

ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ ПРИ ДВУХСТАВОЧНЫХ ТАРИФАХ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многоквартирный дом, тепловая нагрузка, система отопления, двухставочный тариф, температурный график

С. В. Корниенко, доктор технических наук, советник РААСН, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

В числе преимуществ двухставочных тарифов по сравнению с одноставочными помимо стимулирования к проведению энергосберегающих мероприятий называется выравнивание распределения финансовых потоков в течение отопительного периода. Однако сложный расчет и контроль максимальной тепловой нагрузки систем отопления зданий не всегда может обеспечить требуемую точность данной характеристики, что повышает риски энергоснабжающих организаций и увеличивает затраты потребителей тепловой энергии. Покажем, что действующая методика не позволяет достичь требуемой точности при определении тепловой нагрузки систем отопления многоквартирных домов.

Вопросы создания научно обоснованных решений энергоэффективных зданий приобретают исключительную важность при формировании устойчивой среды обитания человека [1–3]. Для решения этой проблемы весьма актуальна задача повышения точности прогноза тепловой нагрузки систем отопления многоквартирных домов [4, 5].

Согласно ст. 11 федерального закона № 190-ФЗ «О теплоснабжении»¹, тарифы на тепловую энергию (мощность), поставляемую потребителям, и услуги по передаче тепловой энергии могут устанавливаться органом регулирования в виде одноставочного или двухставочного тарифов. Одноставочный тариф формируется из одной

¹ Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (ред. от 8 августа 2024 года).

стоимостной составляющей тепловой энергии, определяемой суммированием всех затрат теплоснабжающей организации на всех этапах производства, транспортировки и распределения тепловой энергии. Двухставочный тариф образуется из двух составляющих: переменной, включающей все издержки в зависимости от объемов производства и потребления тепловой энергии, и фиксированной в виде условно-постоянных затрат, привязанных к потребляемой мощности.

Считается, что по сравнению с одноставочными двухставочные тарифы на отопление зданий позволяют более равномерно распределить финансовые потоки в течение отопительного периода. Однако сложный расчет и контроль максимальной тепловой нагрузки систем отопления зданий не всегда могут обеспечить требуемую точность данной характеристики, что повышает риски энергоснабжающих организаций и увеличивает затраты потребителей тепловой энергии. Покажем, что методика определения тепловой нагрузки систем отопления многоквартирных домов в соответствии с «Правилами установления и изменения (пересмотра) тепловых нагрузок» (далее – Правила)² не позволяет достичь требуемой точности этой характеристики.

Методика расчета

Сущность методики заключается в том, что по данным приборов учета тепловой энергии за отопительный период, предшествующий дате подачи заявки на изменение или пересмотр тепловых нагрузок, и при условии предоставления потребителем письма, подтверждающего надлежащее качество отопления, устанавливают тепловую нагрузку систем отопления объекта теплоснабжения путем приведения теплоснабжения к проектным условиям.

Выполним расчет тепловой нагрузки системы отопления многоквартирного жилого дома, расположенного в Нижнем Новгороде. Рассматривается один отопительный период. Расчетная температура наружного воздуха, принятая для проектирования систем отопления в заданных климатических условиях, равна $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Анализ климатических данных показал, что минимальная суточная температура наружного воздуха за указанный период составляет $-25,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следовательно, расчетная температура наружного воздуха не достигнута. В связи с этим максимальная тепловая нагрузка данного объекта теплоснабжения была определена путем приведения данных о теплоснабжении применительно к условиям расчетной температуры в соответствии с Правилами.

Обработанные данные показаны в прямоугольной системе координат: по оси абсцисс указано среднее за сутки часовое потребление тепловой энергии на отопление, Гкал/ч, а по оси ординат – средняя за сутки температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). По экспериментальным данным методом наименьших квадратов найдена линейная регрессия (рис. 1). Коэффициент корреляции, равный 0,877, свидетельствует о высокой силе связи по шкале Чэджока.

