

Таким образом, использование новых технологий и материалов для трубопроводов в системах отопления может значительно повысить их эффективность и экономичность, снизить вредные выбросы и защитить окружающую среду. Однако, при выборе оптимальной системы отопления необходимо учитывать различные факторы, такие как климатические условия, тип и характеристики помещения, техническая реализуемость, соответствие нормам безопасности и экономическая эффективность. И только комплексный анализ всех этих факторов, может помочь определить оптимальную систему отопления, которая будет не только эффективной, но и комфортной и безопасной для людей.

Литература

1. Продвинутые материалы для трубопроводов в системах отопления и водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.advancedmaterials.ru/>. – Дата доступа: 20.11.2022.
2. Новые технологии в отоплении: перспективы и проблемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplonet.ru/>. – Дата доступа: 23.11.2022.
3. Энергосберегающие системы отопления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy-saving.ru/>. – Дата доступа: 01.12.2022.
4. Новые технологии теплоснабжения и теплотранспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energoportal.ru/>. – Дата доступа: 23.11.2022.
5. Инновации в системах отопления и водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.heatinginnovation.com>. – Дата доступа: 23.11.2022.

УДК 697.341

Выбор источника теплоснабжения и вида используемого топлива в контексте декарбонизации

Нияковский А. М., Ларина Д. В., Батенкова А. В.
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Республика Беларусь

С использованием предложенных критериев выполнены численные исследования и получены новые результаты, показывающие количественную взаимосвязь между степенью эффективности источника системы теплоснабжения, видом используемого первичного энергоносителя и объемом эмиссии CO₂ в атмосферу.

В Республике Беларусь наибольшее количество выбросов парниковых газов связано со сжиганием топлива и другими процессами в секторе «Энергетика» – 62 % от общего объема выбросов парниковых газов. При этом основным парниковым газом, эмитируемым в Республике Беларусь, является диоксид углерода, доля которого в 2018 году составляла 67,3 % от общего объема выбросов парниковых газов [1]. Все это подтверждает важность принятия решений, направленных на снижение эмиссии CO_2 в системах теплоснабжения.

Эмиссия CO_2 в системах теплоснабжения обусловлена главным образом сжиганием органического топлива на источниках теплоты либо использованием электрической энергии, на производство которой также расходуется органическое топливо.

В зависимости от вида системы теплоснабжения – централизованной или децентрализованной – могут применяться источники тепловой энергии, различающиеся способом получения энергии, видом используемых при этом топлива и энергоносителей, техническими и технологическими особенностями теплогенерирующего оборудования. Существуют и широко применяются для целей теплоснабжения два основных варианта получения тепловой энергии: 1) получение энергии в результате сжигания топлива (когенерационный и раздельный способы выработки тепловой и электрической энергии) [2–4]; 2) получение тепловой энергии от природных возобновляемых источников (от солнца, из теплоты грунта, использовании энергии падающей воды).

Когенерационная выработка предполагает получение электрической энергии на базе теплового потребления в результате использования энергии первичного топлива на едином источнике. При раздельной выработке электрической и тепловой энергии вырабатывается на разных источниках, не имеющих между собой термодинамической связи: электрическая энергия генерируется на конденсационных электрических станциях (КЭС), потребляющих различные виды первичного топлива, а тепловая энергия – в разнообразных теплогенерирующих установках (ТГУ). Термодинамическая эффективность раздельного получения тепловой и электрической энергии значительно ниже, чем при совместной их выработке. В итоге удельные затраты первичного топлива на генерацию при совместной выработке энергии существенно ниже, а эксергетический КПД значительно выше, чем при раздельной ее выработке [5].

Использование для тепловой генерации сбросных тепловых потоков различных энерготехнологических процессов – вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) – повышает термодинамические КПД этих процессов, что также ведет к снижению удельных показателей потребления первичного топлива [5].

В качестве основных видов первичного органического топлива, используемого в системах тепловой генерации, выступают: 1) природный газ; 2) мазут и котельно-печное топливо; 3) нефтяной сжиженный газ; 4) уголь; 5) биомасса (древесина, отходы ее заготовки и переработки). Все эти виды топлива различаются теплотворной способностью, массой атомов углерода в общей массе топлива и, следовательно, объемами эмиссии CO₂, а также способом организации процесса их сжигания.

В качестве первичного энергоносителя для выработки тепловой энергии на источниках теплоснабжения также может использоваться электрическая энергия. В этом случае эмиссия CO₂, связанная с выработкой электроэнергии на электростанциях, должна относиться на теплогенерирующее оборудование источника теплоснабжения рассматриваемой системы теплоснабжения, поскольку производство электроэнергии на электростанциях было обусловлено ее потреблением для целей теплогенерации.

