

# СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКОЙ СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Е. Г. Гашо, канд. техн. наук, доцент НИУ МЭИ

А. А. Гилев, инженер

Сбалансированность и взаимная увязка параметров тепловой защиты зданий и генерации тепла отопительной системой – это недостаточно исследованная область для широкого круга специалистов<sup>1</sup>. Во многом так происходило потому, что это стык нескольких дисциплин: строительная физика задавала общие параметры теплозащиты, а теплоэнергетика нормировала в основном температурный режим теплосети (в том числе температурный перепад теплоносителя на входе и выходе из здания). То есть собственно энергетические балансы различных зданий при разных температурах наружного воздуха практически не анализировались серьезно.

При этом надо отдавать себе отчет, что мы имеем дело с разной философией соответствующих отраслей техники. Строители создают капитальные сооружения, не учитывая в полной мере их режимные особенности, схемы подключения здания к сетям энергоснабжения, особенности регулирования тепловой нагрузки. Теплоэнергетики, в свою очередь, проектируют систему энергоснабжения и схему присоединения к сети, не обращая серьезного внимания на теплотехнические особенности зданий в целом, их возможную энергетическую разнокачественность с точки зрения диссипации энергии в окружающую среду. Какова же сейчас реальная ситуация в этом важном секторе систем энергоснабжения города?

<sup>1</sup> Проблеме перерасхода тепловой энергии на отопление в зданиях с повышенными параметрами тепловой защиты посвящен ряд публикаций В. И. Ливчака, см., например, статью «Последовательность в исполнении требований повышения энергоэффективности многоквартирных домов» в журнале «Энергосбережение», №6, 2010. – Прим. ред.



## Теплоснабжение мегаполисов<sup>2</sup>

Городская система теплоснабжения мегаполиса – это, как правило, весьма распределенная, инерционная система с большим количеством источников тепла и потребителей, сложными гидравлическими режимами, взаимовлиянием разных элементов системы друг на друга. Влияет все: климат и размер города, режимы подачи и качество воды, рельеф города, число котельных и состояние сетей, тарифы и потребительское поведение.

Кроме того, в отличие от двух–трех вариантов схем подключения городских объектов к электрическим сетям, присоединение зданий к тепловым сетям возможно по двум десяткам разных схем, отличающихся по соотношению и способам регулирования тепловых нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения.

Общее устройство отопительных инженерных систем зданий тоже весьма существенно различается (по количеству стояков, верхней или нижней раздаче теплоносителя), наличие балансировочных устройств, систем дополнительного пофасадного или иного регулирования.

### Отопительная характеристика зданий

Количественной характеристикой интенсивности теплоотдачи (диссипации) здания в окружающую среду принято считать удельную отопительную характеристику, отражающую удельные потери тепла с единицы объема при перепаде температур внутри и снаружи здания в 1 °С. Нам представляется, что теплотехнически более точно было бы назвать этот параметр удельной диссипативной (или некой «теплотерью») характери-

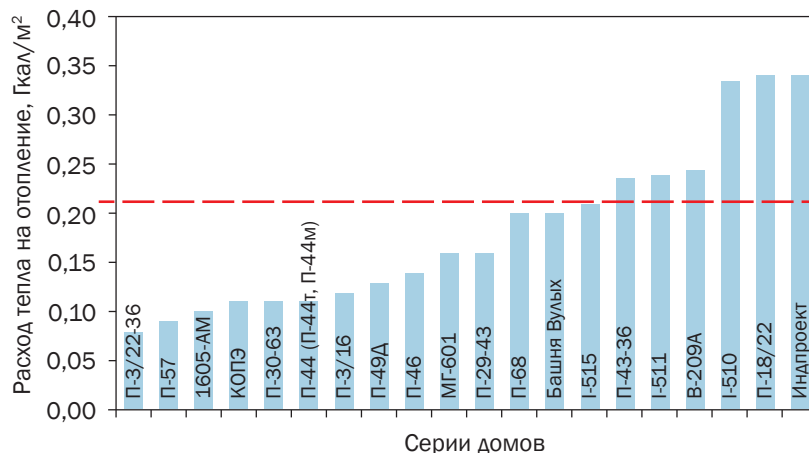


Рис. 1. Показатели удельного потребления тепла на отопление зданий разных серий

стикой, поскольку она характеризует именно диссипативные свойства здания в процессах тепловой релаксации с окружающей средой.

