

О МЕТОДИКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕДОМОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

А.В. Гамбург, М.Г. Зуев, В.Я. Федянин

Поквартирный учет и регулирование тепловой энергии, идущей на отопление, дает возможность жильцам контролировать расход тепла и в условиях стопроцентной оплаты стимулирует вовлечение их в деятельность по повышению эффективности систем теплоснабжения. Практическое применение этих систем позволит решить целый ряд социально-экономических задач: поддерживать нормативные параметры микроклимата в зданиях, минимизировать расходы тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, до двух раз сократить затраты на выработку и передачу тепловой энергии, повысить надежность и безопасность систем теплоснабжения, улучшить экологическое состояние среды обитания [1, 2].

Зарубежный и отечественный опыт использования различного типа приборов: квартирных счетчиков тепла (поквартирная – горизонтальная разводка труб), индикаторов расхода теплоты (горизонтальная и вертикальная разводка труб) показывает, что не зависимо от типа используемых приборов они исполняют роль «приборов для регистрации пропорциональной доли каждого индивидуального потребителя» [3].

Для успешной организации поквартирного учета тепла в жилом здании необходимо использовать какую-либо схему расчета квартирной оплаты за отопление, использующей как показания приборов, установленных в квартирах, так и показания общего счетчика тепла, являющегося в этом случае единственным коммерческим прибором учета. Схема пересчета представляет собой процедуру распределения общедомового потребления, зарегистрированного общим счетчиком тепловой энергии, между индивидуальными потребителями в жилом здании.

С методической точки зрения определение доли тепла, потребляемого конкретной квартирой, представляет собой сложную задачу, так как при этом кроме тепловой энергии, поступающей в квартиру через приборы отопления, существенное значение имеет теплообмен через стены и перекрытия между соседними квартирами, теплопотери в подводящих трубопроводах и в помещениях общего пользования. Кроме того, на тепловой

режим здания большое влияние оказывает пространственная неравномерность тепловыделения за счет бытовых электрических приборов и поглощения солнечной радиации, проходящей через прозрачные ограждающие конструкции (пассивное использование солнечной энергии).

С учетом этих обстоятельств разработчиками документа «Методика распределения общедомового потребления тепловой энергии на отопление между индивидуальными потребителями на основе показания квартирных приборов учета теплоты» [3] предложено делить общее количество потребленной тепловой энергии на фиксированные и регулируемые затраты. Фиксированные затраты распределяются между квартирами пропорционально площади, регулируемые – пропорционально показаниям квартирных приборов учета или распределителей тепла. В соответствии с методикой, эта величина устанавливается эксплуатирующей организацией и может изменяться от 0 до 50%. Рекомендуемая методикой доля фиксированных затрат для некоторых типов зданий приведена в таблице 1.

Таблица 1

Доля фиксированных затрат

Серия	Q _{пост.} , %
П-44Т	41÷43
П-55М	34÷36
П-3М	38÷40

В Алтайском крае с целью отработки методики по квартирному учету и индивидуальному регулированию тепловой энергии, потребляемой системой отопления, была проведена опытная эксплуатация двух девяти квартирных жилых домов в с. Гальбштадт Немецкого национального района.

Основные объемно-планировочные и теплоэнергетические параметры зданий представлены в таблице 2.

Использовалась система отопления с горизонтальной (поквартирной) разводкой труб. Наряду с общедомовым счетчиком тепла, установленным на вводе в здание, на вводе в каждую квартиру устанавливался теплосчетчик Sensonic II 0,6; индивидуальное регулирование в квартирах осуществлялось с

помощью термостатических регуляторов, установленных на каждом отопительном приборе (рис.1). Жилец может задавать на шкале регулятора нужную температуру в комнате, а

регулирующий клапан автоматически увеличивает или уменьшает поток теплоносителя через отопительный прибор, чтобы эту температуру поддерживать.

