



# Практика I

ПОКАЗАТЕЛИ КОММЕРЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
МЕРОПРИЯТИЙ

# I. Чистый дисконтированный доход Net Present Value(NPV)

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D}{(1+E)^t} - K_H$$

## Критерий чистого дисконтированного дохода ЧДД(NPV):

1. Если  $\text{ЧДД} < 0$  – проект убыточен.
2. Если  $\text{ЧДД} = 0$  – проект нейтрален.
3. Если  $\text{ЧДД} > 0$  – проект рентабелен.

Если в расчете необходимо учесть **ликвидационную стоимость объекта** в конце расчетного периода ЧДД.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D}{(1+E)^t} + \frac{L}{(1+E)^t} - K_H$$

# Число замен оборудования

$$N_{\text{ЗАМ}} = \frac{T}{T_{\text{СЛ}}} - 1$$

# Дисконтирование капиталовложений

$$K = \sum_{t=1}^{T_{СТР}} \frac{K_t}{(1+E)^t} + \sum_{t=T_{СЛ}}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}$$

При  $T > T_{СЛ}$   
и отсутствии строительного  
и отсутствии строительного

и отсутствии строительного  
и отсутствии строительного

*Индекс доходности инвестиций  
(коэффициент эффективности проекта)  
PI (Profitability Index)*

$$ИД = \frac{ЧДД}{K_H} + 1$$

# Критерий индекса доходности ИД PI (Profitability Index) :

- ИД  $> 1$ . Эффективный проект.
- ИД  $= 1$ . Проект нейтрален.
- PI  $< 1$ . Нерентабельный проект.

# Внутренняя норма дохода, ВНД *internal rate of return* **IRR**

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1 + \text{ВНД})^t} - K = 0$$

Условие ЧДД=0.

Проект целесообразен при  $E \leq \text{ВНД}$

# *Статический срок окупаемости*

$$T_o = \frac{K}{D_t}$$

# • Экономический эффект

дополнительные  
издержки  
производства  
(связаны с  
капвложениями)

выигрыш (потери),  
связанный с  
налогообложением,  
банковским  
процентом и т.д.

$$\Delta D_{\Sigma} = \Delta D_{\text{э}} + \Delta D_{\text{соп}} - \Delta И_{\text{к}} - \Delta И_{\text{экс}} + \Delta Н_{\text{э}}$$

достигаемая  
экономия  
затрат по  
расходуемому  
ТЭР

экономия,  
сопутствующая  
снижению расхода  
ТЭР

прирост затрат в  
эксплуатации в  
связи с внедрением  
энергосберегающего  
мероприятия

## Срок окупаемости

*(или предельные экономически  
допустимые капиталовложения в  
энергосберегающие мероприятия)*

$$\tau = \frac{K}{\Delta D_{\Sigma}} \rightarrow \min$$

$K$  - капиталовложения в энергосберегающие мероприятия;

$\Delta D_{\Sigma}$  - экономический эффект (прирост дохода) от осуществления мероприятий.



# Задача №1

**Выбор экономически целесообразного варианта энергосберегающего мероприятия**

Чистый дисконтированный доход ЧДД, руб., считается по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta D_t - K_t}{(1 + E)^t}$$

где  $t$  – шаг расчёта, равный 1 году;

$T$  – расчётный период времени, равный 5 годам;

$\Delta D_t$  – годовая экономия, руб/год.;

$K_t$  - капитальные затраты, руб.;

$E$  – норма дисконта, равная норме дохода на капитал,  $E = 0,5$ ;

$\frac{1}{(1 + E)^t}$  – коэффициент дисконтирования.

