

УДК 620.93

Качественная оптимизация теплоносителя системы теплоснабжения

Суворов Д.В., Елтаренко А.М.

ФГБОУ ВО Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, e-mail: aeltarenko@mail.ru

В данной статье рассматривается задача выбора оптимальных параметров теплоносителя в тепловой сети с помощью центрального качественного регулирования в г. Липецк, анализировали изменения потерь тепловой и электрической энергии при изменении температуры теплоносителя. В результате расчетов авторы пришли к выводу, что переход на повышенный график температур является наиболее экономически выгодным ввиду снижения затрат электрической энергии на перекачку теплоносителя и сокращения площади теплоотдачи трубопровода при снижении расхода теплоносителя.

Ключевые слова: теплоноситель, температурный график, расход электроэнергии

Qualitative optimization of the heat carrier of the heating system

Suvorov D.V., Eltarenko A.M.

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, e-mail: aeltarenko@mail.ru

This article discusses the problem of choosing the optimal parameters of the coolant in the heat network using central quality control in the city of Lipetsk, analyzed the changes in heat and electrical energy losses with a change in the coolant temperature. As a result of the calculations, the authors came to the conclusion that switching to an elevated temperature schedule is most cost-effective due to the reduction in the cost of electrical energy for transferring the coolant and reducing the heat transfer area of the pipeline while reducing the flow rate of the coolant.

Key words: heat carrier, temperature schedule, power consumption

Под теплоснабжением понимают обеспечение потребителей тепловой энергией на нужды систем отопления и горячего водоснабжения. Надёжная работа систем теплоснабжения имеет большое народно-хозяйственное значение, поскольку от неё в значительной степени зависит создание комфортных условий для труда и проживания людей и оптимальных условий для различных технологических процессов. Задача экономичной транспортировки носит важный характер в соответствии с климатическими условиями РФ и потребностью в снижении доли затрат на энергоресурсы в себестоимости производимой продукции страны.

В настоящее время достаточно актуальной является проблема низкотемпературного теплоснабжения. Так как тепловая нагрузка абонентов не постоянна, и изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости ветра, инсоляции, режимов расхода воды на горячее водоснабжение, работы технологического оборудования и ряда других факторов, то при понижении температуры теплоносителя, для сохранения потока теплоты приходится увеличивать его расход. При увеличении расхода и снижении температуры происходит увеличение нагрузки на сетевые насосы системы теплоснабжения с попутным снижением теплопотерь от поверхности трубопровода. При этом с

увеличением потока произойдет рост гидравлического сопротивления и в некоторых случаях понадобится перекладка участков тепловой сети. При обратных изменениях параметров теплоносителя произойдет снижение нагрузки на сетевые насосы и повышения теплопотерь с поверхности трубопроводов.

Целью данной статьи является ответить на вопрос выбора оптимальных параметров теплоносителя в тепловой сети в условиях климатических данных города Липецка, путем изменения параметров тепловой сети, или при превышении нормируемых потерь давления - прокладки новых трубопроводов системы теплоснабжения. Аналитическое решение данной задачи было представлено в [2]. В работе рассматривалась задача выбора оптимальной температуры теплоносителя, при которой сокращаются расходы на электроэнергию для перекачивания, а также для уменьшения тепловых потерь.

Для обеспечения экономической работы системы и высокого качества теплоснабжения применяют несколько методов регулирования отпуска теплоты в зависимости от места его осуществления:

- центральное – осуществляется в котельной или на ТЭЦ;
- групповое – осуществляется в РТП или ЦТП;
- местное – осуществляется в ИТП;
- индивидуальное (у конкретного потребителя тепловой энергии, например, у отопительного прибора).

Отпуск теплоты при центральном регулировании осуществляется следующими методами:

- качественный – изменяется температура теплоносителя, подаваемого в тепловую сеть при его неизменном расходе;
- количественный – меняется расход теплоносителя при неизменной температуре в подающем трубопроводе;
- качественно-количественный – расход теплоносителя и температура воды меняются не одновременно.

Из-за особенностей климатических условий нашей страны центральное качественное регулирование отпуска теплоты получило наибольшее распространение. Централизованное качественное регулирование отпуска теплоты ограничивается наименьшими температурами воды в подающем трубопроводе, необходимыми для подогрева воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей (для закрытых систем теплоснабжения – не менее 70°C). Вырабатываемая и передаваемая системой теплоснабжения теплота, используется у потребителей на различные нужды: отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха зданий, горячее водоснабжение.

При этом методе регулирование производится изменением отопительной нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха что наглядно отображается на температурном графике.

В данной работе мы приняли к разработке централизованную двухтрубную водяную систему теплоснабжения, источником тепловой энергии которой является районная отопительная котельная. Для рассмотрения характерных изменений в тепловой сети при

изменении параметров теплоносителя рассмотрим участок от отопительной котельной до точки разделения потока теплоносителя. Для упрощения расчетов рассмотрим изменения параметров теплоносителя на участке длиной 100 м.

