

УДК 697.347

Тарадай Александр Михайлович

*Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и использования тепловых вторичных энергоресурсов, ORCID: 0000-0002-4239-9895
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

Ланцберг Натан Гейнахович

*Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и использования тепловых вторичных энергоресурсов, ORCID: 0000-0001-5484-0345
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

Бугай Владимир Сергеевич

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и использования тепловых вторичных энергоресурсов, ORCID: 0000-0001-5166-7110
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

Фомич Сергей Владимирович

*Аспирант кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и использования тепловых вторичных энергоресурсов, ORCID: 0000-0001-5567-3673
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ОПЛАТЕ ЗА УСЛУГИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

***Аннотация.** В условиях дефицита государственного финансирования для принятия мер по улучшению тепловой защиты существующего жилого фонда, жильцы вынуждены самостоятельно утеплять собственные квартиры, дома. При этом сокращение тепловых потерь, преимущественно, не отражается на стоимости услуг теплоснабжения, особенно при оплате по тарифу за один квадратный метр отапливаемой площади. В работе предложена методика определения коэффициентов экономии тепла, которые можно учитывать в начислениях за услуги теплоснабжения потребителям, осуществившим мероприятия по утеплению собственных квартир. Данный подход может послужить стимулом к ускорению комплексной теплоизоляции домов, а не только отдельных квартир, а также обеспечить при этом экономию на всех уровнях – от государства, теплоснабжающих предприятий, до потребителя.*

***Ключевые слова:** термомодернизация; отопление; коэффициент экономии тепла; теплопотребление*

Постановка проблемы

Хорошо известно, что практически все многоэтажные здания второй половины двадцатого века требуют реновации, особенно в части повышения их энергоэффективности. Потребление тепла этими жилыми зданиями в 2-3 раза превышает показатели аналогов за рубежом.

Очевидно, что потребитель тепла, соответственно, платит в 2-3 раза больше за тепловую энергию только потому, что дом, в котором он живет, не утеплен.

Как утеплять жилые дома, какие материалы и конструкции применять, ряд других вопросов, возникающих в процессе реновации, – известны и

хорошо изучены. Ответы на эти вопросы четко сформулированы в научных и нормативных изданиях [1–3], практических инструкциях.

Нет ответа только на один главный вопрос: кто и как будет оплачивать работы по утеплению зданий, если утепление одной трехкомнатной квартиры оценивается от 40 до 100 тыс. грн? В ближайшем будущем государство не сможет обеспечить достаточное финансирование термомодернизации жилого фонда. Значит, большую часть средств должен изыскать владелец квартиры. Местный или государственный бюджет сможет, скорее всего, только профинансировать утепление мест общего пользования, а также обеспечить льготное кредитование владельцев

квартир. Сегодня уже имеется пример такого решения – «теплые кредиты» [4].

Можно считать решенным вопрос общедомового учета тепла. В большинстве городов теплосчетчики установлены в более чем половине жилых домов, а темпы роста их установки внушают уверенность, что в ближайшие 3-5 лет общедомовые счетчики будут во всех зданиях. Однако жильцы не спешат улучшать теплозащиту домов, оборудованных теплосчетчиками. Такая же ситуация и с домами без теплосчетчиков.

Действительно, глядя практически на любой дом, мы видим немного утепленных квартир. Достаточно много заменено окон и дверей. Однако этот процесс идет очень медленно и без установки прибора учета тепла в каждой квартире.

Установка прибора учета тепла в каждой квартире требует переделки всей системы отопления здания: с вертикальной на поквартирную горизонтальную разводку. Решение этого вопроса организационно, технически и экономически представляется еще более сложным, чем наружное утепление зданий.

Как же выйти из создавшегося замкнутого круга? Как заинтересовать владельцев квартир вкладывать средства на утепление уже сегодня, а не ожидать «светлого будущего» завтра?

Обязательно в сложившейся ситуации следует подчеркнуть, что государство и местные советы заинтересованы в утеплении каждой квартиры, так как снижение потребления тепла каждым приведет к снижению выработки тепла на источниках и, следовательно, к уменьшению расхода топлива. Нужен стимул или система стимулов в этой архиважной работе государственного значения.

Зададимся вопросом: что и когда выигрывает владелец квартиры, если он сегодня за свой счет производит утепление? Ответ: сегодня ничего в финансовом плане. В квартире станет теплее, показания по расходу тепла общедомовым счетчиком снизятся.