Что же физически более правильно считать отопительной характеристикой? Полагаем, что это величина удельной генерации тепловой энергии отопительной системой здания, также отнесенная к единице объема и перепаду температур между помещениями и окружающей средой в 1 °С. Очевидно, что в идеале эти величины должны совпадать, обеспечивая тем самым полное покрытие тепловых потерь зданием и, соответственно, комфортные условия для проживания или другой жизнедеятельности.

### Энергетическое исследование зданий

Тем не менее более десятилетия назад нами были выявлены значительные и разнородные дисбалансы в поставках тепла в здания, обусловленные разными причинами.

Опыт работы в Центральном административном округе (ЦАО) Москвы в 2001–2006 годах пока-

зывал существенные расхождения между расчетными (договорными) и фактическими поставками тепловой энергии потребителям, наличие значительных перепоставок – перерасходов в подаче тепла (перетопов). Подобные дисбалансы наблюдали и многие другие специалисты при энергетических обследованиях зданий, массовой установке приборов учета тепла в разных городах страны, разработке схем теплоснабжения городских поселений. Были получены обобщенные значения удельного потребления тепла жилыми зданиями, убедительно доказано, что оно превышает «передовые западные показатели» ориентировочно на 35–55 %, а не в разы.

Эти результаты были учтены в программах энергосбережения ряда городов, при проведении капитальных ремонтов жилого фонда и бюджетной сферы, наконец, при разработке генеральных схем теплоснабжения. В числе важнейших причин ситуации назывались нестабильные гидравлические режимы, разрегулированность инженерных систем в зданиях или в контуре ЦТП, зашламованность

<sup>2</sup> Литературные источники, используемые при подготовке данной статьи, приведены в электронной версии на [www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6241](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6241)

**Таблица 1** Динамика текущих параметров исследуемых зданий

| Параметры   | 2013 год       |                |                | 2014 год       |                |                |                |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   | Октябрь        | Ноябрь         | Декабрь        | Январь         | Февраль        | Март           | Апрель         |
| Средняя температура наружного воздуха за месяц, °С  | 6,7            | 3,8            | -1,9           | -8,4           | -2,1           | 3,0            | 7,4            |
| Количество строений с превышением расчетной нагрузки, шт.<br>Средний процент превышений, %                      | 1 128<br>127,0 | 1 212<br>127,8 | 1 155<br>125,7 | 1 113<br>121,7 | 1 197<br>125,8 | 1 268<br>127,6 | 1 446<br>137,2 |
| Количество строений с зафиксированным перетопом по температуре T3, шт.<br>Процент от общего количества, %       | 651<br>57,7    | 544<br>44,8    | 533<br>46,1    | 418<br>37,5    | 549<br>45,9    | 578<br>45,6    | 715<br>49,4    |
| Количество строений с зафиксированным несоответствием по температуре T4, шт.<br>Процент от общего количества, % | 237<br>21,0    | 292<br>24,0    | 167<br>14,4    | 262<br>23,5    | 258<br>21,5    | 327<br>25,7    | 172<br>11,9    |
| Запитано от ЦТП/ ИТП  | 1 103/25       | 1 188/24       | 1 133/22       | 1 088/25       | 1 173/24       | 1 241/27       | 1 421/25       |
| Количество зданий с выявленными значениями удельных отопительных характеристик строений                         |                |                |                |                |                |                |                |
| Менее 0,2 Вт/(м³•°С)  | 339            | 2              | 119            | 10             | 11             | 2              | 203            |
| 0,2–0,5 Вт/(м³•°С)  | 428            | 207            | 390            | 364            | 267            | 263            | 331            |
| Более 0,5 Вт/(м³•°С)  | 361            | 1 003          | 646            | 739            | 919            | 1 003          | 912            |

трубопроводов, несоблюдение температурного графика тепловой сети.