Произведем сравнение нескольких температурных режимов, построенных на рис. 1. $\tau_1 - \tau_2, ^\circ\text{C}$: 150–70 $^\circ\text{C}$, 140–70 $^\circ\text{C}$, 130–70 $^\circ\text{C}$, 120–70 $^\circ\text{C}$, 110–70 $^\circ\text{C}$, 100–70 $^\circ\text{C}$, 90–70 $^\circ\text{C}$.

τ_1, τ_2 – температуры воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах сети при температуре наружного воздуха, равной расчетной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченность 0,92.

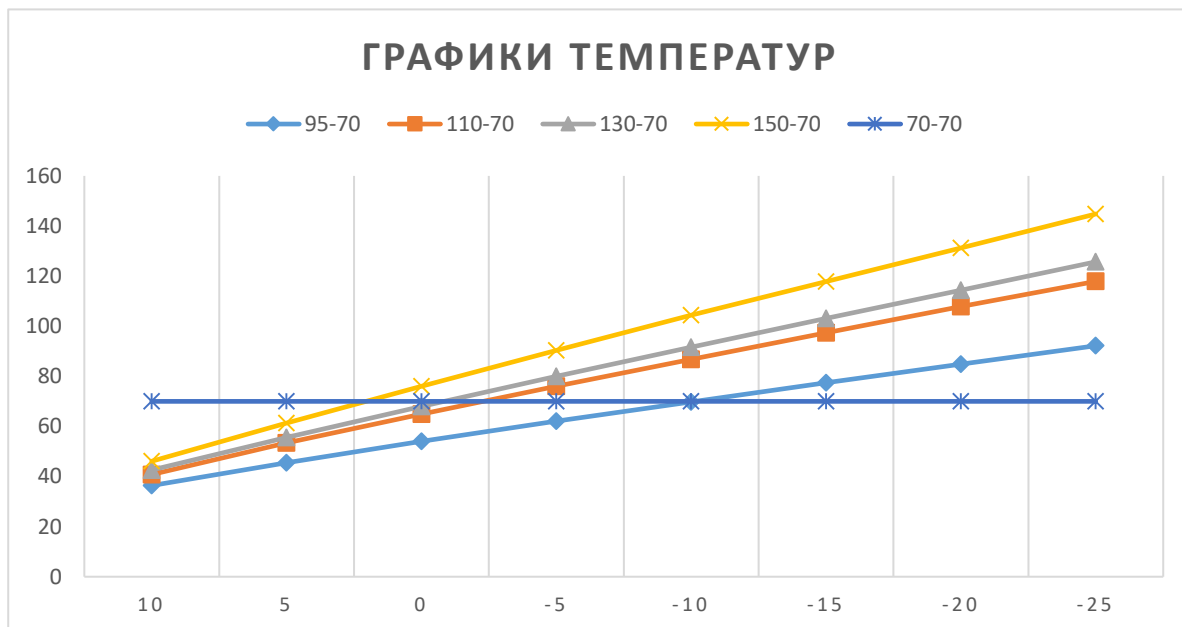


Рисунок 1. Температурные графики тепловой сети

Считаем, что нагрузка на отопление, вентиляцию и ГВС является известной. Первым этапом вычислений является определение расходов теплоносителя, согласно п. 5 [1, стр. 60].

По расчетным расходам сетевой воды и нормируемым потерям давления до 80 Па/м определяем диаметр трубопровода и действительные значения скорости движения теплоносителя и удельные потери давления.

Вычисляем потери давления на заданном участке трубопровода в соответствии с вариативностью температуры теплоносителя по формуле, приведенной в п. 8 [1, стр. 72]:

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{уд}} \cdot l, \text{ Па} \quad (1)$$

Расчет сводим в таблицу 1.

Таблица 1.

Потери давления на участке трубопровода

График	G, т/ч	D _y , мм	d _н ×S	l, м	V, м/с	ΔP _{уд} , Па/м	ΔP _{уч} , Па	Процент изменения в зависимости от первого значения, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
150-70	18,47	100	108×4	100	0,679	65,982	6598,18	-
140-70	21,10	125	133×4	100	0,503	27,034	2703,44	59,03
130-70	24,62	125	133×4	100	0,582	36,846	3684,62	44,16
120-70	29,55	125	133×4	100	0,701	53,035	5303,52	19,62
110-70	36,93	125	133×4	100	0,869	82,882	8288,22	25,61
100-70	49,24	151	159×4	100	0,805	56,168	5616,76	14,87
95-70	73,86	213	219×6	100	0,639	23,063	2306,33	65,05

Логично, что расход теплоносителя понижается с повышением его температуры, вследствие чего повышаются теплотери и снижается расход электроэнергии для перекачивания жидкости.