Во многом, эффективность энергосбережения зависит от действующей нормативной базы. На сегодняшний день она такова, что какие бы мероприятия по утеплению не предпринял хозяин квартиры в многоквартирном доме, экономически он не получит никакого результата, так как расчет за тепло идет по общедомовому счетчику тепла, а в случае его отсутствия – по тарифам. Многие жители меняют окна в своих квартирах, утепляют стены снаружи, но на величину оплаты за услуги теплоснабжения это никак не влияет. Они платят столько же, сколько их неутепленные соседи, хотя своими действиями по утеплению эти люди

экономят в масштабах всего дома определенное количество тепла. Предлагается ввести для таких владельцев квартир понижающие коэффициенты на оплату тепла. При таком решении владельцы квартир будут заинтересованы улучшать теплозащиту квартир, домов. Например, Восточная Европа – бывшая ГДР, Польша, Чехия – применяли аналогичные подходы, когда начинали утеплять жилые дома [5, 6].

Математическое обоснование предложенного решения приводится далее.

Анализ основных исследований и публикаций

Сегодня тарифная политика в теплоснабжении в полной мере не устраивает ни производителей тепловой энергии, ни потребителей.

В работе [7] авторами анализируются проблемы формирования тарифной политики предприятий теплоснабжения, где все предложения по совершенствованию подразделяются условно на предложения по управлению формированием тарифа и предложения по требованию к структуре и уровню тарифа. В работе [8] рассмотрены и обобщены мотивационные аспекты формирования тарифов на услуги теплоснабжения в Украине. В работе [9] автором указывается на необходимость замены расходных методов тарифного регулирования на стимулирующие методы.

В этих работах и в работах других ученых, нормативных документах [10] отсутствует ответ на поставленный вопрос: как учитывать теплопотребление утепленными и неутепленными квартирами без индивидуальных теплосчетчиков в начислениях за услуги теплоснабжения. Если не применять приборный способ учета теплопотребления в каждой квартире, то возможно ли это выполнить расчетным способом.

Формулирование цели статьи

Целью работы является разработка методики определения коэффициентов, учитывающих снижение тепловых потерь утепленными квартирами, которые можно применять в начислениях за услуги теплоснабжения, и ее обоснование.

Основная часть

Рассматривается дом с количеством квартир n , оборудованный прибором учета общего количества потребляемой тепловой энергии, обозначаемого в дальнейшем Q , кВт·час.

Предполагается, что расход тепла на отопление

квартиры пропорционален ее отапливаемой площади F . Для неутепленной квартиры расход тепла за месяц примем равным

$$Q_n = 0,72qF, \quad (1)$$

где q – тепловой поток, расходуемый на отопление 1 м^2 неутепленной квартиры и приведенный к единому значению температурного напора, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Если владелец квартиры осуществил мероприятия по утеплению квартиры, то затраты тепла на ее обогрев снизятся до величины

$$Q_y = kQ_n, \quad (2)$$

где k – понижающий коэффициент (экономии тепла), $k < 1$.

Очевидно, приведенная выше постановка предполагает следующие допущения:

1) величина q и коэффициент k не зависят от типа и расположения квартиры (планировка, этаж и т.д.);

2) места общего пользования не утепляются.

Пусть в доме имеется m стандартно утепленных квартир с отапливаемыми площадями F_1, \dots, F_m и $n-m$ неутепленных квартир с площадями F_{m+1}, \dots, F_n . Тогда месячное теплотребление дома будет равно

$$Q_o + q_1(kS_m + S_{n-m}) = Q, \quad (3)$$

где Q_o – теплотребление на отопление мест общего пользования, $\text{кВт}\cdot\text{час}$; $q_1 = 0,72q$; $S_m = F_1 + \dots + F_m$, $S_{n-m} = F_{m+1} + \dots + F_n$.

В уравнении (3) три неизвестных величины: q , k и Q_o . Поэтому для их определения необходимы три измерения Q при разных количествах утепленных квартир: $m_1 < m_2 < m_3$.

Тогда имеем соответствующую систему уравнений:

$$\begin{cases} Q_o + q_1(kS_{m_1} + S_{n-m_1}) = Q_1 \\ Q_o + q_1(kS_{m_2} + S_{n-m_2}) = Q_2 \\ Q_o + q_1(kS_{m_3} + S_{n-m_3}) = Q_3 \end{cases} \quad (4)$$

Q_o можно исключить, вычитая из второго и третьего уравнений первое. В результате получим

$$\begin{cases} q_1 S_{m_1+1, m_2} (k-1) = Q_2 - Q_1 \\ q_1 S_{m_1+1, m_3} (k-1) = Q_3 - Q_1 \end{cases}, \quad (5)$$

где $S_{m_1+1, m_2} = F_{m_1+1} + \dots + F_{m_2}$, $S_{m_1+1, m_3} = F_{m_1+1} + \dots + F_{m_3}$.

