

Примеры коррекции существующих графиков регулирования отпуска тепловой энергии

В. К. Аверьянов, советник генерального директора, член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, АО «Газпром промгаз»

А. И. Тютюнников, заведующий лабораторией инженерных систем, канд. техн. наук, АО «Газпром промгаз»

К. В. Богданов, инженер I категории отдела разработки схем и программ развития систем энергоснабжения, АО «Газпром промгаз»

А. С. Горшков, заведующий отделом разработки схем и программ развития систем энергоснабжения, д-р техн. наук, АО «Газпром промгаз»

Ключевые слова: здания, параметры микроклимата, теплоснабжение, отопление, вентиляция, тепловая нагрузка, тепловые сети, график регулирования

Данная публикация является продолжением статьи, опубликованной в предыдущем номере журнала [1], в которой рассмотрена методология коррекции существующих графиков регулирования отпуска тепловой энергии потребителям. Принятые в работе допущения и ограничения основаны на анализе действующей редакции Схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга [2] и публикаций [3–15].

Способы и методы регулирования теплоотпуска

По месту осуществления регулирование подразделяется на центральное, групповое, местное и индивидуальное. В зависимости от изменения регулируемого параметра различают качественный, количественный и качественно-количественный методы регулирования.

В большинстве систем теплоснабжения, абоненты которых присоединены к тепловым сетям через нерегулируемые элеваторные смесительные узлы, а местное и индивидуальное регулирование, как правило, отсутствует, применяется центральный качественный способ регулирования отпуска тепловой энергии по нагрузке отопления, при котором температура теплоносителя устанавливается на источнике.

При данном способе регулирования имеет место поддержание стабильного гидравлического режима работы тепловых сетей при плавном изменении параметров теплоносителя, что является неоспоримым преимуществом данного способа. На источниках комбинированной выработки тепловой и электрической энергии при этом способе имеет место наибольшая выработка электрической энергии на тепловом потреблении.

Оптимизация отпуска тепловой энергии потребителям

В общем случае при преимущественно зависимой схеме присоединения систем отопления к тепловой сети и при качественно-количественном методе регулирования теплоотпуска по отопительной нагрузке, текущие значения температур теплоносителя в подающей τ_1 и обратной τ_2 магистралах при отношении расчетной тепловой нагрузки к договорной $k = \frac{Q_{\text{од}}^*}{Q_{\text{д}}^*} < 1$ и с учетом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений следует определять по следующим формулам [3]:

$$\tau_{1p} = t_b + \Delta t_0^* \cdot \bar{Q}_p^{0,8} + (\delta\tau^* - \frac{\Delta t^*}{2}) \cdot \frac{\bar{Q}_p}{G}; \quad (1)$$

$$\tau_{2p} = \tau_{1p} - \delta\tau_{1p}^* \cdot \frac{\bar{Q}_p}{G}, \quad (2)$$

где t_b – температура внутреннего воздуха, °С;

$\Delta t_0^* = \frac{t_1^* + t_2^*}{2} - t_b^*$ – расчетный температурный напор в отопительных приборах;

$\bar{Q}_p = k \cdot \bar{Q}_0$ – относительная расчетная нагрузка на отопление и вентиляцию;

$\bar{Q}_0 = (1 + \bar{Q}_{\text{ТВ}}) \cdot \frac{t_b + t_h}{t_b^* + t_h^*} - \bar{Q}_{\text{ТВ}}$ – относительная тепловая нагрузка объекта теплопотребления на отопление и вентиляцию с учетом относительной величины бытовых тепловыделений [4–6];

t_b^* и t_h^* – расчетные значения температур внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

t_b и t_h – фактические (текущие) значения температур внутреннего и наружного воздуха соответственно;

$\bar{Q}_{\text{ТВ}} = \frac{Q_{\text{ТВ}}}{Q_0}$ – относительная величина (доля) бытовых тепловыделений в отопительной нагрузке;

$\delta\tau^* = \tau_1^* - \tau_2^*$, $\Delta t^* = t_1^* - t_2^*$ – расчетные перепады температур теплоносителя в тепловой сети и в системе отопления соответственно, °С;

τ_1^* и t_1^* – расчетные температуры подающего теплоносителя в тепловой сети и в системе отопления соответственно, °С;

τ_2^* и t_2^* – те же температуры, но обратного теплоносителя;

$\bar{G} = \bar{G}_p / G^*$ – относительный расход сетевой воды;

$\bar{G} = G^p / G'$ – относительный расход теплоносителя;

G^p – текущий (расчетный) расход теплоносителя;

G' – проектный (договорной) расход теплоносителя.

