



АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЙ ЖИЛОГО ФОНДА МОСКВЫ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергоэффективность, энергосбережение, удельное потребление тепловой энергии, узлы учета тепловой энергии, отопительный период (ОП), центральное отопление (ЦО), горячее водоснабжение (ГВС)

Е. Г. Гашо, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»)

А. М. Фокин, старший преподаватель филиала НИУ «МЭИ» в Смоленске

А. А. Щукин, инженер НИУ «МЭИ»

Анализ фактических параметров потребления тепловой энергии зданиями дает важные результаты, показывающие обоснованность тех или иных мер по энергосбережению. В статье рассмотрены основные показатели фактического теплоснабжения многоквартирных домов основных массовых серий, расположенных в столице России. Для удобства сравнения зданий разных серий и лет постройки выполнен анализ удельных характеристик годового потребления теплоты, рассчитаны удельные (по площади и объему) отопительные характеристики зданий.

Цель исследования

Первые работы, в которых представлены результаты анализа приборов учета тепла зданий 20 серий, расположенных в Центральном административном округе Москвы,

были опубликованы около 20 лет назад [1, 2]. Следующий анализ основывался на данных о теплоснабжении более чем 3 000 зданий Южного округа Москвы за отопительные периоды 2012–2013 годов [3]. Цели данного исследования были следующими:

- оценить возможность использования данных приборов учета тепла зданий, их полноту и адекватность;
- произвести оценку ключевых параметров эффективности (удельной отопительной характеристики, удельного годового потребления тепла) зданий разных серий типов и серий;
- выявить динамику изменения ключевых энергетических характеристик зданий за 5 лет (с 2018 по 2023 годы).

На втором этапе исследования планировалось:

- сравнить полученные данные с показателями более ранних исследований (проведенных в 2001–2005 годах, 2008–2009 годах, 2014 году);
- оценить энергетическую эффективность проведения реконструкций, капитальных ремонтов зданий;
- уточнить наличие и масштабы энергосбережения при прогнозе тепловых нагрузок нового и существующего фонда недвижимости.

Исходные данные для исследования

Важным источником определения фактических характеристик зданий и определения зависимости теплопотребле-

ния от различных факторов, прежде всего от параметров наружного воздуха, являются архивы общедомовых узлов учета тепловой энергии [4]. Для анализа по запросу НИУ «МЭИ» были представлены два блока исходных данных (зданий массовых серий и объектов, прошедших капитальный ремонт).

Суммарная площадь серийных домов, по данным БТИ 2006 года, достигла 137 млн м², что в настоящее время составляет более трети жилого фонда Москвы. Учитывая массовость серийного строительства, результаты анализа теплопотребления в рамках таких групп потребителей могут быть использованы при составлении балансов и оценке резервов тепловой мощности в энергосистеме Москвы. Для проведения анализа отобраны 27 наиболее массовых серий домов (табл. 1).

В выборку для анализа тепловых параметров серийных зданий вошло 780 домов (по 30–40 в каждой серии) разных лет постройки, размеров, материалов ограждающих конструкций и т. д. Из числа запрошенных адресов по 624 домам предоставлены архивы суточных показаний теплосчетчиков систем центрального отопления (ЦО), по 614 домам – горячего водоснабжения (ГВС), при этом только половина из

