

УДК 697.34

**ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ
КОЛИЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF QUANTITATIVE
REGULATION**

Яваев Б.Э., магистрант гр. МТЭ 01-20-01, I курс

Ахметшина Л.А., магистрант гр. МТЭ 01-20-01, I курс

Смородова О.В., канд.техн.наук, доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

г. Уфа

Аннотация: В статье рассмотрены методы регулирования отпуска теплоты. Выявлены основные недостатки методов, применяющихся на сегодняшний день в центральных системах теплоснабжения. Выполнен анализ скорости коррозии от температуры на поверхности трубопровода. Предложен альтернативный количественный метод, который представлен в виде изменения расхода теплоносителя, позволяющий повысить эффективность системы теплоснабжения и уменьшить коррозию в трубопроводах, тем самым повысив надежность конструкции. Произведена оценка энергетических показателей при использовании количественного и качественного метода регулирования на примере одной из ТЭЦ России.

Abstract: The article discusses methods for regulating the supply of heat. The main disadvantages of the methods used today in central heating systems are revealed. The analysis of the corrosion rate on the temperature on the surface of the pipeline is carried out. An alternative, most effective quantitative method is proposed, which is presented in the form of a change in the flow rate of the coolant, which makes it possible to increase the efficiency of the heat supply system and reduce corrosion in pipelines, thereby increasing the reliability of the structure. The assessment of energy indicators using the quantitative and qualitative method of regulation has been carried out.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, количественный метод, качественный метод, тепловая нагрузка, расход теплоносителя.

Keywords: heat supply systems, quantitative method, qualitative method, heat load, heat carrier consumption.

Централизованно регулировать тепловую нагрузку абонентских систем возможно изменением расхода первичного теплоносителя или его температуры. На сегодняшний день существуют три способа центрального регулирования

тепловой нагрузки системы теплоснабжения: количественный, качественно-количественный и качественный.

Основным методом центрального регулирования нагрузки в России является качественное регулирование путем изменения температуры теплоносителя при постоянном расходе в зависимости от температуры окружающей среды. Зависимость температуры теплоносителя от температуры окружающего воздуха называется температурным графиком (рисунок 1).

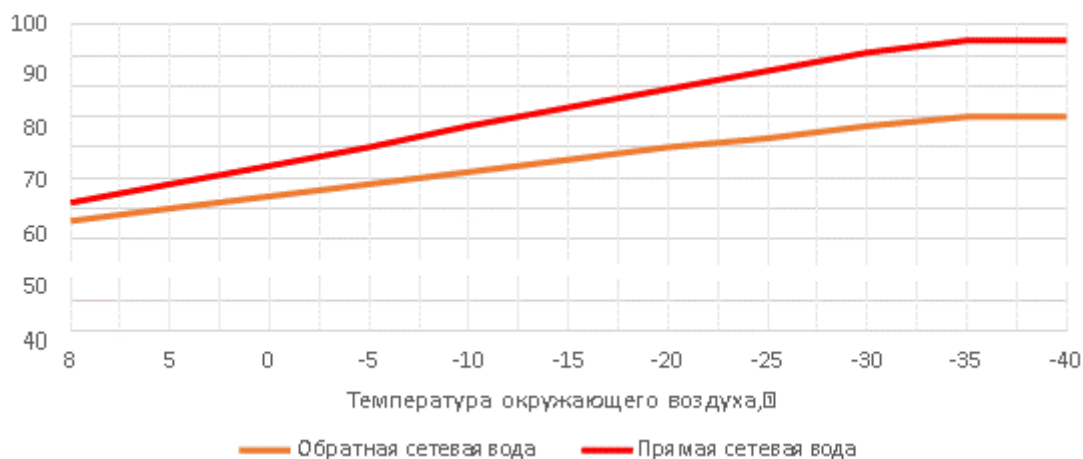


Рисунок 1- Температурный график качественного регулирования тепловой нагрузки

Несовпадение фактического и расчетного температурных графиков явилось следствием несовершенства качественного регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения. Практически везде происходит нарушение основных принципов качественного регулирования, не работает прежняя структура отпуска теплоты. Это обусловлено целым рядом причин, которые показаны в работах [1, 2, 11].