Таблица 2

Основные объемно-планировочные и теплоэнергетические параметры зданий	
Общая площадь наружных ограждающих конструкций, м ²	913,6
Отапливаемая площадь, м ²	543,0
Жилая площадь, м ²	472,4
Отапливаемый объем, м ³	1384,6
Коэффициент остекленности фасада	0,12
Показатель компактности здания,	0,66
Удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кДж/(м ² °С сут.)	116

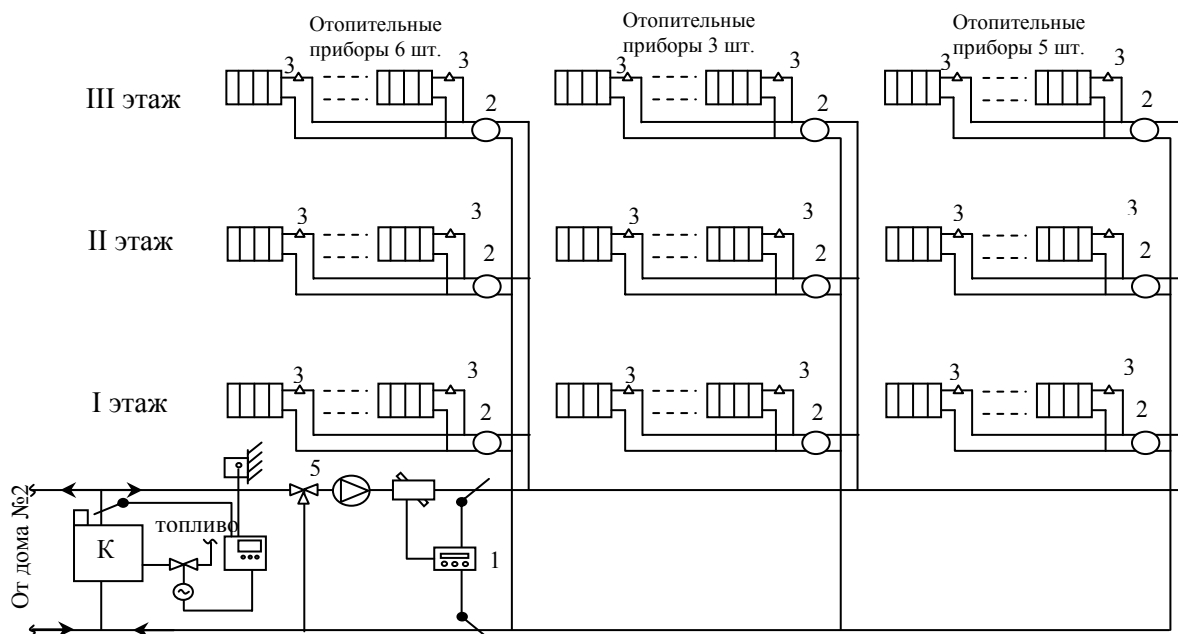


Рис. 1. Обозначено: 1 - общедомовой счетчик тепла, 2 – квартирный счетчик тепла, 3 – регулятор температуры RTD, 4 – система регулирования режима работы котла, 5 – трехходовой регулирующий клапан