Если в качестве первичного энергоносителя для целей тепловой генерации потребляются различные тепловые вторичные энергетические ресурсы (ВЭР), полученные ранее при организации каких-либо технологических или теплотехнических процессов, в ходе которых расходовались органическое топливо или электрическая энергия, то такое потребление тепловых ВЭР не приводит к дополнительной эмиссии CO₂, так как весь объем эмиссии ранее уже был отнесен к этим технологическим или теплотехническим процессам.

Методы оценки объемов выбросов парниковых газов при использовании органических топлив основываются на двух показателях: количестве сожженного топлива и содержании в нем углерода [6]. Для расчета выбросов парниковых газов от стационарного сжигания топлива необходимо иметь данные о количестве использованного топлива и о коэффициентах удельных выбросов парниковых газов на единицу массы сожженного топлива или на единицу теплотворной способности топлива. При этом данные оценки основываются на том, что полнота сжигания топлива максимальна [6].

В качестве комплексного критерия выбора вида и типа источника теплоснабжения может быть предложен следующий размерный комплекс

$$M_{Q,CO_2} = \frac{Q_{fec}}{\eta_{hg} \eta_{netw}} \cdot k_{окисл} \cdot K_{CO_2} \cdot (1 - \psi),$$

где M_{Q,CO_2} – общий объем эмиссии CO₂ при тепловой генерации в течение заданного периода времени, тонн/период; Q_{fec} – объем конечного потребления тепловой энергии потребителями в течение заданного периода времени, ГДж/период; ΔQ_{os} – потери тепловой энергии при передаче от источника к

потребителям в течение заданного периода времени, ГДж/период; η_{hg} – эффективность преобразования энергии первичного энергоносителя на источнике теплоснабжения в тепловую энергию; η_{netw} – КПД системы транспорта тепловой энергии; K_{CO_2} – удельный выход CO_2 на единицу расхода энергии использованного первичного топлива или энергоносителя при тепловой генерации, тонн CO_2 /ГДж; $k_{окисл}$ – коэффициент окисления углерода топлива; $k_{окисл} < 1$; ψ – показатель, характеризующий степень углеродной нейтральности источника первичной энергии для целей тепловой генерации, принимающий значения от 0 до 1.

Показатель углеродной нейтральности ψ должен оцениваться, исходя из следующих предпосылок: он принимается равным 1, если в качестве первичного энергоносителя для целей тепловой генерации используются тепловые ВЭР с достаточным температурным потенциалом, солнечная энергия, электрическая энергия, полученная от ветряных и/или солнечных электростанций, ГЭС и АЭС; в случае прямого сжигания органического топлива этот показатель будет равным нулю. При использовании электрической энергии, полученной от энергосистемы, а также при использовании низкпотенциальных тепловых ВЭР с применением тепловых насосов, имеющих электрический привод показатель ψ принимает значения большие нуля, но меньшие единицы в зависимости от удельного веса в энергетическом приходе углеродно-нейтральных компонентов.

Дискретный ряд исследуемых модельных систем теплоснабжения района жилой застройки и их характеристики представлены в ниже следующей табл., полученные результаты – на рис. 1 и 2.

Таблица

Варианты принятых к исследованию модельных систем теплоснабжения и их характеристика

№ варианта	Описание системы теплоснабжения	Тепловая мощность по конечному потреблению, Q_{fec} , ГВт	Вид топлива	КПД тепловой генерации, η_{hg}	КПД системы транспорта теплоты, η_{netw}
1	2	3	4	5	6
1	Централизованная	0,015	природный газ	0,92	0,9
2	Централизованная	0,015	мазут	0,91	0,9
3	Централизованная	0,015	уголь	0,75	0,9
4	Централизованная	0,015	дрова	0,6	0,9

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
5	Централизованная	0,015	тепловые ВИЭ и ВЭР, тепловой насос с COP = 3	КПД генерации электроэнергии равен 0,385	0,9
6	Децентрализованная	0,015	природный газ	0,9	0,99
7	Децентрализованная	0,015	мазут	0,89	0,99
8	Децентрализованная	0,015	уголь	0,75	0,99
9	Децентрализованная	0,015	дрова	0,55	0,99
10	Децентрализованная	0,015	тепловые ВИЭ и ВЭР, тепловой насос с COP = 3	КПД генерации электроэнергии равен 0,385	0,99

Варианты 5 и 10 предполагают потребление низкопотенциальных тепловых ресурсов (ВИЭ или ВЭР) с использованием теплового насоса, имеющего коэффициент преобразования электрической энергии в тепловую COP = 3. В этом случае коэффициент $\psi = 2/3$.