Метод качественного регулирования, разработанный в 1950-е годы, на сегодняшний день устарел, в следствие чего доля теплофикации в России снизилась. Необходимо пересмотреть принципы регулирования тепловой нагрузки [12].

Одним из способов повышения эффективности теплоснабжения и реального снижения затрат топливно-энергетических ресурсов является переход систем теплоснабжения на количественный метод регулирования. Для его реализации очень полезно обратиться к зарубежному опыту таких стран, как Дания, Германия, Финляндия и Швеция. В данных странах температура в сетях составляет 110-120°C. В летний период температура также поддерживается на уровне 110°C для обеспечения работы абсорбционных холодильных машин. Следует отметить, что поддержание постоянной температуры сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети приводит к значительному снижению скорости наружной коррозии стальных трубопроводов тепловой сети, что позволяет снизить количество аварий в тепловых сетях. В работах [3-5] показано, что мак-

симальная скорость коррозии на моделях труб имеет место при температуре воды равной 60-70 °С (рисунок 2).

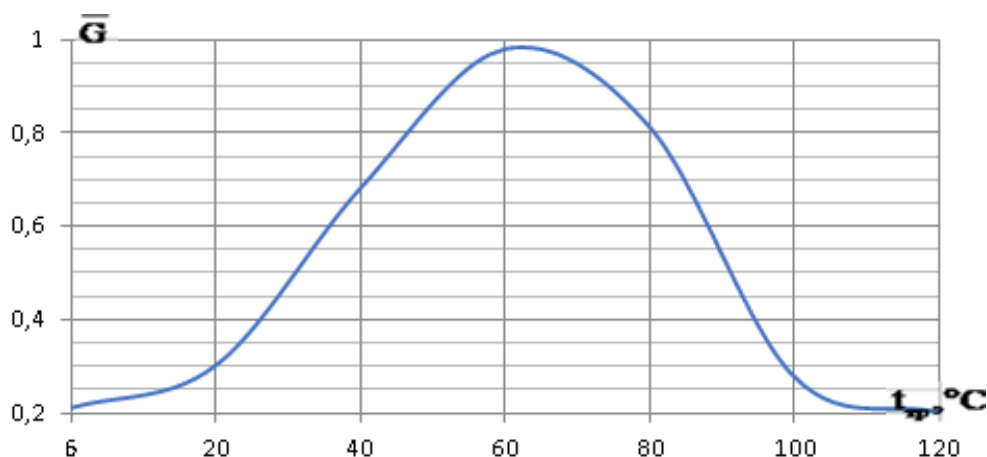


Рисунок 2 - Зависимость относительной скорости коррозии трубы от температуры на ее поверхности во влажной среде

Как видно из диаграммы, при температуре 110-120 °С коэффициент коррозии практически сводится к нулю.

Особенностью количественного способа является регулирование тепловой нагрузки потребителей изменением расхода сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха при постоянной температуре сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети (рисунок 2). Излом температурного графика объясняется тем, что при температуре $t_2 > 0$ °С расход воды в сети уменьшается и температура обратной сетевой воды равна температуре окружающего воздуха. Поддержание постоянной температуры в тепловой сети уменьшает скорость коррозии в стальных трубопроводах, тем самым повышая их эксплуатационный ресурс [8].