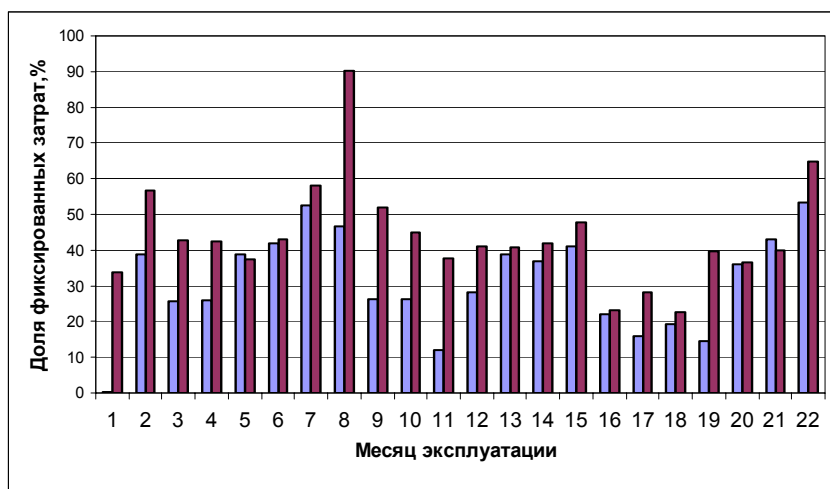


Рис. 2. Временные изменения доли фиксированных затрат (β):
 ■ – дом по ул. Менделеева, 62; ■ – дом по ул. Менделеева, 64

О МЕТОДИКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕДОМОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Анализ измерений, проведенных в течение трех отопительных сезонов, дает следующую картину изменения относительной разности между показаниями общедомового счетчика Q_0 и суммой показаний квартирных счетчиков Q_i (рис. 2). $\beta = 1 - \sum Q_i / Q_0$ изменяются от месяца к месяцу отопительного сезона. В начале и конце отопительного сезона значения β существенно возрастают. Опыты

показывают, что на величину β кроме конструктивных параметров здания и его системы отопления существенное влияние оказывает характер общедомового и индивидуального регулирования потребления тепла в зависимости от действующих погодных условий. Вариации величины β составляет десятки процентов (рис. 3).

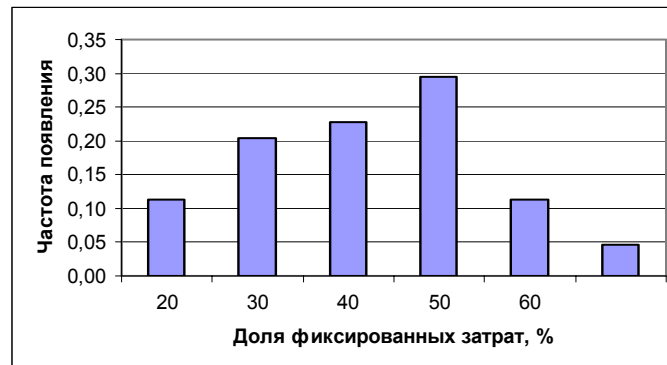


Рис. 3. Относительная частота появления той или иной доли фиксированных затрат

Исходя из этих обстоятельств можно сделать вывод, что априорная регламентация той или иной величины доли фиксированных затрат исходя только из проектных данных мало обосновано. Кроме того, установление значительной доли фиксированных затрат приближает схему индивидуальной оплаты за потребленную тепловую энергию к традиционной, уравнивательной системе оплаты, которая учитывает только площадь квартиры и игнорирует индивидуальные действия жильцов, направленные на повышение эффективности работы системы отопления. С другой стороны, волонтаристское существенное уменьшение нормативной доли фиксированных затрат приводит к тому, что некоторые жильцы, а это наблюдалось особенно часто в переходной период отопительного сезона, полностью перекрывают подачу теплоносителя к внутриквартирным отопительным приборам и отапливают свою квартиру за счет тепловой энергии, поступающей от труб внутридомовой разводки и от соседних квартир.

Учитывая эти соображения ниже приводится описание алгоритма расчета распределения общедомового потребления тепловой энергии на отопление между индивидуальными потребителями на основе показания квартирных приборов учета без использования понятия «фиксированные затраты тепловой энергии».

С точки зрения теплоснабжения здание представляет собой многокомпонентную систему, теплоэнергетические характеристики которой определяются теплотехническими параметрами ограждающих конструкций, конструкцией системы отопления. Количество тепла, необходимого для создания комфортного микроклимата в жилых помещениях определяется так же привычками жильцов, выбранным режимом работы отопительных приборов (при наличии устройств регулирования). При поквартирном регулировании и учете тепловой энергии существенную роль начинают играть потоки тепла через разделяющие отдельные квартиры ограждающие конструкции и теплоотдача внутренних труб системы отопления здания.

