

ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАСЧЕТЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

К.т.н. Хромченков В.Г.¹, доц. Яворовский Ю.В.¹, асп. Жигулина Е.В.¹, ст. Мишина Е.А.¹ (МЭИ (ТУ))

АННОТАЦИЯ: Рассматриваются результаты проведенных обследований участков тепловых сетей системы теплоснабжения жилищно-коммунальной сферы, проведен анализ существующего уровня потерь тепловой энергии в тепловых сетях. Рассмотрено влияние тепловой и гидравлической разбалансированности на потери энергии в системах теплоснабжения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловые сети, тепловые потери, транспортировка тепла, разбалансированность тепловых сетей, энергосбережение.

Потенциал энергосбережения системы теплоснабжения ЖКХ

На работу системы теплоснабжения ЖКХ страны расходуется более 20% добываемого топлива. В России, как ни в какой другой стране мира, системы централизованного теплоснабжения получили широчайшее распространение, их насчитывается более 50 тысяч [1]. Около 80% жилого фонда обеспечивается тепловой энергией за счет централизованного теплоснабжения. По разным оценкам протяженность тепловых сетей в нашей стране составляет около 175 – 250 тыс. км в двухтрубном исчислении, а потери теплоты в тепловых сетях составляют колоссальную величину – по оценкам порядка 220 – 250 млн. Гкал/год. По разным оценкам экономия топлива в системах теплоснабжения ЖКХ может составить от 20 до 50% и более.

В данной статье приводятся некоторые результаты работ, связанных с энергосбережением в системе теплоснабжения, выполненных авторами, в том числе при поддержке гранта Президента РФ МК-2318.2009.8.

Источник теплоснабжения

Возможности энергосбережения на источнике теплоснабжения весьма ограничены. Даже капитальная модернизация котельной, связанная с заменой старого котельного оборудования на новое, позволит снизить потери топлива (на газовых котельных) максимум на 3 – 5% в зависимости от существующего состояния котлов. С учетом возможных схемных и других решений, направленных на энергосбережение, можно на 2 – 5% снизить расход теплоты на собственные нужды котельной. В итоге обычное значение суммарной экономии топлива не превышает 3 – 5%, причем, чем крупнее котельная, тем меньшую величину

относительной экономии можно получить.

Потребитель теплоты

Основные энергосберегающие мероприятия, которые приводят к существенному снижению потребления теплоты промышленными и жилищно-коммунальными потребителями, известны. К ним, в первую очередь, относятся установка современных автоматизированных ИТП и повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий с установкой современных типов окон с тройным остеклением стеклопакетами, что также резко снижает потери тепла с инфильтрацией. Суммарная экономия тепла, связанная только с реализацией этих мероприятий, может составить 20 – 40% в зависимости от состояния инженерных систем теплоснабжения зданий до модернизации, климатических условий данного региона и т.д.

Транспортировка теплоты

Основным мероприятием, связанным со снижением тепловых потерь при транспорте теплоносителя, является замена старой, пришедшей в негодность тепловой изоляции, на современную новую. Нередко встречается и полное отсутствие тепловой изоляции. В случае неудовлетворительного состояния трубопроводов, что характеризуется количеством порывов, приходящихся на 1 км тепловой сети в течение года, целесообразно выполнить их замену. Критической величиной считается 0,6 отказов/км/год [1]. Широкое распространение в последние годы получил бесканальный метод прокладки труб с пенополиуретановой изоляцией в полиэтиленовой оболочке.

Система транспорта теплоносителя связывает систему производства и потребления тепла в одно целое. Поэтому, несмотря на то, что задача по определению потерь тепла в каждой из указанных систем решается локально

¹ 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, т. (495) 362 7889

и независимо друг от друга, при расчете физической и финансовой экономии необходимо рассматривать всю систему в целом с учетом взаимного влияния систем друг на друга, что далеко не всегда выполняется.

Определение потерь тепла при транспортировке является важной задачей, результаты решения которой оказывают серьезное влияние в процессе формирования тарифа на тепло. Знание этой величины позволяет также правильно выбирать мощности основного и вспомогательного оборудования ЦТП и, в конечном счете, источника тепла. Величина тепловых потерь при транспорте теплоносителя может стать решающим фактором при выборе структуры системы теплоснабжения с возможной ее децентрализацией, выборе температурного графика тепловой сети и др. Определение реальных тепловых потерь и сравнение их с нормативными значениями позволяет обосновать эффективность проведения работ по модернизации тепловой сети с заменой трубопроводов и/или их изоляции.