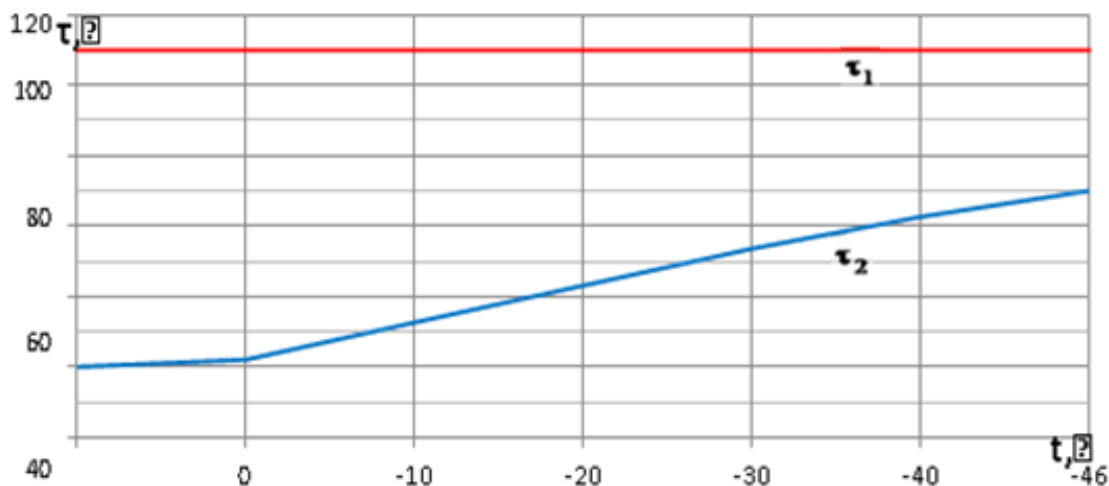


Рисунок 3 - Температурный график количественного регулирования тепловой нагрузки: τ_1 —температура прямой сетевой воды тепловой сети; τ_2 —температура обратной сетевой воды теплосети.

Переменный расход теплоносителя можно организовать регулированием

производительности изменением числа оборотов сетевого насоса. При таком способе регулирования зависимость расхода воды в тепловой сети от располагаемого напора на станции будет наиболее близка к расчетной. Плавное изменение напора исключает дросселирование, т.е. гидравлические потери. Количественное регулирование тепловой энергии в системах теплоснабжения изменением частоты вращения ротора насоса частотным преобразователем – самый экономичный способ регулирования тепловой нагрузки. При этом регулировании мощность, затрачиваемая на привод сетевого насоса, изменяется пропорционально расходу теплоносителя в третьей степени. Более того, количественное регулирование оказывает наименее неблагоприятное воздействие на систему трубопроводов, чем качественное регулирование [6,7].

При использовании количественного метода регулирования тепловой нагрузки повышается энергетическая эффективность ТЭЦ за счет увеличения теплофикационной выработки электроэнергии турбинами.

В работе [9] показана общая выработка электроэнергии турбиной за счет пара отопительных отборов в отопительном периоде при количественном и качественном регулировании приведена в таблице 1. При проведении расчетов использовался температурный график с параметрами 110/70 °С. Из анализа таблицы 1 видно, что теплофикационная выработка электроэнергии на ТЭЦ в режиме количественного регулирования составляет $N_{\text{тф}} = 801,2$ ГВт·ч; в режиме качественного регулирования тепловой нагрузки - 785,2 ГВт·ч. Большая часть отопительного сезона выработка электроэнергии турбиной при использовании количественного метода регулирования выше, чем при качественном. Максимальную выработку электроэнергии при использовании количественного метода регулирования возможно получить при температуре наружного воздуха равной +8°С.