| № варианта | Варианты реконструкции |         |        |         |        |         |        |         |
|------------|------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|            | 1                      |         | 2      |         | 3      |         | 4      |         |
|            | К, руб                 | ΔД, руб | К, руб | ΔД, руб | К, руб | ΔД, руб | К, руб | ΔД, руб |
| 1          | 1000                   | 600     | 1500   | 900     | 2000   | 1300    | 2500   | 1450    |
| 2          | 1000                   | 500     | 1500   | 1000    | 2000   | 1200    | 2500   | 1500    |
| 3          | 1000                   | 650     | 1500   | 1050    | 2000   | 1250    | 2500   | 1550    |
| 4          | 1000                   | 700     | 1500   | 1100    | 2000   | 1350    | 2500   | 1400    |
| 5          | 2000                   | 1400    | 2500   | 1600    | 3000   | 1300    | 3500   | 2000    |
| 6          | 2000                   | 1450    | 2500   | 1650    | 3000   | 1400    | 3500   | 2100    |
| 7          | 2000                   | 1500    | 2500   | 1700    | 3000   | 1500    | 3500   | 2200    |
| 8          | 2000                   | 1550    | 2500   | 1750    | 3000   | 1600    | 3500   | 2250    |
| 9          | 3000                   | 1800    | 3500   | 1900    | 4000   | 2300    | 4500   | 2800    |
| 10         | 3000                   | 1900    | 3500   | 2000    | 4000   | 2400    | 4500   | 2900    |
| 11         | 3000                   | 1950    | 3500   | 2100    | 4000   | 2500    | 4500   | 2950    |
| 12         | 3000                   | 1850    | 3500   | 2200    | 4000   | 2600    | 4500   | 3000    |
| 13         | 3500                   | 2000    | 4000   | 2500    | 4500   | 2500    | 5000   | 3000    |
| 14         | 3500                   | 2100    | 4000   | 2600    | 4500   | 2600    | 5000   | 3100    |
| 15         | 3500                   | 2200    | 4000   | 2700    | 4500   | 2700    | 5000   | 3200    |
| 16         | 3500                   | 2300    | 4000   | 2800    | 4500   | 2800    | 5000   | 3300    |
| 17         | 1000                   | 600     | 1500   | 900     | 4000   | 2400    | 4500   | 2900    |
| 18         | 1000                   | 500     | 1500   | 1000    | 4000   | 2500    | 4500   | 2950    |
| 19         | 1000                   | 650     | 1500   | 1050    | 4000   | 2600    | 4500   | 3000    |
| 20         | 1000                   | 700     | 1500   | 1100    | 4500   | 2500    | 5000   | 3000    |
| 21         | 2000                   | 1400    | 2500   | 1600    | 4500   | 2600    | 5000   | 3100    |
| 22         | 2000                   | 1450    | 2500   | 1650    | 4500   | 2700    | 5000   | 3200    |
| 23         | 2000                   | 1500    | 2500   | 1700    | 4500   | 2800    | 5000   | 3300    |
| 24         | 2000                   | 1550    | 2500   | 1750    | 5000   | 3000    | 6000   | 3500    |
| 25         | 3000                   | 1800    | 3500   | 1900    | 5000   | 3100    | 6000   | 3600    |

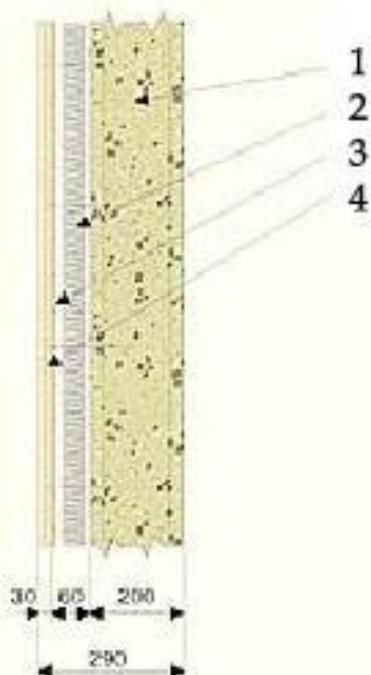


# ЗАДАЧА №2

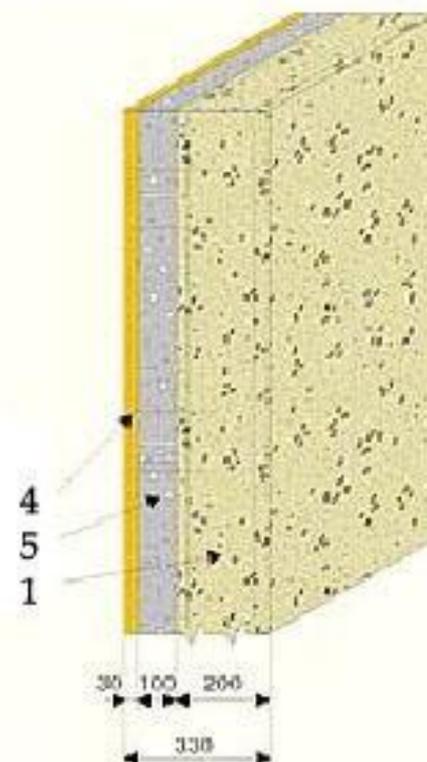
Расчёт срока окупаемости дополнительного  
утепления стен

