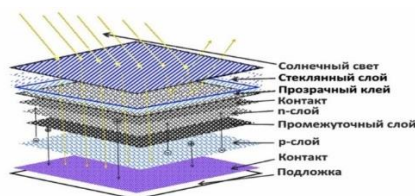


Рис. 1 Устройство солнечной панели

Работа конструкции панели начинается с того, что на фотоэлементы падает солнечный свет. Кремниевые пластины нагреваются, и начинают высвобождаться электроны, которые захватываются атомами нижней пластины. Затем электроны направляются по проводникам к аккумуляторам, а потом снова возвращаются наверх.

В настоящее время применяются три основных типа солнечных панелей: монокристаллические, поликристаллические и тонкопленочные (рисунок 2). Каждый из различных типов солнечных панелей имеет уникальный набор преимуществ и недостатков, которые нужно учитывать при выборе системы солнечных панелей [2].

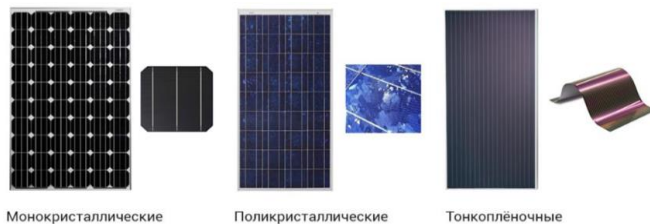


Рис. 2 «Типы солнечных панелей»

1. Монокристаллические солнечные панели.

Благодаря своим многочисленным преимуществам монокристаллические солнечные панели являются наиболее часто используемыми на современном рынке. Примерно 95% солнечных элементов, продаваемых сегодня, используют кремний в качестве полупроводникового материала. Кремний богат, стабилен, нетоксичен и хорошо работает с технологиями производства электроэнергии.

Монокристаллические солнечные элементы изготавливаются медленнее и дороже из-за способа изготовления кремниевых слитков. Чтобы вырастить однородный кристалл, поддерживается высокая температура материалов. В результате необходимо использовать большое количество энергии из-за потери тепла от затравки кремния, которая происходит на протяжении всего производственного процесса. В процессе резки может быть потрачено впустую до 50% материала, что приведет к более высоким затратам для производителя.

Но эти типы солнечных элементов сохраняют свою популярность по ряду причин:

- высокая эффективность по сравнению с другими типами элементов;
- сравнительно небольшой размер без потери энергетической эффективности;
- самый длительный срок службы среди всех типов солнечных панелей, представленных на рынке.

Самыми большими недостатками монокристаллических солнечных панелей являются:

- стоимость панели, завышенная из-за процесса изготовления;
- снижение эффективности при отсутствии попадания прямых солнечных лучей;
- резкое снижение энергоэффективности при загрязнении поверхности солнечной панели и ее работе при высоких температурах.

В то время как монокристаллические солнечные панели остаются популярными, низкая стоимость и растущая эффективность других типов панелей становятся все более привлекательными для потребителей [3].

2. Поликристаллические солнечные панели.

Поликристаллические солнечные панели состоят из элементов, сформированных из множества не выровненных кристаллов кремния. Эти солнечные элементы первого поколения производятся путем плавления кремния высшего качества, заливки его в форму и обеспечения его затвердевания. Формованный кремний затем нарезается на пластины, применяемые в солнечной панели.

Поликристаллические солнечные элементы дешевле в производстве, чем монокристаллические элементы, поскольку они не требуют времени и энергии, необходимой для создания и резки монокристалла. И хотя границы, создаваемые зернами кристаллов кремния, создают барьеры для потока электронов, на самом деле они более эффективны в условиях низкой освещенности, чем монокристаллические элементы, и могут поддерживать выходную мощность, когда не направлены прямо на солнце. В конечном итоге они получают примерно одинаковую общую выработку энергии с монокристаллическими солнечными панелями из-за способности поддерживать производство электроэнергии в неблагоприятных погодных условиях.

Элементы поликристаллической солнечной панели больше, чем их монокристаллические аналоги, поэтому панели могут занимать больше места для производства того же количества электроэнергии. Они также не такие прочные и долговечные, как другие типы панелей [4].

3. Тонкопленочные солнечные панели.

Высокая стоимость производства кремния высшего качества привела к созданию нескольких типов солнечных элементов второго и третьего поколения, известных как тонкопленочные полупроводники. Тонкопленочные солнечные элементы требуют меньшего объема материалов, часто с использованием слоя кремния толщиной всего в один микрон. Применяемый кремний также имеет более низкое качество, чем тот, который используется в монокристаллических пластинах.

Производство тонкопленочных элементов намного проще и быстрее, чем солнечных элементов первого поколения. Тонкопленочные солнечные элементы, такие как CIGS, могут быть нанесены на пластик, что значительно снижает их вес и повышает гибкость. CdTe отличается тем, что является единственной тонкой пленкой, которая имеет более низкие затраты, более высокое время окупаемости, меньший углеродный след и меньшее потребление воды в течение всего срока службы, чем все другие солнечные технологии.

Однако недостатки тонкопленочных солнечных элементов в их нынешнем виде многочисленны. Кадмий в ячейках CdTe высокотоксичен при вдыхании или проглатывании и может просачиваться в землю или воду, если с ним не обращаться должным образом во время утилизации. Использование редких металлов, подобных тем, которые содержатся в CIGS, CdTe и GaAs, также может быть дорогостоящим и потенциально ограничивающим фактором при

производстве большого количества тонкопленочных солнечных элементов [5].

Таблица 1 - Преимущества и недостатки основных типов солнечных панелей [6]

| Тип солнечной панели | Монокристаллические | Поликристаллические | Тонкопленочные |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Материал | Чистый кремний | Сплавленные кристаллы кремния | Разнообразие материалов |
| Эффективность | 24,4% | 19,9% | 18,9% |
| Стоимость | Умеренный | Наименее дорогой | Самый дорогой |
| Продолжительность жизни | Самый длинный | Умеренный | Самый короткий |
| Производственный углеродный след | 38,1 г CO ₂ -экв/кВтч | 27,2 г CO ₂ -экв/кВтч | 21,4 г CO ₂ -экв/кВтч |

Разнообразие солнечных панелей намного богаче, чем то, что было представлено в работе. Многие новые типы солнечных технологий находятся в стадии разработки или экспериментального тестирования, а более старые типы изучаются на предмет возможного повышения эффективности и снижения затрат [7].

Энергию различных видов солнечных панелей можно использовать в разнообразных климатических условиях для бытовых нужд человека. Так же панели могут обеспечить электричеством целые поселки, благодаря специально оборудованным станциям. Солнечная энергия экологически чистая и дешевая, что обеспечивает окупаемость оборудования. Перед выбором, установкой и использованием панелей стоит учитывать такие факторы как регион проживания и погодные условия в нем. Применяя солнечные панели и станции, можно оставаться независимым в вопросе получения электроэнергии и дальнейшего ее потребления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ряднова В.С. Использование солнечной энергии в жилищном строительстве / Ряднова В.С., Алифанова А.И. //Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 50-52.

2. Treehugger.Types of Solar Panels: Pros and Cons–Treehugger.[Electronic resource].–URL: <https://www.treehugger.com/types-of-solar-panels-pros-and-cons-5181546/>(date of treatment: 07.05.2022).

3. Ast75. Солнечная батарея – преимущества и недостатки, принцип работы, устройство конструкции. [Электронный ресурс] – URL:<https://ast75.ru/statiya.php?id=29&ysclid=l2bss0x0qq>(дата обращения: 07.05.2022).

4. Theengineerspost.Solar Panel (PDF): Types, Working, Advantages, and More–Theengineerspost.[Electronic resource].–URL: <https://www.theengineerspost.com/solar-panel-types/>(date of treatment: 07.05.2022).

5. Елистратова Ю.В Сравнительные критерии систем отопления / Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А. / В сборнике: Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов - 2012. с. 237-239.

6. Greenmatch. Find the Right Solar Panel That Fits Your Home–Greenmatch. [Electronic resource]. – URL: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/09/types-of-solar-panels/>(date of treatment: 07.05.2022).

7. Гуцин С.В., Семиненко А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. №5. С. 31-43.

УДК 662.998

Миронова А.Д.

*Научный руководитель: Медяков А.А., канд. техн. наук
Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола, Россия*

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современная теплоизоляция обладает всеми характеристиками, чтобы защитить наш дом. С приходом холодов, каждое здание и сооружение нуждается в собственной теплоизоляции, чтобы обеспечить комфортное жилое пространство для людей, живущих в нем. Очень важно правильно выполнить процесс теплоизоляции для вашего

частного дома, чтобы у него не было опасных «тепловых мостов», которые отводят от вас тепло и могут нанести вред вашему дому.

Основными требованиями к современным теплоизоляционным материалам являются:

1. Теплопроводность. Наилучшие изоляционные материалы должны иметь самую низкую теплопроводность, чтобы уменьшить общий коэффициент теплопередачи. Изолирующие свойства доступных изоляционных материалов определяются количеством газа, удерживаемого внутри материала, и количеством газовых карманов. Следовательно, чем выше количество ячеек (которые могут поддерживать застой газа) и чем меньше их размер, тем ниже теплопроводность такого изоляционного материала. Клетки, удерживающие газ, не должны быть связаны между собой, поскольку это приводит к конвекции тепла. Итак, нам нужны высокие тепловые характеристики – чем лучше материал изолирует от низких температур зимой и высоких температур летом, тем лучше.

2. Паропроницаемость влаги. Лучшие современные изоляционные материалы должны иметь очень малую проницаемость для влаги. Таким образом, поглощение воды становится незначительным. Конденсация влаги и коррозия сведены к минимуму. Не стоит путать проницаемость влаги с паропроницаемостью. Высокая паропроницаемость – позволяет беспрепятственно удалять излишнюю влажность из помещений, чтобы избежать появления грибка и плесени.

3. Низкий вес современной теплоизоляции – обеспечит вам дешевую транспортировку, простоту в эксплуатации; не будет необходимости укреплять стены, фундамент и т. д.

4. Водостойкость. Изоляционный материал должен быть стойким к воде, растворителям и химикатам. Он должен быть прочным и не потерять свою изоляционную эффективность со временем. Материал должен позволить широкий выбор клея для его установки.

5. Функции безопасности. Изоляционный материал должен быть оценен как негорючий и невзрывоопасный. Воспламеняемость – чем ниже показатель воспламеняемости материала, тем меньше потребуются дополнительные инвестиции. В случае поджога изоляционного материала продукты сгорания не должны образовывать токсичные примеси.

6. Экологичность. Поскольку человек постоянно находится в помещениях, так или иначе защищенных теплоизоляцией, очень важно, чтобы она была биологически нейтральной и ни в коем случае не являлась источником токсичных выделений.

7. Долговечность – необходимое условие для долговременной работы современного теплоизоляционного материала.

8. Цена – хорошие материалы не могут быть дешевыми, нам достаточно оптимального соотношения: цена-качество.

Рассмотрим наиболее популярные изоляционные материалы:

- Базальтовая вата
- Стекловата
- Пеностекло
- Целлюлозная вата
- Пенопласт
- Пенополиуретан
- Экструдированный пенополистирол

1. Базальтовая вата представляет собой распушенный по специальной технологии камень базальт. Он обладает полной негорючестью, долговечностью, паропроницаемостью и большим температурным диапазоном применения от -300°С до +900°С. Его цена, прочность и долговечность, как и у других материалов, зависит от плотности. Он является одним из лучших и наиболее популярных теплоизоляторов.

2. У стекловаты недолгий срок эксплуатации. Через 10-15 лет она начинает рассыпаться. Работать с ней очень неприятно, так как коснувшись её открытой частью тела, человек получает массу мелких заноз, и они долго потом болят. Стекловата от известных производителей «URSA» и «ISOVER» обладает несколько лучшими характеристиками, но сравнения с базальтовой изоляцией все равно не выдерживает.

Для изготовления пеностекла на производстве используют порошок стекла и газообразующие элементы. Основные достоинства — это отличные термоизоляционные качества. Данный материал может с большим успехом применяться для утепления фундамента, стен, кровли, различных труб. Прекрасная звукоизоляция. Слой гранул пеностекла, равный 10 см, дает возможность полностью избавиться от проникновения в помещение посторонних шумов извне. Отсутствие сложностей при монтаже. Один из минусов внушительная стоимость материала.

3. Целлюлозная вата или эковата, не дорогая и очень практичная современная теплоизоляция. Теплоизоляционный материал сделан из целлюлозы, поэтому его основное преимущество вполне очевидно – это естественный, очень экологически чистый материал. Из-за его рыхлости и слабой несущей способности богатый выбор отделки невозможен. Эковату можно разбавить водой и вылить в кирпичную

кладку (создав так называемую «колодец») или распылить в раму каркасной конструкции, используя специальное оборудование. Воспламеняемость этого материала запрещает его использование в массовом строительстве. Гарантированный срок службы изоляции такого типа составляет около 10-15 лет.

4. Пенопласт — это вспененный полистирол (пластическая масса, наполненная воздухом). Внутри пенопласт состоит из многоячеистых гранул, размеры которых не превышают 15 мм. Все остальное — это воздух, который, как известно, является очень плохим проводником тепла. Именно благодаря этому, данный теплоизоляционный материал отличается неплохими теплоизолирующими свойствами. Это самый дешевый, но при этом очень эффективный теплоизолятор. Пенопласт марки Ф15 имеет реальную долговечность 10-15 лет, и использовать его рекомендовано лишь при теплоизоляции построек, рассчитанных на небольшой срок эксплуатации. Пенопласт марки Ф35 более плотный, долговечный и дорогой материал. Срок его службы порядка 30-50 лет. Формально, современные пенопласты экологически безопасны. Применять их стоит только снаружи здания.