Таблица 1. Суммарная выработка электроэнергии турбиной за счет пара отопительных отборов

t_n	Число часов	Количественное регулирование, ГВт·ч			Качественное регулирование, ГВт·ч			Изменение выработки электроэнергии при количественном регулировании, %
		Нижн. отбор	Верхн. отбор	сумма	Нижн. отбор	Верхн. отбор	сумма	
-30	12	0,41	0,40	0,81	0,38	0,38	0,76	+6,2
-25	82	2,71	2,66	5,37	2,63	2,58	5,21	+3,0
-20	236	8,09	7,88	15,97	7,59	7,46	15,04	+5,8
-15	470	16,14	15,68	31,82	15,17	14,88	30,06	+5,5
-10	760	26,74	23,65	50,39	27,62	21,17	48,79	+3,2
-5	860	31,84	23,07	54,91	37,26	18,12	55,38	-0,8
0	1240	36,91	26,43	63,34	62,85	0,00	62,85	+0,8
8	1450	38,84	27,82	66,66	43,66	0,00	43,66	+34,5
Сумма	5110	161,69	127,59	289,28	197,16	64,59	261,75	+9,5

Зависимость суммарной выработки электроэнергии от температуры наружного воздуха показана на рисунке 3. Рост мощности ТЭЦ при количественном регулировании тепловой нагрузки объясняется низкой по сравнению с качественным регулированием температурой обратной сетевой воды, полной загрузкой отопительных отборов турбин.

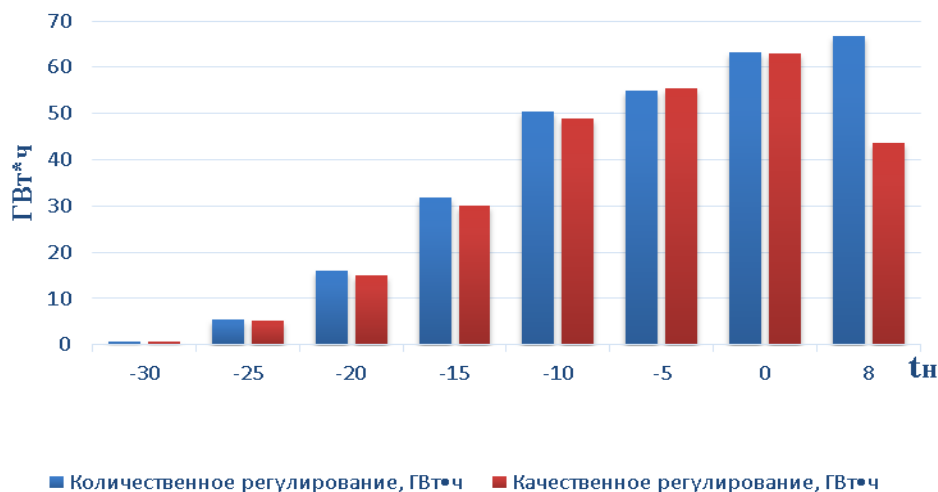


Рисунок 4 – Суммарная выработка электроэнергии турбиной за счет пара отопительных отборов

Авторами [9] показано, что при использовании на ТЭЦ данного метода регулирования расход топлива составит на 9 % меньше, что в свою очередь приведёт к годовой экономии 13,9 млн руб. (таблица 2). Снижение расхода топлива обеспечивается за счет меньшего количества одновременно работающих котлов, снижением продолжительности работы котельных агрегатов в отопительном периоде.

Таблица 2. Сравнение энергетических показателей ТЭЦ при различном методе регулирования.

Показатели энергетической эффективности	Количественное регулирование	Качественное регулирование
Мощность, потребляемая сетевыми насосами, МВт	2,5	5,0
Мощность ТЭЦ, развиваемая на паре отопительных отборов, МВт	185,9	173,9
Экономия топлива, $\Delta V_{\text{тф}}$, т	18409	-
Стоимость сэкономленного топлива, млн руб.	68,1	-
Расход топлива водогрейными котлами за отопительный период, т	37315,4	41083,1
Стоимость сэкономленного топлива в водогрейных котлах, млн руб.	13,9	-
Суммарная экономия, млн.руб	82	-

Из таблицы 2 видно, что использование количественного метода регулирования позволит получить экономию на топливе в год более 13,9 млн.руб.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что современное состояние централизованного теплоснабжения в России ухудшилось, необходимо пересмотреть систему теплоснабжения, а именно способы регулирования тепловой нагрузки. Зарубежный опыт теплоснабжения показывает, что при использовании низкотемпературного теплоснабжения большинство показателей превосходят распространенный в настоящее время способ качественного регулирования. Так как количественное регулирование дает наилучшие результаты при температуре наружного воздуха на уровне $+8^{\circ}\text{C}$, то его применение целесообразно в теплых климатических условиях. Использование данного метода позволит повысить энергетическую эффективность теплоснабжения, снизить скорость коррозии к минимуму, добиться реального снижения затрат топлива.

