

в конечном итоге, увеличивает термодинамическую эффективность энергосистемы до 32,2%.

Список использованных источников

1. Романюк, В.Н. К вопросу оценки термодинамической эффективности Белорусской энергосистемы / В.Н. Романюк, В.А. Седнин, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2016. – № 6. – С. 2–7.
2. Разработка мероприятий по режимной интеграции Белорусской АЭС в баланс энергосистемы: отчет о НИР/ Науч.-исслед. и проект. Республ. Унитарн. Предпр. «Белорусский теплоэнергетич. ин-т»; рук. работы Ф.И. Молочко. – Минск, 2014. – 96 с. – № Б-14-7/1.
3. Романюк, В.Н. К вопросу о диверсификации вариантов регулирования мощности генерации Белорусской энергосистемы / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2015. – № 6. – С. 3–8.
4. Андрущенко, А.И. Показатели эффективности сложных систем энергоснабжения и взаимосвязь между ними / А.И. Андрущенко // Материалы четвертой Российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности», Ульяновск, 24–25 апреля 2003 г. / Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2003. – С. 12–14.
5. Романюк, В.Н. Комплекс мероприятий по повышению эффективности ТЭЦ энергосистемы / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергоэффективность. – 2012. – июнь. – С. 30–31.
6. Романюк, В.Н. Выбор схем парогазовых установок при модернизации паротурбинных ТЭЦ / В.Н. Романюк, А.А. Бобич, Н.А. Коломыцкая. // Энергия и Менеджмент. – 2013. – № 3. – С. 11–15.
7. Романюк, В.Н. Развитие тепловых схем ТЭЦ в условиях Объединенной энергосистемы Беларуси / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2015. – № 4. – С. 31–43.
8. Романюк, В.Н. Оценка термодинамической эффективности функционирования энергосистемы Беларуси в условиях работы Белорусской АЭС / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент, 2016. – №4. – С. 2–9.

УДК 697.343

РЕГЕНЕРАТИВНО-УТИЛИЗАЦИОННОЕ ТЕПЛОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НЕПРОХОДНЫХ КАНАЛАХ ТЕПЛОТРАСС

В.А. Седнин, Т.В. Бубырь

Белорусский Национальный Технический Университет

Одним из основных доводов противников централизованного тепло-снабжения является ссылка на необходимость в тепловых сетях для транс-

порта тепловой энергии на большое расстояние со значительными технологическими потерями теплоты. Безусловно, прокладка тепловых сетей требует дополнительных капитальных затрат, а тепловые потери при транспорте тепловой энергии требуют дополнительных затрат на топливо, и совместно оба этих фактора – влияют как на энергоэффективность системы теплоснабжения в целом, так и на тариф отпускаемой энергии. И хотя эти недостатки перекрываются соответствующими преимуществами централизованного теплоснабжения [1-3], тем не менее, решение проблемы минимизации тепловых потерь в системах централизованного теплоснабжения всегда была важной и экономически оправданной.

Одним из основных подходов решения этой проблемы в настоящее время является применения новых контруктивов для тепловых сетей, в частности, с применением предизолированных теплопроводов заводской готовности [4]. Однако, несмотря на современную тенденцию применения бесканальной прокладки предизолированных теплопроводов, в существующих системах централизованного теплоснабжения теплотрассы, проложенные в непроходных каналах, имеют достаточно большой удельный вес. Учитывая высокую стоимость изготовления и прокладки теплопроводов, их полная замена с применением инновационных технологий займет еще не одно десятилетие. В этой связи остается актуальными разработка и исследование технологий повышения энергоэффективности эксплуатации существующих теплопроводов, проложенных в непроходных каналах.

