

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ**

**Е. А. Коваль, соиск., Е. Л. Юрченко, к. т. н., доц.,  
Н. В. Савицкий, д. т. н., проф., В. В. Кузнецова., магистр**

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры»*

**Актуальность проблематики и постановка задачи.** Энергосбережение зданий во всем мире относится к проблеме государственного масштаба. Затраты энергоресурсов на строительство и эксплуатацию зданий и достигают 40-60% от общих энергозатрат. Сейчас все больше застройщиков начинают задумываться об увеличении капитальных затрат при строительстве взамен на получение экономии при эксплуатации здания. Поэтому актуальной задачей в строительной отрасли – создать условия для строительства энергоэффективных зданий.

**Цель работы** - определить оптимальный вариант проекта энергоэффективного дома с минимальной совокупной стоимостью возведения и эксплуатации, варьируя архитектурно-конструктивными и технологическими параметрами (применяя различные энергосберегающие мероприятия и технологии) во всех температурных зонах Украины с учётом дисконтирования и без учёта его.

**Изложение основного материала.** Для анализа энергоэффективности жилых малоэтажных домов, в качестве базового варианта, был рассчитан жилой двухэтажный дом, запроектированный по каркасно-щитовой технологии.

Совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания определяются согласно зависимости [2, 3, 4]:

$$Z_{i,t} = K_i g^t + \sum_t \frac{g^t - 1}{g - 1} + D_i \quad (1)$$

где  $K_i$  – капитальные вложения (инвестиции) на строительство здания по  $i$ -му варианту;

$\sum_t$  – годовые эксплуатационные расходы на содержание здания при  $i$ -м варианте;

$D_i$  – затраты, связанные с демонтажем строительного объекта (утилизацией его строительных материалов и т.д.);

$t$  - срок службы (эксплуатации), год;

$g$  – коэффициент накопления:  $g=1+p$ ;

$p$  – норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал;

$g^t$  – коэффициент дисконтирования (дисконтный множитель) к концу расчетного периода:  $gt=(1+p)^t$ ;

$(g^t-1)/(g-1)$  – коэффициент возрастания текущих платежей, приведенных к будущему моменту времени для ряда однородных по периодам платежей.

Проведен анализ энергопотребления базового варианта двухэтажного жилого каркасно – щитового дома [2, 3, 4]. Класс энергетической эффективности базового

варианта - В. Наибольшая часть теплопотерь приходится на вентиляцию, инфильтрацию и наружные ограждающие конструкции (стены, окна и двери). Зная стоимость 1 Гкал тепловой энергии, вычисляем эксплуатационные расходы на отопление здания в денежном выражении.

На основе базового проекта было разработано 16 вариантов здания. Каждый вариант является совершенствованием базового варианта с применением различных мер по увеличению энергоэффективности дома. Комбинируя различные энергоэффективные мероприятия получено следующие 16 вариантов проекта здания:

- 1 базовый вариант
2. базовый вариант + утепление стен на 50мм
3. базовый вариант + утепление стен на 100мм
4. базовый вариант + утепление горющана50мм
5. базовый вариант + чердаки 100мм
6. базовый вариант + утепление пола на 50мм
7. базовый вариант + утепление пола на 100мм
8. базовый вариант + комплексное утепление (п.1+2+4+6)
9. базовый вариант + комплексное утепление (п.1+3+5+7)
10. базовый вариант + замена окон ( $R=0.8$  м.кв.\*К/Вт)
11. базовый вариант + замена окон ( $R=1.14$  м.кв.\*К/Вт)
12. базовый вариант + комплексное утепление (п.8+10)
13. базовый вариант + комплексное утепление (п.9+11)
14. базовый вариант + установка рекуператоров ТЕФО
15. базовый вариант + комплексное утепление (п.12+14)
16. базовый вариант + комплексное утепление (п.13+14)
17. пассивный дом

Шестнадцать вариантов дома с проведенными различными мероприятиями сравниваются с базовым вариантом и на основе критерия общей стоимости выбирается оптимальный вариант, то есть вариант с минимальной совокупной стоимостью.

Рассчитав совокупные затраты на строительство и эксплуатацию 17-ти рассматриваемых вариантов двухэтажного жилого дома можно сделать выводы о рациональности проведения различных мероприятий по уменьшению теплопотерь здания с учетом удорожания стоимости тепловой энергии, с учетом различных ставок дисконта, температурных зон. Расчеты проводились по 17 вариантам домов с учетом и без учета дисконтирования приведенного к будущему периоду времени – через 50 лет.

Графическое определение совокупных затрат на строительство и эксплуатацию для четырех климатических зон Украины представлено на рисунке 1.

Оптимальным вариантом является здание с минимальной совокупной стоимостью строительства и эксплуатации (см. табл. 1).