Библиографический список

1. Андрющенко А. И. Возможности повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения городов // Промышленная энергетика. 2002. № 6. С. 15-18. Шарапов В.И., Орлов М.Е. Пиковые источники теплоты систем централизованного теплоснабжения. - Ульяновск: УлГТУ. 2002. 204 с.
2. Андрющенко А.И., Николаев Ю.Е. Возможности повышения экономичности, надежности и экологичности систем теплофикации городов // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: Материалы Третьей Российской научно-технической конференции. Ульяновск: УлГТУ. 2001. С. 194-197.
3. Братенков В.Н., Дубницкая Л.Я., Братенков А.Н. К вопросу об учете коррозии трубопроводов тепловых сетей// Промышленная энергетика. 1977. № 2. С. 53-56.
4. Братенков В.Н., Хаванов П.А., Вэскер Л.Я. Теплоснабжение малых населенных пунктов. М.: Стройиздат. 1988. 223 с.
5. Громов Н.К. Городские теплофикационные системы. М.: Энергия. 1974. 256 с.
6. Пат. 2184312(RU), МКИ7 F22D 1/00, F24H1/00. Способ работы пиковой водогрейной котельной/В. И. Шарапов, М.Е. Орлов, П.В. Ротов//Бюллетень изобретений. 2002. № 18.
7. Пат. 2235249 (RU). МКИ7 F24 D 3/08. Способ теплоснабжения / В.И.Шарапов, М.Е.Орлов, П.В. Ротов, И.Н.Шепелев // Бюллетень изобретений. 2004. №24.
8. Ротов, П.В. Особенности регулирования нагрузки систем теплоснабжения в переходный период / П.В. Ротов, В.И. Шарапов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – № 2. – С. 25-28.
9. Ротов, П.В. Оценка энергетической эффективности технологий количественного регулирования тепловой нагрузки на ТЭЦ / П.В. Ротов // Труды Академэнерго. – 2014. – № 4. – С. 39–49.
10. Ротов, П.В. Регулирование нагрузки городских теплофикационных систем / П.В. Ротов, В.И. Шарапов. – Ульяновск : УлГТУ, 2013. – 309 с.
11. Шарапов В. И., Ротов П.В. Технологии регулирования нагрузки систем теплоснабжения. Ульяновск: УлГТУ, 2003. - 160 с.
12. Шарапов В.И., Орлов М.Е., Ротов П.В. О выборе метода регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения// Материалы Второй Российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве».

Сведения об авторах

1. Яваев Богдан Эдуардович магистрант кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВО УГНТУ, iavaiev@mail.ru
2. Ахметшина Лиана Айдаровна, магистрант кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВО УГНТУ, l.axmetshina@list.ru
3. Смородова О.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВО УГНТУ, olga_smorodova@mail.ru

Author's personal details

1. Yavaev Bogdan Eduardovich, Student of the Chair «Industrial Heat Powering», FSBEI HPE USPTU, iavaiev@mail.ru
2. Akhmetshina Liana Aidarovna, Student of the Chair «Industrial Heat Powering», FSBEI HPE USPTU, l.axmetshina@list.ru
3. Smorodova Olga Viktorovna, Candidate of Science, Associate Professor of the Department of «Industrial Heat Power Engineering», FSBEI HPE USPTU, olga_smorodova@mail.ru