## Утепление наружных стен монолитных железобетонных зданий

Типовое решение



1. Утепляемая монолитная стена
2. Утеплитель - минеральная вата
3. пароизоляция
4. штукатурка по стене
5. **пенополистиролбетонные блоки**



# Исходные данные

- $S_{\text{тепл}}$  – тариф на тепловую энергию, руб/Гкал
- ( $S_{\text{тепл}} = 1510 \text{ руб/ГКал} = 360 \text{ руб/ГДж}$ )  
( $1 \text{ Кал} = 4,1868 \text{ Дж}$ )
- $S_{\text{монт}}$  – стоимость монтажа  $1 \text{ м}^2$  утеплителя, руб/ $\text{м}^2$   
( $S_{\text{монт}} = 150 \text{ руб/м}^2$ )
- $S_{\text{утепл}}$  – стоимость  $1 \text{ м}^3$  утеплителя,  
( $S_{\text{утепл}} = 1600 \text{ руб/м}^3$ )
- Сопротивление теплопередаче стены  
 $R_{\text{ст}}^{\text{до ут}}$  до утепления,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$   
 $R_{\text{ст}}^{\text{после ут}} = R_{\text{ст}}$  после утепления,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$  (лаб раб I)
- Климатические данные  $t_n$ ,  $t_{\text{ом}}$ ,  $Z_{\text{ом}}$ ,  $t_g$  (лаб раб I)
- Толщина утеплителя  $\delta_{\text{ут}}$

1. Сопротивление теплопередаче стены до утепления соответственно,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  рассчитывается

$$R_{ст}^{до\ ут} = R_{ст}^{после\ ут} - 1 \quad (2.1)$$

$R_{ст}^{после\ ут}$  - сопротивление теплопередаче стены после утепления ( $R_{ст}^{после\ ут} = R_{ст}$  см. I задачу),  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

2. Толщину утеплителя  $\delta_{ут}$ , м, определяется по формуле

$$\delta_{ут} = (R_{ст}^{после\ ут} - R_{ст}^{до\ ут}) \cdot \lambda_{ут} \quad (2.2)$$

где  $R_{ст}^{после\ ут}$ ,  $R_{ст}^{до\ ут}$  – см. формулу 2.1,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;  
 $\lambda_{ут}$  – коэффициент теплопроводности утеплителя (СП 50.13330.2012 Приложение Т).

**Приложение Т**  
(справочное)

**Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов  
и изделий**

Таблица Т.1

| Материал                           | Характеристики материалов в сухом состоянии |   |  | Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б |    |  |       |  |      |                                       |
|------------------------------------|---|---|--|---|----|--|-------|--|------|---------------------------------------|
|                                    | плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>      | удельная теплоемкость $c_0$ , кДж/(кг·°С) | теплопроводность $\lambda_0$ , Вт/(м·°С) | влажность $w$ , %   |    | теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С) |       | теплоусвоение (при периоде 24 ч) $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С) |      | паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па) |
|                                    |   |   |  | А   | Б  | А                                      | Б     | А  | Б    |                                       |
| 1                                  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  | 7                                      | 8     | 9  | 10   | 11                                    |
| <b>Теплоизоляционные материалы</b> |   |   |  |   |    |  |       |  |      |                                       |
| 1 Плиты из пенополистирола         | До 10                                       | 1,34                                      | 0,049                                    | 2   | 10 | 0,052                                  | 0,059 | 0,23   | 0,28 | 0,05                                  |
| 2 То же                            | 10 – 12                                     | 1,34                                      | 0,041                                    | 2   | 10 | 0,044                                  | 0,050 | 0,23   | 0,28 | 0,05                                  |
| 3 »                                | 12 – 14                                     | 1,34                                      | 0,040                                    | 2   | 10 | 0,043                                  | 0,049 | 0,25   | 0,30 | 0,05                                  |
| 4 »                                | 14 – 15                                     | 1,34                                      | 0,039                                    | 2   | 10 | 0,042                                  | 0,048 | 0,26   | 0,30 | 0,05                                  |
| 5 »                                | 15 – 17                                     | 1,34                                      | 0,038                                    | 2   | 10 | 0,041                                  | 0,047 | 0,27   | 0,32 | 0,05                                  |
| 6 »                                | 17 – 20                                     | 1,34                                      | 0,037                                    | 2   | 10 | 0,040                                  | 0,046 | 0,29   | 0,34 | 0,05                                  |
| 7 »                                | 20 – 25                                     | 1,34                                      | 0,036                                    | 2   | 10 | 0,038                                  | 0,044 | 0,31   | 0,38 | 0,05                                  |
| 8 »                                | 25 – 30                                     | 1,34                                      | 0,036                                    | 2   | 10 | 0,038                                  | 0,044 | 0,34   | 0,41 | 0,05                                  |
| 9 »                                | 30 – 35                                     | 1,34                                      | 0,037                                    | 2   | 10 | 0,040                                  | 0,046 | 0,38   | 0,45 | 0,05                                  |