Из последних формул следует, что значения q_1 и k , а, следовательно, и Q_o невозможно определить раздельно. Определяется лишь

$$\begin{aligned} q_1(k-1) &= (Q_2 - Q_1) / S_{m_1+1, m_2} \\ &= (Q_3 - Q_1) / S_{m_1+1, m_3}. \end{aligned} \quad (6)$$

Однако, если задать q , а следовательно, и q_1 , то значения k и Q_o легко определить. Для этого достаточно двух измерений с разным количеством утепленных квартир. Тогда получим

$$\begin{aligned} k &= 1 + (Q_2 - Q_1) / (q_1 S_{m_1+1, m_2}) = \\ &= 1 + (Q_2 - Q_1) / (0,72q S_{m_1+1, m_2}), \end{aligned} \quad (7)$$

$$Q_o = Q_1 - 0,72q(kS_{m_1} + S_{n-m_1}). \quad (8)$$

Очевидным недостатком такого расчета является произвол в выборе величины q . Однако, как показывают расчеты, изменение q влияет, главным образом, на оценку Q_o , а на оценку k – незначительно. Кроме того, возможное значение q можно оценить из следующих соображений.

Предположим, все квартиры дома имеют одинаковую площадь F . Тогда месячное теплотребление дома для двух измерений с разным количеством квартир (m_1 и m_2) будет равно

$$\begin{cases} Q_o + kQ_F m_1 + Q_F(n - m_1) = Q_1 \\ Q_o + kQ_F m_2 + Q_F(n - m_2) = Q_2 \end{cases}, \quad (9)$$

где $Q_F = q_1 F = 0,72qF$.

Вычитая в (9) из первого уравнения второе, получим

$$Q_1 - Q_2 = Q_F(m_2 - m_1)(1 - k), \quad (10)$$

откуда следует, что

$$Q_F = (Q_1 - Q_2) / [(m_2 - m_1)(1 - k)] \quad (11)$$

или

$$q = (Q_1 - Q_2) / [0,72F(m_2 - m_1)(1 - k)]. \quad (12)$$

Поскольку $k < 1$, для q получим неравенство:

$$q > (Q_1 - Q_2) / [0,72F(m_2 - m_1)]. \quad (13)$$

Например, если $F=50 \text{ м}^2$, $m_1=3$, $m_2=7$, $Q_1=100000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, $Q_2=90000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, то $q_{\min}=69,4 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Возможен также более сложный вариант, учитывающий возможность как полного, так и частичного утепления. Частичным может, например, быть утепление либо замена светопрозрачных ограждений (окон и балконных дверей). Соответственно, вводятся два понижающих коэффициента: k_1 для частичного утепления и k_2 для полного утепления, причем очевидно $k_1 > k_2$. При такой постановке подлежат определению k_1 , k_2 и Q_o , для чего необходимы три измерения с разным количеством частично либо полностью утепленных квартир. Соответствующая система трех уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} Q_o + q_1 k_1 S_{qy1} + q_1 k_2 S_{ny1} + q_1 S_{ny1} = Q_1 \\ Q_o + q_1 k_1 S_{qy2} + q_1 k_2 S_{ny2} + q_1 S_{ny2} = Q_2 \\ Q_o + q_1 k_1 S_{qy3} + q_1 k_2 S_{ny3} + q_1 S_{ny3} = Q_3 \end{cases}, \quad (14)$$

где S_{qyi} , S_{nyi} , S_{ny1} – суммы отапливаемых площадей частично утепленных, полностью утепленных и неутепленных квартир в i -ом измерении соответственно, м^2 .