При соотношении расчетной отопительной нагрузки к договорной $k = 0,7$ и при $\bar{Q}_{\text{ТВ}} = 0,1$ параметры качественного регулирования приведены в табл. 1.

Таким образом, при расчетной температуре наружного воздуха расчетные температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралах составят 114 и 58 °С соответственно.

Данные, представленные в табл. 1, графически показаны на рис. 1. На этом же рисунке приведены также проектный (τ_1 и τ_2) и утвержденный температурные графики ($\tau_{1\text{УТВ}}$ и $\tau_{2\text{УТВ}}$) со срезкой 110 °С и изломом 70 °С.

Сопоставление графиков показывает, что ведение теплоотпуска по утвержденному графику приводит к недотопу в области срезки при $\tau_{1\text{УТВ}} < \tau_{1\text{ОПТ}}$ и к перетопу при $\tau_{1\text{УТВ}} > \tau_{1\text{ОПТ}}$ в области регулирования и излома.

Компенсация недотопов при качественном регулировании может быть обеспечена повышением

Таблица 1

Оптимальные параметры графиков качественного регулирования при $k = 0,7$, $\bar{Q}_{\text{ТВ}} = 0,1$ и $t_{b,p} = 20$ °С

t_h , °С	-24	-20	-15	-10	-5	0	5	8
\bar{Q}_0	1	0,9	0,78	0,65	0,53	0,4	0,28	0,2
\bar{Q}_p	0,7	0,63	0,55	0,46	0,37	0,28	0,2	0,14
τ_{1p}	114	106	95	84	73	62	49	42
T_{2p}	58	55	52	48	44	39	33	31

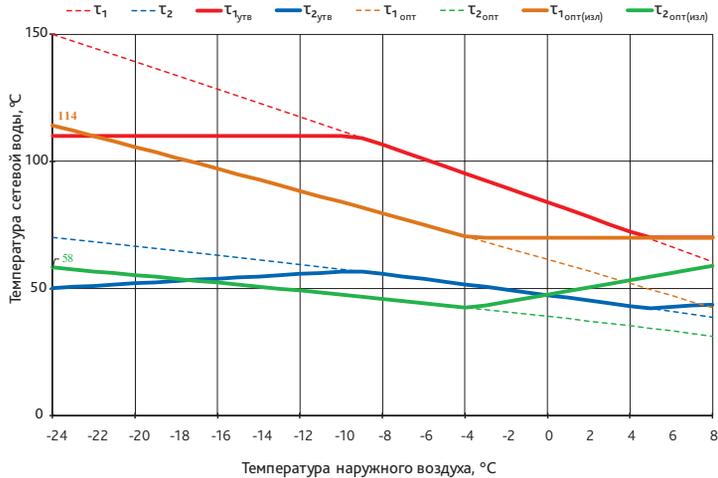


Рис. 1. Проектный, утвержденный и оптимальный графики качественного регулирования при $k = 0,7$ и температуре внутреннего воздуха $20\text{ }^\circ\text{C}$

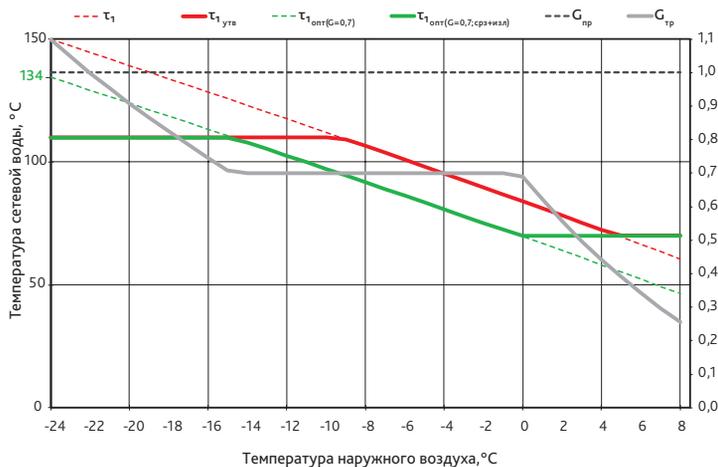


Рис. 2. Оптимальные режимы качественно-количественного регулирования теплоотпуска с ограничением расхода сетевой воды при $k = 0,7$ и $\tau_{1cp} = 110\text{ }^\circ\text{C}$

расхода сетевой воды в области срезки, а перетопов – его уменьшением.