Что изменилось за эти годы? Анализ показаний большого массива приборов учета тепловой энергии за последние три года в Москве продемонстрировал те же существенные расхождения фактических и расчетных нагрузок, реального и договорного потребления тепловой энергии зданиями.

### Анализ данных с приборов учета тепловой энергии

По результатам анализа данных всех приборов учета тепла, установленных в домах разных серий (рис. 1), стало очевидно, что показания приборов учета фиксируют удельные значения расходов тепла на отопление в диапазоне 0,08–0,33 Гкал/м², в среднем около 0,226 Гкал/м². При этом среднее значение теплотребления всех зданий города (по данным энергобаланса) составляет около 0,14–0,15 Гкал/м². Более того, примерно

такая же цифра удельного потребления тепла (0,135 Гкал/м²) получается, если учесть в анализе только работоспособные и исправные приборы учета тепловой энергии. Следует отметить, что около 950 счетчиков тепла в зданиях (31%) неработоспособны и требуют ремонта и/или проверки, что заставляет более внимательно относиться к их показаниям.

При этом всего около 1000 зданий (33%) потребляют тепловую энергию в соответствии с расчетными значениями (или несколько ниже), свыше 1050 зданий (35%) согласно приборам учета потребляют тепла значительно больше расчетных значений (табл. 1). Усредненная величина перепоставок тепловой энергии зданиям составляет от 122 до 138%, при этом количество зданий с зафиксированными приборами перетопами колеблется в зависимости от месяца в пределах 12–25% (табл. 1). Количество зданий с «перебором» тепловой энергии максимально в октябре

и марте–апреле, минимально в декабре–январе.

Мониторинг параметров теплоносителя в течение всего отопительного сезона позволяет выявить отклонения температурных параметров как прямой, так и обратной сетевой воды, питающей здания тепловой энергией. Основными причинами «переборов» тепла зданиями в значительной степени является разрегулированность домовых инженерных систем (~24%) и гидравлики в контуре ЦТП (~55%).

Безусловно, в каждом конкретном случае причины могут существенно различаться: разрегулированность внутреннего контура ЦТП, несоответствие мощностей подающих насосов, забитость инженерных систем зданий, плохая настройка элеваторов или других регулирующих устройств в зданиях. Кроме того, здания могут быть присоединены к тепловой сети по зависимым или независимым схемам.



## Результаты капитального ремонта зданий

По итогам капитального ремонта (который был проведен почти в каждом четвертом здании одного из административных округов Москвы) далеко не всегда были снижены тепловые нагрузки и фактическое теплопотребление. Да и новые здания разных серий, которые, по заверениям строителей, имеют необходимые параметры тепловой защиты (больше  $3,13 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$ ), на деле потребляют энергии на 25–30% больше. Это соответствует существенно меньшим параметрам приведенного сопротивления теплопередаче ограждений ( $0,9\text{--}1,3 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$ ).

В среднем превышение договорных нагрузок в зависимости от периода (месяц) составляет 36,7–47,6% от общего количества жилых домов, участвовавших в анализе. Значит, около трети домов округа потребляет тепловой энергии больше максимально возможных значений. Усредненная величина превышения фактического потребления над расчетным колеблется от 121,7 до 137,2% (табл. 1). Количество домов с превышением (рис. 2) прямо пропорционально изменению температуры наружного воздуха, т. е. чем теплее, тем больше количество превышений.

Усредненный процент зафиксированного перетопа по температуре теплоносителя (воды) в подающем трубопроводе  $T_3$  от температурного графика колеблется от 37,5 до 57,7% от общего количества домов с превышением договорных нагрузок и зависит от температуры наружного воздуха. Усредненный процент домов с отклонением температуры воды в обратном трубопроводе  $T_4$  от температурного графика колеблется от 11,9 до 25,7%. Получается, что примерно пятая часть домов с пре-

вышением договорных нагрузок и соответствием по температуре  $T_3$  не соблюдает температурный (а возможно, и гидравлический) режим. Подавляющее большинство зданий с превышением расчетных нагрузок запитано от ЦТП, лишь в 2% от ИТП (табл. 1). Усредненный год постройки домов с превышением договорных нагрузок – 1970 год.