Решение данной системы уравнений не представляет труда. Можно, как ранее, исключить Q_o , вычитая первое уравнение из второго и третьего. В результате получается система двух уравнений с неизвестными k_1 и k_2 :

$$\begin{cases} k_1(S_{qy2} - S_{qy1}) + k_2(S_{ny2} - S_{ny1}) = \\ = (Q_2 - Q_1) / q_1 - (S_{ny2} - S_{ny1}) \\ k_1(S_{qy3} - S_{qy1}) + k_2(S_{ny3} - S_{ny1}) = \\ = (Q_3 - Q_1) / q_1 - (S_{ny3} - S_{ny1}) \end{cases}. \quad (15)$$

После определения k_1 и k_2 находим Q_o , например, из первого уравнения исходной системы (14):

$$Q_o = Q_1 - q_1(k_1 S_{qy1} + k_2 S_{ny1} + S_{ny1}). \quad (16)$$

Множество вариантов с различными значениями q можно сократить, если задать ограничения для доли теплопотребления мест общего пользования в общем теплопотреблении дома:

$$a_{\min} < Q_o / Q_1 < a_{\max}. \quad (17)$$

Например, $a_{\min}=0,1$, $a_{\max}=0,2$.

Как и в случае полного утепления, рассмотренном ранее, варьирование q существенно влияет на Q_o , оценки k_1 и k_2 при этом изменяются мало. Об этом свидетельствуют результаты приведенных ниже примеров расчетов.

Рассмотрим пример варианта с полным утеплением (один понижающий коэффициент k) при следующих исходных данных: количество квартир в доме – 20; отапливаемые площади всех квартир, м^2 : 70, 50, 50, 55, 65, 70, 70, 50, 55, 65, 65, 55, 50, 70, 70, 65, 55, 50, 50, 70; номера утепленных квартир при первом измерении: 1, 14, 19; номера утепленных квартир при втором измерении: 1, 2, 3, 9, 14, 15, 19; месячное теплопотребление дома при первом измерении – 100000 кВт·ч; месячное теплопотребление дома при втором измерении – 90000 кВт·ч; $0,1 < Q_o / Q_1 < 0,2$.

Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты определения величин k и Q_o для варианта с полным утеплением квартир

q , Вт/м ²	k	Q_o , кВт·час
103	0,401	19452
105	0,412	17724
107	0,423	15996
109	0,434	14268
111	0,444	12540
113	0,454	10812

Рассмотрим пример варианта с частичным и полным утеплением (два понижающих коэффициента: k_1 при частичном утеплении; k_2 при полном утеплении ($k_1 > k_2$)) при следующих исходных данных: количество квартир в доме – 20; отапливаемые площади всех квартир, м^2 : 70, 50, 50, 55, 65, 70, 70, 50, 55, 65, 65, 55, 50, 70, 70, 65, 55, 50, 50, 70; номера частично утепленных квартир при первом измерении: 1, 14, 19; номера полностью утепленных квартир при первом измерении: 3, 9, 16, 20; номера частично утепленных квартир при втором измерении: 1, 14, 19; номера полностью утепленных квартир при втором измерении: 3, 9, 16, 17, 18, 20; номера частично утепленных квартир при третьем измерении: 1, 2, 5, 6, 14, 19; номера полностью утепленных квартир при первом измерении: 3, 9, 15, 16, 17, 18, 20; месячное теплопотребление дома при первом измерении – 92914 кВт·ч; месячное теплопотребление дома при втором измерении – 90042 кВт·ч; месячное теплопотребление дома при третьем измерении –

85596 кВт·ч; $0,1 < Q_0 / Q_1 < 0,2$.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения величин k_1 , k_2 и Q_0 для варианта с частичным и полным утеплением квартир

q , Вт/м ²	k_1	k_2	Q_0 , кВт·час
92	0,793	0,587	22590
94	0,798	0,596	20862
96	0,802	0,604	19134
98	0,806	0,612	17406
100	0,810	0,620	15678

Выводы

Очевидно, что без привлечения средств самих владельцев квартир для многоэтажных жилых зданий невозможно решить проблему радикального повышения энергоэффективности централизованных систем теплоснабжения. Предложенная в работе методика расчета теплотребления с учетом коэффициентов экономии тепла за счет полного или частичного утепления квартир может стать стимулом для комплексной теплоизоляции домов, а не только отдельных квартир, обеспечивая существенную экономию энергоресурсов.