В соответствии с [4, 5] введем теплотехнические и теплоэнергетические параметры здания и отдельных квартир, необходимые для расчета распределения общедомового потребления тепловой энергии на отопление.

$$q^T = Q_h^y / D^d \cdot \quad (1)$$

Здесь q^T – расчетный расход тепловой энергии системой отопления здания, кДж/(°С сут.);

Q_h^y – потребность тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, кДж;

D^d – градусосутки отопительного периода, °С сут.

Фактическое потребление тепловой энергии отдельной квартирой за расчетный период представляет собой алгебраическую сумму тепла, отданного отопительными приборами (фиксируется квартирными счетчиками или радиаторные устройства для распределения тепловой энергии), и тепловой энергии, поступающих из соседних квартир, подводящих трубопроводов, лестничной клетки.

Тепловой баланс i – той квартиры описывается уравнением следующего вида:

$$q_i^T D_i - \sum_{j=1}^{N+1} k_{ij} (D_j - D_i) = C Q_i^S, \quad (2)$$

где N – число квартир в расчетной единице [3] (совокупность жилых помещений с общим вводом системы отопления, на котором производится измерение общего потребления),¹

C – нормирующий множитель, (при использовании квартирных счетчиков теплоты $C=1$),

q_i^T – расчетный расход тепловой энергии системой отопления i -той квартиры, рассчитанный по формуле, аналогичной формуле (1), кДж/(°С сут.),

k_{ij} – расчетный показатель теплопередачи между i – той и j – той квартирами, кДж/(°С сут.),

D_i – месячный показатель градусосуток для i – той квартиры,

Q_i^S – теплота, потребленная системой отопления i – той квартиры.

Количество теплоты, потребленной системой отопления данной квартиры рассчитывается следующим образом:

– если на вводе в квартиру установлен квартирный счетчик теплоты, то как разность между начальным и конечным показанием счетчика i – той квартиры;

– если в квартире установлены радиаторные устройства для распределения тепловой энергии, то по формуле [3]:

$$Q_i^S = \sum_{j=1}^n (R_{j2} - R_{j1}) K_j, \quad (3)$$

где R_{j2}, R_{j1} – конечные и начальные показания распределителя теплоты на j – том отопительном приборе данной квартиры,

K_j – радиаторный коэффициент для j –

того отопительного прибора,

n – количество отопительных приборов в данной квартире.

Для лестничной клетки принимаем

$$C Q_{N+1}^S = Q_0^S - C \sum_{i=1}^N Q_i^S, \quad (4)$$

где Q_0^S – разность между начальным и конечным показаниями счетчика на вводе в здание, кДж.

После элементарных алгебраических преобразований можно получить $(N+1) \times (N+1)$ неоднородную систему линейных уравнений (5).

$$A D = B, \quad (5)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & -k_{12} & \dots & -k_{1(N+1)} \\ -k_{21} & a_2 & \dots & -k_{2(N+1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -k_{(N+1)1} & -k_{(N+1)2} & \dots & a_{N+1} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$a_i = q_i^T + \sum_{j \neq i} k_{ij}, \quad (7)$$

$$D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \dots \\ D_{N+1} \end{bmatrix}, \quad B = C \begin{bmatrix} Q_1^S \\ Q_2^S \\ \dots \\ Q_{N+1}^S \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Расчетные показатели теплопередачи обладают следующими очевидными свойствами: они симметричны, т.е. $k_{ij} = k_{ji}$; $k_{ij} = 0$, если квартиры не имеют общих внутренних конструкций (стен, перекрытий).

Система (5) имеет единственное решение при условии $\det A \neq 0$ и, следовательно, обратная матрица A^{-1} может быть вычислена любым известным способом, а затем вычислены величины $D(C) = A^{-1} B$ при заданном произвольном значении нормирующего множителя C .