5. Пенополиуретан—это неплавкая термореактивная теплоизоляционная пластмасса с ячеистой структурой. При смешивании двух жидких компонентов немедленно начинается реакция с образованием пены. Её либо напыляют на объект утепления, либо заливают в формы для дальнейшего использования в твёрдом виде. В баллонах монтажной пены, используемой при установке окон и дверей, применяется именно пенополиуретан. Это самый долговечный и самый дорогой теплоизоляционный материал.

6. Экструдированный пенополистирол (XPS) состоит из закрытых ячеек и обеспечивает улучшенную шероховатость поверхности, более высокую жесткость и пониженную теплопроводность. Экструдированные пены изготавливают путем смешивания полистирола с растворителем, добавления газа под давлением и, наконец, экструдирования смеси до требуемой толщины материала. Процесс экструзии улучшает характеристики конечного продукта. В результате образования независимых пор в процессе экструзии улучшается механическая стойкость, материал становится более однородным. Материал получается не дорогой с хорошими теплопроводными свойствами и характеристиками. Гарантированный срок службы изоляции такого типа составляет более 25 лет, но в настоящее время испытания показали, что современная теплоизоляция из XPS служит до 50 лет. Экструдированный пенополистирол легко воспламеняется, поэтому необходимо предусмотреть дополнительную

защиту и вентиляцию. На стадии отделочных работ, можно использовать любой подходящий материал, но при нанесении слоев, для лучшей адгезии поверхность XPS необходимо хорошо подготовить, создавая на ней шероховатости механическим способом (поцарапать).

Подводя итог, можно сказать, что нет такого теплоизоляционного материала, который полностью предотвратил бы потери тепла, но если правильно подобрать утеплитель, с учетом всех основных параметров утепляемого объекта, условиями использования, то можно свести эти потери к минимуму.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная теплоизоляция. Обзор требований и топ лучших. // ТЕРЛОГАЛАХУ URL: <https://teplogalaxy.ru/sovremennaya-teploizolyaciya/> (дата обращения: 14.03.2022).

2. Лучшие теплоизоляционные материалы в современном строительстве // ProUteplenie.com URL: <https://prouteplenie.com/materialy/luchshie-teploizolyatsionnye-materialy-v-sovremennom-stroitelstve> (дата обращения: 14.03.2022).

3. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ: ВИДЫ И ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ // ТЕРЕМКЗН URL: <https://teremkzn.ru/blog/teploizolyatsiya-vidy-i-prednaznachenie> (дата обращения: 14.03.2022).

4. Утеплители: виды и особенности материалов // СТРОЙ ПОДСКАЗКА URL: <https://stroy-podskazka.ru/uteplenie/materialy/vidy/> (дата обращения: 14.03.2022).

5. Теплоизоляционные материалы: виды утеплителей, применяемых в строительстве // Выставка домов малоэтажная страна URL: <https://m-strana.ru/articles/teploizolyatsionnye-materialy/> (дата обращения: 14.03.2022).

УДК 621.311

Мухаметзянов Д.А.

*Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц
Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия*

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МИНИ ГЕНЕРАЦИИ

В статье рассматриваются пути решения проблемы энергоснабжения изолированного района (предприятия). Обозначены

актуальные тенденции развития мини генерации с экономической и энергетической стороны.

С экономической точки зрения, электроэнергия, подаваемая по единой системе, дорогая. Создание автономной системы тоже дело не дешёвое, но быстро окупаемое.

Использование мини генерации на производстве дает возможность бесперебойно получать электроэнергию даже тогда, когда ведутся работы на ЛЭП.

Важную роль при постройке мини генерации на предприятии имеет как географическое расположение, так и климатические особенности в этом регионе [1, 2]. Для установки ветряных мельниц необходимо, чтобы средняя годовая скорость ветра была не меньше 8 м/с, а для установки фото элементов важно, чтобы на объект попадало достаточное количество солнечных лучей. Нужно добавить, что важным аспектом, который влияет на принятие решения о строительстве собственной электростанции, - является вырабатывать не только электрическую, но и тепловую. Такая технология называется когеренцией [3, 4].

Проведём небольшой расчет, за основу используем таблицы потребляемой мощности бытовых электроприборов. Допустим в нашем изолированном районе имеется 5 домов, тогда в каждом доме будет минимальный набор электроприборов: утюг (1200 Вт), посудомоечная машина (2000 Вт), освещение (150 Вт), холодильник (500 Вт), стиральная машинка (2000 Вт), микроволновка (1000 Вт), телевизор (200 Вт), компьютер (500 Вт), пылесос (1200 Вт). По итогу все эти электроприборы будут потреблять около 8750 Вт. Соответственно для пяти домов приблизительно 44 кВт. Так как все эти приборы разом использоваться не будут полученную мощность можно поделить на два, в результате получим 22 кВт.

Сроки окупаемости мини генерации зависят от ее разновидности и масштабов, солнечным батареями окупают себя за 3-4 года, а срок службы при правильной установке 20-30 лет, ветряные электростанции окупают себя дольше и срок их службы всего 15-25 лет.

Если вблизи района есть небольшие ручьи и реки, можно попытаться построить мини ГЭС, для её постройки нам понадобится водоток с небольшим перепадом высот, для того чтобы обеспечить эффект падающей воды. Устанавливается турбина в том месте, где идет перепад воды. Электричество будет поступать в дома постоянно, а самое интересное почти бесплатно, ведь для постройки небольшой гидроэлектростанции из подручных материалов на 5-10 кВт нам понадобится около 20 тысяч рублей. Из-за низкой стоимости окупаемость мини ГЭС займет относительно небольшое время 1-2 года.

Обслуживание электростанций не требует больших затрат, в основном это просто контроль непредвиденных ситуаций.

Для выработки достаточного количества электроэнергии можно использовать гибридные установки, что позволит обеспечить электроэнергией не только себя, но и продавать излишки энергии соседним предприятиям или местному населению [5, 6]. Это позволит порядком сократить сроки окупаемости.

В заключении можно добавить, что строительство мини генераций в наши дни является выгодным и окупаемым, т.к. не нужно подключаться и зависеть от ЛЭП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mendeleev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. vol. 643. article number 012099. DOI 10.1088/1757-899X/643/1/012099.

2. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

3. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

5. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-2-84-92.

6. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Галицкий Ю.Я., Ахметшин А.Р. Исследование влияния условий эксплуатации на эффективность использования абсорбционно-холодильной машины в цикле газотурбинных и парогазовых установок // Вестник Иркутского

УДК 691.422

Непряхина Ю.Б.

*Научный руководитель: Гаевская З.А., канд. архитектуры, доц.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДИАФАСАДНЫХ СИСТЕМ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С МЕДИАФАСАДАМИ

На сегодняшний день существует очень много различных зданий, уникальных своем роде. Некоторые удивляют своими конструктивными решениями, другие же восхищают архитектурно-композиционными решениями. Многоэтажном бизнес-центр будет отличаться на фоне большинства зданий современными и яркими конструкциями такими, как медиафасады. Масштабная картинка и уникальность многоэтажного здания привлекут внимание клиентов общественных и торговых зон и повысит интерес рекламодателей [1-3].

1. Сирия ХТ. Большим преимуществом медиафасада Сирия ХТ является то, что экран отлично пропускает свет со стороны помещения, не загораживая его, а со стороны улицы демонстрирует яркое изображение при падении прямых солнечных лучей, чем помогает привлечь потенциальных покупателей к вашему продукту или торговой точке [4]. В темное время суток уровень яркости регулируется автоматически, при помощи программного обеспечения.

2. Glassiled motion. Медиафасадная система Glassiled motion подчеркнет дизайн здания, а фасад точно передает его с помощью встроенных светодиодов с отдельным управлением [5]. Электронные компоненты защищены стеклопакетом или размещаются внутри здания, светодиоды защищены от влаги и атмосферного воздействия.

3. Glassiled smart. Свет от встроенных светодиодов совершенно не отражается внутрь здания, что делает данное стекло идеальным продуктом для отелей, жилых домов и офисных комплексов [5]. Внутреннее отражение составляет менее 0,01%, что не создает никаких неудобств для людей в помещениях при включении медиафасада.

Проанализируем, каждый из медиафасадов по критерию их светопрозрачности, так как этот критерий влияет на комфорт посетителей и сотрудников проектируемого бизнес-центра.

Таблица 1 – Характеристики светопрозрачности

| | Сирия XT | Glassiled Motion | Glassiled Smart |
|-------------------|----------|------------------|-----------------|
| Тип светодиода | RGB | RGB | RGB |
| Светопрозрачность | 68% | 92% | 99,99% |

Из таблицы 1 мы видим, что пропуск света у этих медиафасадов различается, проведем расчет коэффициента естественного освещения. Этот расчет покажет, как будет отличаться КЕО от такой характеристики, как светопропускаемость.

4. Расчет КЕО. Район расположения проектируемого здания — 3 группа административных районов по ресурсам светового климата Российской Федерации (г. Санкт-Петербург).

Глубина помещения $d_p = 7,2$ м. Длина помещения $a_p = 7,5$ м. Высота $h = 4,2$ м. Высота витража $h_{c.o.} = 3,3$ м. Ширина витража $b_{c.o.} = 6,1$ м. Коэффициент светового климата $m_N = 1,0$. Ориентирован на юго-восток. Нормированное значение КЕО 1,7.

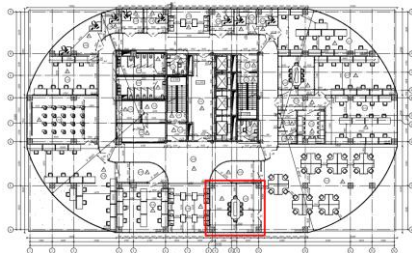


Рис.1. Расположение помещения на плане типового этажа

Расчетная точка расположена на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

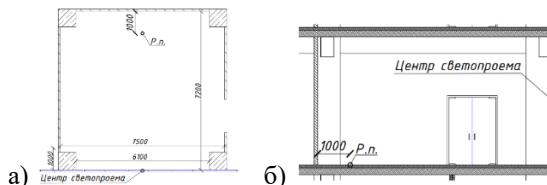


Рис.2. Расположение р. т. на: а) плане помещения, б) разрезе помещения

Предварительный расчет площади световых проемов:
Определяем площадь пола:

$$\begin{aligned} A_{\text{п}} &= d_{\text{п}} * a_{\text{п}}, \\ A_{\text{п}} &= 7,2 * 7,5 = 54 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Находим отношение глубины помещения к высоте витража от уровня условной рабочей поверхности h_{01} : $d_{\text{п}} / h_{01} = 7,2 / 3,3 = 2,18$.

$$A_{\text{с.о}} / A_{\text{п}} = 18 \text{ \%}.$$

Вычисляем площадь световых проемов:

$$\begin{aligned} A_{\text{с.о}} &= 0,18 * A_{\text{п}}, \\ A_{\text{с.о}} &= 0,18 * 54 = 9,72 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Вычисляем суммарную ширину окон:

$$\begin{aligned} b_{\text{с.о}} &= A_{\text{п}} / h_{\text{с.о}}, \\ b_{\text{с.о}} &= 54 / 5,2 = 10,38 \text{ м}. \end{aligned} \quad (3)$$

Предварительный расчет площади световых проемов. Определяем площадь пола помещения исходя из проекта:

$$A_{\text{п}} = 52,08 \text{ м}^2.$$

Найдем отношение глубины помещения к высоте витража (расстояние от верхней грани светового проема до плоскости стола) по формуле:

$$d_{\text{п}} / h_{\text{с.о}} = 7,2 / 3,3 = 2,18.$$

Согласно СП 52.13330.2016. подберем нормированный показатель КЕО для нашего помещения. Принимаем $e_{\text{п}} = 1,5\%$.

По графику находим точку с абсциссой $d_{\text{п}}/h_{01}=2,18$ соответствующую значению $e=1,5 \text{ \%}$. По ординате этой точки определяем $A_{\text{с.о}}/A_{\text{п}}=18\%$.

Вычислим площадь световых проемов, по формуле (2):

$$A_{\text{с.о}} = 0,18 * A_{\text{п}} = 9,37 \text{ м}^2$$

Суммарная ширина проемов: $b_{\text{с.о}} = 9,37/0,9 = 10,41 \text{ м}$

1. Проверочный расчет естественного освещения без учета затенения. Наложим график Данилюка I на поперечный разрез

помещения так, чтобы его ц. О совместился с расчетной точкой, а нижняя линия графика - со следом рабочей поверхности. Число лучей по графику I, проходящих через разрез светового проема: 13.

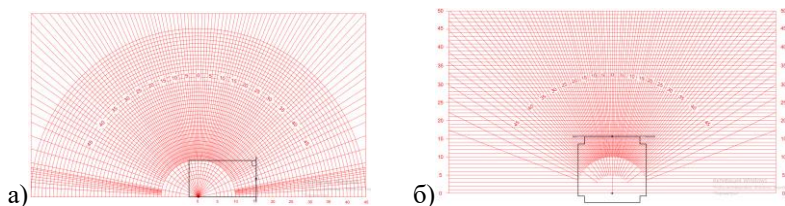


Рис.3. а) Разрез на графике Данилюка I, б) План на графике Данилюка II

2. Отмечаем, что через центр светопроема проходит концентрическая полуокружность графика 1. Накладываем график II для расчета коэффициента естественной освещенности методом А.М. Данилюка, совмещая середину светопроема с полюсом графика 0 и горизонталью 18; подсчитываем число лучей по графику II, проходящих через световой проем на плане: $n_2 = 55$.