Совмещение количественного регулирования расходов сетевой воды с поддержанием оптимальных температурных графиков с пониженными расчетными параметрами позволяет существенно сократить недотопы и перетопы потребителей, а также сократить расход электроэнергии на транспортировку теплоносителя (рис. 2).

Для сохранения гидравлической устойчивости и исключения разрегулировки системы теплоснабжения изменение расхода сетевой воды рекомендуется производить в пределах 30 % от проектного значения.

Реализацию теплоотпуска при данном способе регулирования предлагается осуществлять по следующему алгоритму (см. рис. 2).

1. В области срезки температурного графика при постоянной температуре сетевой воды τ_1 относительный расход в тепловой сети изменяется от максимального (в рассматриваемом случае с коэффициентом 1,1) до минимально допустимого значения (например, принятого равным 0,7) в соответствии с уравнением:

$$\bar{G} = \frac{(\delta\tau^* - \Delta t^*/2) \cdot \bar{Q}_p}{\tau_{1cp} - t_b^* - \Delta t_0^* \cdot \bar{Q}_p^{0,8}} \quad (3)$$

2. В области регулирования при изменении наружной температуры от температуры в точке срезки до температуры в точке излома графика регулирования относительный расход поддерживается неизменным, т. е. при $\bar{G} = 0,7$. Температура сетевой воды в подающей магистрали изменяется от температуры срезки ($110\text{ }^\circ\text{C}$) до температуры излома ($70\text{ }^\circ\text{C}$) по пониженному температурному графику качественно-количественного регулирования с расчетной температурой в подающей магистрали $134\text{ }^\circ\text{C}$ при расчетной температуре наружного воздуха

$$\tau_{1p} = t_b + \Delta t_0^* \cdot \bar{Q}_p^{0,8} + (\delta\tau^* - \frac{\Delta t^*}{2}) \cdot \frac{\bar{Q}_p}{\bar{G}} \quad (4)$$

3. В зоне излома температурного графика поддерживается постоянная температура $\tau_{1изл} = 70\text{ }^\circ\text{C}$. Регулирование расхода здесь зависит от уровня автоматизации сетевых насосных станций теплоисточников и абонентских установок потребителей. При полной автоматизации в системах теплоснабжения и отопления с возрастанием наружной температуры расход сетевой воды снижается более чем в три раза (до 0,26). При неавтоматизированных узлах ввода отопительных систем регулирование теплоподдачи должно производиться «пропусками» при относительном расходе $\bar{G} = 0,7$.