# СП 50.13330.2012 Таблица 2

## Условия эксплуатации ограждающих конструкций

| Влажностный режим помещений зданий | Условия эксплуатации А и Б в зоне |            |         |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|---------|
|                                    | сухой                             | нормальной | влажной |
| Сухой                              | А                                 | А          | Б       |
| Нормальный                         | А                                 | Б          | Б       |
| Влажный или мокрый                 | Б                                 | Б          | Б       |

### 3. Потери тепловой энергии, Вт, вычисляются

(в расчёте формулу не считать, а сразу определять значение по формуле 2.6)

$$Q_{cm} = F_{cm} \cdot K_{cm} \cdot (t_v - t_n)$$

(2.3)

где  $F_{cm}$  – расчётная площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$K_{cm}$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

4. Коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

$$K_{ст} = 1/R_{ст} \quad (2.4)$$

где  $R_{ст}^{до\ ут}$ ,  $R_{ст}^{после\ ут}$  – сопротивление теплопередаче стены до и после утепления соответственно, м<sup>2</sup> · °С/Вт.

5. Потери тепловой энергии, Вт

$$Q_{ст}^{до\ ут/после\ ут} = F_{ст} \cdot K_{ст}^{до\ ут/после\ ут} \cdot (t_v - t_n)$$

(2.5)

## 6. Снижение потерь теплоты $\Delta Q_w$ , Вт,

$$\Delta Q_{cm} = F_{cm} \cdot (K_{cm}^{до\ ут} - K_{cm}^{после\ ут}) \cdot (t_{\epsilon} - t_n) \quad (2.6)$$

7. Годовая экономия теплоты  $\Delta Q_{год}$   $\frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}$ ,  
можно определить по формуле

$$\Delta Q_{год} = 24 \cdot z_{om} \cdot \frac{t_{\epsilon} - t_{om}}{t_{\epsilon} - t_n} \cdot \Delta Q_{cm} \quad (2.7)$$

8. Стоимость сэкономленной теплоты за год  $S_{\text{ТЕПЛ}}^{\text{ГОД}}$ , руб/год, определяется по формуле

$$S_{\text{ТЕПЛ}}^{\text{ГОД}} = \Delta Q_{\text{год}} \cdot S_{\text{ТЕПЛ}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \quad (2.8)$$

где  $\Delta Q_{\text{год}}$  - годовая экономия теплоты, ;  
 $S_{\text{ТЕПЛ}}$  - стоимость тепловой энергии, руб/ГДж;

$3,6 \cdot 10^{-6}$  - переводной коэффициент из Вт · ч в ГДж.

$$\text{Вт} \cdot \text{ч} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot \text{ч} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{с} \cdot 10^{-9} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ ГДж}$$

9. Затраты на утепление  $K_{ут}$ , руб, равны

$$K_{ут} = S_{монт} \cdot F_{ст} + S_{утепл} \cdot V_{утепл} \quad (2.9)$$

где  $V_{утепл}$  – объём утеплителя,  $m^3$

$S_{монт}$  – стоимость монтажа  $1 m^2$

утеплителя, руб/ $m^2 = \delta_{ут} \cdot F_{ст}$

$S_{утепл}$  – стоимость  $1 m^3$  утеплителя, руб/ $m^3$

(2.10)

10. Срок окупаемости равен, лет

$$T_{ок} = \frac{K_{ут}}{S_{тепл}^{год}}$$

(2.11)

$K_{ут}$  – затраты на утепление, руб,

$S_{тепл}^{год}$  – стоимость сэкономленной теплоты  
за год, руб/год