3. Определяем геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий прямой свет неба от равно яркого небосвода в какой-либо точке помещения при боковом освещении:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,01 * (n_1 * n_2), \quad (4)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,01 * (n_1 * n_2) = 0,01 * (13 * 55) = 7,15$$

4. Угловая высота среднего луча участка небосвода, видимого из расчетной точки через световой проем в разрезе помещения равна $17,24^\circ$; По таблице Б.1 (СП 52.13330.2016. Приложение 1, Таблица 1. Значение коэффициента q_i) интерполируя, по угловой высоте среднего луча участка небосвода $17,24^\circ$, принимаем $q_i=0.6805$. **Отделка стен, потолка и пола:** Стены: $\rho_{ст} = 0,75$. Потолки: $\rho_{пт} = 0,4$ Полы: $\rho_{пл} = 0,8$.

$$(0,75 \cdot 29,25 + 52,08 \cdot 0,4 + 0,8 \cdot 52,08) / (29,25 + 2 \cdot 52,08) = 0,63$$

5. По размерам помещения находим отношение расстояния расчетной точки от внутренней поверхности наружной стены l_t к глубине помещения dn , а также необходимо будет найти отношение ширины помещения an к его глубине dn :

$$l_t/dn=6,2/7,2=0,86; an/dn=7,5/7,2=1,04; dn/hc.o.=7,2/3,3=2,18.$$

По значениям находим в таблице Б.5 СП 23-102-2003 следующее значение r_0 : $r = 4,85$.

6. Считаем коэффициент светопропускания по формуле:

$$\tau_{01} = \tau_{11} \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5)$$

7. Далее коэффициент светопропускания остекления 0,75, умножаем на характеристику светопропускания.

Сирия ХТ: $\tau_{11} = 0,68 \cdot 0,75 = 0,51$.

Glassiled Motion: $\tau_{12} = 0,92 \cdot 0,75 = 0,69$.

Glassiled Smart: $\tau_{13} = 99,99 \cdot 0,75 = 0,7499$.

Таблица 2 – Коэффициенты светопропускания

| | | | |
|---------------------------------------|---|-------------|------|
| Остекление | Сирия ХТ | τ_{11} | 0,51 |
| | Glassiled Motion | τ_{12} | 0,69 |
| | Glassiled Smart | τ_{13} | 0,75 |
| Переплеты | Переплеты металлические с тройным остеклением | τ_2 | 0,7 |
| Несущие конструкции перекрытия | При боковом освещении | τ_3 | 1 |
| Солнцезащитные устройства | Убирающиеся регулируемые жалюзи | τ_4 | 1 |
| Защитные сетки, решетки (для фонарей) | Здание без фонарей | τ_5 | 1 |

$$\tau_{01} = 0,51 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,357$$

$$\tau_{02} = 0,69 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48$$

$$\tau_{03} = 0,7499 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,525$$

8. Подставляем все найденные значения коэффициентов:

$$e_p^6 = \frac{e_0 \cdot q \cdot r_0 \cdot \tau_0}{K_s}, \quad (6)$$

Сирия ХТ: $e_{p1}^6 = (7,15 \cdot 0,6805 \cdot 4,85 \cdot 0,357)/1,2 = 7,02$,

Glassiled Motion: $e_{p2}^6 = (7,15 \cdot 0,6805 \cdot 4,85 \cdot 0,48)/1,2 = 9,439$,

Glassiled Smart: $e_{p3}^6 = (7,15 \cdot 0,6805 \cdot 4,85 \cdot 0,525)/1,2 = 10,324$.

Рассмотрев, технические характеристики акриловых медиафасадных систем, а далее, проанализировав их по наиболее отличающейся характеристики – светопропускаемость, был осуществлен расчет коэффициента естественного освещения. Данный расчет показал, как изменяется КЕО в зависимости от различного значения светопрозрачности.

В результате расчета, было показано, что наиболее комфортно посетителям и сотрудникам будет с медиафасадами Glassiled от компании AGC, а конкретнее Glassiled Smart. Значения КЕО значительно выше у других рассмотренных медиафасадных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калининченко Д.И., Федоров О.П. Современные технологии медиафасадов в архитектуре // Актуальные проблемы архитектуры: материалы 70-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства». – 2017.

2. Птичникова Г. А., Черничкина О. В. Медиаархитектура как феномен современной культуры // Социология города. –2018. –№ 3. –С. 5—24.3.

3. Птичникова Г. А., Антюфеева О. А., Черничкина О. В. Электронная готика: медиаархитектура в пространстве современного мегаполиса // Социология города. –2018. –№ 4. –С. 52—66.

4. <https://unypol.ru/catalog/mediafasady/mediafasad-siriya-xt/>.

5. https://agcinfo.ru/uploads/mediafiles/Active_Glass_Brochure_RU_WEB.pdf.

УДК 621.311.42

Пименов Е.И.

*Научный руководитель: Москаленко Н.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия*

ПОТЕРИ В ГОРОДСКИХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ 0,4/10 КВ

В целях уменьшения энергетических затрат в трансформаторах стоит взглянуть в сторону затрат на транспортировку и преобразование электроэнергии [1].

В каждом трансформаторе присутствуют потери: постоянные, которые характеризуются потерями в стали, и нагрузочные, находящиеся в разнообразных обмотках, коммутаторах и соединительных шинах. При использовании систем электроснабжения в режиме, не совпадающим с номинальным, эти потери увеличиваются из-за недогрузок [2, 3].

При 60-70% нагрузки от номинальной мощности достигается наибольшая экономичность трансформатора, характеризующаяся так называемым коэффициентом нагрузки $k_{з \text{ норм}}$.

Этот самый коэффициент является очень важным и рекомендуется в зависимости от категории потребителей: 0,7 – 0,75 для первой категории, 0,75 – 0,8 для второй и 0,8 – 0,9 для третьей.

Чем меньше загруженность трансформатора, тем менее выгодным он считается, так как в нем увеличиваются собственные потери [4]. Для уменьшения этих потерь можно выключать подобные трансформаторы. Это мероприятие позволит увеличить степень нагрузки на уже работающих системах и, как следствие, подвести их к более экономичному режиму.

Ниже представлена формула расчета потери активной электроэнергии (кВт*ч).

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P'_{xx} T_0 + \Delta P'_{кз} k_3^2 T_p. \quad (1)$$

В этом выражении очень заметна роль коэффициента загрузки k_3 .

Для определения приведенных потерь мощности холостого хода (кВт), необходимо использовать следующую формулу:

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{ип} \Delta Q_{xx}. \quad (2)$$

Определить приведенные потери мощности короткого замыкания (кВт) можно по следующей формуле:

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + k_{ип} \Delta Q_{кз}, \quad (3)$$

здесь ΔP_{xx} и $\Delta P_{кз}$ - потери мощности холостого хода и короткого замыкания соответственно; $k_{ип}$ - коэффициент изменения потерь, кВт/квар; T_0 – количество часов подключения трансформатора к сети; T_p - количество часов работы трансформатора под нагрузкой.

Для дальнейших вычислений понадобятся постоянные составляющие потерь реактивной мощности холостого хода и короткого замыкания, кВАр:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{S_{ном} U_{кз}}{100}, \Delta Q_{кз} = \frac{S_{ном} I_{xx}}{100}, \quad (4)$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ*А; $U_{кз}$ - напряжение короткого замыкания, %; I_{xx} - ток холостого хода, %.

Формула для расчета реактивной мощности, необходимой одному трансформатору номинальной мощности при полной его нагрузке, квар:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{кз} + \Delta Q_{хх} * k_3 = \left(\frac{I_{кз}}{100} + \frac{U_{кз} * k_3^2}{100} \right) * S_{ном}. \quad (5)$$

Выражение для определения потерь реактивной электроэнергии одного трансформатора, кВт*ч в год:

$$\Delta \mathcal{E}_p = \frac{S_{ном} I_{хх} T_0}{100} + \frac{S_{ном} U_{кз} k_3^2 T_p}{100}. \quad (6)$$

Уравнение полных потерь электроэнергии, кВт*ч в год:

$$\Delta \mathcal{E}_п = \sqrt{\Delta \mathcal{E}_a^2 + \Delta \mathcal{E}_p^2}. \quad (7)$$

Замена «простаивающего» трансформатора на более слабый даст следующую экономическую выгоду, руб. в год:

$$\mathcal{E} = (\Delta \mathcal{E}_{п2} - \Delta \mathcal{E}_{п1}) * C_{\mathcal{E}}, \quad (8)$$

здесь $\Delta \mathcal{E}_{п1}$ и $\Delta \mathcal{E}_{п2}$ – полные потери мощности заменяемого и заменяющего трансформаторов соответственно; $C_{\mathcal{E}}$ - стоимость электроэнергии.

Максимальный приведенный КПД соответствует следующему оптимальному коэффициенту загрузки:

$$k_{3.0} = \sqrt{\frac{\Delta P'_{хх}}{\Delta P'_{кз}}}. \quad (8)$$

Так как нагрузка трансформатора сильно зависит от технологий производства электроэнергии, достичь оптимального коэффициента загрузки не всегда представляется возможность. В качестве решения проблемы выбора подходящей мощности трансформатора, следует обратить внимание на минимум приведенных годовых затрат. Данный экономический критерий позволяет сократить потери электрической энергии.

По следующей формуле можно рассчитать приведенные затраты трансформатора в зависимости от его нагрузки:

$$Z_{1T} = k_n K + (\Delta P'_{хх} + k_3^2 \Delta P'_{кз}) T_p C_{\mathcal{E}}, \quad (9)$$

где $k_n = k_3 + k_a$ - нормативный коэффициент; k_3 - нормативный коэффициент эффективности капитальных инвестиций, $k_3 = 0,15$ (из расчета срока окупаемости инвестиций 6 лет); k_a - нормативный коэффициент амортизационных отчислений, $k_a = 0,06$ (из расчета 6 % в год); K – одноразовые денежные инвестиции в объект; C_3 – стоимость электроэнергии.

Если в ряду трансформаторов есть объекты, отличающиеся своей мощностью, для сравнения их коэффициента загрузки можно применить удельные приведенные затраты:

$$z_{1T} = \frac{z_{1T}}{S} = \frac{k_n K}{S} + \frac{(\Delta P'_{XX} + k_3^2 \Delta P'_{K3}) T_p C_3}{S}. \quad (10)$$

Таким образом, минимуму затрат соответствует следующий коэффициент загрузки:

$$k_{з.мз} = \sqrt{\frac{\Delta P'_{XX}}{\Delta P'_{K3}} + \frac{k_n K}{C_3 T_p \Delta P'_{K3}}}. \quad (11)$$

Помимо этого, трансформаторы, находящиеся в эксплуатации очень долгое время, обладают огромными внутренними потерями и низкими изоляционными параметрами. Поэтому, выход из строя подобных объектов чреват огромным ущербом экономики предприятия энергетической отрасли.

Исходя из анализа режимов работы трансформаторы, обладающие низким коэффициентом загрузки и имеющие значительный износ, следует выключить или произвести замену на более подходящие и современные, чьи параметры будут в большей степени походить на рекомендуемые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.
2. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИРГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

4. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

УДК 621.565.93/95

Родин В.И.

*Научный руководитель: Никулин Н.Ю., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Структура теплоэнергетического комплекса Российской Федерации насчитывает около 485 ТЭЦ, 6,5 тыс. крупных котельных, более 100 тыс. мелких котельных, мощностью менее 20 Гкал/час, и около 650 тысяч индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). Расходы на теплоснабжение страны варьируются в пределах 400 млн. т.у.т./год. Количество работников данной сферы превышает 2,5 млн. человек [1, 2].

Ключевое место в промышленной теплоэнергетике и в жилищно коммунальном хозяйстве страны занимает теплообменное оборудование. Выбор этого оборудования определяется конкретными требованиями и условиями эксплуатации.

Тенденции развития современной промышленности и теплоэнергетики способствуют появлению новых видов теплообменных установок, способных отвечать все более жестким условиям эксплуатации, а также участвовать в технологических процессах, где классические пластинчатые теплообменники использовать невозможно. Преимущества, которыми обладают пластинчатые теплообменники, дают возможность значительно упростить сложные теплообменные процессы, монтаж и сервисное обслуживание. Но, по сравнению с кожухотрубными теплообменными аппаратами, пластинчатые теплообменники обладают более низким

допустимым рабочим давлением и температурой. Также, пластинчатые теплообменники более критично воспринимают перепады температуры и давления. Применение серийных теплообменных аппаратов, в частности с гладкими трубками (ГОСТ ГОСТ 27590), во многих случаях приводит к тому, что такие аппараты имеют, как правило, невысокий коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительной площади поверхности теплообмена, повышенным металлоемкости и габаритам [4]. Все эти негативные факторы послужили толчком к созданию новых и современных высокотехнологичных теплообменных аппаратов, которые мы рассмотрим в данной статье.