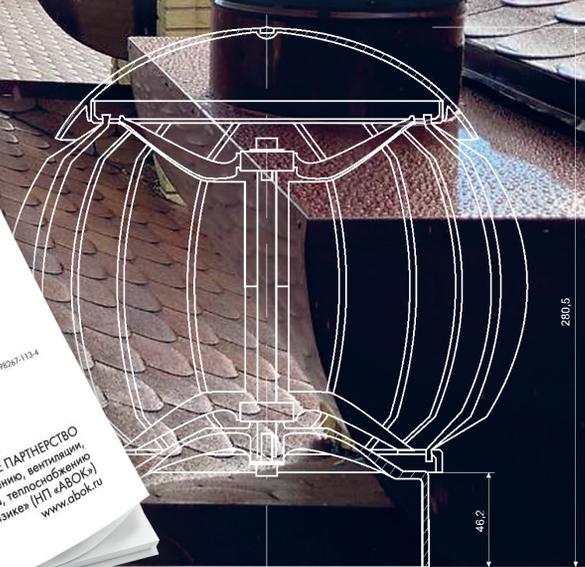
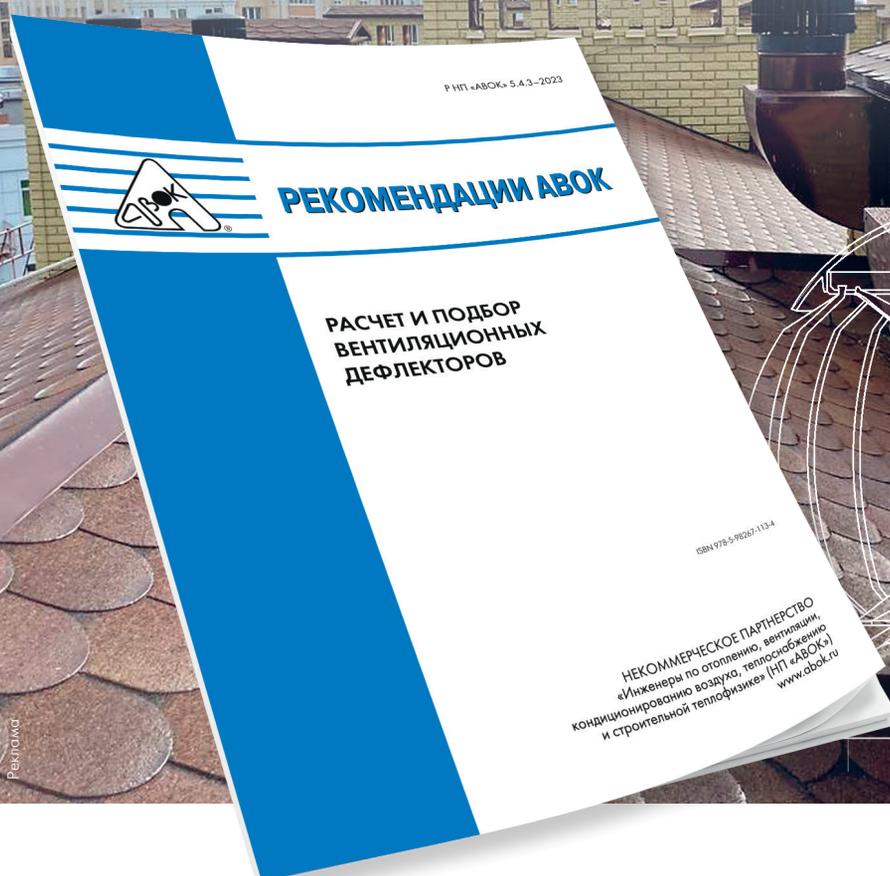
При таком способе регулирования уменьшается не только расход тепловой энергии, но и расход электрической энергии сетевыми насосами.

Выводы

1. В существующих системах теплоснабжения с преимущественно элеваторным присоединением отопительных систем к тепловым сетям применяется качественное регулирование теплоотпуска по отопительной нагрузке



«РАСЧЕТ И ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ»



Настоящие рекомендации распространяются на проектирование вентиляционных дефлекторов, расположенных:

- в жилых зданиях (преимущественно малоэтажная застройка);
- в одноэтажных производственных зданиях (склады, промышленные предприятия и т. п.);
- в отдельно стоящих и встроенных общественных помещениях (торговые, спортивные и т. п.);
- в зданиях хранения сельскохозяйственной продукции;
- в животноводческих помещениях;
- в технических помещениях (подвал, чердак, подкровельное пространство, мусоросборная камера и т. п.).



Рекомендации разработаны творческим коллективом специалистов некоммерческого партнерства «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК»): А. С. Стронгин, канд. техн. наук (НИИСФ РААСН), – руководитель; Ю. А. Табунщиков, президент НП «АВОК», доктор техн. наук, проф., член-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, заведующий кафедрой Московского архитектурного института (Государственной академии); М. М. Бродач, вице-президент НП «АВОК», канд. техн. наук, проф. Московского архитектурного института (Государственной академии); Н. В. Шилкин, канд. техн. наук, проф. Московского архитектурного института (Государственной академии); О. Н. Игонин (ООО «ГЕРВЕНТ РУС», член НП «АВОК»), С. В. Миронова, сертифицированный эксперт по стандартизации (сертификат соответствия СЭ № 0002386 от 07.10.2022).

