

УДК 658.24

А. А. АЛЕКСАХИН, канд. техн. наук

А. В. БОБЛОВСКИЙ, аспирант

Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков

## ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

*На основании данных об основных конструктивных характеристиках ряда типовых жилых зданий и современных нормативных требований по сопротивлению теплопередачи наружных ограждающих конструкций расчетным путем определены возможные уровни снижения расхода теплоты системами отопления этих зданий.*

*На підставі даних про основні конструктивних характеристиках ряду типових житлових будинків і сучасних нормативних вимог з опору теплопередачі зовнішніх огорожуючи конструкцій розрахунковим шляхом визначено можливі рівні зниження витрат теплоти системами опалення цих будинків.*

### Введение

Цикл производства и потребления тепловой энергии при централизованном теплоснабжении включает потери при ее выработке, транспортировании и потреблении. По существующим оценкам потери теплоты при производстве и транспортировании составляют 7–15 %, а потери у конечного потребителя 30–50 % [1]. В структуре теплопотребления зданий расход теплоты на компенсацию тепловых потерь в системе отопления составляет около 80 %. Через наружные стены теряется приблизительно 40 % теплоты, через остекление 35 % и другие виды потерь 25 %.

Для обеспечения современных теплотехнических требований [2] применительно к ограждающим конструкциям большей части функционирующих зданий термическое сопротивление конструктивных элементов должно быть увеличено в сравнении с действовавшими на момент их сооружения нормами [3] от 1,5 до 3 раз в зависимости от вида ограждения. При существующих технологиях строительства зданий, изготовления ограждающих конструкций и инженерных систем потери теплоты через наружные стены можно снизить в 2,5 раза, остекление – 1,5 раза, другие – в 2 раза, что по данным [1] позволит уменьшить потребление теплоты строительным сектором экономики более, чем на 20%. И хотя по оценкам [1] период окупаемости затрат на утепление жилых зданий при цене \$80 за тонну условного топлива достаточно велик (около 11,7 лет), устройство дополнительной теплоизоляции на существующих строительных конструкциях остается основным мероприятием по снижению энергозатрат для находящихся в эксплуатации зданий. С ростом цен на первичные энергоносители, в первую очередь на газ, срок окупаемости уже в ближайшее время может сократиться до 3–5 лет.

### Основная часть

**Целью** настоящей работы является анализ влияния теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций типовых жилых зданий на уровень теплопотребления.

В жилых домах расход теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха осуществляется, как правило, с помощью отопительных приборов. Расход теплоты на систему отопления зданий записывают в виде суммы теплопотерь через ограждающие конструкции и расхода теплоты на нагрев инфильтрационного воздуха ( $Q_{\text{в}}$ ).

$$Q_{\text{о}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} F_i \Delta t_i + Q_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $R$  – сопротивление теплопередачи;

$F$  – площадь определенного наружного ограждения, соответственно;

$\Delta t$  – разность температур внутреннего и наружного воздуха для помещения, ограниченного рассматриваемым ограждением;

$i$  – номер ограждения.

Записывая уравнение (1) для значений тепловых затрат до ( $Q_{01}$ ) и после проведения мероприятий по энергосбережению ( $Q_{02}$ ) получаем выражение для величины снижения отопительной нагрузки

$$\frac{Q_{01}-Q_{02}}{Q_{01}} = \frac{(Q_{01}-Q_{02}) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i'} \Delta t_i''\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} \Delta t_i\right)}{Q_{01} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} \Delta t_i}, \quad (2)$$

где  $R_i, R_i'$  – сопротивление теплопередаче рассматриваемого ограждения до и после утепления, соответственно;

$t_i, t_i'$  – разности температур воздуха для рассматриваемых случаев.