Интересный вариант теплообменника типа «Труба в Трубе» был представлен в работе Золотоносова Я.Д., Золотоносова А.Я. и Крутова И.А. Данный теплообменный аппарат отличается своей меньшей металлоемкостью, чем его собратья, имеет низкое гидравлическое сопротивление проточной части и обладает повышенной эффективностью процесса теплообмена. Сам теплообменник представляет собой усеченные трубки конусом, которые свальцованы в змеевиковые овальные теплообменные элементы. Схематически он показан на Рис.1 ниже. Процесс теплообмена в данном аппарате в 2,5 раза выше, чем в прямых гладких трубах. Кроме того, предлагаемый змеевиковый теплообменник, выполненный с теплообменными элементами в форме овальных кривых, имеет длину проточной части на 10-12% короче круглых змеевиковых теплообменных элементов, что снижает гидравлическое сопротивление проточной части змеевикового аппарата. Снижение металлоемкости и гидравлического сопротивления и общем росте эффективности теплообмена отвечает современным требованиям энергосбережения при эксплуатации вновь создаваемого теплообменного оборудования. [5]

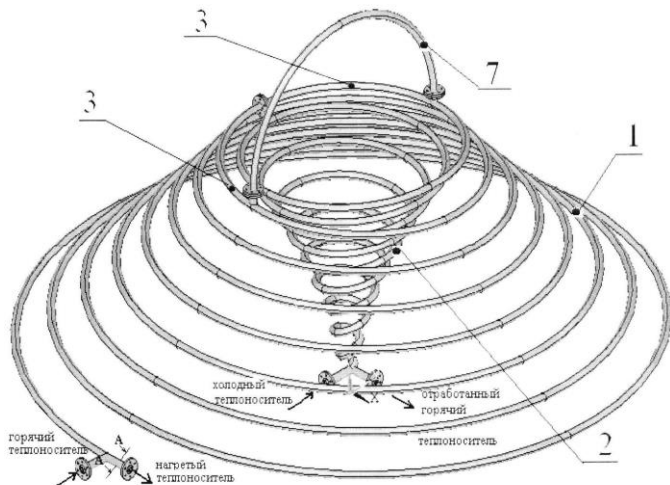


Рис.1. Змеевиковый теплообменник типа «Труба в Трубе»
 1 – внешний теплообменник; 2 – внутренний теплообменник; 3 – внешняя труба; 7 – калач

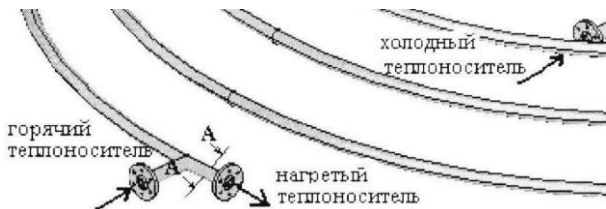


Рис.2. Описание теплоносителей



Рис.3. Описание теплоносителей

Инновационный теплообменник с перепончатыми трубками был разработан Ахмедом Х., Анджеем Ф., Франком К. и Николло А. Он состоит из четырех горизонтальных внутренних трубок для теплоносителя, заключенных в оболочку. Внутренние трубки для теплоносителя соединены вместе с помощью металлических пластин, приваренных к этим трубкам. Дополнительные пластины были разработаны для увеличения площади поверхности теплопередачи. [3] Данный инновационный теплообменник был использован для создания и численного исследования системы хранения тепловой энергии материалов с фазовым переходом (PCM). Во время моделирования контролировался процесс плавления (загрузки). Ускорение процесса плавления в новой конструкции наблюдалось благодаря улучшенной теплопроводности. Результаты показали значительное улучшение тепловых характеристик PCM в случае предлагаемого теплообменника с перепончатыми трубами по сравнению с кожухотрубным теплообменником, многотрубным теплообменником и трехтрубным теплообменником. Общее время плавления PCM в предлагаемом новом решении значительно сократилось по сравнению с другими типами теплообменников. PCM полностью расплавился через 3 часа в случае теплообменника с перепончатой трубкой. В течение того же промежутка времени в 3 часа только около 10 %, 30 % и 60 % PCM расплавилось при использовании кожухотрубного теплообменника, многотрубного теплообменника и трехтрубного теплообменника соответственно. Наблюдаемое ускорение процесса плавления обусловлено увеличением площади теплопередачи за счет дополнительного количества пластин, используемых в теплообменнике с перепончатыми трубами.

Подводя итог, можно сделать вывод, что на данный момент, в век технологий, имеется огромное количество технических решений теплообменных аппаратов. Процесс их развития не стоит на месте. Каждый инновационный теплообменник уникален по-своему, имеет свои достоинства и недостатки. В работе была проанализирована лишь часть таких теплообменных устройств, но уже можно понять, что каждый разработанный теплообменник крайне эффективен в своей области применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учеб. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков. – М.: БАСТЕТ, 2010. – 623 с.

2. Отчет Министерства энергетики РФ «Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015 - 2016 годы» Москва: - 2018 – с.138.

3. Ahmed H. N. Al-Mudhafar, Andrzej F. Nowakowski, Franck C. G. A. Nicolleau. Thermal performance enhancement of energy storage systems via phase change materials utilizing an innovative webbed tube heat exchanger // Energy Procedia 151. 2018. С. 57-61.

4. Кущев Л.А., Никулин Н.Ю., Феоктистов А.Ю., Яковлев Е.А. Интенсификация тепловых процессов в кожухотрубном теплообменном аппарате // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. №3. С. 9–17.

5. Я.Д. Золотоносов., А.Я. Золотоносов., И.А. Крутова. Змеевиковый теплообменник типа «Труба в Трубе». // Бюллетень «Изобретения, полезные модели». Заявка 2020125350. – ФИПС Москва.

УДК 697.95

Рязанов И.Ю.

*Научный руководитель: Петроченко М.В., канд. техн. наук, доц.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫТОВОГО КОНДИЦИОНЕРА ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ (ЦОД)

Цель работы – выяснить, возможно ли использование бытового кондиционера в ЦОДе в случае, если эта система не подойдет, подобрать другую.

Для обеспечения наилучшей работы вентиляционного оборудования в ЦОДе следует определить климатический диапазон, в этом нам поможет американский стандарт ТИА-942 [1]:

– Температура воздуха по сухому термометру: от +20°C до +25°C (не более +25°C)

– Точка росы: не более +21°C

– Скорость изменения температуры: не более +5°C в час

– Относительная влажность воздуха: от 40% до 50%

– Точка нормальной настройки: +22°C

– Контрольный диапазон изменений: ±1°C

Теперь рассмотрим требования к системам кондиционирования. Самым главным является: надежность. Системы обязаны работать

каждый день, каждый час бесперебойно, необходимый минимальный срок службы составляет 5 лет. Также не менее важным является: точность поддержания температуры и влажности, резкие перепады температуры даже на 3-4°C могут оказаться фатальными для оборудования серверной.

Исходя из вышеперечисленных требований, проанализируем, подойдет ли для вентиляции ЦОДа бытовой кондиционер (рисунок 1).



Рис. 1. Бытовой кондиционер

Бытовой кондиционер рассчитан на 15% годовую нагрузку-1200 часов в год. Если непрерывно использовать эту систему, то она выработает свой ресурс (обычно это 8–10 лет) за 1 год, вследствие чего потребуется полная ее замена.

Точность поддержания температуры у бытового кондиционера составляет $\pm 5^{\circ}\text{C}$, что неприемлемо, так как минимально допустимый перепад составляет $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Еще одним существенным недостатком является малый температурный диапазон работы: летом $+45^{\circ}\text{C}$, зимой -30°C и небольшое отклонение от этих значений приведет к резкой потере эффективности установки.

Следовательно, данная установка не может быть использована в ЦОДе, так как она не удовлетворяет ни одному предъявленному требованию к системам. Исходя из этого требуется подобрать другое возможное решение.

Прецизионный кондиционер на данный момент является оптимальным решением для вентиляции ЦОДа [2], так как:

- Возможность работать в режиме 24 часа 365 дней в году и так 10 лет
- Точность поддержания температуры $0.2-1^{\circ}\text{C}$
- Поддержка фильтров класса F5-F7 [3]
- Возможность забора холодного воздуха из окружающей среды

для повышения энергоэффективности

Рассмотрим пример расчета вентиляции и газоотделения в ЦОД (рисунок 2).

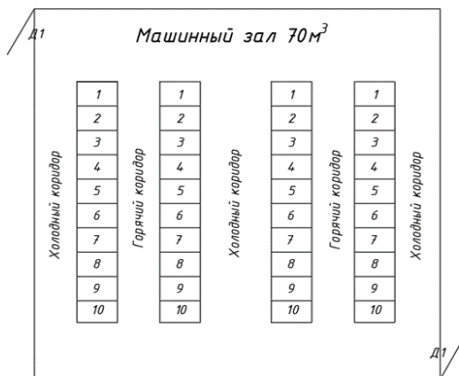


Рис.2. Схема машинного зала.

Примем: общая площадь машинного зала 70 м². Высота помещения 10м. Количество входных дверей – 2шт. Пожаротушение на базе хладона R125.

Чтобы обеспечить подпор и защиту машинного зала от притока воздуха из смежных помещений, рассчитаем вентиляцию в соответствии с методикой «по дверям». Согласно данной методике в каждый машинный зал следует подавать по 100 м³/час на каждую дверь. ЦОД имеет две двери, следовательно, расход приточного воздуха составит 200 м³/час в зал.

Найдем требуемый расход воздуха в системе газоудаления:

$$S_{\text{пом}} \times h_{\text{пом}} = 70 \times 10 = 700 \text{ м}^3$$

Следовательно, в случае пожара, производительность системы должна составлять 700м³/час

Таким образом, для рассматриваемого ЦОДа имеем две системы:
1. Приточная с расходом воздуха 200 м³/час в штатном режиме и 700м³/час в режиме компенсации газоудаления. 2. Вытяжная система газоудаления с расходом воздуха 700м³/час.

Чтобы приточная система функционировала правильно, то есть выполняла функцию подпора воздуха, в других помещениях объекта

необходимо предусмотреть преобладание вытяжки над притоком в объеме 200 м³/час. Как правило, преобладание вытяжки над притоком реализуется в коридорах, и прочих помещениях без постоянного пребывания людей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. TIA TIA-942-B-2017 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers

2. СТО НОСТРОЙ 2.15.177–2015 “Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем вентиляции и кондиционирования серверных помещений. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ”

3. ГОСТ Р ЕН 779–2014

4. СП 60.13330.2012 "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

5. СТО НОСТРОЙ 2.24.2–2011 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Вентиляция и кондиционирование. Испытание и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха».

УДК 628.87

Свирин М.В.

Научный руководитель: Семиненко А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ PMV И PPD

Достижение теплового комфорта в жилых и офисных зданиях является крайне важной составляющей общего благополучия людей. На данный момент этому вопросу не оказывается должного внимания. Под тепловым комфортом в ряде стандартов [1-3] понимают «такое душевное состояние, которое выражает удовлетворение тепловой средой». Поскольку это понятие индивидуально для каждого человека, оценка удовлетворенности большой группы людей представляет собой непростую задачу. Актуальной проблемой является создание комфортных условий и на рабочем месте, поскольку микроклимат влияет на продуктивность [4], персонал при этом не имеет возможности

в полной мере регулировать параметры из-за сложностей в смене одежды в течение рабочего дня или регулировании теплового режима в помещении.

На данный момент подобная оценка базируется на исследованиях П.О. Фангера [5], основанных на уравнении теплового баланса между телом человека и окружающей его средой:

$$M + W - E - RES = K_{cl} + R + C, \quad (1)$$

где M – скорость метаболизма человека, Вт/м²;

W – теплообмен в результате внешней работы, Вт/м²;

E – теплообмен в результате испарения пота, Вт/м²;

RES – теплообмен в результате дыхания, Вт/м²;

K_{cl} – кондуктивный теплообмен через одежду, Вт/м²;

R – лучистый теплообмен, Вт/м²;

C – конвективный теплообмен, Вт/м².

П.О. Фангер предположил, что тепловой комфорт человека основан на температуре его кожи и выделении пота, и что комфортным можно назвать то состояние, когда эти два параметра уравновешены в определенном диапазоне значений. После экспериментов в климатической камере было определено, что тепловой комфорт можно рассчитать, оценивая скорость метаболизма, условия окружающей среды и одежду человека. Результаты исследований легли в основу разработанных позднее стандартов.

В мировой практике процесс оценки теплового комфорта в большинстве случаев осуществляется стандартами ISO 7730, ANSI/ASHRAE 55-2020 и EN 15251 [1-3]. Указанные стандарты применимы как для уже используемых жилых и промышленных зданий, так и для новых (при этом отличается строгость соответствия диапазону комфортности), что позволяет рассчитывать условия теплового комфорта на этапе проектирования. Для использования в России наиболее предпочтительным можно считать разработанный Международной организацией по стандартизации ISO 7730, поскольку он шире применяется по всему миру, утвержден и введен в действие на территории Российской Федерации, охватывает большее количество смежных стандартов, в совокупности с которыми можно произвести нестандартные расчеты, например, для лиц с ограниченными возможностями, а также в различных климатических условиях.