Нормативные потери тепла

До приказа Минпромэнерго № 265 от 4 октября 2005 года [2] величина относительных тепловых потерь теплоснабжающими организациями принималась без достаточных на то обоснований. Обычно задавались значениями относительных тепловых потерь часто кратными пяти (10% и 15%). В соответствии с указанным приказом все теплоснабжающие организации рассчитывают нормативные потери с поверхности изоляции трубопроводов, если нет данных по экспериментальному определению величины тепловых потерь. Нормируются также и потери тепла с утечками теплоносителя.

Нормативные потери тепла с поверхности изоляции трубопроводов напрямую учитывают основные влияющие факторы: длину трубопровода, его диаметр, температуры теплоносителя и окружающей среды. Не учитывают только фактическое состояние изоляции трубопроводов. Знание реальных тепловых потерь очень важно, так как они, как показал наш опыт, могут в несколько раз превышать нормативные значения. Такая информация позволит иметь представление о фактическом состоянии тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети, определить участки с наибольшими тепловыми потерями и рассчитать экономическую эффективность замены трубопроводов. Кроме того, наличие такой информации позволит обосновать реальную стоимость 1 Гкал отпущенного тепла в региональной энергетической комиссии. Однако, если тепловые потери, связанные с утечкой теплоносителя, можно определить по

фактической подпитке тепловой сети при наличии соответствующих данных на источнике тепла, то определение реальных потерь тепла с поверхности изоляции трубопроводов является весьма непростой задачей.

Фактические потери тепла

В соответствии с [3] для определения фактических тепловых потерь на испытываемых участках двухтрубной водяной тепловой сети и сравнения их с нормативными значениями, должно быть организовано циркуляционное кольцо, состоящее из прямого и обратного трубопроводов с перемычкой между ними. Все ответвления и отдельные абоненты должны быть от него отсоединены, а расход на всех участках сети должен быть одинаков. При этом минимальный объем испытываемых участков по материальной характеристике должен быть не менее 20% материальной характеристики всей сети, а перепад температур теплоносителя должен составлять не менее 8°C. Таким образом должно образоваться кольцо большой протяженности (несколько километров).

Учитывая практическую невозможность проведения испытаний по данной методике и выполнения ряда ее требований в условиях отопительного периода, а также сложность и громоздкость, нами предложена и много лет используется методика тепловых испытаний, основанная на простых физических законах теплопередачи [4]. Суть ее заключается в том, что, зная снижение («сбег») температуры теплоносителя в трубопроводе от одной точки измерения до другой при известном и неизменном его расходе, несложно вычислить потерю тепла на данном участке тепловой сети. Затем, при конкретных температурах теплоносителя и окружающей среды в соответствии с [3], полученные значения тепловых потерь пересчитываются на среднегодовые условия и сравниваются с нормативными, также приведенными к среднегодовым условиям для данного региона с учетом температурного графика теплоснабжения. После этого определяется коэффициент превышения фактических потерь тепла над нормативными значениями.

Проведенные расчетные исследования показали, что величина относительных тепловых потерь зависит от состояния изоляционного покрытия, и в значительной степени определяется также протяженностью тепловой сети и диаметром трубопровода, скоростью движения теплоносителя по трубопроводу, тепловой мощностью присоединенных потребителей. Поэтому наличие в системе теплоснабжения мелких, удаленных от источника потребителей тепла может привести к росту относительных тепловых потерь на многие десятки процентов.

Наоборот, в случае компактной тепловой сети с крупными потребителями, относительные потери могут составлять считанные проценты от отпущенного тепла. Все это следует иметь в виду при проектировании систем теплоснабжения.

Анализ результатов проведенных нами многочисленных обследований показал, что скорости теплоносителя в трубопроводах тепловой сети часто имеют низкие значения, что приводит к резкому увеличению относительных потерь тепла. В таких случаях при проведении работ, связанных с заменой трубопроводов, следует стремиться к уменьшению диаметра труб, что потребует проведения гидравлических расчетов и наладки тепловой сети, но позволит существенно снизить затраты на приобретение оборудования и значительно уменьшить потери тепла при ее эксплуатации. Особенно это актуально при использовании современных предварительно изолированных труб. На наш взгляд, близкими к оптимальным являются скорости теплоносителя 0,8 – 1,0 м/с.

Тепловая и гидравлическая разбалансированность

При эксплуатации системы теплоснабжения ее разбалансировка может возникнуть по множеству причин, зависящих от режимов работы и состава установленного оборудования источника теплоснабжения, состояния тепловых сетей и их протяженности, а также характеристик потребителей теплоты. В результате совместного воздействия этих причин происходит отклонение ряда параметров (температур, расходов, давлений) от их расчетных значений, что дополнительно может спровоцировать дальнейшее ухудшение ситуации – еще большее отклонение этих параметров. Причины образования тепловой и гидравлической разбалансированности системы теплоснабжения часто взаимосвязаны, поэтому эти две проблемы в подавляющем большинстве случаев необходимо рассматривать одновременно и в комплексе.