Поскольку в структуре теплотерь зданий тепловой поток через наружные стены имеет максимальную величину, уравнение (2) удобно записать в виде:

$$\frac{Q_{01}-Q_{02}}{Q_{01}} = \frac{\frac{Q_{01}-Q_{02}}{F_1} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{f_i}{R_i'} \Delta t_i''\right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{f_i}{R_i} \Delta t_i\right)}{\frac{Q_{01}}{F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{R_i} \Delta t_i}, \quad (2a)$$

Величину  $f_i = \frac{F_i}{F_1}$  ( $F_1$  – площадь наружных стен здания) можно рассматривать как безразмерную конструктивную характеристику здания. Часто для оценки качественного уровня объемно-планировочных решений используют величину отношения общей площади поверхности наружных ограждающих конструкций к отапливаемому объему здания.

При расчетах по формуле (2a) во внимание приняты тепловые потоки через наружные стены, остекление, чердачные перекрытия и перекрытия над техническим подпольем. Значения температуры внутреннего воздуха для исходного варианта приняты по [4], для расчета теплотерь после утепления – по [5]. Термическое сопротивление ограждающих конструкций приняты по [2] и [3]. Температура воздуха в техническом подполье вычислена по предложенной в [6] формуле.

$$t_n = \frac{17,5 F_{пер} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{F_{n,pi}}{R_{pi}} + 1,08 \frac{F_{н,п}}{R_n} + 0,279 \cdot c \cdot G\right) t_{нв} + K_T (1-\eta) (F_n t_n + F_o t_o + F_{г.в.} t_{г.в.} + F_{тр} t_{тр})}{\sum_{i=1}^n \frac{F_{n,pi}}{R_{pi}} + 1,08 \frac{F_{н,п}}{R_n} + 0,279 \cdot c \cdot G + K_T (1-\eta) (F_n + F_o + F_{г.в.} + F_{тр})}, \quad (3)$$

где 17,5 – допустимое значение удельного теплового потока через перекрытие над подпольем, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{пер}$  – площадь перекрытия над подпольем, м<sup>2</sup>;  $F_{n,pi}$  – площадь  $i$ -й условной зоны пола техподполья с включением площади стен, заглубленных в землю, м<sup>2</sup>;

$R_{pi}$  – сопротивление теплопередаче  $i$ -й условной зоны пола подполья;

1,08 – коэффициент, учитывающий надбавку на ориентацию по сторонам света;  $F_{н.п.}$  – площадь наружной стены техподполья, находящийся выше уровня земли, м<sup>2</sup>;

$R_n$  – сопротивление теплопередаче наружной стены техподполья;  $G$  – массовый расход наружного воздуха, соответствующий расчетному воздухообмену в техподполье, кг/час;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/кг·К;

$K_T$  – коэффициент теплопередачи неизолированных труб;

$\eta$  – коэффициент эффективности теплоизоляции труб;

$F_n, F_o, F_{г.в.}, F_{тр}$  – общая поверхность неизолированных трубопроводов соответственно в подающих и обратных линиях отопления, горячего водоснабжения и транзитных линиях;

$t_n, t_o, t_{г.в.}, t_{тр}$  – температура воды соответственно в подающих и обратных линиях отопления, горячего водоснабжения и транзитных линиях;  $t_{нв}$  – расчетная температура наружного воздуха для системы отопления.

При вычислениях по формуле (3) принято, что транзитные трубопроводы в техподпольях отсутствуют ( $F_{тр} = 0$ ), а система горячего водоснабжения включает подающий трубопровод (температура воды равна 55°С) и циркуляционный трубопровод (температура

воды принята  $46,5^{\circ}\text{C}$ ). Температура воздуха на чердаке составляет величину  $5^{\circ}\text{C}$ . В расчетах принято  $K_T=14,6 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ;  $\eta=0,6$ ;  $R_{п1}=2,15 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ;  $R_{п2}=4,3$ ;  $R_{п3}=8,6$ ;  $R_{п4}=14,2$ .

При определении температуры воздуха в техническом подполье утепленного здания величина удельного теплового потока через подвальное перекрытие скорректирована с учетом увеличения его термического сопротивления.