## Анализ системы теплоснабжения

С чем еще может быть связано такое значительное проявление дисбалансов (перепоставок) тепла в городском поселении? Представляется, что частично ответ на этот вопрос может дать анализ работы системы теплоснабжения, ее режимов, особенностей энергоисточников.

Жилой фонд выбранного для анализа административного округа Москвы (с общей численностью свыше полутора миллионов жителей) снабжается теплом по большей части от крупных ТЭЦ (около 60%), с соответствующим температурным графиком  $150/70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Если перепоставки тепла первого типа, выявленные полтора десятилетия назад, были в основном

связаны с приличными теплотехническими характеристиками зданий (постройки начала прошлого века с  $R = \sim 1 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$ ), то перепоставки тепла в зданиях в основном 1970-х годов постройки – прямое следствие неработоспособности систем регулирования, изношенного состояния инженерных систем зданий и повышенного температурного графика теплосети непосредственно от городских ТЭЦ.

Для более точного анализа по данным параметров учета тепла и ретроспективным температурам наружного воздуха зимой были выявлены именно теплогенерационные параметры зданий, которые мы по традиции называем удельными отопительными характеристиками с размерностью  $\text{Вт}/(\text{m}^3\cdot^\circ\text{C})$ .

## Динамика удельных теплопритоков в зданиях

Рассмотрим примерное изменение количества зданий с различным превышением удельных показателей генерации тепла инженерными системами (удельная отопительная характеристика значительного количества зданий с «перебором» тепла составляет  $0,5\text{--}0,6 \text{ Вт}/(\text{m}^3\cdot^\circ\text{C})$ )

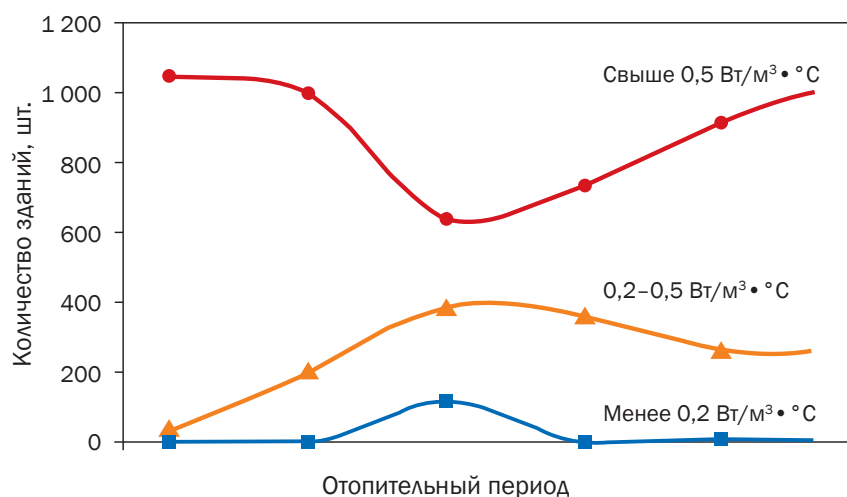


Рис. 2. Динамика количества зданий с разными показателями удельной поставки в течение отопительного периода 2013/2014 годов

