

вий, благодаря использованию информации о температуре наружного воздуха не через внешние температурные датчики, а при помощи метеоданных.

Экономия энергоносителя в процессе работы системы отопления напрямую зависит от точности прогнозируемых значений. В трехчасовой перспективе точность температурных метеоданных около 95 %.

### Литература

1. Тарифы в Беларуси. Действующие тарифы / 2021 Тарифы в Беларуси [электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://www.tarify.by>. – Дата доступа: 25.03.2021.

2. Северянин, В. С. Метеопрогностическое регулирование температурного режима помещений автоматизированными системами отопления / В. С. Северянин, К. О. Мешик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2019. – № 2. – С. 74–77.

УДК 620.92

### Использование электроэнергии в системах теплоснабжения

Романюк В. Н., Станецкая Ю. А., Литвинюк В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрены перспективы использования электроэнергии в системах теплоснабжения в современных условиях.*

**Введение.** Изменения на рынке энергоресурсов, обострили проблему снижения финансовых затрат на энергообеспечение, в том числе, и в системах отопления. В Беларуси, в частности, рассматривается возможность использования электроэнергии на нужды отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в жилых зданиях. Данное решение связано с необходимостью ослабить проблему дисбаланса генерации и потребления электроэнергии, обострившуюся до крайности в связи с предстоящим вводом в строй белорусской АЭС. Без решения соответствующей задачи обеспечения совпадения графиков генерации и потребления электроэнергии невозможна работа любой энергосистемы.

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь 01.03.2016 № 169 «Комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции», планировалось до конца 2020 года установить на ТЭС и котельных, подчиненные «Белэнерго», а также не подчиненных ему котельных, электро-

котлы, суммарной мощностью равной мощности БелАЭС, которые, в этом случае, и потребляли в необходимом количестве избытки генерации электроэнергии, обеспечивая нормальный режим работы энергосистемы страны. Документ предусматривал к 2018 году на ТЭС «Белэнерго» установку электрокотлов мощностью до 535 МВт, на котельных «Белэнерго» – до 450 МВт, и на котельных, не входящих в состав «Белэнерго» – до 200 МВт. Суммарная мощность устанавливаемых электрокотлов, согласно плану, должна составить, по максимальным показателям мощности,  $\approx 1,2$  ГВт. Реализация программы затруднена по комплексу причин, в том числе, из-за увеличенной удельной стоимости электрокотельных.

В этой связи, позже приняты ряд постановлений:

– Постановление Совета Министров Республик Беларусь от 31 декабря 2019 г. № 969 «О мерах по выполнению заданий по строительству жилых домов и объектов инженерной и транспортной инфраструктуры к ним на 2020 и 2021 годы» говорится об обеспечении строительства в каждом регионе и в Минске домов, использующих электроэнергию на нужды отопления и ГВС в размере 135 тыс. м<sup>2</sup>, причем объемы строительства были расписаны по каждой административно-территориальной единице страны;

– Постановление Совета Министров Республик Беларусь от 28 января 2021 г. № 51 «О Государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы», в которой также были указаны размеры строительства таких зданий: на 2018 год (5,7 тыс. м<sup>2</sup>), на 2019 год (8,8 тыс. м<sup>2</sup>). На 2021 год подобных показателей не приведено, при этом, указано, что с 2021 по 2025 год планируется поэтапное увеличение объемов строительства с акцентированием внимания на использование энергосберегающих решений при возведении многоэтажного жилья. Важным также является и стоимость производства или закупки электроэнергии. Для данных зданий важно, чтобы электроэнергия была дешевой. Известно, что для рентабельности электроэнергии с БелАЭС для нужд таких зданий необходимо чтобы 1 кВт·ч электроэнергии стоил меньше или столько же сколько сейчас стоит 1 кВт·ч тепловой энергии. Логично, что в стоимость 1 кВт·ч электроэнергии с БелАЭС будет входить не только стоимость ее выработки, но и стоимость логистики, топлива, обслуживания оборудования по ее доставке, амортизационные отчисления.

