

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Анализ схем систем теплоснабжения объектов ЖКХ с целью оптимизации строительных и эксплуатационных затрат отопительных котельных

Воеводин А. Г., канд. техн. наук, Горинова Н. А., инж.

Нижегородский государственный технический университет

Предложен сравнительный технико-экономический анализ различных тепловых схем системы теплоснабжения потребителей ЖКХ в части отопления и горячего водоснабжения, а также даны рекомендации по выбору оптимального варианта.

Ключевые слова: теплоснабжение, строительные и эксплуатационные затраты, котельные, тепловые пункты, тепловые сети, сравнительный технико-экономический анализ.

Федеральным законом № 190 от 27.07.2010 “О теплоснабжении” введено понятие “радиус эффективного теплоснабжения”, однако конкретная методика его расчета находится пока в стадии разработки. Данная статья может быть полезна для определения радиуса теплоснабжения при новом строительстве и реконструкции действующих котельных.

В состав системы теплоснабжения, как правило, входят системы отопления (вентиляции), горячего водоснабжения (ГВС), а также подачи тепловой энергии (воды или пара) на технологические нужды. Поскольку технологическая теплота зависит от вида конкретного производства (может быть сравнительно небольшой или, наоборот, преобладающей), в данной статье эта составляющая не рассматривается.

Источниками тепловой энергии могут быть ТЭЦ (АСТ), производственные котлы-утилизаторы, а также котельные с котлами (паровыми и водогрейными), работающими на органическом топливе (газе, мазуте, угле и т. д.). Рассмотрим котельные с водогрейными котлами, наиболее распространенные для теплоснабжения объектов ЖКХ (отопления и ГВС), так как у них меньшие строительные и эксплуатационные затраты.

Системы теплоснабжения по числу сетевых труб, связывающих источник с потребителем, подразделяются на одно-, двух-, трех- и четырехтрубные. Однотрубные системы (теплоноситель лишь поставляется на объект, причем периодически) применяют крайне редко, в основном для источников с паром

высоких параметров и лишь для тех объектов, где конденсат после использования на отопление может полностью расходоваться в системах ГВС [1], а также после охлаждения в соответствующих устройствах — в системах холодного водоснабжения (ХВС). Несмотря на низкие затраты на строительство и эксплуатацию таких тепловых сетей, их применение весьма ограничено, поскольку невозврат конденсата источнику, а также установка баков-аккумуляторов ГВС и градирен ХВС — мероприятия очень дорогостоящие и вряд ли окупаемые.

При двухтрубных системах возможна открытая или закрытая схема теплоснабжения. В первом случае теплоноситель от источника подается одновременно в сети отопления и ГВС (согласно [2] до 20 % расхода теплоносителя). При этом на отопление используется исходная вода питьевого качества системы ХВС, более дорогая, чем техническая, а на ГВС расходуется умягченная химочищенная вода системы отопления, что приводит к существенному росту затрат котельной на водоподготовку. Также следует учесть, что согласно нормативным документам в сеть отопления вода должна поступать в соответствии с температурным графиком 95/70 °С, т. е. при положительных температурах наружного воздуха для Нижнего Новгорода и расчетной температуре –32 °С — со значениями 35 – 50 °С, а в сеть ГВС — с температурой 50 – 75 °С. Вследствие этого при положительных температурах наружного воздуха для отопления используют нижнюю срезку тем-

пературы теплоносителя 50°C (при закрытой схеме — 60°C), что, несмотря на разбавление прямой воды системы отопления обратной (температура обратной воды при этом равна 42°C), обычно приводит к перетоку зданий потребителей (перерасходу топлива котельной) в указанный период. Поэтому данная схема может применяться достаточно ограниченно (при малых тепловых мощностях ГВС обычно используют электроподогреватели).

Во втором случае теплоноситель с температурой (нижней срезкой) не менее 60°C (при этом часто по температурному графику не ниже $115/70^{\circ}\text{C}$ для уменьшения затрат на строительство и эксплуатацию сетей) поступает на теплопункты потребителей, где в соответствующих теплообменниках подогревает воду внутренних контуров систем отопления и ГВС до требуемых температур (в системе отопления теплообменник может отсутствовать при наличии разбавления прямой воды обратной, но при положительных температурах наружного воздуха будет иметь место перетоп, как уже было указано). Такой вариант применяется довольно широко, но требует дополнительных денежных затрат на теплопункты. Лучше устанавливать автоматизированные индивидуальные пункты для каждого здания с использованием погодных компенсаторов, насосов с частотно-регулируемым приводом, автоматических регуляторов температур, давлений и перепадов давлений. Более подробно данный вариант рассмотрен в [3].