Література

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2017-05-01]. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 30 с.
2. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації: ДБН В.2.6-33:2008. – [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с.
3. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків: ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. – [Чинний від 2015-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 67 с.
4. Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. №1056: Постанова КМУ від 08.02.2017 №69 [Електронний ресурс]. – <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249733521>. – Назва з екрана.
5. Тарадай А. М. Тенденція розвитку централізованого і децентралізованого теплоснабження / А. М. Тарадай, И. Г. Кириленко, А. Ф. Редько, М. А. Яременко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – №45. – С. 182–186.
6. Тарадай А. М. Основные направления модернизации систем теплоснабжения для решения задачи снижения потребления природного газа в Украине / А. М. Тарадай, М. А. Яременко, В. В. Чернокрылюк, Е. С. Есин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2014. – Вип. 77. – С. 120–123.
7. Полуянов В. П. Проблемы формирования тарифной политики предприятий теплоснабжения / В. П. Полуянов, С. Г. Куликов // Научные труды ДонНТУ. Серия: экономические. – Вып. 35. – 2008. – С. 229–238.
8. Хобта В. М. Мотиваційні аспекти формування тарифів на послуги теплопостачання / В. М. Хобта, М. В. Полуянова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – №2. – Т. 1. – С. 221–226.
9. Волохова І. С. Пріоритети тарифного регулювання у сфері комунальних послуг (на прикладі сфери теплопостачання) / І. С. Волохова // Вісник ОНУ імені І. І. Мечникова. – 2015. – Т. 20. – Вип. 6. – С. 206–212.
10. Порядок формування тарифів на теплову енергію, її виробництво, транспортування та постачання, послуги з централізованого опалення і постачання гарячої води: Постанова НКРЕКП від 24.03.2016 №377 [Електронний ресурс]. – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0835-16>. – Назва з екрана.

Стаття надійшла в редколегію 02.04.17

Рецензент: д.т.н., проф. Епоян С. М., Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків.

Тарадай Олександр Михайлович

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплогазопостачання, вентиляції та використання теплових вторинних енергоресурсів, ORCID: 0000-0002-4239-9895

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Ланцберг Натан Гейнахович

Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри теплогазопостачання, вентиляції та використання теплових вторинних енергоресурсів, ORCID: 0000-0001-5484-0345

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Бугай Володимир Сергійович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та використання теплових вторинних енергоресурсів, ORCID: 0000-0001-5166-7110

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Фоміч Сергій Володимирович

Аспірант кафедри теплогазопостачання, вентиляції та використання теплових вторинних енергоресурсів, ORCID: 0000-0001-5567-3673

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ОПЛАТИ ЗА ПОСЛУГИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Анотація. В умовах дефіциту державного фінансування для прийняття заходів щодо покращення теплового захисту існуючого житлового фонду, мешканці змушені самостійно утеплювати власні квартири, будинки. При цьому скорочення теплових втрат, переважно, не відображається на вартості послуг теплопостачання, особливо за оплати по тарифу за один квадратний метр опалювальної площі. В роботі запропоновано методіку визначення коефіцієнтів економії тепла, які можна враховувати у нарахуваннях за послуги теплопостачання споживачам, які здійснили заходи щодо утеплення власних квартир. Даний підхід до нарахування за послуги теплопостачання може послужити стимулом до прискорення комплексної теплоізоляції будинків, а не тільки окремих квартир, а також забезпечити при цьому економію на всіх рівнях – від держави, теплопостачальних підприємств, до споживача.

Ключові слова: термомодернізація; опалення; коефіцієнт економії тепла; теплоспоживання

Oleksandr Taraday

Doctor of Science, Professor, Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Use of Thermal Secondary Energy Resources, ORCID: 0000-0002-4239-9895

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv

Natan Lantsberg

Doctor of Philosophy, Associate Professor, Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Use of Thermal Secondary Energy Resources, ORCID: 0000-0001-5484-0345

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv

Volodymyr Bugai

Doctor of Philosophy, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Use of Thermal Secondary Energy Resources, ORCID: 0000-0001-5166-7110

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv

Serhii Fomich

Postgraduate of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Use of Thermal Secondary Energy Resources, ORCID: 0000-0001-5567-3673

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv

MATHEMATICAL RATIONALE OF THE APPROACH TO PAYMENT FOR HEAT SUPPLY SERVICES UNDER THERMAL MODERNISATION OF BUILDINGS

Annotation. Under the conditions of public funding shortage for taking measures to improve the thermal protection of the existing housing stock, residents are forced to insulate their own apartments and houses. At the same time, the reduction of heat losses does not greatly affect the cost of heat supply services, especially when paying per square meter of heated area. The paper suggests a methodology for determining the coefficients of heat saving, which can be taken into account in accruals of payment for heat supply services of consumers who carried out measures for the insulation of their own apartments. This approach to accruals for heat supply services can serve as an incentive to accelerate the complex thermal insulation of houses, and not just individual apartments, and also to provide savings at all levels – from the state, heat supply enterprises, to the consumer.

Keywords: thermal modernisation; heating; coefficient of heat savings; heat consumption