Следует отметить, что в качестве теплоизоляционного материала теплопроводов в непроходных каналах, большей частью, используется минеральная вата, имеющая коэффициент теплопроводности $0,044 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, несколько больше, чем у пенополиуретановой изоляции $0,035 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Но рассеивание теплоты существующими теплопроводами оценивается до 13% и выше, что превышает норматив на 4% и более, и в 1,5...2 раза превышает эту характеристику для теплотрасс с ПИ-трубами [4]. В большой степени такая ситуация связана с утратой теплоизоляционных свойств минеральной ваты в связи с ее увлажнением в процессе эксплуатации теплопроводов, проложенных в непроходных каналах. Одним из способов борьбы с увлажнением изоляции является устройство естественной приточно-вытяжной вентиляции, призванной обеспечить удаление влаги из атмосферной части канала. Тем не менее, подобное решение не всегда возможно и не во всех случаях решает задачу удаления влаги из канала. Кроме того, проточная вентиляция каналов может приводит к увеличению тепловых потерь.

В работе [5] представлены результаты исследования в рамках технического решения по использованию непроходных каналов для транспорта вентиляционных выбросов промышленных предприятий на теплоэлектроцентраль для их использования в качестве окислителя в котлах. Показана возможность перемещения по непроходным каналам заметных расходов воздуха (до 50 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$), на достаточно большие расстояния (до 1 км).

Техническая схема реализации регенеративно-утилизационной системы теплоиспользования в тепловых сетях с прокладкой трубопроводов в непроходных каналах. На теплоисточнике или центральном тепловом пункте (ЦТП) устанавливается вентиляционная теплонасосная воздушная установка, представляющая собой комбинацию газодувки (вентилятора) и компрессионного теплового насоса типа «воздух-вода» (ВТНУ) [6], обеспечивающий, во-первых, прокачку наружного воздуха через непроходной канал сопряженного участка теплотрассы, во-вторых, требуемую степень трансформацию теплоты, поступающей с этим воздухом. Это позволяет использовать полученные потоки теплоты для нужд теплоснабжения. Таким образом, воздух через специально устроенные воздухозаборники направляется в каналы тепловых сетей, проходя через которые нагревается, и далее поступает в теплообменный аппарат ВТНУ (испаритель или промежуточный теплообменник), и далее охлажденный воздух возвращается в атмосферу.

Следует отметить, привлекательность подобного решения, прежде всего, в отношении использования теплоты грунта. В штатном подходе к утилизации теплоты грунта требуется обустройство поля скважин горизонтальных или вертикальных, что и затратно, и достаточно требовательно в эксплуатации [6]. В условиях городской застройки, с учетом стоимости участков земли использование грунтовых ТНУ практически невозможно. В то же время, непроходные каналы можно рассматривать как готовую систему горизонтально-расположенную канальную систему для утилизации теплоты грунта, что расширяет положительные стороны полезности применения непроходных каналов для прокладки теплопроводов.

Предварительный анализ энергоэффективности регенеративно-утилизационной системы теплоиспользования в тепловых сетях с прокладкой трубопроводов в непроходных каналах. Для определения эффективности предложенной системы регенеративно-утилизационного теплоиспользования для теплопроводов в непроходных каналах требуется решить комплекс задач. Первоочередными среди них являются определение величины и структуры потока теплоты нагрева воздуха при прохождении через участок канала, а также требуемого напора вентилятора, который должен быть побуждающим устройством для прокачки воздуха по каналу.

Теплопритоки к воздуху, проходящему по каналу, определяются комплексом факторов, среди которых наиболее значимыми являются длина канала, скорость воздуха в нем, характерный размер канала, температурный напор теплопередачи от сетевой воды к воздуху канала, характеристики тепловой изоляции. При этом, требуется выполнять очевидное ограничение: для исключения рассеяния тепловой энергии в грунт, температура воздуха в канале не должна превысить температуру грунта вокруг канала. Здесь же следует указать и другое ограничение: необходимо, чтобы последующее охлаждение прокачиваемого воздуха происходило до значения температуры не превышающего температуру наружного воздуха, который

поступает в канал из окружающей среды в данный период времени. Что обеспечивает полное использование теплоты, затраченной на нагрев наружного воздуха при его нахождении в канале.

В качестве критерия эффективности на первом этапе исследования можно принять экономию первичного энергоресурса (топлива) в системе централизованного теплоснабжения или отдельном сетевом районе.