При трехтрубной системе теплоснабжения теплоносители систем отопления и ГВС с разными температурами и расходами подводятся от источника потребителю по отдельным трубопроводам, а отводятся после смешивания по одному трубопроводу. При этом в радиаторы системы отопления вода подается по температурному графику $95/70^{\circ}\text{C}$, а на внешний контур теплообменника ГВС — с постоянной температурой не ниже 60°C (в качестве подпиточной воды внутреннего контура, как и в двухтрубной схеме, используется вода системы ХВС). В данном случае, как и в варианте с двухтрубной схемой, решается проблема перетопов в период с положительными температурами наружного воздуха, отсутствует необходимость в теплообменнике системы отопления, но добавляется третья ветка трубопровода и усложняется система теплового и гидравлического регулирования. Следует отметить, что такой вариант как промежуточный (по достоинствам и недостат-

кам) между двухтрубным и четырехтрубным на практике используется редко.

При четырехтрубной системе теплоснабжения теплоносители систем отопления и ГВС с разными температурами и расходами подводятся от источника потребителю по отдельным трубопроводам и аналогично отводятся. При этом в отличие от трехтрубной схемы добавляется четвертая ветка трубопровода.

Таким образом, предметом сравнительного технико-экономического анализа остаются наиболее распространенные двух- и четырехтрубные сети теплоснабжения.

При выборе оптимальной тепловой схемы котельной следует также учесть возможность применения одного и того же котла для нужд теплоснабжения (вопрос резервирования в данной статье не рассматривается) либо различных котлов для отопления и ГВС с учетом использования двух- и четырехтрубных сетевых схем. При двухтрубной системе можно применять лишь один и тот же котел, при четырехтрубной — как один на обе системы, так и два (один — для системы ГВС, другой — для системы отопления). При четырехтрубной системе с одним котлом возможны варианты либо с установкой в котельной отдельных теплообменников отопления и ГВС, либо одного теплообменника ГВС и добавления обратной воды в прямую системы отопления. Но, как отмечалось выше, в последнем варианте возможен перетоп при положительных температурах наружного воздуха, поэтому в данной статье он не рассматривается. Первый же вариант практически дублирует вариант с двухтрубной системой по оборудованию, но заведомо проигрывает по числу сетевых труб и тоже в сравнительный анализ не включается.

Проанализируем следующие варианты:

двухтрубная система с одним котлом в котельной: с двумя (зимним и летним) циркуляционными насосами внешнего контура, одним рециркуляционным насосом и теплопунктом, включающим теплообменники систем отопления и ГВС с соответствующими циркуляционными насосами внутренних контуров;

четырёхтрубная система с двумя котлами в котельной: один — на систему отопления, другой — через бойлер на систему ГВС с соответствующими циркуляционными насосами, для системы отопления с дополнительным рециркуляционным насосом.