Таблица 1 Серии домов, вошедших в выборку, и их тепловые характеристики

Серия (Годы строительства)	Количество домов в выборке (и их общая площадь, м ²)	Удельная отопительная характеристика, q_o^{cp} , Вт/м ² ·°C		Потребленное тепло, $q_{год}$, за ОП, Гкал/м ²	Условное сопротив- ление теплопередаче R , м ² ·°C/Вт
		Вт/м ² ·°C	Вт/м ² ·°C		
П-3 (1975–2000)	50 (11 000 477)	1,348	0,499	0,121	0,493
П-3М (1996–2015)	18 (4 789 492)	1,353	0,501	0,122	0,538
И-155 (2001–н.в.)	14 (1 335 130)	1,370	0,507	0,123	0,512
П-44 (1979–2002)	40 (18 346 611)	1,386	0,513	0,125	0,493
И-515/9 (1957–1983)	25 (5 846 818)	1,414	0,524	0,127	0,518
П-44т (1997–2019)	10 (10 556 752)	1,420	0,526	0,128	0,460
П-111м (1966–н.в.)	4 (1 581 895)	1,434	0,531	0,129	0,482
И-29 (1965–1971)	17 (2 756 551)	1,460	0,541	0,131	0,518
Башня Вулыха (1967–1968)	13 (1 422 576)	1,465	0,543	0,132	0,434
П-18/22 (1962–1972)	27 (6 749 532)	1,472	0,545	0,133	0,477
П-47 (1975–1990)	21 (2 600 849)	1,484	0,550	0,134	0,451
П-30 (1971–2005)	37 (4 829 972)	1,513	0,560	0,136	0,466
КОПЭ (1981–н.в.)	24 (7 478 227)	1,524	0,564	0,137	0,467
И-49Д (1965–1985)	27 (13 476 821)	1,557	0,577	0,140	0,478
И-209а (1970–1980)	17 (3 307 577)	1,584	0,587	0,143	0,372
И-57 (1963–1970)	17 (2 903 242)	1,603	0,594	0,144	0,445
П-46 (1971–1998)	37 (5 471 023)	1,604	0,594	0,144	0,451
П-46М (1994–н.в.)	14 (4 305 698)	1,604	0,594	0,144	0,408
И-605-АМ (1965–1985)	13 (1 232 422)	1,605	0,595	0,145	0,453
И-510 (1957–1968)	9 (1 898 368)	1,614	0,598	0,145	0,569
П-55 (1978–2002)	31 (2 651 413)	1,617	0,599	0,146	0,416
И-68 (1970–1999)	29 (7 737 176)	1,559	0,557	0,147	0,428
И-515/5 (1957–1973)	24 (6 173 937)	1,674	0,620	0,151	0,480
И-511 (1958–1969)	20 (2 185 130)	1,685	0,624	0,152	0,473
И-14 (1956–1964)	31 (3 862 070)	1,706	0,632	0,154	0,470
И-447 (1958–1964)	19 (1 176 638)	1,813	0,671	0,163	0,422
П-43 (1974–1985)	14 (1 343 653)	1,850	0,685	0,167	0,349
ИТОГО	602 (137 020 050)	1,548*	0,573*	0,135*	0,464*

*Среднее значение по всем исследуемым домам

Таблица 2 Количество показаний теплосчетчиков

Дата	Количество показаний с систем	
	центрального отопления	горячего водоснабжения
10 октября 2018 года	326	300
10 октября 2019 года	336	319
10 октября 2020 года	441	431
10 октября 2021 года	532	520
10 октября 2022 года	610	590

предоставленных архивов имели показания счетчиков на начало отопительного периода 2018/19 (табл. 2).

Отметим, что используемые архивы представляют собой достаточно большой массив данных, который содержит различные ошибки, включая пропуски показаний и дат в течение отопительных периодов (ОП). Поэтому, во избежание ошибок в результатах анализа, перед расчетами проводилась первичная обработка архивов с помощью средств автоматизации.

Несмотря на то что рассматриваемые объекты имеют общее назначение и расположены в одном регионе, функционируют в одинаковых климатических условиях, между ними имеются существенные различия. Прежде всего, здания различаются по размеру – диапазон жилых площадей домов от 1 435 до 62 010 м². Поэтому для корректного сравнения теплотехнических параметров было принято решение оперировать удельными величинами.

В качестве исходных данных для расчета удельных отопительных характеристик служили архивы общедомовых теплосчетчиков, архив погоды с метеостанции ВДНХ, а также данные БТИ (за 2006 год) и других источников о площадях жилых домов.