В настоящее время отсутствуют единые, всеми признанные критерии, характеризующие тепловую и гидравлическую разбалансированность, а используется ряд гидравлических и тепловых параметров: величины давлений, температура сетевой воды в подающей и обратной линии тепловой сети, температура воздуха внутри отапливаемых помещений и другие параметры.

Основное влияние на теплогидравлический режим работы системы теплоснабжения оказывает фактическое состояние составляющих ее элементов, их характеристики и режимы работы.

Работа автоматических регулирующих устройств у потребителя тепла, возникновение отложений в трубопроводах и теплообменниках вследствие несоблюдения водно-химического режима и протекания коррозионных процессов, изменение диаметров трубопроводов при проведении ремонтных работ, подключение новых потребителей или изменение их схем подключения и т.д. влияют на гидравлическое сопротивление системы теплоснабжения. А наличие резкопеременных по времени суток тепловых нагрузок (например, горячее водоснабжение) приводят к тому, что расходы и давления в системе теплоснабжения непрерывно изменяются во времени.

Большой вклад в долю разрегулированности вносит автоматизация тепловых процессов части потребителей. Как показывает практика, действующие тепловые сети не удовлетворяют современным требованиям надежности и долговечности ни по качеству, ни по теплофизическим показателям, т.е. не обеспечивают нормативных значений потерь теплоты. На практике часто встречаются случаи недопустимо высоких потерь теплоты, увеличенных по сравнению с нормативными в 2 – 4 раза.

Другой причиной являются большие тепловые потери вследствие разрушения или увлажнения теплоизоляции. При увеличении тепловых потерь при транспортировке теплоносителя происходит снижение его температуры, что приводит к недоотпуску теплоты потребителю. При этом тепловая сеть может быть гидравлически сбалансирована путем проведения наладочных работ. Однако потребители получают расчетный расход сетевой воды с недостаточным температурным потенциалом и недополучают расчетное количество теплоты – то есть сеть будет иметь тепловую разбалансированность.

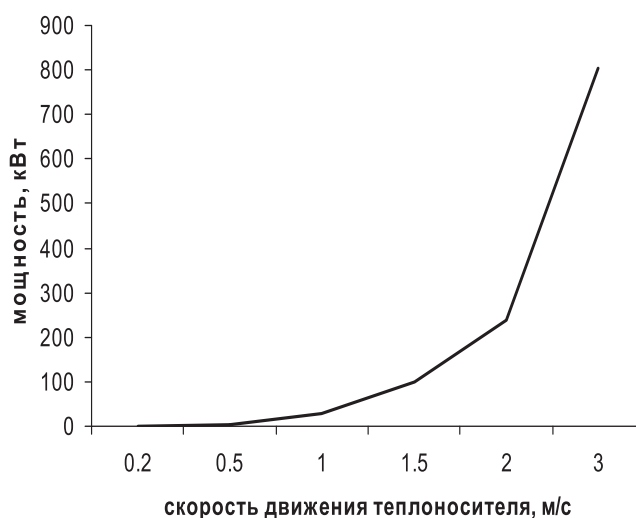


Рис. 1. Зависимость затрачиваемой мощности на прокачку теплоносителя по участку трубопровода тепловой сети длиной 500 м и диаметре трубопровода 0,3 м.

Влияние разбалансированности на затраты электрической энергии при транспортировке теплоносителя

Одним из негативных проявлений разбалансированности тепловых сетей является повышенный расход электроэнергии на транспортировку теплоносителя, а также возможное снижение надежности работы насосного оборудования.

При изменении скорости теплоносителя в несколько раз требуемая на прокачку теплоносителя мощность увеличивается на порядки (рис.1).

Длительная работа насосов в режиме существенной перегрузки приводит к перерасходу электроэнергии, выходу из строя электропривода, а недогрузки - в большинстве случаев к снижению КПД на 10 – 25% по сравнению с максимальным, к существенному увеличению радиальных усилий, воздействующих на вал со стороны рабочего колеса и к появлению пульсаций скоростей и давлений в насосе.