**Таблица 2** Параметры потребления тепла на отопление новых зданий Москвы в 2013–2014 годах

| Серия дома (толщина перекрытий, см) | Отапливаемая площадь, м <sup>2</sup> | Суммарный расход тепла, Гкал/год | Удельный расход тепла, Гкал/м <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| П 44-М (28 см)                      | 14 834                               | 2 176                            | 0,147                                      |
|                                     | 13 321                               | 1 843                            | 0,138                                      |
|                                     | 9 870                                | 1 427                            | 0,145                                      |
|                                     | 13 104                               | 1 966                            | 0,150                                      |
|                                     | 14 067                               | 1 861                            | 0,132                                      |
| П 111 (35 см)                       | 8 998                                | 1 281                            | 0,142                                      |
|                                     | 22 799                               | 2 539                            | 0,111                                      |
|                                     | 22 601                               | 3 038                            | 0,134                                      |
|                                     | 22 282                               | 3 042                            | 0,137                                      |
| П 44 К (30 см)                      | 18 210                               | 2 717                            | 0,149                                      |
|                                     | 18 840                               | 2 525                            | 0,134                                      |
|                                     | 26 065                               | 2 637                            | 0,101                                      |
|                                     | 11 157                               | 3 727                            | 0,334                                      |
|                                     | 11 157                               | 2 581                            | 0,231                                      |
|                                     | 24 694                               | 1 546                            | 0,063                                      |
|                                     | 24 840                               | 3 276                            | 0,132                                      |
| КОПЭ (35 см)                        | 28 819                               | 4 567                            | 0,158                                      |
|                                     | 41 104                               | 4 763                            | 0,116                                      |
|                                     | 36 216                               | 1 102                            | 0,030                                      |
|                                     | 10 176                               | 995                              | 0,098                                      |
|                                     | 36 311                               | 5 122                            | 0,141                                      |
|                                     | 9 480                                | 1 089                            | 0,115                                      |
|                                     | <b>438 945</b>                       | <b>55 820</b>                    | <b>0,127</b>                               |

в течение отопительного сезона 2013–2014 годов (рис. 2). На рисунке четко видна динамика удельных теплопритоков, которая переходит в разное количество перетапливаемых зданий в течение отопительного сезона. Число зданий с весьма значительными перепоставками тепла свыше 0,5–0,6 Вт/(м<sup>3</sup>•°С) при включении отопления достигает тысячи (практически треть жилого фонда ЦАО) и снижается примерно до 600 в холодное время года (20% всех зданий). 524 здания показывают существенные изменения теплового режима в течение всего отопительного периода. В основном к ним от-

носятся здания 1966–1978 годов постройки. Практически все эти здания запитаны от ЦТП.

Полученные данные по выявлению удельных отопительных характеристик свидетельствуют не столько о низких параметрах тепловой защиты здания (то есть их диссипативных параметрах) в рассматриваемом периоде, сколько именно о несоответствии режимов поставки тепла в здания расчетным теплопотерям.

Среднее значение удельной отопительной характеристики за весь период составляет гигантскую величину 0,54 Вт/(м<sup>3</sup>•°С). Зависимость удельной отопительной характери-

стики от объема зданий свидетельствует о том, что здания с меньшим объемом имеют характеристику более 0,5 Вт/(м<sup>3</sup>•°С). Усредненное количество жилых домов с удельной отопительной характеристикой менее 0,2 Вт/(м<sup>3</sup>•°С) составляет всего 8% от общего количества.

### Перепоставки тепла в новых домах

Но самой большой неожиданностью при анализе показаний приборов учета явились достаточно массовые перепоставки тепла (т. е. расхождения между расчетными нагрузками и фактическими значениями приборов учета) домов новых серий: П-44-М, П-111, П-44-К, КОПЭ. Безусловно, эти расхождения несколько ниже, чем у домов 1970-х годов постройки, тем не менее статистически весьма значимы. Все эти здания имеют проектные значения теплозащиты около 3 °С•м<sup>2</sup>/Вт и присоединены к тепловой сети через современные и, как правило, функционирующие тепловые пункты (ИТП).

Из сопоставления удельных затрат тепла на отопление (табл. 2) логично предположить, что здания могут иметь более низкие показатели теплозащиты 1,4–1,7 °С•м<sup>2</sup>/Вт, чем проектные. При этом ИТП подает в здание количество тепла, рассчитанное исходя из проектных значений, а на самом деле зданию его требуется больше. В зависимости от фактических ГСОП удельный расход тепла на отопление при  $R = 3,13$  °С•м<sup>2</sup>/Вт должен составить 0,06–0,07 Гкал/м<sup>2</sup>.

К сожалению, корреляции между существенным снижением удельных расходов тепла на отопление у новых зданий с повышенной теплозащитой не выявлено, есть некоторое снижение в пределах 10–15%, причем не у всех новых зданий. ■