Структура теплового потока, затраченного на нагрев воздуха, может быть определена балансовым методом путем суммирования: теплотеря от прямого и обратного теплопровода (охлаждения прямой и обратной сетевой воды) на участке, теплоотвода от грунта через стенки канала. В первом приближении, для оценки величины потоков утилизации теплоты грунта и теплоты рассеяния теплопроводами в канале можно ориентироваться на расчетную величину теплотеря в теплотрассах систем централизованного теплоснабжения [5]. Однако задача расчета тепловых потерь сама по себе достаточно сложная и окончательно до сих пор не решена [7]. В этой связи целесообразно для решения задачи нагрева воздушного потока в канале теплотрассы целесообразно прибегнуть к численным методам моделирования с использованием стандартных прикладных пакетов, в частности, программный комплекс ANSYS [8, 9]. В этом случае можно говорить о приемлемости полученных результатов для адаптации и обобщения с целью применения в проектной практике.

Анализируя рассмотренную ситуацию можно констатировать целесообразность проведения исследований использования теплоты охлаждения воздуха, в течение как отопительного, так и межотопительного периодов времени с определением минимальной температуры охлаждения воздуха по выбранной целевой функции для того или иного числа часов стояния наружных температур той или иной градации.

Несмотря на определенную техническую гипотетичность решаемой задачи, в целом исследования в данном направлении преследует цель создания инновационных конструктивов теплопроводов с «активной» теплоизоляцией, т.е. создания теплопроводов с нулевой плотностью теплового потока на границе с окружающей средой.

Выводы. Искусственная вентиляция непроходных каналов теплотрасс может наряду с поддержанием проектных характеристик минераловатной изоляции трубопроводов обеспечить возможность повышения энергоэффективности систем теплоснабжения путем регенерации и утилизации низкотемпературных тепловых потоков от теплопроводов, грунта и наружного воздуха с последующей трансформацией их потенциала до уровня, допустимого к использованию в системах теплоснабжения. Для организации регенеративно-утилизационной схемы теплоиспользования в непроходных каналах тепловых сетей предлагается использовать в тепловых пунктах вентиляционные компрессионные теплонасосные установки.

Для разработки методики расчета и проектирования регенеративно-утилизационной схемы теплоиспользования в непроходных каналах тепло-

вых сетей планируется проведение исследования процессов теплообмена методом численного моделирования. Предполагается, что полученные результаты исследования позволят также предложить новые конструктивы теплопроводов с «активной» теплоизоляцией.

Список использованных источников

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – С.448.
2. Зингер Н.М., Белевич А.И. Развитие теплофикации в России // Электрические станции. – 1999. – № 10. – С. 2–8.
3. Седнин В.А. Теория и практика создания автоматизированных систем управления теплоснабжением. – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – 192 с.
4. Копко В.М. Теплоснабжение / В.М. Копко. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 336 с.
5. Марченко А.В. Разработка технологий использования котлоагрегатов ТЭЦ и их дутьевых вентиляторов для транспорта и утилизации вентиляционных выбросов промышленных предприятий и автомагистралей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.14.04 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты; 05.14.05 – Промышленная теплоэнергетика / А.В. Марченко. – Ульяновск, 2008. – 175 с.
6. Амерханов, Р.А. Тепловые насосы / Р.А. Амерханов. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
7. Тарасевич, Е.И. Численное моделирование теплообмена для двухтрубных тепловых сетей при подземной канальной и бесканальной прокладке / Е.И. Тарасевич. – Фундаментальные исследования. – 2015. – №2 (часть 22) – С. 4880-4885.
8. Бруяко, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench / В.А. Бруяко, В.Г. Фокин, Е.А. Соядусов и др. / Самара: Самар. Госуд. Техн. Ун-т, 2010. – 271 с.
9. Федорова, Н.Н. Основы работы в ANSYS / Н.Н. Федорова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова, Издательство: ДМК Пресс. – 2017. – 210 с.

УДК 621.181

АНАЛИЗ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

В.А. Седнин, А.А. Абрамовский

Белорусский национальный технический университет

Энергетическая целесообразность создания комбинированных энерго-технологических установок (КЭТУ) на базе газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорных станций магистрального газопровода была обоснована в работах [1-5]. В ходе исследования были синтезированы несколько