Значительного снижения теплопотребления зданий можно добиться совершенствованием систем вентиляции, поскольку расход теплоты на подогрев вентиляционного воздуха в современной квартире соизмерим с потерями теплоты через наружные ограждения. По данным [1] потенциал теплосбережения при использовании естественно-механической вентиляции колеблется в пределах 10–15 % (с утилизацией теплоты около 20–25 %) от общих затрат теплоты на нагревание воздуха.

Характеристики рассмотренных типовых жилых зданий приведены в таблице. Там же даны результаты расчетов снижения расхода теплоты по формуле (3). Для случая выполнения комплекса энергосберегающих мероприятий, включающего увеличение термического сопротивления наружных ограждений до уровня современных требований [2] и снижения расхода теплоты системой вентиляции принята в расчетах 20 %. Возможное снижение теплопотребления для рассмотренных типов зданий при этом составляет 35–41 %. Однако, поскольку стоимость систем вентиляции с утилизацией теплоты в современных условиях высока для их использования в массовом строительстве, больший интерес представляет вариант снижения расхода теплоты зданием за счет дополнительного утепления строительных конструкций здания, позволяющего снизить теплопотери через ограждения при расчетной для отопления температуре наружного воздуха примерно на 24–33 % в зависимости от типа здания. При средней за отопительный период температуре наружного воздуха уменьшение требуемой для поддержания температуры внутреннего воздуха теплоты составляет 19–23 %, что согласуется с приведенными в [1] данными.

Сопоставление результатов расчетов для различных типов жилых зданий в зависимости от конструктивных характеристик зданий (таблица) выполнено на рисунке. Как видно из графика, имеет место практически линейная зависимость уровня снижения расхода потребляемой теплоты от величины отношения общей площади наружных ограждающих конструкций к отапливаемому объему зданий.

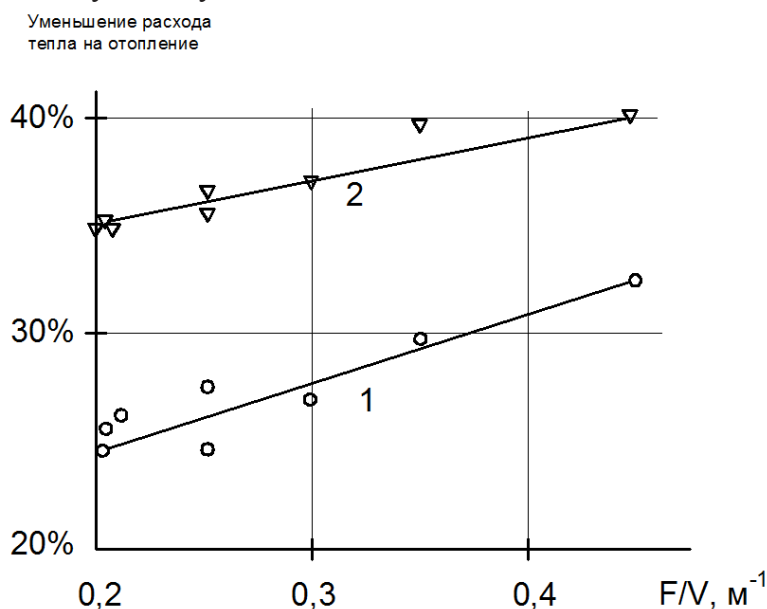


Рисунок. Сравнение эффективности утепления зданий:  
1 – при дополнительном утеплении наружных ограждений  
2 – при утеплении ограждений и энергосбережении в системе вентиляции