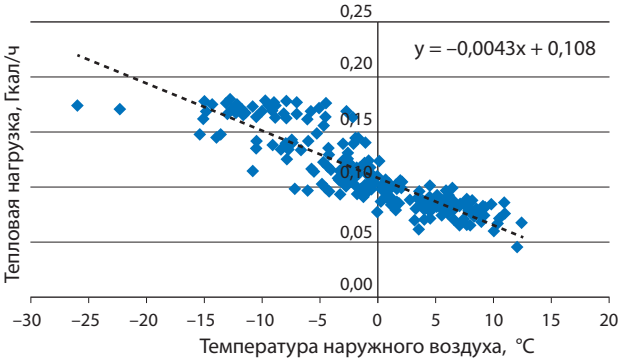


Рис. 1. Зависимость тепловой нагрузки системы отопления рассматриваемого объекта теплоснабжения от температуры наружного воздуха (маркеры – данные, полученные по приборам учета тепловой энергии, пунктирная линия – линейная регрессия)

Максимальную тепловую нагрузку системы отопления объекта теплоснабжения за рассматриваемый отопительный период вычислим при подстановке в уравнение регрессии расчетного значения температуры наружного воздуха: $Q_{\text{расч}} = 0,224\text{ Гкал/ч}$.

Анализ погрешности аппроксимации данных

Расчет погрешности аппроксимации экспериментальных данных при использовании линейной регрессии Правилами не предусмотрен. Это затрудняет количественную оценку и интерпретацию данных. Для анализа полученных результатов предлагаем использовать следующие показатели: максимальную абсолютную погрешность Δ_{max} ($\Delta_{\text{max}} > 0$); максимальную относительную погрешность δ_{max} ($\delta_{\text{max}} > 0$); среднюю относительную погрешность MAPE ($\text{MAPE} > 0$), величину которых определим с помощью формул (1)–(3) (см. Формулы). По результатам анализа погрешности аппроксимации данных установлено, что:

Формулы

Обозначение формулы	Формула
(1)	$\Delta_{\text{max}} = \max v - v_{\text{approx}} $
(2)	$\delta_{\text{max}} = \max \left 1 - \frac{v_{\text{approx}}}{v} \right \cdot 100$
(3)	$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum \left 1 - \frac{v_{\text{approx}}}{v} \right \cdot 100$

Обозначения в формулах

Δ_{max} – максимальная абсолютная погрешность, Гкал/ч
 v – измеренное значение тепловой нагрузки, принятое за истинное, Гкал/ч
 v_{approx} – приближенное значение по уравнению линейной регрессии, Гкал/ч
 δ_{max} – максимальная относительная погрешность, %
MAPE – средняя относительная погрешность, %
 n – количество узлов

² Утверждены Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 декабря 2009 года № 610 «Об утверждении Правил установления и изменения (пересмотра) тепловых нагрузок».



freepik.com

1. Максимальная абсолютная погрешность $\Delta_{\max} = 0,049$ Гкал/ч при температуре наружного воздуха $-2,8$ °C (рис. 1, узел 79), что не удовлетворяет допустимому значению согласно экспертной оценке (0,02 Гкал/ч).

2. Максимальная относительная погрешность $\delta_{\max} = 52,08$ % при температуре наружного воздуха $3,5$ °C (рис. 1, узел 153), что выходит за границы допустимых значений (10 %).

3. Средняя относительная погрешность $MAPE = 11,52$ % (общее количество узлов в рассматриваемом случае $n = 217$). Это означает, что не обеспечивается точный прогноз расчетной тепловой нагрузки (требование – не более 10 %).

Следовательно, линейная регрессия, построенная в соответствии с Правилами (рис. 1), не обеспечивает требуемую точность аппроксимации экспериментальных данных.