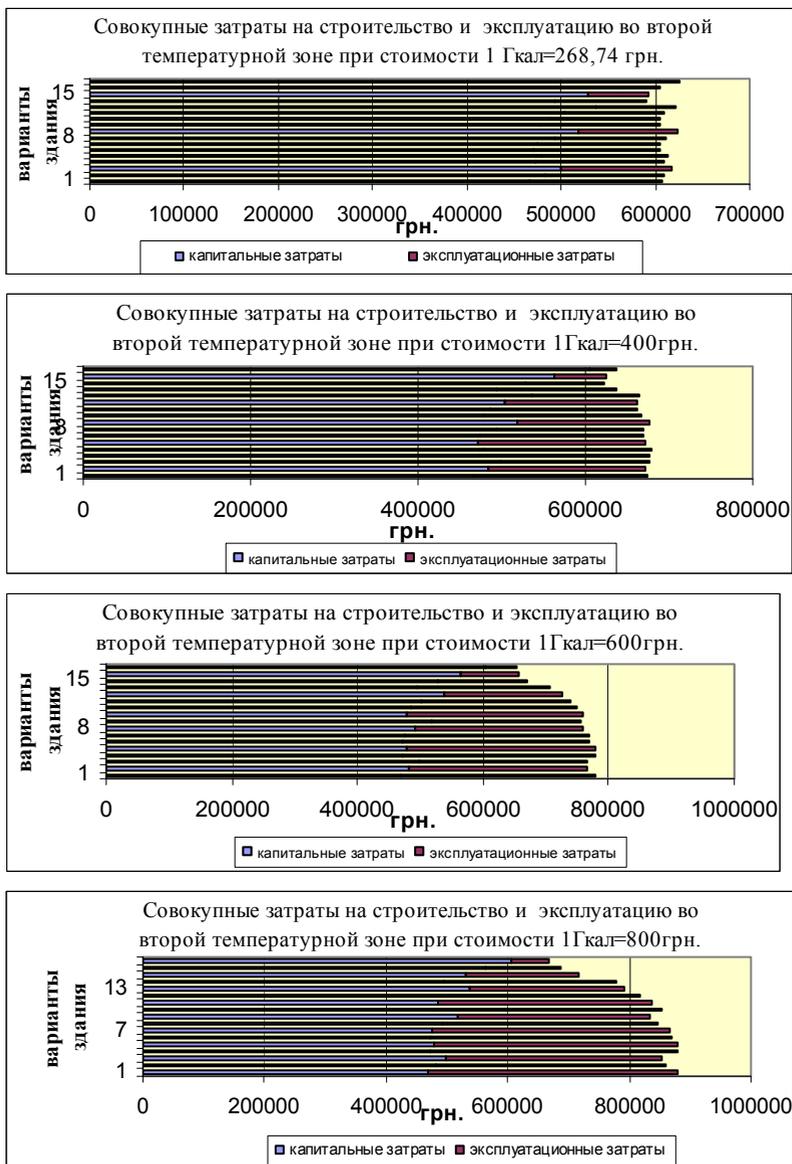


Рис. 1. Определение совокупных затрат на строительство и эксплуатацию здания для четырех климатических зон Украины

*Таблица 1*

*Минимальные совокупные стоимости возведения и эксплуатации здания*

Минимальные совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания в первой температурной зоне								
Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
базов.вар.+рекупер. ТЕФО	605035							
комплексное утепление (вар.16)					640802			
базовый вариант		58649 060	53004 9020	440263 5860		6047896 9	54139 6788	4474 1670 13

Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	600				800			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
базов.вар.+рекупер.ТЕФО						65700023		
пассивный дом	669606				691268			
Базовый вариант		6326 7189	558687 307	458 315 856 0			575 977 827	469215 0107

Минимальные совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания во второй температурной зоне								
Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								

### Строительство, материаловедение, машиностроение

Минимальные совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания во второй температурной зоне								
Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
базов.вар.+ рекупер.ТЕФ О	589634							
комплексное утепление (вар.15)					622618			
базовый вариант		58134 818	526860 066	438 253 414 9		59713 557	53 6650261	4444 2470 74

Стоимость Гкал тепл.энергии, грн.	600				800			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
пассивный дом	652296				668189			
базовый вариант		62119 072	5515 6751 7	45 38 27 86 51		64524 586	56 6484773	463231 0229

Минимальные совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания в третьей температурной зоне								
Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
базов.вар.+реку пер.ТЕФО	572154							
комплексное утепление					598511			

**«Стародубовские чтения - 2012»**

Минимальные совокупные затраты на строительство и эксплуатацию здания в третьей температурной зоне								
Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
(вар.15)								
базовый вариант		5756 8681	233492 97	5 040 386 2		58870 904	5314 2473 6	44 11 30 77 45

Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
комплексное утепления (вар.16)	627328							
пассивный дом					535346			
базовый вариант		6085 5092	54372 9229	44888 69659		62839 279	55603 3723	45664 31572

Стоимость 1 Гкал тепл.энергии, грн.	268.74				400			
Норма дисконта, р	0	0.1	0.15	0.2	0	0.1	0.15	0.2
Применяемые мероприятия								
комплексное утепление (вар.15)	6223 96							
пассивный дом					639234			
базовый вариант		60166	53945 7821	44619 44649		61920 886	5503385 11	4530 5315 59

**Выводы.** Определены оптимальные варианты энергоэффективного малоэтажного дома с минимальной совокупной стоимостью возведения и эксплуатации.

По проведенным расчетам обосновано, что строительство пассивных домов, при действующих тарифах и ценах на энергосберегающие технологии, экономически не целесообразно.

### Использованная литература

1. Меркушов В.Т. Методология технико-экономической оценки проектов термомодернизации эксплуатируемых жилых зданий: Дис. канд. техн. наук: 05.13.22. – Днепропетровск, 2000. – 148с.
2. ДСТУ – НБА.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.- К.: Мінрегіонбуд України, 2008 – 43 с.
3. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель.- К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006 – 70 с.
4. Коваль Е.А. Совершенствование методики рационального проектирования малоэтажных жилых зданий с учетом их жизненного цикла / Н.В. Савицкий, Е.Л. Юрченко, Е.А. Коваль, Т.А. Ковтун-Горбачева // Theoretical foundations of civil engineering. – Warsaw: WUT, 2011. vol. №19/ – p. 307-312.