Рассматриваемые стандарты учитывают следующие параметры:

- параметры окружающей среды;
- температура воздуха в помещении;

- средняя температура окружающих поверхностей;
- влажность воздуха;
- скорость воздуха;
- личные факторы:

– скорость метаболизма – может изменяться в зависимости от уровня активности человека. В качестве единицы измерения принимают $1 \text{ мет} = 58 \text{ Вт/м}^2$, что соответствует энергии, производимой на единицу площади поверхности среднестатистического здорового человека, находящегося в сидячем положении в состоянии покоя. В стандартах приводятся значения скорости метаболизма для различных видов деятельности;

– уровень теплоизоляции одежды человека – единицей измерения принимается $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ м}^2\cdot\text{К}$, что соответствует брюкам, рубашке с длинными рукавами и куртке. В стандартах указаны значения теплоизоляции как типичных комплектов одежды, так и отдельных её элементов.

Несмотря на некоторые различия перечисленных стандартов, оценка каждого из них основана на расчете прогнозируемой средней оценки (PMV) и прогнозируемого индекса процента недовольных (PPD).

Прогнозируемая средняя оценка (PMV) – индекс, предназначенный для прогнозирования среднего значения голосов группы жителей по семибальной шкале температурных ощущений.

Значение PMV = 0 означает идеальное состояние теплового равновесия, когда внутреннее тепловыделение человека равно его теплопотере, PMV = +3 показывает состояние «слишком жарко», PMV = -3 – состояние «слишком холодно» (таблица 1).

Таблица 1 – Шкала чувствительности к температуре

| Оценка в баллах | Ощущение человека |
|-----------------|-------------------|
| +3 | Жарко |
| +2 | Тепло |
| +1 | Немного тепло |
| 0 | Нейтрально |
| -1 | Немного прохладно |
| -2 | Прохладно |
| -3 | Холодно |

Согласно ISO 7730, допустимый предел значений PMV лежит в диапазоне от -2 до +2, желательные для используемых зданий – от -0,7 до +0,7, для новых – от -0,5 до +0,5.

С помощью PMV есть возможность предугадать тепловое ощущение группы жильцов, но этого параметра недостаточно [6]. Также необходимо учитывать уровень удовлетворенности находящихся в помещении людей, чтобы получить более полное представление о результатах работы над микроклиматом здания. Для этого П.О. Фагнер разработал дополнительное уравнение, которое отражает зависимость PMV с PPD.

Прогнозируемый процент недовольных (PPD) – индекс, который устанавливает количественный прогноз процентной доли жителей, неудовлетворенных температурой в помещении. PPD показывает процент людей, испытывающих локальный дискомфорт, распространенными факторами которого являются сквозняки, высокие перепады температур в частях тела, низкая или высокая температура пола и т.д. Согласно ISO 7730, PPD не должен превышать 20%.

Зависимость показателя PPD от PMV отражается в формуле 2 и на (рисунке 1):

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (2)$$

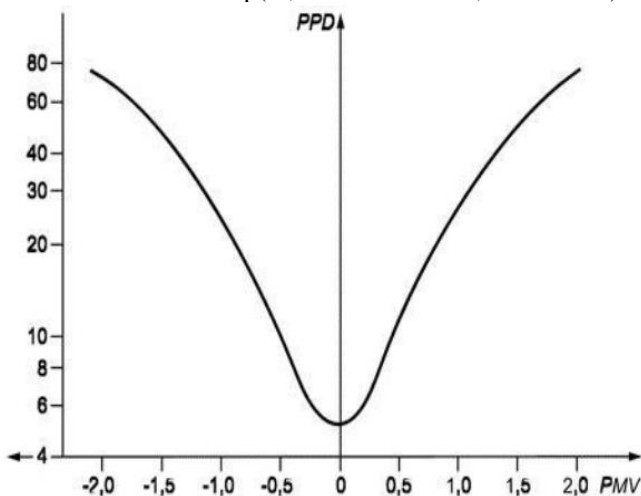


Рис. 1 Зависимость показателя прогнозируемого индекса процента недовольных (PPD) от прогнозируемой средней оценки (PMV)

При строительстве новых зданий или эксплуатации имеющихся обеспечение теплового комфорта пребывающих в них людей является одной из основных задач [7]. Методика, разработанная П.О. Фангером и изложенная в стандартах, помогает справиться с этой задачей.

Использование современных методов расчета позволяет подобрать наиболее предпочтительные параметры микроклимата для конкретного здания с учетом его назначения, климатических условий, конструктивных особенностей и т.д. [8].

Однако стоит отметить, что определение уровня теплового комфорта не может ограничиваться только нахождением совокупности параметров для получения PMV и PPV в заданных пределах, поскольку в данном расчете не учитываются качество воздуха, освещение, акустика и т.д. При этом рассмотренные стандарты не имеют приоритета над требованиями пожарной безопасности, техническими регламентами о безопасности зданий и сооружений и иными стандартами, связанными с безопасностью проживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 7730-2009 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта: система стандартов безопасности труда: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 декабря 2009 г. №573-ст / подготовлен Автономной некоммерческой организацией "Научно- исследовательский центр контроля и диагностики технических систем". Москва, Стандартинформ. 2011. 38 с.

2. ASHRAE Standard 55-2010 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI approved). American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, GA. 2010. 44 p.

3. EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. 2012. 64 p.

4. Ильина Т.Н., Феоктистов А.Ю., Дегтев В.М. Прогнозирование и регулирование состояния микроклимата в замкнутом объеме со значительными тепло- и влагоизбытками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №4. С. 121-123.

5. Fanger P.O. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, New York. 1973. 244 p.

6. Svirin M.V., Kosilov D.M., Seminenko A.S. Dependence of the temperature of the beginning of the heating season on the energy efficiency class of the building // Journal of Physics: Conference Series. 2021. T. 1926.

С. 012070

7. Elistratova Y.V., Kireev V.M., Seminenko A.S. Contribution of heat loss by infiltration to energy saving and microclimate in multi-family residential buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. Т. 791. С. 012007

8. Гуцин С.В., Семенов А.С., Шень Ч. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. №5. С. 31-43.

УДК 621.311

Сопина Ю.В., Биряльцев А.А.

Научный руководитель: Маслов И.Н., канд. техн. наук, доц.

АО «Татэнерго», г. Казань, Россия

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

МАЛАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВА ЕЕ РАЗВИТИЯ

Распределенная энергетика — это означает строительство в близости от потребителей источников электричества малых размеров, производящих тепло и электроэнергию для собственных нужд, а также отдающих излишки в общую сеть. Мощность выбирается, с учётом ограничений и может варьироваться в широких пределах (от двух-трех до сотен киловатт). При этом потребитель не отключается от общей сети электроснабжения [1, 2].

Виды распределённой малой энергетики:

- Газопоршневые электростанции;
- Газотурбинные электростанции;
- Микротурбинные электростанции;
- Тепловые насосы;
- Паровые котлы;
- Возобновляемая энергетика;
- Когенерационные установки (КГУ) и др., (рисунок 1)

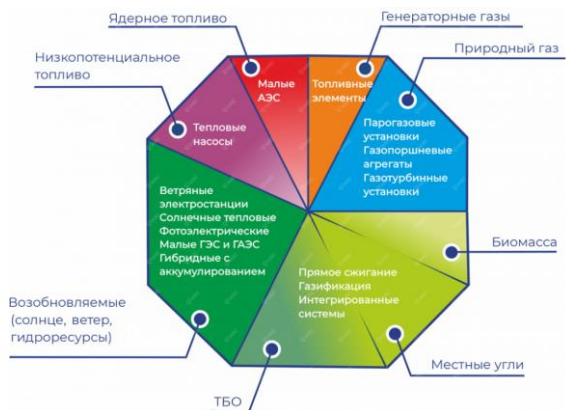


Рис. 1 Виды распределённой малой энергетики.

Также регулярно могут возникать дисбалансы между производством и потреблением энергии или между потребностью в её видах, например, сила солнечных батарей и ветрогенераторов может изменяться от погодных условий, а потребление электроэнергии от погоды может не зависеть или изменяться в противоположную сторону [3, 4].

За счет подключения к общей сети можно компенсировать некоторые недостатки электроэнергии, также в случае избытка производимого электричества перенаправлять ее в сеть с получением некоторого дохода [5, 6].

Такой подход позволяет:

- снизить потери электричества при транспортировке благодаря приближению генераторов в близость потребителя,
- уменьшить число, протяжённость и необходимую пропускную способность магистральных линий электропередачи,
- уменьшить последствия аварий на главных электростанциях благодаря наличию собственного источника электроэнергии,
- уменьшить влияние на природу за счет применения альтернативной энергетики, и более эффективного использования энергии ископаемого топлива.

Доля малой распределённой энергетики в России.

Распределенная генерация занимает около 7% от всей выработки электричества в нашей стране. Это ниже значения по миру почти в два

раза. Однако распределенная генерация как явление уже состоялась в России, и данная отрасль активно развивается [7, 8].

Потенциал развития распределённой генерации в России

По исследованиям Энергетического центра Бизнес-школы «Сколково» потенциал развития распределенной генерации можно объяснить следующими явлениями:

– Увеличение силы распределенной генерации для последующего замещения ТЭЦ

Если эти мощности будут выводиться из использования без обновления, отпуск тепловой энергии от действующих ТЭЦ уменьшится 2016 г. на 26% к 2025 г. и на 30% к 2035 г.

– Увеличение потребности в тепловой энергии от централизованных источников

Данное значение по стране относительно 2016 года оценивается всего в 6% к 2035 году. Также ожидается, что отпуск тепловой энергии от ТЭЦ увеличится на 7% к 2025 г. и 26% к 2035 г.

– Ввод дополнительных объектов распределённой когенерации вместо существующих котельных

Использование данных объектов вместо котельных сможет полностью закрыть потребность в дополнительных мощностях, при этом электрическая мощность распределенной когенерации может составить 30 ГВт к 2035 году.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожуховский И.С., Новоселова О.А. Роль и перспективы деятельности ТП «Малая распределенная энергетика» в развитии распределенной энергетики. // Материалы круглого стола ТП «Малая распределенная энергетика», М., 23 октября 2013 г.

2. Новоселова О.А. Инновационный аспект распределенной генерации // Региональная энергетика и энергосбережение. 2016. №3. С. 12-23.

3. Солуянов Ю. И., Федотов А. И., Галицкий Ю. Я. и др. Актуализация нормативных значений удельной электрической нагрузки многоквартирных домов в Республике Татарстан // Электричество. 2021. № 6. С. 62-71.

4. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

5. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.

6. Akhmetshin A., Mendeleev D., Marin G. Improvement of Electricity Quality Indicators in Electric Networks with Voltage of 0.4-10 kV // Proceedings - 2020 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2020, 2020. P. 454-458. DOI 10.1109/RusAutoCon 49822.2020.9208158

7. Гофман А.В., Ведерников А.С., Ведерникова Е.С. Повышение точности краткосрочного и оперативного прогнозирования электропотребления энергосистемы с применением искусственной нейронной сети // Электрические станции. 2012. № 7 (972). С. 36-41.

8. Боровков В. М. Развитие малой энергетики как элемент стратегической программы и энергосберегающей политики России // Энергетическая безопасность: тез. докл. СанктПетербург: ЛенЭкспо, 2005. С. 10–12.

УДК 67.05

Хвостова П.В., Догонина А.О.

Научный руководитель: Митрофанова С.В., асс.

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

РАЗВОДНОЙ ГАЕЧНЫЙ КЛЮЧ – ИСТОРИЯ ПЕРЕВОПЛОЩЕНИЯ

В современном мире множество профессий. Каждая профессия неразрывна с такими понятиями как инструменты, техника, оборудование. Слово «инструмент» встречается в русском языке в начале 18 века. Кто изобрел тот или иной инструмент? История не дает полного ответа на данный вопрос. Однако известно, что первые резьбовые соединения были замечены на изделиях древнеримских мастеров. Но в европейской истории известно, что такой инструмент как «гаечный ключ» появился в 15 веке. Это произошло с увеличением жизненного уровня населения и появилась потребность перехода от ручного труда к машинному. Для различных соединений все чаще стали использовать болты и гайки, это стало нормой, так появились первые гаечные ключи, которые мало чем отличаются от современных.



Рис. 1 Первые гаечные ключи

Универсальный (1) и «малый» (2) ключи, русская артель (без опознавательных знаков); универсальные G. Karger (3) и Messer (4), первая пол. XX века; рожковый «20x24», Акционерное производство Рязанского завода (5); И.И. Генъ, Одесса, до 1917 года (6); Metallists, Рига (7); универсальный трубный ключ «крокодил» (8), самоделка, 40-50-е годы XX века (угол зева на концах разный).

Более распространенными гаечные ключи стали только в начале 19 века, когда началась промышленная революция. Данный процесс начинается в Англии в 17-18 веках, затем распространяется и на другие страны. Это привело к созданию всевозможных сложных конструкций и механизмов с использованием крепежных деталей различного диаметра. Возникла идея создания универсального ключа, который мог бы заменить использование десятка обычных гаечных ключей. Много патентов на гаечные ключи принадлежало изобретателям, которые старались приспособить новый инструмент для использования в своей сфере, что привело к созданию большого разнообразия инструментов.

В 1837 году француз **ЛеРуа-Трибо** разработал и получил патент на первый в истории раздвижной ключ.



Рис. 2 Раздвижной гаечный ключ

Данная конструкция ключа очень простая, но достаточно надежная в использовании. «Губки» ключа разводятся путем вращения рукоятки до установки нужного диаметра гайки. Так появилось название «французский ключ». Изображение этого ключа можно увидеть и сейчас на дорожном знаке «Техническое обслуживание автомобилей», хотя сами ключи подобной конструкции уже не используются.