Для определения затрат на электроэнергию необходимо вычислить мощность электродвигателя насоса, которая определяется по формуле из [3]:

$$P = \frac{K_3 \cdot G \cdot (H + H_{уд}) \cdot \gamma}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_{пер}}, \text{ кВт} \quad (2)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности электродвигателя; принимаем $K_3=125$;

G – расход теплоносителя, м³/ч;

H – полный напор с учетом высоты всасывания, м.вод.ст.; принимаем $H=40$ м.вод.ст;

$H_{уд}$ – удельные потери давления на участке тепловой сети, м.вод.ст.;

γ – плотность жидкости, кг/м³ (плотность воды $\gamma = 1000$ кг/м³);

η_n – КПД насоса; принимаем $\eta_n = 0,6$;

$\eta_{пер}$ – КПД передачи; для насадки на вал электродвигателя; принимаем $\eta_{пер} = 1,0$.

Тогда годовой расход электроэнергии составит:

$$W = P \cdot n, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (3)$$

где n – продолжительность работы котельной, равное продолжительности отопительного периода со среднесуточной температурой воздуха 8°C; $n=202$ сут.=4848 ч;

Годовой расход на электроэнергию, выраженный в денежном эквиваленте будет равен:

$$\mathcal{E}_{\text{ээ}} = W \cdot T_{\text{ээ}} \cdot 10^{-3}, \text{ тыс. руб.} \cdot \text{год} \quad (4)$$

где $T_{\text{ээ}}$ – тариф на электрическую энергию, руб./кВт·ч

При стоимости 1 кВт электрической энергии 7,00 руб, затраты на электроэнергию составят:

Таблица 2.

Годовой расход на электроэнергию

График	Мощность эл. двигателя, Р, кВт	W, кВт в год	Э, тыс. руб / год
1	2	3	4
150-70	2,166	10499,987	73,500
140-70	2,428	11769,443	82,386
130-70	2,846	13798,776	96,591
120-70	3,443	16692,690	116,849
110-70	4,368	21175,041	148,225
100-70	5,748	27864,414	195,051
95-70	8,480	41110,778	287,775

Допущением вычисления теплотерь с трубопровода является, что средние потери теплоты с участка трубопровода вместо интегрального решения в соответствии с изменением теплового потока при различных температурах уличного воздуха брались по упрощённой корректировке теплового потока в соответствии с представленной формулой:

$$Q_{\text{ср}} = Q \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{ср}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \text{ кВт/ч год} \quad (5)$$

где Q – потери по длине трубопровода, кВт/ч; расчет ведется по [4];

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С ; принимаем $t_{\text{в}} = 18$ °С;

$t_{\text{ср}}$ – средняя температура наружного воздуха периода со среднесуточной температурой 8°С; принимается по [5] $t_{\text{ср}} = -3,4$ °С;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С ; определяется по [5] и равна расчетной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченность 0,92;

Определяем годовой расход газа:

$$Q_{\text{г год}} = \frac{Q \cdot 3600}{Q_{\text{н}} \cdot \eta}, \text{ кВт/ч год} \quad (6)$$

где $Q_{\text{н}}$ – низшая теплота сгорания, кДж/ м³; условно принимаем $Q_{\text{н}} = 36840$ кДж/ м³;

η – КПД котла; $\eta = 0,92$

Тогда годовой расход газа в денежном эквиваленте составит:

$$\mathcal{E}_g = Q_{г\text{ год}} \cdot T_g \cdot 10^{-3}, \text{ тыс. руб.} \cdot \text{год} \quad (7)$$

Если принять, что м³ газа стоит 5,00 руб, то потребление составит:

Таблица 3.

Годовой расход на газ

График	Потери Q, кВт·ч	Q _{ср} , кВт·ч /год	Q _{г год} , м ³ /год газа	Э _г , тыс. руб/год	Процент изменения в зависимости от первого значения, %
1	2	3	4	5	6
150-70	9,491	21881,482	2500,741	12,504	-
140-70	10,645	24543,116	2804,928	14,025	12,16
130-70	9,857	22725,108	2597,155	12,986	3,86
120-70	9,068	20907,099	2389,383	11,947	4,45
110-70	8,280	19089,090	2181,610	10,908	12,76
100-70	8,781	20243,465	2313,539	11,568	7,49
95-70	8,118	18715,048	2138,863	10,694	14,47

Выводы:

1. При повышении температуры теплоносителя сокращение затрат на электроэнергию является существенно более выраженным, чем рост теплопотерь с поверхности трубопровода;

2. При повышении температуры теплоносителя возможно уменьшение диаметра трубопровода со снижением теплопотерь;

3. При реконструкции для снижения удельных потерь энергии транспортировки теплоносителя рекомендуется применять высокотемпературный график.

Список литературы:

1. Фалалеев Ю.П. Проектирование центрального теплоснабжения: Учеб. пособие / НГАСУ. Н.Новгород, 1997, 282 с.
2. Панферов, В.И. Об оптимальной температуре теплоносителя в теплотранспортных системах / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 63–66.
3. Примеры расчета расхода энергоресурсов по отдельным видам продукции, 30 с.
4. Канев С.Н., Ивашкевич А.А., Расчет теплопотерь в системах теплоснабжения// Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2013, Том 4, №4, 1795-1798 с.

5. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*.
6. Научный журнал «Молодой ученый» №9 (143), март 2017 г., 68-72 с.