Длительная эксплуатация насоса вне его рабочей области недопустима. При работе в режимах, значительно удаленных от границ рабочей зоны, резко снижается надежность работы самого насоса. Возникает комплекс отрицательных последствий, неполный перечень которых приведен ниже:

- снижение экономической эффективности эксплуатации насоса вследствие значительного уменьшения его КПД;

- увеличение расхода энергии на транспортировку единицы объема теплоносителя;

- появление неравномерности скоростей и давлений в потоке, внутри насоса и в прилегающих участках трубопроводов, и, как следствие, рост шумов и вибраций;

- увеличение действующей на вал гидравлической радиальной силы, величина которой для центробежных одноступенчатых и многоступенчатых насосов со спиральными отводами может на один или два порядка превышать весовые и инерционные нагрузки, что приводит к преждевременному износу и выходу из строя подшипников, а иногда и к поломке вала или приводного электродвигателя;

- возникновение в насосе кавитационных явлений, усиливающих перечисленные выше эффекты и влекущих за собой появление ряда дополнительных негативных последствий, вплоть до полного прекращения подачи;

- сокращение межремонтных периодов и срока службы насосов;

Следует также отметить, что зависимость допустимого кавитационного запаса от расхода на характеристике насоса приводится только для рабочей зоны. При работе насоса вне этой зоны его кавитационные показатели

неизвестны, и потому предвидеть и предотвратить наступление кавитационных явлений весьма проблематично.

Заключение

На основании проведенных обследований систем теплоснабжения можно отметить следующее:

- 1) При анализе системы теплоснабжения необходимо рассматривать всю систему целиком с учетом взаимного влияния систем производства тепла его транспорта и потребления.

- 2) В случае, если источник тепла входит в состав теплоснабжающей организации, расчет экономии тепла, полученной при реализации энергосберегающих мероприятий у потребителей тепла или системе его транспорта, должен определяться в основном экономией топлива на источнике тепла, а не рассчитываться по стоимости или себестоимости Гкал сэкономленного тепла.

- 3) Авторами разработана методика определения потерь тепла при его транспорте, основанная на использовании соответствующего измерительного оборудования и известных законах теплопередачи. Расчеты по данной методике показали, что тепловые потери от изолированных трубопроводов при их подземной прокладке в непроходных каналах после 10 – 15 лет эксплуатации и без видимых нарушений изоляции, как правило, в 1,5 – 2,0 раза превышают нормативные значения;

- 4) Как правило, из-за того, что диаметр трубопровода превышает оптимальные значения, имеют место низкие значения скорости теплоносителя при его движении по трубам. Это приводит к увеличению как абсолютных потерь тепла с поверхности трубопроводов в окружающую среду из-за увеличения поверхности теплообмена, так и к резкому увеличению относительных потерь тепла, так как доля тепловых потерь начинает составлять существенную, а иногда и большую часть от подводимого к данному участку сети тепла;

- 5) При проведении модернизационных работ, связанных с заменой трубопроводов системы теплоснабжения, необходимо оптимизировать диаметры новых труб с учетом всех влияющих факторов, в том числе с учетом перспективы развития района, резервирования системы теплоснабжения и т.д. Эта работа потребует проведения гидравлических расчетов теплосети и ее наладки. Однако экономия денежных средств может оказаться значительной в виду однозначной зависимости стоимости труб и дополнительного оборудования (отводы, запорная арматура, компенсаторы и др.), а также их монтажа от диаметра трубопровода. Особенно это касается новых сравнительно дорогих предва-

рительно изолированных труб с ППУ изоляцией при их бесканальной прокладке.

6) Разбалансированность является крайне негативным явлением, которое приводит к перерасходу электроэнергии, снижению надежности теплоснабжения, увеличению потерь теплоты при ее транспортировке и потреблении, увеличению расхода топлива на источнике теплоты, а также ухудшению условий комфортности у потребителей. Выявление и, особенно, устранение разбалансированности, должно осуществляться как решение комплексной задачи с учетом взаимного влияния целого спектра влияющих факторов.

Список обозначений

МУП ЖКХ – сокращенное наименование муниципальное унитарное предприятие жилищно-коммунальное хозяйство;

ИТП – сокращенное наименование индивидуальной тепловой пункт;

ЦТП – сокращенное наименование центральный тепловой пункт;

ППУ – сокращенное наименование пенополиуретан.

Литература

1. И.А. Башмаков. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом / Энергетическая политика. — 2009 — № 2. — С. 10 — 24

2. Порядок расчета и обоснования нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии. Приказ Минпромэнерго № 265 от 4 октября 2005 года.

3. РД 34.09.255–97 «Методические указания по определению тепловых потерь в водяных сетях».

4. Хромченков В.Г., Иванов Г.В., Хромченкова Е.В. Определение потерь тепла в тепловых сетях. Научно-технический журнал «Новости теплоснабжения» №6 (70) 2006 г. ООО «Издательство «Новости теплоснабжения», 56 с.