Затем появились первые модели разводных ключей с переставляемыми «губками».



Рис. 3 Разводные ключи с переставляемыми «губками»

В 1843 году англичанин Эдвин Берд Баддинг изобрел разводной ключ, который получил название «английский». В данной модели «губки» разводились при помощи специального болта.

В 1888 году шведский инженер и изобретатель Йохан ПеттерЙоханссон разработал конструкцию, которую он назвал «железная рука».



Рис. 4 Первый трубный ключ

Это был первый в истории «трубный ключ», который дожил до наших дней практически без изменений. В настоящее время данный

ключ имеет название «газовый ключ». Это многофункциональный, достаточно удобный и практичный предмет, который действительно стал «правой рукой» многих специалистов в области техники.

Шведский изобретатель не остановился на достигнутом. Он считал, что английская модель разводного ключа слишком громоздкая и неподходящая для работы в небольшом пространстве. Йохан Йоханссон в 1892 году запатентовал собственную разработку разводного ключа.

Его модель отличалась от английской версии тем, что на ключе добавлен «червяк» - это гайка регулировки размаха губок. В настоящее время это самая используемая разновидность разводного ключа.



Рис. 5 Классический (Шведский) ключ

Долгое время ключи такой конструкции назывались «шведский ключ». Йохансон даже основал компанию, которая занимается производством таких инструментов до сих пор и выпускает «оригинал» этого ключа. Современное название такого ключа «**классический**», но во многих странах, в том числе и в России, этот ключ традиционно называют «шведским».

На сегодняшний день в мире существует огромное количество самых разных ключей, как обычных, так и разводных. Пик развития данного инструмента пришелся на конец 19-го и начало 20-го веков, когда изобретения следовали одно за другим, фирмы перекупали патенты друг у друга. Различные изобретатели со всего света создали огромное количество конструкций ключей и улучшили имеющиеся решения.

В мире производятся ключи самых разных конструкций, которые предназначены как для работы профессионалов, так и для использования в домашних целях. Неспроста разводной ключ можно увидеть и на символике нашей страны: -на эмблеме Военно-топографической службы ВС РФ, а также на гербе Министерства путей сообщения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ванькова. Т.Е. Крепежные детали и соединения: методические указания к выполнению расчетно-графических заданий по дисциплине «Начертательная геометрия и графика»/сост. Т.Е. Ванькова Белгород: Изд-во БГТУ, Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2008-36с

2. Ванькова Т.Е. Крепежные детали и соединения. Методические указания к выполнению расчетно-графических заданий для студентов специальности: Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. / Сост. Ванькова Т.Е., Поломошнов А.Е. Белгород: Изд-во БГТУ, Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В.Г. Шухова, 1999-33с.

3. Ванькова. Т.Е. Крепежные детали и соединения / Сост. Ванькова Т.Е. Кузнецова С.В. Шрубченко Белгород: И.В. Изд-во БГТУ, Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2015-39с.

4. Друзенко К.К. Крепежные детали и соединения/ Сост. Друзенко К. К., Чуева Л. П, Соболев Т. Г. Изд-во БГТУ, Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2008-78с.

УДК 622.692

Хизбуллин А.Р.

Научный руководитель: Тимофеева С.С., канд. техн. наук, доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ГАЗОВ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Рациональное использование попутных газов и горючих газов, образующихся в различных технологиях нефтепереработки, является перспективным направлением развития нефтегазовой отрасли. В число перечня критических технологий Российской Федерации входят технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов, поиск, добыча, переработка и трубопроводный транспорт нефти и различных газов. Особое внимание в настоящее время заслуживает рассмотрение вопросов применения газообразных отходов нефтепереработки в рамках эффективного и рационального

использования продуктов переработки нефти и улучшения экологических показателей производства [1].

Горючие газы нефтепереработки представляют собой смесь газообразных продуктов первичных и вторичных процессов переработки нефти. В своем составе такие газы содержат углеводороды, водород, оксид и диоксид углерода, сероводород, а также примеси серосодержащих органических соединений. Часто газы нефтепереработки содержат в своем составе до 50–60% водорода. Состав газов зависит от вида используемого в технологии сырья и условий его переработки. В настоящее время газы нефтепереработки используют в качестве топлива для энергетических установок, источника водорода для различных процессов гидрогенизации, а также как сырьё для нефтехимического синтеза [2, 3]. Одним из перспективных направлений использования таких газов является применение на компрессорных станциях.

В настоящее время общая протяжённость газопроводов на территории России составляет 172,6 тыс. км. В процессах перекачки газа задействован 254 компрессорные станции общей мощностью 47,1 тыс. МВт. В 2018 году газотранспортная система «Газпрома» на территории России приняла 693,1 млрд м³ газа. Компрессорные станции на магистральных газопроводах расположены на расстоянии 100–150 километров друг от друга. В зависимости от числа ниток газовых магистралей станция может состоять из одного, двух и более компрессорных цехов с разными типами и количеством газоперекачивающих агрегатов (ГПА) (Рис. 1). Наиболее распространённым приводом на компрессорных станциях является газотурбинный [4].

УСТРОЙСТВО ТИПОВОЙ КС

1. Узел подключения КС к магистральному газопроводу
2. Камеры запуска и приема очистного устройства
3. Установка очистки технического газа
4. Установка охлаждения технологического газа
5. Газоперекачивающие агрегаты
6. Технологические трубопроводы обвязки компрессорной станции
7. Запорная арматура технологических трубопроводов обвязки агрегатов
8. Установка подготовки пускового и топливного газа
9. Установка подготовки импульсного газа
10. Главный щит управления и система телемеханики
11. Оборудование электрической защиты трубопроводов обвязки КС

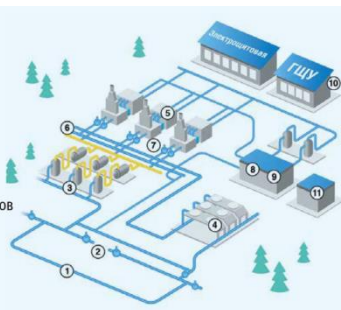


Рис. 1 Схема компрессорной станции

Важным этапом при рассмотрении возможности применения горючих газов нефтепереработки является рассмотрение его

характеристик относительно показателей природного газа, поскольку при транспортировке и использовании в ГПА альтернативных газообразных топлив необходимо учитывать состав, параметры и качество газа. Также газ, альтернативный традиционному составу природного газа не должен вызывать трудностей при его использовании в качестве топлива.

В качестве объекта исследования рассматривается состав отходящих газов глубокой переработки нефтяных остатков (табл. 1) [5]. Газ характеризуется преобладающим значением в своем составе водорода. Состав газа соответствует требованиям, предъявляемых к качеству газов, подаваемых в газопроводы. Было проведено сравнение с природным газом (табл. 2). Сравнительный анализ газовых смесей показал, что параметры газа нефтепереработки сопоставимы с природным газом. В газах нефтепереработки отмечается более низкая теплота сгорания, плотность, высокий коэффициент сжимаемости смеси. Из этого следует, что при использовании в ГПА такого газа расход топливного газа будет увеличиваться, а КПД уменьшаться.

Таблица 1 – Состав комплекса глубокой переработки тяжелых остатков

| Компоненты | Молекулярный вес, кг/кмоль | Объемная концентрация, в долях ед. | Динамическая вязкость, кгс/м ² ·10 ⁻⁷ |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------------|---|
| Водяной пар – H_2O | 18,01 | 0,49 | 8,8 |
| Азот – N_2 | 28,01 | 0 | 16,6 |
| Оксид углерода - CO | 28,01 | 0,06 | 16,6 |
| Углекислый газ – CO_2 | 44,01 | 0,1 | 13,6 |
| Сероводород – H_2S | 34,08 | 0,00135 | 7,6 |
| Водород – H_2 | 2,01 | 50 | 8,4 |
| Метан – CH_4 | 16,04 | 30,41 | 10,3 |
| Этилен – C_2H_4 | 28,05 | 0,06 | 8,5 |
| Этан – C_2H_6 | 30,07 | 14,58 | 7,5 |
| Пропен – C_3H_6 | 42,08 | 0,01 | 4,08 |
| Пропан – C_3H_8 | 44,09 | 2,63 | 6,9 |
| Бутен – C_4H_{10} | 56,1 | 0 | 6,9 |
| Бутан - C_4H_{10} | 58,12 | 0,48 | 6,9 |
| Пентен – C_5H_{12} | 70,13 | 0 | - |
| Пентан – iC_5H_{12} | 72,15 | 0 | 6,3 |
| nC_5H_{12} | 72,15 | 0 | - |
| $C_5 + (n - C_6)$ | 76,17 | 0,87 | - |

Газы нефтепереработки могут использоваться как самостоятельно, так и в смеси с природным газом. Поскольку в составе рассматриваемого газа содержится большое значение водорода (около 60%), то добавка такого газа к природному газу позволит улучшить его топливные характеристики за счет добавки водорода.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика газовых смесей

| Параметры | Газ нефтепереработки | Природный газ |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Теплота сгорания, МДж/м ³ | 21,7 | 36 |
| Плотность, кг/м ³ | 0,57 | 0,73 |
| Давление критическое, МПа | 4,58 | 4,48 |
| Температура критическая, К | 161,74 | 191,5 |
| Динамическая вязкость, Па · с | $8,71 \cdot 10^{-7}$ | $10,3 \cdot 10^{-7}$ |
| Коэффициент сжимаемости смеси | 0,92 | 0,83 |
| Приведенная температура | 1,71 | 1,49 |
| Приведенное давление | 1,42 | 1,22 |

При сжигании такого топлива повышается эффективность рабочего процесса топливосжигающего устройства, а также улучшаются экологические показатели.

В дальнейшей работе планируется исследование конкретного ГПА при использовании в качестве топлива газов нефтепереработки. В качестве ГПА будет рассмотрен газотурбинный двигатель НК-16СТ, который применяется для привода компрессора и электрогенераторов в составе газотурбинных газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок. В настоящее время на более чем 30 электростанциях двигатели НК-16СТ используют в качестве приводов энергоустановок, работающих на попутном нефтяном газе. В исследованиях будут определены пропускная способность, затраты мощности, расход топливного газа для ГПА, фактические значения производительности, а также приведенные характеристики нагнетателя и КПД агрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vovk V.S. New direction of associated petroleum gas utilization (Russian) / Vovk V.S., Zaichenko V.M., Krylova A.U.// Oil. 2019 (10): 94–97.

2. Синкевич Е.М. Альтернативное топливо для газотурбинных двигателей класса малой мощности // Турбины и дизель. 2013. С. 40-41.

3. Марьин Г.Е. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок / Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. // Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 23. №3(158). С. 84-92.

4. Калинин А.Ф. Оптимизация работы компрессорного цеха компрессорной станции подземного хранилища газа, оснащенного агрегатами различной единичной мощности / Калинин А.Ф., Коновалов А.А. // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2015. (2). С. 91-95.

5. Олюнин С.Ю., Садиков А.С., Лотфуллин Д.Д. Перспективы использования промышленных газов в филиале ОАО «ТГК-16» Нижнекамская ТЭЦ (ПТК-1) Энергетика Татарстана. 2016. № 2 (42). С. 30-34.

УДК 620.98

Хименес В.

*Научный руководитель: Кошлич Ю.А., канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СХЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Ежедневное использование электроустановок в любом доме становится потребностью человека. Широкое использование на промышленных предприятиях нагрузок с нелинейной вольтамперной характеристикой привело к проблеме, связанной с обеспечением требуемого качества электроэнергии. Существует несколько методов достижения снижения амплитуды высших гармоник в системах электроснабжения, однако поиск рационального пути повышения качества электроэнергии с технико-экономической точки зрения остается открытым. Актуальной задачей является методика построения компьютерных моделей электрооборудования, позволяющая учитывать факторы, влияющие на уровень высших гармоник в системах электроснабжения листопркатных цехов металлургических предприятий. Также актуальны гибридные фильтрующие элементы.

Общая технико-экономическая оценка влияния высших гармонических составляющих на работу системы электроснабжения. В результате аварийного отключения отдельных участков системы электроснабжения, особенно если имеются такие элементы, как фильтрокомпенсирующие установки, могут возникать нежелательные явления, способные вызвать серьезные механические повреждения винопроводов, конденсаторов в работе производится анализ аварийного отключения одной из секций винопровода подстанции в результате трехфазного металлического замыкания (рисунок 1).

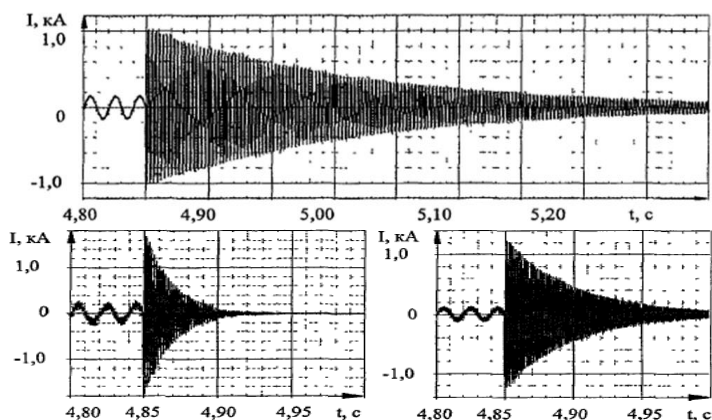


Рис 1. Токи через фильтрокомпенсирующие установки 5,11 и 13 гармоник при отключении в результате короткого замыкания

После срабатывания выключателя опасного перенапряжения не возникает, следовательно, угрозы возникновения электрической дуги в результате перенапряжения и повреждения контактов выключателя в данном случае не наблюдается.