Когда речь заходит о логистике, то имеется в виду не стоимость перевозки аккумуляторов ж/д или автотранспортом, а стоимость построения электросетей высокого напряжения, которые могли бы подводиться к абсолютно каждому жилому зданию в стране. Понятно, что стоимость таких настолько разветвленных сетей высокого напряжения была бы достаточно высокой. Говоря о стоимости электроэнергии необходимо учесть средства, за которые эта станция была построена, эти средства необходимо будет

возвращать, поэтому этот долг обязательно будет включен в стоимость каждого кВт·ч электроэнергии, произведенного на ней. Из открытых источников известно, что эта сумма составляет 10 млрд. долларов США, что не может не сказаться на стоимости электроэнергии и может не позволить установить такие тарифы для населения, при которых строительство исследуемых зданий было бы выгодным. Прорабатывая полностью возможную стоимость электроэнергии, амортизация обязательно должна быть учтена, так как оборудованию необходимо обслуживание.

Сложности добавляет еще и то, что согласно Приложению к постановлению Министерства энергетики Республики Беларусь 25 февраля 2020 № 7 «Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года» было признано, что экспорт электроэнергии невозможен ни в одну страну ЕС, с которыми у нас есть общие границы, также невозможен в РФ из-за насыщенности их рынка собственной электроэнергией, экспорт в Украину возможен, но в этом документе также говорится, что даже теоретически это маловероятно. Все это важно, так как за счет экспорта можно было бы снизить стоимость электроэнергии на внутреннем рынке.

В 2016 году было принято Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 01.03.2016 № 169, которое сделало шаг в сторону снижения обозначенной проблемы путем изменения структуры электропотребления, путем увеличения использования электроэнергии в сфере отопления и теплоснабжения зданий. Данным постановлением в РБ была начата проектировка жилых домов, которые используют для систем отопления (СО) и ГВС электроэнергию. Такие дома, согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь, от 28 января 2021 г. № 51 О Государственной программе «Строительство жилья» на 2021–2025 годы, принято называть, согласно введенному в этом документе термину, электродомами.

**Основные понятия.** Электродом – жилой дом, в котором используется электрическая энергия для целей отопления, горячего водоснабжения и приготовления пищи. Под данное определение подпадают здания, использующие для целей отопления и горячего водоснабжения тепловая энергия, получаемую с водяным теплоносителем от электродомовых котлов.

На данный момент существует 3 схемы электроотопления зданий:

- электродома, в которых реализуется «сухая» система отопления и обеспечения ГВС;
- электродома, с электродомами в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП);
- электродома, с квартирной разводкой электрокабелей для СО и ГВС.

*При «сухой» схеме* в каждую квартиру прокладываются электрокабели, которые подводятся к электродомовому котлу для отопления помещения и к электрическому водоподогревателю ГВС. Данная система является самой

простой для проектировки и монтажа, а также простой в эксплуатации среди всех систем, использующих электроэнергию для нужд СО и ГВС. Основным недостатком данной системы является невозможность ее дальнейшей модернизации и увеличении ее энергосберегающих качеств.

*Схема отопления с электродом в ИТП* считается наиболее предпочтительной, поскольку системы и горячего водоснабжения, и отопления непосредственно в зданиях не отличается от традиционных на базе сетевой воды теплосетей. В ИТП здания находится электрод, который использует электроэнергию для нагрева воды для СО и ГВС. Достоинством такой системы считается возможность замены электрокотла, что важно, на котел с традиционным органическим топливом: газ, древесина и пр. Данная схема облегчает ее дальнейшее развитие в части энергосбережения, например, путем использования рекуператоров или тепловых насосов.

*В третьей схеме электроотопления* происходит разводка электрокабелей к электрическим водоподогревателям систем ГВС к электродом, устанавливаемым непосредственно в каждой квартире, от последних уже осуществляется разводка трубопроводов системы водяного отопления. Рассматриваемая схема по простоте близка к «сухой», но также проблематична в модернизации.

**Сопряженные проблемы.** Проектировка зданий, использующих энергосберегающие технологии в РБ, осуществляется на протяжении нескольких лет. Начало было положено за счет использования рекуперации в системах вентиляции, тепловых насосов (ТН) и других технологий по утилизации потоков теплоты. Первые такие три дома были построены в Минске, в Гродно и в Могилеве. При их эксплуатации выявлены проблемы:

- неподготовленность жителей таких домов к более сложной эксплуатации подобных систем из-за их небольшой распространенности;
- отсутствие приемлемых тарифов на использование электроэнергии для различных систем потребления, которые имеют место в жилых помещениях, кроме систем отопления.

В результате последнего обстоятельства в Гродно, где в процессе эксплуатации жителями экспериментального жилого дома, в системе отопления которого предусмотрено использование тепловых насосов, из-за больших счетов за использование электроэнергии, было принято решение об отключении ТН и перехода на обычное резервное централизованное теплоснабжение. Таким образом, проблема заключается в применении приемлемых тарифов на электроэнергию для теплоснабжения электродомов.