Таблица

## Конструктивные характеристики зданий

Тип здания	I-464A-15	I-447C-42	II-57 (3 секции)	II-57 (4 секции)	II-57 (6 секций)	176-Г-8-1	III-162 2 п/1	3с-16
Количество этажей	5	9	9	9	9	12	16	16
Жилая площадь, м <sup>2</sup>	4347	2492	6605	8806	13210	4184,8	5045,8	6163,1
Площадь наружных стен (без учета остекления), м <sup>2</sup>	2263,3	2467,26	2784	3544	5063	3355,1	3483,1	3854
Общая площадь окон, м <sup>2</sup>	565,8	505,24	817,1	1090	1634,2	546,2	663,5	641
Общая площадь наружных ограждений конструкций F, м <sup>2</sup>	2829,1	2972,5	3601,1	4634	6697,2	3901,3	4146,6	4495
Объем V, м <sup>3</sup>	11302	6728	16802	22402	33604	11290	13624	18226
Уменьшение расчетной отопительной нагрузки (Q <sub>01</sub> - Q <sub>01</sub> )/ Q <sub>01</sub> , %	23,8	32,9	26,4	26	25,3	29,7	27,3	27,9
Уменьшение расчетной отопительной нагрузки при выполнении комплекса мероприятий по энергосбережению (включая систему вентиляции), %	34,8	40,9	36,3	35,9	35,3	39,1	37,3	37,6

### Вывод

Доведение величины сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций рассмотренных зданий до уровня современных требований обеспечивает снижение теплопотребления при расчетной для отопления температуре наружного воздуха примерно на 24–33 %. Снижение расхода тепловой энергии в значительной мере определяется конструктивными параметрами зданий.

### Список литературы

1. Маляренко В. А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. –Харків. «Видавництво САГА», 2006. – 484 с.
2. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. К.: 2006. – 72 с.
3. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Отопление и теплоснабжение/ Р. В. Щекин, С. М. Кореневский, Г. Е. Бем, Ф. И. Скороходько. – К.: «Будівельник», 1968. – 438 с.
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства/Под ред. И. Г. Старовойтова М.: Строиздат, 1976. – 426 с.
5. ДБН В 2.2-15-2005. Житлові будинки. Основні положення. К.: Держбуд України, 2005. – 36 с.
6. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. Справочник/ Г. В. Русланов, М. Я. Розкин, Э. Л. Ямпольский. К.: Будівельник, 1983. – 272 с.

## EVALUATION OF ENERGY-SAVING POTENTIAL OF FUNCTIONING RESIDENTIAL BUILDINGS

A. A. ALEKSAHIN, Cand. Tech. Scie., A. V. BOBLOVSKIY, graduate student

*On the basis of the basic structural characteristics of several types of residential buildings and modern regulatory requirements for resistance to heat transfer calculated by the identification of possible levels reduce the amount of heat the heating system.*

Поступила в редакцию 06.12 2011 г.

## ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЕНЕРГОІНВЕСТПРОЕКТ»

НАДАЄ НАСТУПНІ ПОСЛУГИ ПРИ ВИКОНАННІ БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗГІДНО ЛІЦЕНЗІІ АВ № 195710, ВИДАНОЇ МІНІСТЕРСТВОМ БУДІВНИЦТВА, АРХІТЕКТУРИ ТА ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ, НАКАЗ № 53-Л:

### **ПРОЕКТНІ РОБОТИ:**

- АРХІТЕКТУРНЕ ТА БУДІВЕЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.
- ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ, СИСТЕМ І СПОРУД
- РОЗРОБЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ РОЗДІЛІВ ПРОЕКТІВ.

### **ЗВЕДЕННЯ НЕСУЧИХ ТА ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД, БУДІВНИЦТВО ТА МОНТАЖ ІНЖЕНЕРНИХ І ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ:**

- МОНТАЖ ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ.
- ЗАХИСТ КОНСТРУКЦІЙ, УСТАТКУВАННЯ ТА МЕРЕЖ.

**ЗАПРОШУЄМО ДО СПІВПРАЦІ З НАМИ!**

### **НАША АДРЕСА:**

вул. Сумська, 17, кв. 11, м. Харків, 61057, Україна,  
тел./факс +38 (057)750-51-96, E-mail: energoinpro@rambler.ru