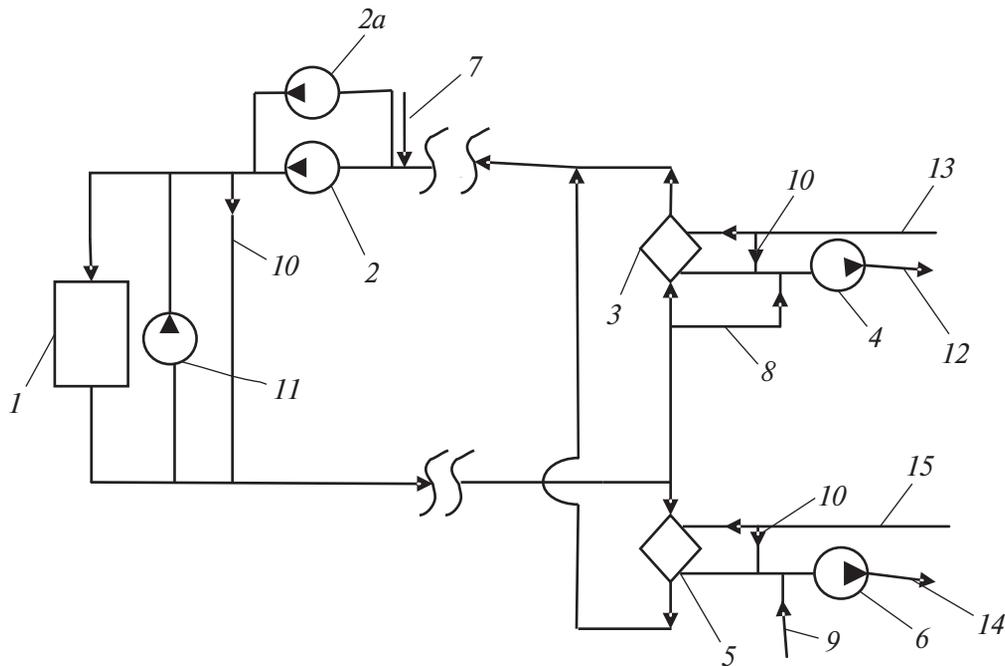


Рис. 1. Схема с одним котлом и двухтрубной системой теплоснабжения:

1 — водогрейный котел; 2 и 2а — зимний и летний циркуляционные насосы контура котла; 3 — теплообменник системы отопления тепlopункта; 4 — циркуляционный насос системы отопления тепlopункта; 5 — теплообменник системы ГВС тепlopункта; 6 — циркуляционный насос системы ГВС тепlopункта; 7 — трубопровод подпитки контура котла химочищенной водой; 8 — трубопровод подпитки контура отопления тепlopункта химочищенной водой; 9 — трубопровод подпитки контура ГВС тепlopункта водой; 10 — линия перепуска обратной воды контуров котла, систем отопления и ГВС; 11 — рециркуляционный насос; 12 и 13 — прямая и обратная вода системы отопления; 14 и 15 — прямая и обратная вода системы ГВС

Для упрощения сравнения элементы систем автоматического регулирования (в том числе частотно-регулируемый насосный электропривод) при анализе в схемы не вводятся, и во всех случаях регулирование принимается ручным.

Для конкретизации анализа схем рассмотрим котельную, работающую на природном газе, с требуемой теплопроизводительностью по отоплению 8 МВт, по ГВС — 2 МВт (коэффициент регулирования горелок котла позволяет работать при таком соотношении нагрузок в отопительный и летний периоды) и длиной одной ветви теплотрассы (расстояние до потребителей) 2000 м. Примем, что на протяжении данного участка потребители отсутствуют, и пренебрежем длиной трубопроводов внутреннего контура потребителей (она сравнительно небольшая, и напор насосов внутренних контуров систем отопления и ГВС требуется лишь для подъема теплоносителя в дома высотой 5–9 этажей).

Упрощенная схема котельной с одним котлом и двухтрубной системой теплоснабжения приведена на рис. 1. В качестве котла используется агрегат Бийского котельного завода КВ-ГМ-10-150 номинальной мощностью

11,63 МВт, стоимостью в базовой комплектации 3028 тыс. руб. (www.bikz.ru).

Рассчитаем подачу G зимнего циркуляционного насоса контура котла исходя из максимальной тепловой нагрузки $N = 10\,000$ кВт и температур на выходе из котельной $t_{\text{вых}} = 150^\circ\text{C}$ и входе в нее $t_{\text{вх}} = 70^\circ\text{C}$, определяемых температурным графиком 150/70 $^\circ\text{C}$ с нижней срезкой 70 $^\circ\text{C}$:

$$G = N / [c_v(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})], \quad (1)$$

где $c_v = 4,2$ кДж/(кг · $^\circ\text{C}$) — удельная теплоемкость воды.

Полученное по формуле (1) значение подачи насоса составило 30 кг/с, или 107 м³/ч. Для протяженного трубопровода контура котла зададим требуемый номинальный напор 70–80 м вод. ст. и примем к установке насос К-100-65-250 (номинальная подача — 100 м³/ч при напоре 80 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 45 кВт, поставщик — ЗАО «НФ АК Практик») стоимостью 49,0 тыс. руб. (www.pr52.ru).