Используя любую удобную вычислительную процедуру можно подобрать $C = C_0$ таким, чтобы выполнялось уравнение баланса тепловой энергии всего здания:

$$Q_0^S = \sum_{i=1}^{N+1} q_i^T D_i(C_0), \quad (9)$$

¹ Лестничная клетка рассматривается как $N+1$ -я квартира

О МЕТОДИКЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕДОМОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Доля энергии, подводимой отопительной системой, потребленной данной квартирой (γ_i) может быть определена одним из двух способов:

$$\gamma_i = \frac{q_i^T D_i(C_0)}{\sum_{i=1}^N q_i^T D_i(C_0)} \quad (10)$$

или

$$\gamma_i = \frac{V_i D_i(C_0)}{\sum_{i=1}^N V_i D_i(C_0)}, \quad (11)$$

где V_i – отопляемый объем i – той квартиры, м^3 .

Оплату за отопление следует производить исходя из действующих тарифов и расчетной величины потребленной данной квартирой тепловой энергии Q_i^R :

$$Q_i^R = \gamma_i Q_0^S. \quad (12)$$

«Методика расчета оплаты за потребленную тепловую энергию при ее поквартирном учете» была разработана с использованием описанного выше алгоритма расчета доли энергии, подводимой отопительной системой, потребленной данной квартирой. Работа выполнена КГУП «Алтайский региональный центр нетрадиционной энергетики и энергосбережения» по договору с эксплуатирующей организацией – ООО «Жилищное общество Гальштатт». После согласования с администрацией Немецкого национального района Алтайского края эта методика использовалась при расчетах между жильцами домов и эксплуатирующей организацией в отопительные периоды 2002 – 2005 гг.

По результатам опытной эксплуатации можно сделать следующие выводы:

1. При поквартирном учете тепловой энергии на отопление разность между показаниями общедомового счетчика и суммой показаний квартирных счетчиков зависит как от конструктивных параметров здания и его системы отопления так и от характера общедомового и индивидуального регулирования потребления тепла в зависимости от действующих погодных условий. Вариации этой

величины составляет десятки процентов, поэтому концепция «фиксированных затрат» не адекватна реальной ситуации.

2. Предложенная математическая модель адекватно и с достаточной точностью описывает распределение потоков тепловой энергии в зданиях. Алгоритм расчета надежен и устойчив; после отладки программного обеспечения ЭВМ в течение года эксплуатации не было отмечено ни одного расчетного сбоя.

3. Предложенная методика заинтересовывает жильцов не только оптимизировать эксплуатационные затраты тепловой энергии в своей квартире, но и стимулирует их к проведению энергосберегающих мероприятий, снижающих теплотребление в помещениях общего пользования.

4. В силу линейности используемых уравнений, алгоритм расчета может быть легко обобщен для учета вклада дополнительных источников тепловой энергии:

- бытовых электроприборов;
- устройств пассивного использования энергии солнечной радиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина С.В. ЗАО «Данфосс»: концепция энергосбережения в жилищном фонде // Энергетика. – 2004. – №5. – С. 25–27.
2. Никитина С.В. Перспективы дальнейшего развития и внедрения энергосберегающих технологий в системах отопления зданий // Энергетика. 2004. – №7-8. – С. 34–35.
3. Методика распределения общедомового потребления тепловой энергии на отопление между индивидуальными потребителями на основе показаний квартирных приборов учета теплоты. МДК 4-07.2004. / ООО «Витера Энергетический сервис», ЗАО «Данфосс». – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 24 с.
4. ТСН23-ЗХХ-2001 АлтК. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Энергосберегающая теплозащита зданий. Нормы проектирования. Барнаул: Администрация Алтайского края, 2001. – 45 с.
5. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодозлектроснабжению. – М.: ГУП «НИАЦ», 1999. – 78 с.