Однако в момент отключения значительная энергия была запасена в самих фильтрокомпенсирующих установках, и ей было необходимо рассеяться. Из-за малого активного сопротивления установок, а также из-за низкой емкости между кабельной линией и «землей» возник процесс обмена энергией между всеми фильтрами. Возникающие при отключении секции подстанции колебания тока являются колебаниями повышенной частоты по отношению к частоте сети. Подобные колебания могут способствовать образованию дуги в месте замыкания. Кроме того, величина возникающего в момент отключения тока через установку вполне может вывести из строя участки кабельных линий,

соединяющие установку и шинопровод, а также оборудование самих фильтрах.

Результаты подобных опытов могут использоваться для определения алгоритмов работы устройств релейной защиты в различных ситуациях. Предлагается подход, позволяющий определить наиболее оптимальную с точки зрения надежности функционирования структуру системы электроснабжения листопрокатных цехов металлургических предприятий.

Моделирование преобразовательных трансформаторов в схемах электроснабжения металлургических предприятий. Силовая преобразовательная техника широко используется в мощных электротехнологических установках постоянного тока [1-5]. В качестве источников постоянного тока применяются различные преобразовательные агрегаты (ПА) по системе «силовой трансформатор - выпрямитель». Поскольку ПА, как правило, большой мощности, то число выпрямителей, используемых в них, часто больше одного, а преобразовательные силовые трансформаторы выполняются с расщепленными вторичными обмотками. Выходные параметры: выпрямленное напряжение ($U_{дпа}$) и ток ($I_{дпа}$) - требуют регулирования в определенном диапазоне в зависимости от процесса технологии.

Наиболее распространенные энергоемкие технологические, установки такие, как: электролизеры, гальванотехника и дуговые печи, как правило, работают на постоянных токах и при напряжениях, приведённых в таблице (таблицы 1). Анализ данных этой таблицы показывает, что величины выпрямленных токов и напряжений изменяются в широких пределах.

Таблица 1 - Параметры постоянного тока различных установок

| Технологический процесс, установка | Ток, кА | Напряжение, В |
|------------------------------------|----------|---------------|
| Электролиз галлия | 6-12 | 12-48 |
| Электролиз драгметаллов | 0,5-2000 | 12-150 |
| Гальванотехника | 1,25-25 | 12-48 |
| Электролиз меди | 12-30 | 200-400 |
| Электролиз никеля | 12-30 | 100-600 |
| Электролиз алюминия | 12-30 | 600-1200 |
| Электролиз цинка | 12-30 | 700-900 |
| Электролиз магния | 100-120 | 200-600 |
| Электролиз хлора | 50-250 | 200-600 |
| Дуговые печи постоянного тока | 4,5-300 | 250-1200 |

| Технологический процесс, установка | Ток, кА | Напряжение, В |
|---|---------|------------------|
| Установки графитизации | 20-250 | 160-300 |
| Установки получения поликристаллического кремния | 2-6 | 900-1000 |

Для точной оценки функционирования преобразовательного трансформатора системы электроснабжения цеха электролиза меди при различных режимах работы построена имитационная модель фрагмента узла нагрузки в программном пакете Matlab Simulink (см. рисунок 2).

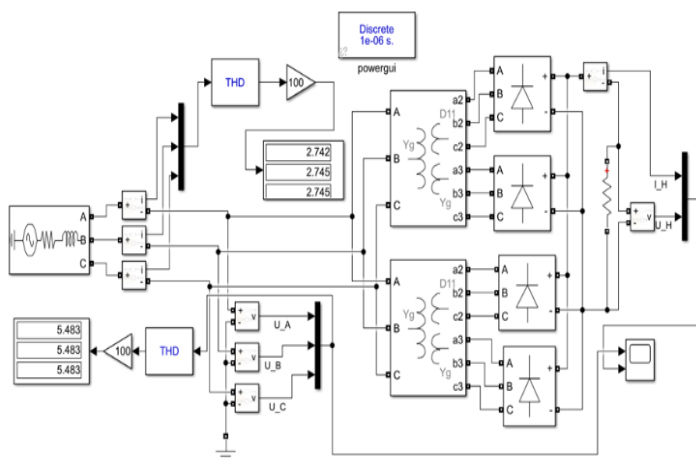


Рис.2. Имитационная модель фрагмента узла нагрузки с преобразовательным трансформатором

напряжения AC Voltage Source; линия связи с распределенными параметрами; диод преобразователь Universal Bridge; Для измерения токов и напряжений установлены блоки Current Measurement и Voltage Measurement. Для оценки гармонического состава питающего напряжения используется анализатор гармоник из пакета расширения Signal Processing Toolbox с помощью блока To Workspace.

В этой модели были применены два трансформатора с расщепленными вторичными обмотками, образуя, таким образом, четыре независимые обмотки при том, что в первичной обмотке оно ограничивается одним источником питания и обе первичные обмотки

соединены звездой, а во вторичной обмотке две звезды и два треугольника.

Результаты моделирования напряжения и тока в электрической сети перед выпрямителем показаны на (рисунке 3).

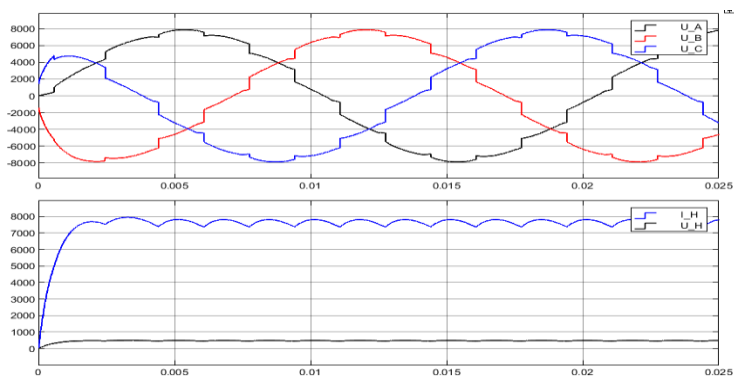


Рис. 3. Результаты моделирования тока и напряжения

Как следует из осциллограмм тока и напряжения, разработанная модель полностью отражает реальные процессы, происходящие в преобразовательном агрегате цеха электролиза меди.

В электрической сети также присутствуют заметные гармонические искажения тока в сети, возникающие вследствие использования диодного выпрямителя. Однако для точной оценки гармонических искажений напряжения требуется дополнить имитационную модель подробной моделью системы электроснабжения.

После установки конденсаторной батареи и фильтра были получены ожидаемые результаты, что позволило усилить предложенную методику. Рекомендации направлены на получение более безопасных и эффективных объектов, которые способствуют улучшению условий труда, снижению риска и повышению производительности, в зависимости от ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шпиганович, А. Н. Моделирование работы трансформатора с применением пакета программ OrCAD 9 [Текст] / А. Н. Шпиганович, С. А. Ермолов // Вести высших учебных заведений Черноземья - 2007 - №1. С 49-54.

2. Шпиганович, А Н Анализ работы систем электроснабжения промышленных предприятий [Текст] / А. Н Шпиганович, С. А Ермолов // Автоматизация в промышленности - 2007 - №2. - С. 57 – 59.

3. Ермолов, С А. Снижение влияния негативных факторов на работу фильтрокомпенсирующих устройств [Текст] / С. А Ермолов // Электрика - 2007 -№3 - С 17-19.

4. Шпиганович, А Н Модернизация фильтрокомпенсирующих установок [Текст] / А Н Шпиганович, С. А Ермолов // Промышленная энергетика - 2007 -№5 С 47-48

5. Скурятин Ю.В., Белоусов А.В. Повышение эффективности активной фильтрации. Прямое управление потребляемой мощностью // Известия высших учебных заведений. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. - 2016. - №1. - С.71-77

УДК 697.9

Чуйко В.В., Саввин Н.Ю.

***Научный руководитель: Куцев Л.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ ВОДЯНЫХ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ

Система теплоснабжения в России является самой крупной в мире. В 2020 году потребление тепловой энергии в секторе централизованного теплоснабжения составило 1126 млн. Гкал. Из этого объема 49% приходится на промышленность и 39% – на население и бюджетные организации. Производственные мощности централизованных систем теплоснабжения насчитывают 572 ТЭС и 3144 котельных мощностью более 20 Гкал/ч.

Основной целью повышения теплоотдачи отопительного оборудования является увеличение количества тепла, передаваемого через единицу поверхности.

Повышение интенсивности теплообмена при использовании завихрителей и дискретной шероховатости поверхности происходит за счет более раннего перехода от ламинарного течения к турбулентному и турбулизации пристенного слоя жидкости по сравнению с гладкой стенкой [1, 2]. При этом происходит увеличение коэффициента теплоотдачи. Однако эффективность искусственной турбулизации потока с увеличением значения критерия Рейнольдса снижается, при

этом темп роста сопротивления превалирует над темпом роста теплоотдачи.

Разделяют две категории методов интенсификации конвективного теплообмена: активные и пассивные методы [1].

К активным методам относят механическое воздействие на поверхность теплообмена (перемешивание теплоносителя, вращение или вибрация поверхности теплообмена) и воздействие на поток теплоносителя пульсациями давления, акустическим или магнитным полем.

Пассивные методы заключаются в воздействии на поток за счет формы поверхности теплообмена (применение турбулизаторов и закручивателей потока). В свою очередь из пассивных методов можно выделить две группы:

1) придание потоку теплоносителя вращательно-поступательного движения;

2) разрушение пристенных слоев потока теплоносителя.

В первую группу входят закручивание всего потока теплоносителя с помощью шнековых, ленточных и пластинчатых завихрителей, жестко закрепленных на внутренних поверхностях труб (рисунок 1) [3, 4].

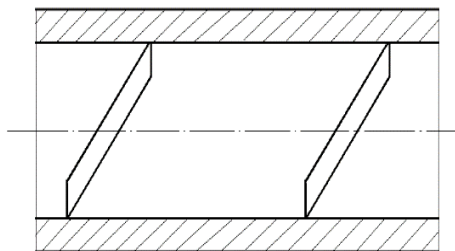


Рис. 1 Общий вид трубы с пластинчатой спиральной вставкой

Во второй группе разрушение пристенного слоя потока происходит за счет использования искусственной дискретности шероховатости поверхности:

- винтовая (рисунок 2, а) и поперечная (рисунок 2, б) накатка труб;
- поперечные, периодически расположенные, вставки квадратного или прямоугольного сечения;
- спирально-профилированные трубы (рисунок 3).

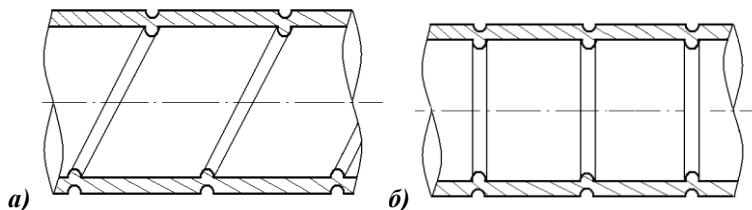


Рис. 2 Общий вид трубы с: а – винтовой накаткой; б – поперечной накаткой

При возникновении необходимости интенсификации теплообмена в коаксиальных каналах может применяться проволочное оребрение внутренней стенки коаксиального канала.

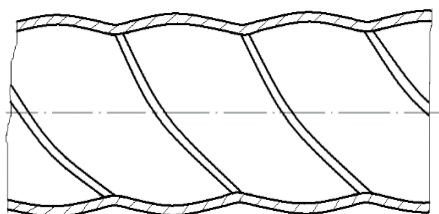


Рис. 3 Общий вид спирально-профилированной трубы

Также для повышения теплоотдачи отопительных приборов могут использоваться различные виды оребрения и ошиповки во внутренних каналах отопительных приборов [5]. Здесь, как и в случае использования завихрителей и дискретной шероховатости поверхности, повышение теплоотдачи отопительных приборов происходит за счет турбулизации теплоносителя.

Таким образом, рассмотренные методы значительно повышают интенсивность процессов теплоотдачи в отопительных аппаратах, но требуют дополнительных затрат энергии из-за повышения гидравлического сопротивления. Однако при этом происходит уменьшение необходимой площади поверхности теплообмена, габаритных размеров аппаратов, их металлоемкости и стоимости. Благодаря этому можно сократить затраты на капитальное строительство, на эксплуатацию и ремонт аппаратов, т.е. снизить приведенные затраты на процесс теплообмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жаускаускас А.А., Конвективный перенос в теплообменниках. М.: Наука. 1982. 472 с.

2. Мигай В.К. Мороз А.Г., Зайцев В.А. Методика сравнения интенсифицированных поверхностей теплообмена // Изв. вузов. Сер. Энергетика. 1990. №9. С. 101-103.

3. Дрейсер Г.А., Лобанов И.Е. Предельная интенсификация теплообмена в трубах за счет искусственной турбулизации потока // ИФЖ. 2003. Т. 76. №1. С. 45-51.

4. Бродов Ю.М. Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э. Исследование ряда методов интенсификации теплообмена в энергетических теплообменных аппаратах // Интенсификация теплообмена. Тр. 3-й РНКТ. М.: МЭИ (ТУ). 2002. Т.6. С. 49.