Расчетные величины и результаты расчета

- Удельная отопительная характеристика q_o (УОХ) отдельных зданий была получена из расчетной формулы (1) (см. Формулы).
- Удельная отопительная характеристика серий домов $q_{ср}$ определялась как усредненное значение отопительных характеристик отдельных зданий за отопительные периоды.
- Количество теплоты на отопление 1 м² за год (отопительный период) $q_{год}$ рассчитывалось по формуле (2).
- С точки зрения строительной теплофизики теплозащитные свойства наружных ограждений характеризуются коэффициентом теплопередачи и обратной ему величиной – термическим сопротивлением R наружного ограждения. В данной работе проведен расчет условного значения сопротивления теплопередаче наружных ограждений для серий домов по фактическим значениям УОХ при самой низкой температуре наружного воздуха за исследуемый период. Самый холодный день пришелся на 7 января 2023 года, средняя температура наружного воздуха за сутки составила -21,8 °С. Значение условного сопротивления теплопередаче рассчитывалось исходя из условия отнесения всего расхода поставленной тепловой энергии на компенсацию тепловых потерь зданием и определено из формулы (3).

Таблица 3 Динамика изменения усредненного значения тепловых энергетических характеристик 321 дома разных строительных серий с 2018 по 2023 год

Отопительный период (ОП)	$q_{год},$ Гкал/м²	УОХ, Вт/м³·°С	$G_{гвс},$ м³/чел.·сут.	ГСОП (при $t_{вн} = 22^\circ$)	$t_n, ^\circ\text{C}$	Продолжительность ОП, сут.
2018/19	0,141	0,483	71	4 707	0,7	221
2019/20	0,120	0,456	–	4 264	3,3	228
2020/21	0,146	0,483	–	4 883	0,3	225
2021/22	0,155	0,498	–	5 037	1,1	241
2022/23	0,146	0,511	59	4 620	1,0	220

Таблица 4 Структура изменения энергетических характеристик домов разных строительных серий с 2018 по 2023 год

Характер изменения энергетических характеристик зданий	Центральное отопление			Горячее водоснабжение		
	Количество домов, ед.	Доля от общего количества домов, %	Изменение, %	Количество домов, ед.	Доля от общего количества домов, %	Изменение, %
Снизились	97	30	–13	252	78	–23
Без изменений или изменились незначительно	114	36	0	44	14	–1
Повысились	110	34	+17	28	8	23
Всего домов	321 (100 %)			324 (100 %)		
Среднее изменение			+5			–16

Формулы

Номер формулы в тексте	Формула
(1)	$q_0 = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot 1,163 \cdot 10^6}{F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot 24}$
(2)	$q_{\text{год}} = \frac{q_0^{\text{ср}} \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1,163 \cdot 10^6}$
(3)	$R = \frac{\beta}{q_R}$
Обозначения в формулах	

q_0 – удельная отопительная характеристика, Вт/м²•°C
 $Q_{\text{сут}}$ – суточное потребление тепла, Гкал
1,163 – коэффициент перевода Гкал/ч в МВт
 F – отапливаемая площадь, м²
 $t_{\text{вн}} = 22$ °C – температура воздуха в помещении
 $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °C
24 – время наработки теплосчетчика за сутки, ч
 $q_{\text{год}}$ – количество теплоты на отопление 1 м² за год (отопительный период), Гкал/м²
 $q_0^{\text{ср}}$ – усредненная удельная отопительная характеристика за период с 2018 по 2023 год,
ГСОП – среднее значение градусо-суток отопительных периодов с 2018 по 2023 год для температуры внутреннего воздуха 22 °C,
 R – условное сопротивление теплопередаче, м²•°C/Вт
 β – показатель компактности зданий, равный 0,25
 q_R – удельная отопительная характеристика (при –21,8 °C), Вт/м³

Полученные усредненные за период 2018–2023 годов значения тепловых характеристик серий домов сведены в табл. 1: Разброс значений УОХ зданий относительно среднего значения между сериями составляет 32 %, внутри серий – от 35 до 123 %, что говорит о существенном влиянии различных факторов на данный показатель. Среднегодовое количество теплоты на отопление составило 0,135 Гкал/м², что на треть ниже установленных нормативных значений для Москвы¹. Можно видеть (табл. 1), что значения условного сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий при фактических значениях удельной отопительной характеристики не превышает 0,569 м²•°C/Вт. Несмотря на высокую погрешность расчета этого параметра, полученное среднее значение приведенного сопротивления теплопередаче в 5,5–6,0 раз меньше нормы, рекомендуемой действующими нормативными документами – 3,13 м²•°C/Вт.