В разработке рекомендаций приняла участие компания ООО «ГЕРВЕНТ РУС» (член НП «АВОК»)

с проектными параметрами теплоносителя 150/70 °С со срезками, как правило, в диапазоне температур от 100 до 130 °С и с изломом на нужды ГВС в интервале 65–70 °С.

2. При разработке схем теплоснабжения городов выявлено, что для большинства источников тепловой энергии расчетные тепловые нагрузки не превышают 70 % от договорных.
3. Осуществление теплоотпуска по утверждаемым графикам регулирования без корректного учета изменяющихся расчетных тепловых нагрузок и бытовых тепловыделений приводит к перетопу отапливаемых зданий и соответствующему перерасходу тепловой энергии.
4. Для устранения перерасхода тепловой энергии предложен график регулирования, более корректно учитывающий фактическую тепловую нагрузку и внутренние тепловыделения в тепловом балансе зданий.
5. Применение предложенного графика качественно-количественного регулирования отпуска тепловой энергии с ограничением расхода сетевой воды позволит уменьшить потребление тепловой и электрической энергии в системе централизованного теплоснабжения на 25–30 % при сохранении требуемой температуры внутреннего воздуха вплоть до точки излома температурного графика и соблюдения требуемой кратности воздухообмена в отапливаемых помещениях, в т. ч. при наиболее холодных температурах наружного воздуха.
6. Сокращение нерационального расходования энергетических ресурсов позволит существенно снизить выбросы источниками тепловой энергии загрязняющих веществ в атмосферу и улучшить тем самым экологическую обстановку в городах.

Литература

1. Аверьянов В. К., Тютюнников А. И., Богданов К. В., Горшков А. С. Методология коррекции существующих графиков регулирования отпуска тепловой энергии // АВОК. – 2024. – № 3. – С. 52–55.
2. Актуализированная Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на 2023 год, утвержденная приказом Минэнерго России от 04.08.2022 № 762 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa.htm> (дата обращения: 04.08.2023).
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 9-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ. – 2009. – 472 с.
4. Ливчак В. И. Гармонизация исходных данных российских норм, определяющих величину внутренних теплопоступлений, с европейскими нормами // АВОК. – 2014. – № 1. – С. 66–70.
5. Ливчак В. И. Уточнение правил перерасчета измеренного теплопотребления на отопление // Энергосбережение. – 2020. – № 4. – С. 44–47.
6. Ливчак В. И. Оптимизация алгоритма подачи теплоты на отопление в зданиях: экономия от 15 до 40 % и более без дополнительных инвестиций // Энергосбережение. – 2020. – № 2. – С. 54–57.
7. Ливчак В. И. Как встретить морозы с минимальными потерями для населения // Энергосбережение. – 2007. – № 2. – С. 14–21.
8. Gorshkov R. A., Nemova D. V., Frolova I. E. Feasibility study when choosing a temperature schedule for heat load regulation // AlfaBuild. – 2023. – No. 1(26). – P. 2603. – DOI 10.57728/ALF.26.3.
9. Gorshkov A. S., Yuferev Y. V., Kabanov M. S. Analysis of thermal loads and specific consumption of thermal energy in apartment buildings // Thermal Engineering. – 2021. – Vol. 68. – No 8. – Pp. 654–661. DOI: 10.1134/S0040601521050050
10. Юферев Ю. В., Артамонова И. В., Горшков А. С. Об анализе тепловых нагрузок потребителей при разработке и актуализации схем теплоснабжения // Новости теплоснабжения. – 2017. – № 8. – С. 32.
11. Петрущенко В. А. Расчет режимов работы централизованных систем теплоснабжения в непроектных условиях // Теплоэнергетика. – 2022. – № 5. – С. 84–94. DOI: 10.1134/S0040363622050046.
12. Петрущенко В. А. Обоснование пониженного температурного графика регулирования централизованных систем теплоснабжения // Новости теплоснабжения. – 2015. – № 8. – С. 30–37.
13. Кирюхин С. Н., Сеннова Е. В., Шиманская А. О. Оценка данных о технологических нарушениях в тепловых сетях // Энергосбережение. – 2018. – № 6. – С. 22–26.
14. Горшков А. С., Рымкевич П. П. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения // Энергосбережение. – 2019. – № 4. – С. 50–55.
15. Горшков А. С., Рымкевич П. П. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения // Энергосбережение. – 2019. – № 5. – С. 62–72.