Определим подачу рециркуляционного насоса из условий минимальной работы котла на контур отопления при температуре наружного воздуха 8 $^\circ\text{C}$ согласно температурному

графику 150/70 °С (для расчетной температуры Нижнего Новгорода – 31 °С в режиме 16 %, или $N_{от} = 1300$ кВт) и максимальной нагрузки системы ГВС ($N_{ГВС} = 2000$ кВт), а также постоянства расхода воды через котел ($G = 30$ кг/с) и температур на входе и выходе из котла ($t_{вх} = 70$ °С, $t_{вых} = 150$ °С):

$$G_p = G - \{(N_{от} + N_{ГВС})/[c_v(t_{вых} - t_{вх})]\}. \quad (2)$$

Полученное по формуле (2) значение подачи рециркуляционного насоса составило 20 кг/с, или 72 м³/ч. Для обеспечения работы при высокой температуре (150 °С) примем к установке насос НКУ-90М (номинальная подача – 90 м³/ч при напоре 38 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 22 кВт, поставщик – ООО “Энергия – насосы и арматура”) стоимостью 217 тыс. руб. (www.mnz.ru).

В неотапительный период, когда котел работает лишь на ГВС, а рециркуляционный насос и контур отопления не задействованы, подача летнего циркуляционного насоса котельного контура будет соответствовать расходу теплоносителя через теплообменник ГВС в отопительный период, и ее можно определить исходя из равенства расходов греющей и нагреваемой воды в теплообменнике по формуле

$$G_d = kN_{ГВС}/[c_v(t_{ГВС\ вых} - t_{ГВС\ вх})], \quad (3)$$

где $t_{ГВС\ вх} = 10$ °С – среднегодовая температура холодной воды на входе в теплообменник; $t_{ГВС\ вых} = 60$ °С – то же на выходе; $k = 1,2$ – коэффициент запаса на циркуляцию (во избежание осушения трубопровода ГВС вследствие водоразбора).

Полученное по формуле (3) значение подачи насоса составило 11 кг/с, или 40 м³/ч. Для протяженного трубопровода контура котла зададим требуемый номинальный напор 65 – 75 м вод. ст. и примем к установке насос ЦНС 38-66 (номинальная подача – 38 м³/ч при напоре 66 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 15 кВт, поставщик – ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 53 тыс. руб.

В качестве теплообменника системы отопления используем водоводяной подогреватель Бийского котельного завода ПВ-1 325 × 4-Г-1,0 (исходя из среднего теплосъема 140 кВт/м² – две секции с калачом общей площадью поверхности теплообмена 56 м²) общей стоимостью 321 тыс. руб. В качестве теплообменника системы ГВС используем водоводяной подогреватель Бийского котельного завода ПВ-1 219 × 4-Г-1,0 (одна секция площадью 12 м²) стоимостью 77 тыс. руб.

Определим по формуле (1) подачу G циркуляционного насоса внешнего контура системы отопления исходя из максимальной тепловой нагрузки $N = 8000$ кВт и температуры на выходе из теплообменника $t_{вых} = 95$ °С (поддерживается согласно температурному графику 95/70 °С) и на входе $t_{вх} = 70$ °С. Полученное значение подачи насоса составило 76 кг/с, или 274 м³/ч. Для трассы небольшой протяженности (от теплупункта до объектов потребления) зададим требуемый номинальный напор 30 – 40 м вод. ст. и примем к установке насос 1Д 315-50б (номинальная подача – 230 м³/ч при напоре 36 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 45 кВт, поставщик – ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 101 тыс. руб. Требуемая подача сетевого насоса ГВС, определенная по формуле (3), составляет 36 м³/ч.

Для трассы небольшой протяженности зададим требуемый номинальный напор 30 – 40 м вод. ст. и примем к установке насос К-80-50-200а (номинальная подача – 45 м³/ч при напоре 40 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 11 кВт, поставщик – ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 18 тыс. руб.

Принимая скорость движения воды в трубах $w = 2$ м/с и зная требуемую подачу насоса контура котла ($G = 30$ кг/с), определяем диаметр трубопровода системы теплоснабжения по формуле

$$D = [G/(0,785wp)]^{0,5}, \quad (4)$$

где $\rho = 1000$ кг/м³ – плотность воды.

Полученное значение диаметра трубопровода – 0,14 м (условный диаметр $D_y = 150$ мм), масса данных труб длиной 4000 м составляет 69 т, а стоимость – 3415 тыс. руб. Цена бесшовных горячекатаных труб $D_y = 50 \div 200$ мм – 49,5 тыс. руб/т, поставщик – ООО “СталеПрокат-НН”, Нижний Новгород (www.stprokat-nn.ru).