5. Куцев Л.А., Саввин Н.Ю., Якшин С.С. Современные способы повышения эффективности работы отопительных приборов в ЖКХ //Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. 2020. С. 304-307.

УДК 697.34

Чуйко В.В., Саввин Н.Ю.

***Научный руководитель: Куцев Л.А., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Климатические условия на территории России повсеместно требуют отопления жилого, общественного и производственного фондов. Дополнительные сложности в разработке и эксплуатации систем теплоснабжения в России накладывает региональное разнообразие температурных режимов. Например, средняя температура самой холодной пятидневки года варьируется от -14 °С в Дагестане до -54 °С в Якутии, а длительность отопительного сезона – от 5 до 10 месяцев в году [1]. Такое разнообразие климатических условий требует систем теплоснабжения, отвечающим различным конкретным требованиям к обеспечению теплом.

Факторами, определяющими конкурентоспособность и экономичность централизованного теплоснабжения по сравнению с децентрализованным, являются плотность тепловой нагрузки и продолжительность отопительного периода. В работе Е.Г. Гашо и В.К. Ковылова показано, что системы централизованного теплоснабжения

(СЦТ) выгодны на большей части страны [2] и обеспечивает от 2/3 до 3/4 потребности страны в тепле.

Централизованное теплоснабжение подлежит учету в официальной статистике. Децентрализованное теплоснабжение в статистике не учитывается, либо учитывается слабо [1].

Распределение потребления тепловой энергии в Российской Федерации на 2020 г. выглядит следующим образом: основными потребителями являются промышленность (на которую приходится 49% конечного потребления тепла), а также население и бюджетные организации (составляют 39% конечного потребления тепла). За последние 16 лет конечное потребление тепловой энергии снижается (рисунок 1), однако в 2016-2019 гг. снижения потребления не было, что указывает на замедление либо приостановку динамики сокращения потребления централизованного тепла, характерной для последних 20-30 лет.

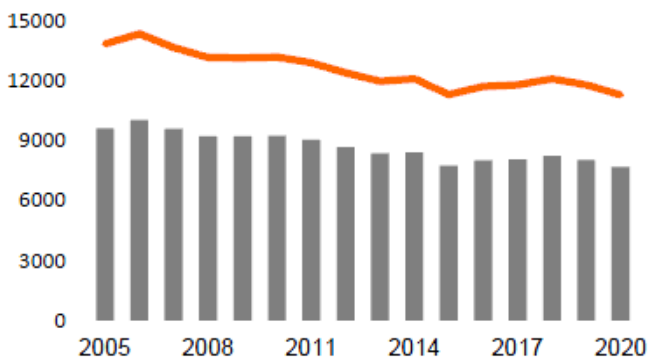


Рис.1 Динамика конечного потребления тепловой энергии (линия – 100 млн Гкал) и на душу населения (столбик - Гкал)

Примерно 81-88 % тепла в системах централизованного теплоснабжения в период с 2005 по 2020 г. используется на нужды промышленности, населения и бюджетофинансируемых организаций (рисунок 2) [3].

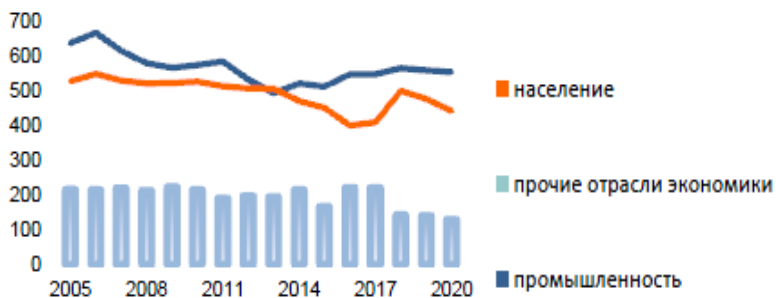


Рис. 2 Динамика отраслевого потребления тепловой энергии, млн Гкал

Потребление тепла населением и бюджетофинансируемыми организациями снижается благодаря последовательной политике энергосбережения и развитию систем учета тепла. В последние 16 лет наблюдается достаточно стабильное соотношение теплопотребления в различных отраслях экономики (рисунок 3).



Рис. 3 Динамика структуры теплопотребления, %

На текущий момент в системах теплоснабжения России накопилось множество проблем, для решения которых требуется огромный приток финансов. Потери наблюдаются на этапах производства, транспортировки и потребления тепловой энергии. Существенное ухудшение выработки тепла произошло на фоне реформ 1990-х гг., и в период 1995-2018 гг. потери увеличились в 2,5 раза и составили 12,4% от суммарного отпуска.

Рост потерь привел к росту тарифов, вследствие чего крупные производственные потребители ускорили переход на собственные источники теплоснабжения. Сокращение сбыта повлекло за собой еще большее повышение тарифов для оставшихся потребителей [4].

В настоящее время происходит сокращение сектора централизованного теплоснабжения: выработка тепловой энергии снизилась с 790 млн Гкал в 1991 г. до 480 млн Гкал в 2017 г., а протяженность трасс тепловых сетей – со 177 тыс. км до 170 тыс. км [5]. Также усугубляющейся проблемой в теплоэнергетике является износ основного оборудования, достигающий 60% и более.

Согласно [6] снижение потерь в сетях может привести к снижению потребления тепла на 52%. Самый большой потенциал - в жилых зданиях (385 млн. Гкал), затем - в системах транспорта и распределения тепла, а также в потреблении тепла в энергетике (237 млн. Гкал) и в производственном секторе (129 млн. Гкал).

Также согласно [6] повышение эффективности отопления строящихся жилых зданий не влечет за собой повышение издержек для застройщиков, а в промышленности мероприятия по оптимизации и модернизации паропотребляющего оборудования снижают потребление пара на 31-48% и окупаются менее чем за год.

Исследования, направленные на повышение эффективности работы систем теплоснабжения, проводятся на базе кафедры ТГВ Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова [7].

Таким образом, наиболее перспективным путем для повышения энергоэффективности и снижения издержек в сфере теплоснабжения являются:

- применение современных теплоизоляционных материалов в жилищном строительстве (например, Пеноплэкс, пенополиуретан и др.);
- реконструкция отопительных систем зданий;
- оптимизация режимов работы отопительных систем зданий («умный дом»);
- модернизация существующих и внедрение оригинальных конструкций отопительных аппаратов (например, пластинчатых теплообменников с повышенной турбулизацией).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семикашев В. В. Теплоснабжение в России: текущая ситуация и проблемы инвестиционного развития // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2019. №. 9. С. 23-47.

2. Гашо Е. Г., Ковылов В. К. Системы жизнеобеспечения городов как отражение их территориальной организации // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2006. № 3. С. 27–33.

3. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2020 г. // Министерство энергетики Российской Федерации ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, 98 с.

4. Стенников В. А., Пеньковский А. В. Проблемы российского теплоснабжения и пути их решения //Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2019. №. 9 (543). С. 48-69.

5. Терентьева А. С. Анализ основных проблем централизованного теплоснабжения в России на современном этапе //Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. №. 18.

6. Башмаков И. А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России // Новости теплоснабжения. 2008. Т. 2. С. 6-9.

7. Куцев, Л.А. Тепловизионные исследования оригинальной пластины теплообменника / Л.А. Куцев, Н.Ю. Саввин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. №1. С. 38-45.

УДК 621.3.052

Шакеда М.Н.

Научный руководитель: Галиев И.Ф., доц.

Казанский государственный энергетический университет,

г. Казань, Россия

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКА НАМИБИИ

Как и другие страны Африки, расположенные к югу от Сахары, электроэнергетика Намибии делает все возможное, чтобы обеспечить электроэнергией свои города и сельские районы. В результате быстрого экономического роста спрос на электроэнергию в Намибии вырос больше, чем ожидали и планировали энергетики. Внутреннее предложение Намибии не поспевает за этим растущим спросом, и Намибия производит менее половины потребляемой энергии. Намибийский рынок в настоящее время работает по модели единого покупателя, в соответствии с которой Nampower - государственная энергетическая компания, является производителем, а также единственным покупателем электроэнергии. В настоящее время имеется четыре объекта генерации; Гидроэлектростанция Руакана, угольная электростанция Ван Эк, дизельная электростанция Паратус и электростанция Аниксас. Это исследование будет сосредоточено на экономических и технических проблемах, с которыми сталкивается

намибийская энергетика.

Намибия расположена в юго-западной части африканского континента. С момента обретения Намибией независимости одной из главных целей правительства Намибии является обеспечение электроэнергией всех объектов образования и здравоохранения, а также всех домашних хозяйств, особенно сельских населений. Правительство Намибии через свою энергетическую компанию столкнулось с различными проблемами в достижении своей цели обеспечения страны электроэнергией. Огромные расстояния между поселениями в Намибии, технические проблемы, засуха и высокая стоимость топлива (угля и дизельного топлива / нефти) являются одними из проблем, с которыми сталкивается энергетическая компания Намибии.

Из-за огромного масштаба страны (следовательно, низкой плотности населения) и тенденции сельских общин к незапланированному расселению (как в «межпоселенном», так и в «междомовом» масштабе) расстояние практически всегда является ограничивающим фактором в намибийском контексте. На эти вопросы нет однозначного ответа. Децентрализация является одной из целей инициативы по электрификации сельских районов. В некоторых местах удалось побудить людей переселяться более скоординированным образом, хотя это было скорее исключением, чем правилом. Другие правительственные стратегии и мероприятия также направлены на достижение или поощрение децентрализации.

В электрификации сельских районов обычно рассматриваются три метода: трехфазные воздушные линии 11 кВ или 22 кВ или однопроводны заземляющий возврат 19 кВ (SWER). Для небольших электрических нагрузок на больших расстояниях SWER обычно считается приемлемым. Затраты увеличиваются с расстоянием во всех этих сценариях, и поскольку расстояния между городами в Намибии часто большие, этот тип решения неосуществим.

Выбор батареи, которая является самой дорогой частью системы, является основным соображением бюджетирования. Хотя свинцово-кислотные батареи станций относительно недороги, они должны правильно обслуживаться. Их долговечность может быть переоценена, в результате чего они выйдут из строя раньше, чем предполагалось, что приведет к более высоким затратам на замену. Как только система запущена и работает, упрощение мониторинга и обслуживания имеет решающее значение для обеспечения ее надежности и долговечности. В результате отсутствия хорошо подготовленного технического персонала ремонт не может быть проведен, а регулярным мониторингом системы, скорее всего, пренебрегают.

Производство электроэнергии в Намибии упало до уровня ниже 40% ее установленной мощности, поскольку самая сильная засуха почти на столетие поразила собственную гидроэнергетику страны и другие в регионе, зависящие от воды (Reuters, 2019). Гидроэлектростанция Руакана является крупнейшей электростанцией в Намибии. На ее долю приходится примерно 50 процентов генерирующих мощностей страны, поэтому засуха привела к падению уровня воды на намибийских плотинах, что поставило под угрозу безопасность электроснабжения страны.

Все жидкие и газообразные виды ископаемого топлива, включая бензин, дизельное топливо, тяжелый мазут, реактивное топливо, сжиженный нефтяной газ и уголь, импортируются, главным образом из Южной Африки. Из-за ограниченного годового финансирования и высокой стоимости топлива намибийские электростанции, работающие на угле и дизельном топливе, сокращают свои производственные мощности, что приводит к недопоставке электроэнергии потребителям.

Одним из наиболее важных факторов экономического роста является обилие надежной, доступной энергии, и Намибия все чаще подвергается давлению, чтобы обеспечить энергоснабжение, которое соответствует ее амбициям. В настоящее время 61% энергии Намибии импортируется из-за слабой местной генерации, производящей 39% электроэнергии. Четыре государственные электростанции, которые в настоящее время поставляют электроэнергию на внутренний рынок: Apixas (дизельное топливо, 22 МВт), Paratus (дизельное топливо, 16 МВт), Van Eck (уголь, 120 МВт) и Ruacana (гидроэнергетика, 330 МВт). Все четыре объекта принадлежат и управляются национальной энергетической компанией NamPower, которая также владеет и управляет национальной системой передачи электроэнергии. Однако эти внутренние электростанции обеспечивают менее одной трети потребления электроэнергии.

Мне видится решение проблемы генерации электроэнергетики Намибии в строительстве мини-ТЭЦ, на продукции газификации угля, биогазе и традиционном природном газе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фон Эрцен, Д. (2010). Намибийский доклад о национальных проблемах по ключевому сектору энергетики с акцентом на смягчение последствий. [Электронный ресурс] – URL: [https://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Energy%20\(см%20ягчение\)/15_Namibia%20NIP_energy%20mitigation.pdf](https://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Energy%20(см%20ягчение)/15_Namibia%20NIP_energy%20mitigation.pdf)

2. Проблемы автономной электрификации в сельских районах. Оценка ситуации в Намибии на примерах Гама и Цумкве. [Электронный ресурс] – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40974-021-00214-5>

3. Энергетика. [Электронный ресурс] – URL: <https://mit.gov.na/energy-sector>

4. Энергоснабжение Намибии сократилось, поскольку засуха ударила по гидроэлектростанции. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.reuters.com/article/ozatp-uk-namibia-power-idAFKBN1YM18J-OZATP>

5. Проблемы, возникающие при реализации стратегического плана на 2014 – 2018 гг.: Тематическое исследование NAMPOWER (PTY) LTD. [Электронный ресурс] – URL: https://repository.unam.edu.na/bitstream/handle/11070/2821/kasheeta_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y