На текущий момент существует два основных варианта оплаты:

1. По первому варианту устанавливается 2 отдельных счетчика электроэнергии:
  - а. один для учета электроэнергии для отопления и ГВС;

б. другой – для учета потребления на освещения и потребления техникой.

2. По второму варианту устанавливается один счетчик, учитывающий и энергию на СО и ГВС, и на бытовые нужды. Для применения данного тарифа должна быть установлена электроплита, а само здание должно быть отключено от традиционных систем теплоснабжения. Данный единый тариф является средним в сравнении с тарифами для двух отдельных счетчиков в варианте первой схемы.

Тарифы Белэнерго, обозначим их условно «три копейки», на электроэнергию для населения в 2020 году определяли стоимость электроэнергии, в самом выгодном случае, при установке отдельного счетчика электроэнергии для нужд отопления и ГВС, на первое полугодие 2020 года (1 января – 31 мая) величиной 0,0335 BYN/кВт·ч, а с 1 июня по 31 декабря – 0,0374 BYN/кВт·ч. Тарифы Белэнерго на электроэнергию для населения для 2021 года с 1 января по 31 мая предусмотрены – 0,0374 BYN/кВт·ч, с 1 июня по 31 декабря – 0,0398 BYN/кВт·ч.

Кроме проблемы тарифов, имеет место и не менее сложная проблема капитальных затрат на создание электрических сетей соответствующей мощности, требуемой для многоквартирных электродомов. Например, для электродома в Барановичах потребовалась подстанция, при этом, снабжение жилого дома электроэнергией потребовало использование трех кабелей, по сравнению с одним кабелем для электроснабжения традиционного здания. В случае строительства микрорайона, проблемы создания и эксплуатации электросети соответствующей мощности возрастают многократно, а непосредственно капиталовложения в систему теплоснабжения превышают требуемые для традиционного варианта водяного отопления от котельных на органическом топливе.

Если рассматривать подобные системы электроотопления не только для многоквартирных, но и для частных домов, сразу становятся заметны иные проблемы. Например, согласно общедоступным данным, после введения тарифа «три копейки», некоторые жители в своих частных домах захотели установить подобные системы отопления и ГВС, однако столкнулись с трудностями, которые значительно тормозят процесс подключения потребителей к электросетям: необходимость оформления большого количества документов и обращения в самые различные инстанции.

В случае группового подключения частных строений в рамках одного населенного пункта, возникают большие финансовые проблемы с их подключением к электросетям, поскольку требуются электросети существенно большей мощности тех, что имеют место. Необходимо дополнительно специальное оборудование, которое покупать и переводить в собственность государства для ускорения процесса запрещается. Стоимость же

обозначенного оборудования такова, что у большинства граждан не хватает средств на одновременную покупку оборудования и, в этом случае, процесс подключения всей группы желающих, в рамках населенного пункта, может растянуться на многие месяцы.

### **Выводы**

1. Все вышеперечисленное указывает, что при достаточной степени проработки инженерной части проектов электродомов, отсутствует решение экономической целесообразности как в части капитальных затрат, так, что было ожидаемо, и в части тарифов на электроэнергию. ввиду все еще излишней дороговизны электроэнергии для конечного потребителя.

2. Многоквартирные электродома могут быть выгодны только в ограниченных масштабах в тех местах, где отсутствуют теплосети и проблематична их прокладка, а также в случае, если нет близкого подключения к газовым сетям.

3. Отсутствие на будущие годы конкретных показателей по вводу объемов жилых массивов с электродомами, не обязывает строительные организации выполнять какие-либо планы по строительству и создает условия для постепенного его сворачивания.

УДК 666.972

### **Рекомендации по повышению энергоэффективности производства железобетонных изделий и цементобетона с использованием разогретых заполнителей**

Сизов В. Д.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Рассмотрены результаты расчетов температурных полей железобетонных конструкций и цементобетонных покрытий в процессах разогрева и охлаждения и сформулированы на их основе рекомендации по повышению энергоэффективности при проведении данных процессов.*

Для разработки рекомендаций по повышению энергоэффективности использования предварительно разогретых заполнителей при производстве железобетонных изделий и укладке цементобетонных покрытий были проведены аналитические исследования и расчеты, которые позволили выявить следующие закономерности и зависимости.

Расчет температурных полей и роста средней температуры изделия в целом показал, что средняя температура нагреваемой бетонной панели