Для теплоизоляции трубопроводов используем самоклеящиеся рулоны К-Flex ST толщиной 25 мм, поставщик – московская фирма “Баустрой” (www.baustroy.ru), стоимость – 0,92 тыс. руб/м². Для теплоизоляции 4000 м труб $D_y = 150$ мм потребуется 2240 м² материала общей стоимостью 2061 тыс. руб.

Таким образом, стоимость оборудования в первом варианте составит 3864 тыс. руб., стоимость двухтрубной изолированной теплотрассы – 5476 тыс. руб., а общая стоимость – 9338 тыс. руб., при этом на теплотрассу приходится 59 % денежных затрат. При рассмотрении такого же варианта тепловой схе-

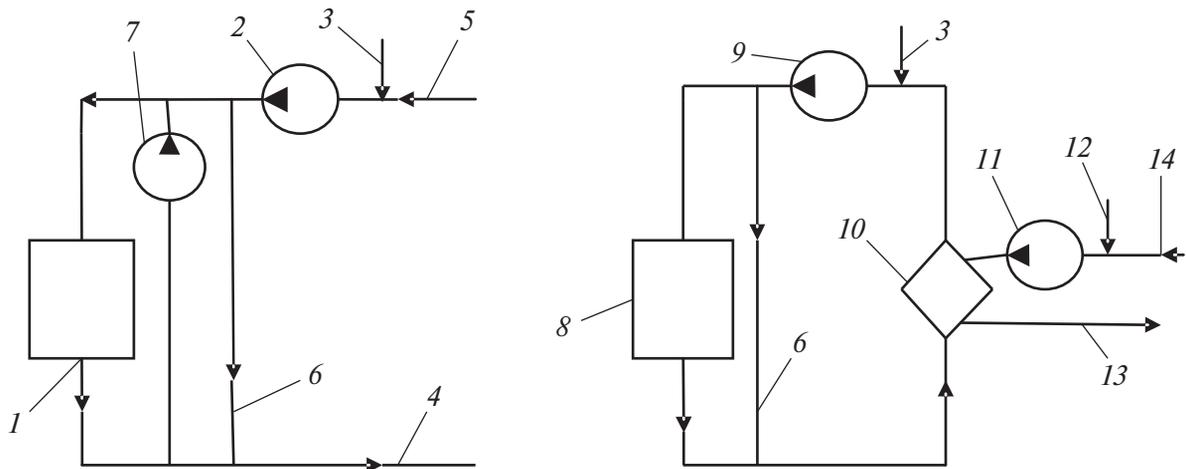


Рис. 2. Схема с двумя котлами и четырехтрубной системой теплоснабжения:

1 — водогрейный котел системы отопления; 2 — циркуляционный насос системы отопления; 3 — трубопровод подпитки химочищенной водой; 4 и 5 — трубопроводы подающей (прямой) и обратной воды системы отопления; 6 — линия перепуска обратной воды; 7 — рециркуляционный насос; 8 — водогрейный котел системы ГВС; 9 — циркуляционный насос контура котла системы ГВС; 10 — теплообменник системы ГВС; 11 — сетевой насос системы ГВС; 12 — трубопровод подпитки контура системы ГВС водой контура ХВС; 13 — прямая вода системы ГВС; 14 — обратная вода системы ХВС

мы с теплотрассой в 2 раза меньшей длины (небольшим отличием в стоимости насоса котлового контура вследствие снижения требуемого напора можно пренебречь) стоимость теплотрассы составит 2738 тыс. руб., или 41 % общих денежных затрат. При аналогичных условиях и длине теплотрассы в 4 раза меньше ее стоимость составит 1368 тыс. руб., или 26 % общих денежных затрат.

Рассмотрим второй вариант — четырехтрубную систему теплоснабжения с двумя котлами, тремя сетевыми насосами (в системе ГВС — внутреннего и внешнего контуров) и дополнительным рециркуляционным насосом в системе отопления, с теплообменником ГВС в котельной без теплопунктов потребителей. Упрощенная тепловая схема данной котельной приведена на рис. 2.