Причины высокой погрешности аппроксимации данных

Главной причиной высокой погрешности аппроксимации данных являются срезки температурного графика системы отопления. В рассматриваемый отопительный период температурный график имеет как верхнюю, так и нижнюю срезки (рис. 2), что сильно искажает линейную зависимость тепловой нагрузки от температуры наружного воздуха (рис. 1).

Верхняя срезка температурного графика предусмотрена в целях снижения рисков повышенного износа трубо-

проводов тепловой сети. Дополнительные температурные расширения теплопроводов и повышенные давления в них при более высоких температурах повышают вероятность возникновения аварий в изношенных тепловых сетях [4].

Нижняя срезка температурного графика обусловлена необходимостью поддержания температуры горячей воды в местах водоразбора системы горячего водоснабжения не ниже 60 °C [5].

Наличие верхней срезки температурного графика регулирования может привести к снижению температуры внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях ниже допустимой («недотопу»), а наличие нижней срезки при отсутствии у абонентов регуляторов отопления – к повышению внутренней температуры («перетопу»). При этом, как видно из рис. 2, область регулирования температуры сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха, находящаяся между верхней и нижней срезками, охватывает сравнительно небольшой диапазон температур (примерно от -10 до 3 °C). Однако и в этом диапазоне наблюдается большой разброс экспериментальных данных, обусловленный низкой эффективностью регулирования системы отопления, что повышает погрешность аппроксимации данных.

Выводы и предложения

Таким образом, срезки температурного графика качественного регулирования температуры теплоносителя по отопительной нагрузке вносят существенную погрешность в определение расчетной тепловой нагрузки. Методика определения тепловой нагрузки систем отопления многоквартирных домов в соответствии с «Правилами установления и изменения (пересмотра) тепловых нагрузок», утвержденными приказом Минрегиона России № 610, не может обеспечить требуемую точность этой характеристики, а следовательно, должна быть упразднена. Тепловую нагрузку систем отопления многоквартирных домов следует определять по фактическому потреблению энергоресурсов при использовании одноставочных тарифов.

Литература

1. Табунщиков Ю. А. Экология среды обитания человека: реальность, которую игнорировать бесконечно опасно // АВОК. 2023. № 3. С. 4–15.
2. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Создание безопасной среды обитания человека. Здания больные и здания здоровые // Энергосбережение. 2021. № 1. С. 4–10.
3. Корниенко С. В. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий в свете контекстного обучения // Энергосбережение. 2025. № 8. С. 8–12.
4. Аверьянов В. К., Тютюнников А. И., Богданов К. В., Горшков А. С. Методология коррекции существующих графиков регулирования отпуска тепловой энергии // АВОК. 2024. № 3. С. 52–57.
5. Горшков А. С., Кабанов М. С., Юферев Ю. В. Анализ тепловых нагрузок и удельного потребления тепловой энергии в многоквартирных домах // Теплоэнергетика. 2021. № 8. С. 72–80. ■

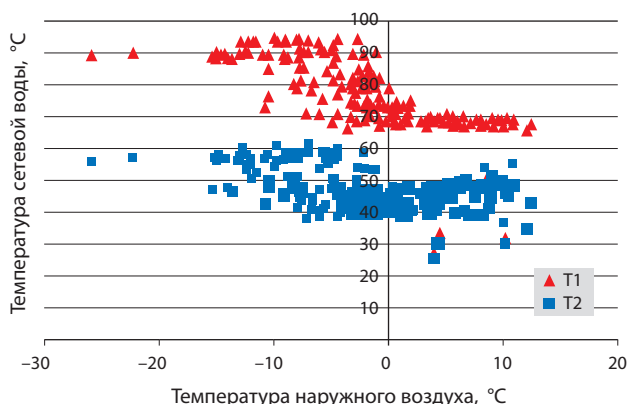


Рис. 2. Температура сетевой воды в соответствии с температурным графиком, имеющим верхнюю и нижнюю срезки (согласно экспериментальным данным)