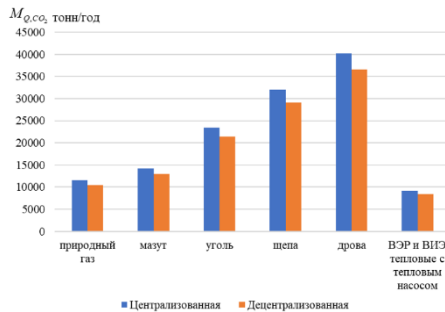


Рис. 1. Сравнительный анализ годовой эмиссии CO₂ для различных конфигураций модельной системы теплоснабжения

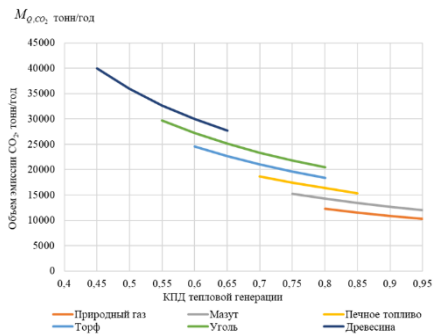


Рис. 2. Зависимость валового выброса CO₂ в окружающую среду от вида топлива и энергетической эффективности системы теплоснабжения

Таким образом, в результате проведения исследований установлено:

1. Переход от газообразного топлива к жидкому и твердому при неизменной величине конечного потребления тепловой энергии ведет (с учетом эффективности тепловой генерации) к росту валового выброса CO₂ по сравнению с газообразным топливом для жидких топлив, в среднем, в 1,3 раза, для угля и торфа – в 1,9 раза, для древесного топлива – в 2,9 раза.

2. Показано, что при использовании в качестве источника теплоснабжения низкопотенциальных тепловых ВЭР и ВИЭ с применением компрессионных тепловых насосов валовой выброс CO₂ в окружающую среду по сравнению с источниками, использующими природный газ, снижается не менее чем на 20 %.

Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 сентября 2021 г. № 553 «Об установлении определяемого на национальном уровне вклада Республики Беларусь в сокращение выбросов парниковых газов до 2030 года.

2. Теплоснабжение: Учебник для вузов / А. А. Ионин [и др.]; под ред. А. А. Иониной. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

3. Теплоснабжение: Учебное пособие / В. Е. Козин [и др.]. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.

4. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: Учеб. для втузов по спец. «Пром. Теплоэнергетика» / Е. Я. Соколов. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.

5. Бродянский, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

6. Ильшева, Н. Н. Совершенствование методического инструментария количественной оценки выбросов парниковых газов с учетом международного опыта / Н. Н. Ильшева, Е. В. Балдеску // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2017. – Т. 16, № 1. – С. 108–126. – DOI 10.15826/vestnik.2017.16.1.006.

УДК 697.1:536

Определение температурно-влажностного состояния наружной стены, подвергнутой тепловой реабилитации, при изменениях температуры наружного воздуха

Зафатаев В. А., Батенкова А. В., Коршун А. А., Милочкина А. Д.
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Республика Беларусь

Представлены результаты влажностного расчета несветопрозрачной многослойной конструкции наружной стены на основе двух наиболее распространенных в инженерной практике методов и проведен их сравнительный анализ. Установлены неопределенности двух использованных методов расчета. Показано, что в действующих нормативных документах, устанавливающих теплотехнические требования к ограждающим конструкциям, не определены правила учета ключевых факторов влагопереноса в ограждающих конструкциях.

Эксплуатационные качества здания зависят не только от теплового и воздушного режимов, но и от влажностного состояния, которое, в основном, определяется влажностным состоянием ограждающих конструкций [1]. Защита ограждающих конструкций зданий от влаги необходима для сохранения их теплозащитных и эксплуатационных качеств, экономии энергии для создания и поддержания в устойчивом состоянии микроклиматических и санитарно-гигиенических условий в помещениях.

Многообразие факторов, влияющих на распределение и перемещение влаги в толще ограждающих конструкций, привело к развитию большого количества подходов к изучению теории влагопереноса. Впервые метод расчета влагопереноса в конструкциях был разработан К. Ф. Фокиным. Метод основан на модели молекулярной диффузии водяного пара за счет разности парциальных давлений пара по обе стороны ограждений. Ввиду простоты физико-математической модели и малой трудоемкости различные модификации этого метода широко применяются в настоящее время как в отечественной, так и в зарубежной практике [2].