В качестве котла системы отопления используем агрегат Бийского котельного завода КВ-ГМ-7,56-150 номинальной мощностью 7,56 МВт, стоимостью в базовой комплектации 2008 тыс. руб. Рассчитаем подачу G циркуляционного насоса системы отопления по формуле (1) исходя из максимальной тепловой нагрузки $N = 8000$ кВт. Полученное значение подачи насоса составило 24 кг/с, или 86 м³/ч. Для протяженного трубопровода системы зададим требуемый номинальный напор 70 — 80 м вод. ст. и примем к установке насос К-100-65-250 (номинальная подача — 100 м³/ч при напоре 80 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 45 кВт, поставщик — ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 49 тыс. руб.

Определим подачу рециркуляционного насоса из условий минимальной работы котла на контур отопления при температуре наружного воздуха 8 °С согласно температурному графику 150/70 °С (для расчетной температуры Нижнего Новгорода –32 °С в режиме 16 %, или $N_{от} = 1300$ кВт), постоянства расхода воды через котел ($G = 24$ кг/с) и температур на входе и выходе из котла ($t_{вх} = 70$ °С, $t_{вых} = 150$ °С) по формуле

$$G_p = G - \{N_{от} / [c_v(t_{вых} - t_{вх})]\}. \quad (5)$$

Полученное по формуле (5) значение подачи рециркуляционного насоса составило 20 кг/с, или 72 м³/ч. Для обеспечения работы при высокой температуре (150 °С) примем к установке насос НКУ-90М (номинальная подача — 90 м³/ч при напоре 38 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 22 кВт, поставщик — ООО “Энергия — насосы и арматура”) стоимостью 217 тыс. руб. В качестве котла системы ГВС используем агрегат Дорогобужского котельного завода КВ-ГМ-2,32-115 номинальной мощностью 2,32 МВт и стоимостью в базовой комплектации 1074 тыс. руб. (www.dkm.smolensk.ru). В качестве теплообменника системы ГВС применим водоводяной подогреватель Бийского котельного завода ПВ1 219 × 4-Г-1,0 (одна секция площадью 12 м²) стоимостью 77 тыс. руб.

Определим подачу насосов систем ГВС (котельной и потребителей) по формуле (3), приняв ее одинаковой. При этом требуемая подача насосов ГВС равна 40 м³/ч (11 кг/с). Для насоса контура ГВС котельной с трубопровода-

ми небольшой протяженности зададим требуемый номинальный напор 30 – 40 м вод. ст. (на потери в котле и теплообменнике) и примем к установке насос К-80-50-200а (номинальная подача — $45 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 40 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 11 кВт, поставщик — ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 18 тыс. руб. Для протяженного трубопровода контура ГВС потребителей зададим требуемый номинальный напор 65 – 75 м вод. ст. и примем к установке насос ЦНС 38-66 (номинальная подача — $38 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре 66 м вод. ст. с электродвигателем мощностью 15 кВт, поставщик — ЗАО “НФ АК Практик”) стоимостью 53 тыс. руб.

Принимая скорость движения воды в трубах сетей отопления и ГВС 2 м/с и зная требуемую подачу насосов (для системы отопления $G = 24 \text{ кг/с}$, для системы ГВС — 11 кг/с), несложно определить диаметры трубопроводов D_y систем отопления и ГВС по формуле (4). Они равны соответственно 125 и 80 мм. Масса 4000 м труб теплотрасс систем отопления и ГВС составляет 81 т (51 и 30 т соответственно), а стоимость — 4010 тыс. руб. (поставщик — ООО “СталеПрокат-НН”).

Для теплоизоляции трубопроводов используем самоклеящиеся рулоны K-Flex ST толщиной 25 мм (поставщик — московская фирма “Баустрой”, стоимость — 0,92 тыс. руб./ м^2). Для теплоизоляции 4000 м труб $D_y = 125 \text{ мм}$ потребуется 1820 м^2 , а для $D_y = 80 \text{ мм}$ — 1120 м^2 материала. Общее количество теплоизоляционного материала составляет 2940 м^2 стоимостью 2705 тыс. руб. Общая стоимость четырехтрубной теплотрассы равна 6715 тыс. руб.