Результаты исследования

Из табл. 3 и 4 можно видеть динамику изменения ключевых энергетических характеристик зданий за рассматриваемый период (2018–2023 годы). В выборку вошли дома различных серий, имеющие показания счетчиков с 2018 года.

¹ Согласно Приказу Департамента экономической политики и развития города Москвы от 17 декабря 2020 года № 352-ТР «Об установлении долгосрочных тарифов на тепловую энергию, поставляемую ПАО «МОЭК» на 2021–2023 годы», где норматив потребления тепла на 1 м² в год составляет 0,192 Гкал.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ОБЪЕКТОВ И ГОРОДСКОЙ
ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ»



Дата проведения: 8 ноября 2024 года
Место проведения: Институт энергоэффективности и водородных технологий «НИУ «МЭИ» (Москва, ул. Красноказарменная, 17)

Организатор:

- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»)

при поддержке:

- Российской инженерной академии,
- НИИ Центр экологической промышленной политики (Бюро НДТ),
- некоммерческого партнерства «Российское тепло-снабжение»,
- некоммерческого партнерства «АВОК»,
- Московской объединенной энергетической компании

Генеральный информационный партнер:
журнал «Энергосбережение»

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Энергетическая и экологическая эффективность предприятий, использование вторичных источников энергии и энерготехнологическое комбинирование.
- Системы ресурсоснабжения городов и мегаполисов. Энергосбережение как драйвер улучшения экологии мегаполисов, их климатической адаптации.
- Атомно-водородные и электрохимические технологии в промышленности и городской инфраструктуре.
- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии и гибридные энергетические системы городов и удаленных поселений.
- Экономико-правовые вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Более подробная информация: www.mpei.ru

Реклама

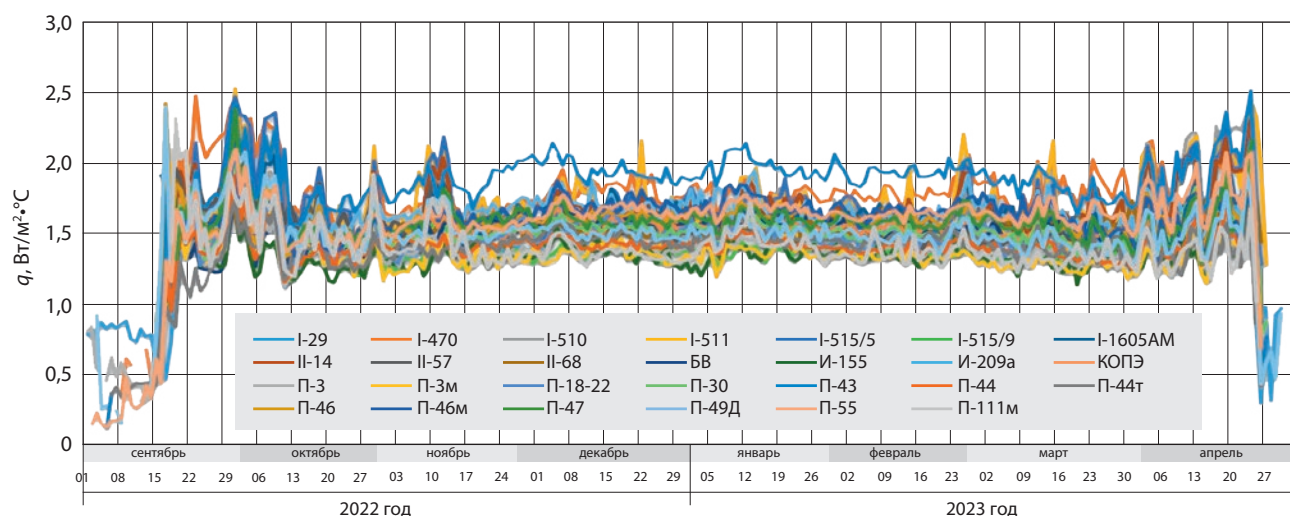


Рис. Динамика удельных отопительных характеристик разных серий домов в отопительном периоде 2022/23 годов

Значительного изменения в теплотреблении системой отопления не выявлено, однако наблюдается снижение потребления горячей воды на 16 % с 2018 по 2023 год.