Таким образом, стоимость оборудования во втором варианте составит 3496 тыс. руб., стоимость изолированной четырехтрубной теплотрассы — 6715 тыс. руб., а общая стоимость — 10 211 тыс. руб., при этом на теплотрассу приходится 66 % денежных затрат. При рассмотрении данного варианта тепловой схемы с теплотрассой в 2 раза меньшей длины (небольшим отличием в стоимости сетевых насосов систем отопления и ГВС вследствие снижения требуемого напора можно пренебречь) стоимость теплотрассы составит 3358 тыс. руб., или 49 % общих денежных затрат. При аналогичных условиях и длине теплотрассы в 4 раза меньше стоимость теплотрассы составит 1679 тыс. руб., или 32 % общих денежных затрат.

Сравнивая стоимость двух вариантов с теплотрассой протяженностью 2000 м (в один конец), можно сделать вывод, что вариант с двухтрубной системой на 9 % дешевле, но при этом его оборудование на 11 % дороже, а теплотрасса на 23 % дешевле. В варианте с теплотрассой протяженностью 1000 м двухтрубная система на 4 % дешевле, но ее оборудование на 11 % дороже, а теплотрасса на 18 % дешевле. При протяженности теплотрассы 500 м вариант с двухтрубной системой на 1 % дороже, при этом его оборудование на 11 % дороже, а теплотрасса на 18 % дешевле.

Таким образом, при требуемой тепловой мощности котельной на нужды отопления 8 МВт и нужды ГВС 2 МВт первый вариант с двухтрубной схемой теплоснабжения имеет преимущество в части строительной стоимости по сравнению с четырехтрубной при длинах теплотрассы (в один конец) более 600 м, при меньших длинах сетей он проигрывает.

Помимо строительных затрат следует принять во внимание и эксплуатационные расходы, включающие в себя прежде всего потери в сетях и затраты электроэнергии на привод насосов различного назначения. Тепловые потери (через теплоизоляцию, утечки теплоносителя и слив-заполнение) линейно зависят от протяженности и диаметров трубопроводов, в основном — от площади и соответственно от стоимости труб и теплоизоляции. При этом первый (двухтрубный) вариант всегда более выигрышный. Как показывают результаты дополнительных расчетов по специальным программам на основе нормативных методик, годовая экономия тепловой энергии от снижения тепловых потерь при этом составляет 370 Гкал, а денежных средств — 740 тыс. руб.

Затраты электроэнергии зависят от общей мощности электропривода эксплуатируемого в отопительный период насосного оборудования. В первом варианте она равна 123 кВт, во втором — 93 кВт, т. е. всегда более выигрышным оказывается второй (четырёхтрубный) вариант. Как свидетельствуют результаты дополнительных расчетов с учетом эксплуатации в отопительный и летний периоды и коэффициентов загрузки электродвигателей, годовая экономия электроэнергии от снижения затрат на приводы насосов при этом составляет 130 тыс. кВт·ч, а денежных средств — 520 тыс. руб. Поскольку в первом варианте годовая экономия денежных средств больше,

в части эксплуатационных затрат его следует признать более выигрышным (на 220 тыс. руб./год для длины 2000 м в один конец), но лишь для теплотрасс длиной более 1400 м (в один конец).

Технико-экономический анализ показал, что с учетом двух факторов затрат (на строительство и эксплуатацию) первый вариант (с одним котлом, двухтрубной системой теплоснабжения и тепловым пунктом) является приоритетным при длине теплотрассы более 1300 м (в один конец) для котельной с тепловой мощностью на нужды отопления 8 МВт и ГВС — 2 МВт. При меньших длинах теплотрасс для данной котельной следует предпочесть второй вариант (с двумя котлами и четырехтрубной системой теплоснабжения). Другие конструктивные варианты компоновки экономически менее предпочтительны.

Аналогичные технико-экономические исследования для других значений тепловых

мощностей котельных, а также их соотношений в части отопления и ГВС целесообразно проводить с помощью специальной компьютерной программы (математической модели) на основе изложенной методики и массивов информационных данных по оборудованию и трубопроводам.

Список литературы

1. **Соколов Е. Я.** Теплофикация и тепловые сети: Учеб. для вузов. 8-е изд., стереотип. — М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
2. **Бузников Е. Ф., Родатис К. Ф., Берзиньш Э. Я.** Производственные и отопительные котельные. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. **Воеводин А. Г., Горинова Н. А.** Оптимизация системы теплоснабжения потребителей с индивидуальными регуляторами потребления. — Промышленная энергетика, 2013, № 6.

voevodin1959@rambler.ru