Динамика изменения энергетических характеристик зданий (УОХ) в течение отопительного периода 2022/2023 годов проиллюстрирована на рисунке. Для получения более точных результатов о наличии резервов энергосбережения в коммунальном комплексе городов необходимо сочетать анализ полученных от приборов учета данных с тепловыми балансами зданий [5].

Выделим основные моменты и результаты проведенного исследования:

1. Для исследования зданий строительных серий П-44, И-49(Д), П-3, П-44Т, И-68, КОПЭ, КТЖС, П-18/22, И-515/5, И-515/9, П-46, П-30, П-3М, П-46М, И-14, И-209а, И-57, И-29, П-55, П-47, И-511, И-510, П-111м, Башня Вулыха, П-43, И-155, И-605-А, И-447 получено 624 архива счетчиков ЦО и 614 – ГВС, из которых 618 (99 %) и 601 (98 %) соответственно были пригодны для анализа энергоэффективности.

2. Показания счетчиков тепловой энергии нельзя в полной мере отождествлять с объектами, на которых они установлены – жилыми или общественными зданиями, – поскольку данные приборы учета фиксируют расход и температуру пропускаемого теплоносителя безотносительно параметров внутреннего микроклимата зданий. В этой связи показания теплосчетчиков демонстрируют именно эксплуатационные параметры инженерных систем здания, которые не вполне детерминируются ключевыми теплотехническими параметрами: теплозащитой, коэффициентом формы и др.

3. В процессе анализа выявлены довольно значительные отклонения удельных теплоэнергетических характеристик (удельного годового потребления теплоты) зданий одинаковых и разных серий. При этом не выявлено четкой зависимости удельных показателей эффективности от проекта (R) или года постройки, и даже в рамках одной серии удельное теплотребление различается более чем на треть. В условиях распределенной системы теплоснабжения Москвы на потребление тепловой энергии зданием

в большей степени влияет схема присоединения к сети, температурный график, вид и работоспособность регулятора (при его наличии).

4. Для оценки энергетической эффективности проведенного в здании капитального ремонта дополнительно произведена выборка домов из жилищного фонда Москвы, капитальный ремонт которых проводился в 2020–2022 годах. Было выбрано более 950 домов, как серийного строительства, так и построенных по индивидуальным проектам. Из них были предоставлены 812 архивов счетчиков систем центрального отопления и 701 архив ГВС, из которых пригодны оказались соответственно 799 (99 %) и 680 (97 %).

5. При анализе показаний приборов учета тепла, установленных на исследуемых зданиях, выявлено значительное сокращение объемов тепла на горячее водоснабжение. Обнаружить на основании полученных данных систематическое снижение теплотребления в зданиях, прошедших капитальный ремонт, пока не удалось.

Литература

1. Гашо Е. Г., Роголев Н. Д. Энергопотребление мегаполиса: О некоторых результатах комплексного подхода к рационализации энергопотребления коммунального хозяйства мегаполиса // АВОК. 2005. № 3. С. 80–85.
2. Гашо Е. Г., Тихоненко Ю. Ф. Энергосбережение в Москве: от концепции к городской целевой программе // Энергосбережение. 2008. № 8. С. 2–10.
3. Гашо Е. Г., Гилев А. А. Сбалансированность энергетических параметров зданий в городской системе теплоснабжения. // Энергосбережение. 2015. № 7.
4. Гашо Е. Г., Макаров М. М. От множества приборов учета тепла к единой информационной системе: новые возможности Москвы // Энергосбережение. 2024. № 6. С. 42–45.
5. Гашо Е. Г., Пузаков В. С., Степанова В. С. Резервы и приоритеты теплоэнергоснабжения российских городов. Доклад на 159-м заседании семинара «Анализ и прогноз развития отраслей топливно-энергетического комплекса». М.: Издательство ИНП РАН, 2015. ■

