

Пример теплотехнического расчета жилого дома

Комментарий: теплотехнический расчет выполнен на основании ТНПА Республики Беларусь и носит общий характер. В каждом конкретном случае необходимо учитывать все особенности здания, для которого выполняется расчет.

Пример 1

1. Необходимо выполнить расчет расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого дома за отопительный период.
2. Выполнить вариант сравнения здания, построенного с учетом действующих нормативных требований Республики Беларусь.
3. Рассчитать затраты на отопление жилого дома, выполненного в соответствии с нормативами и затраты на отопление жилого дома, который утеплен с отступлениями согласно нормативных документов.

Ниже представлен жилой дом и параметры по зданию, для которого будет вестись расчет.



1. Выполним расчет расхода тепла энергии на отопление и вентиляцию жилого дома за отопительный период.

Вариант 001. Жилой дом, утепленный в соответствии с нормативными требованиями

Показатель		Обозначение показателя, единицы измерения	Фактическое значение показателя
Город строительства		—	Минск
Расчетная температура внутреннего воздуха		$t_{int}, ^\circ\text{C}$	18
Температура воздуха в техподполье		$t_c, ^\circ\text{C}$	5
Расчетная температура наружного воздуха		$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	-24
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период		$t_{ht}, ^\circ\text{C}$	-0,9
Продолжительность отопительного периода		$Z_{ht}, \text{сут}$	198
Наружные стены	площадь	$A_w, \text{м}^2$	254,08
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_w, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	3,2
Окна	общая площадь, в том числе:	$A_F, \text{м}^2$	23,09
	- ориентированных на запад	$A_{F1}, \text{м}^2$	3,59
	- ориентированных на восток	$A_{F2}, \text{м}^2$	3,83
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_F, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	1,0
Покрытие	площадь	$A_c, \text{м}^2$	195,2
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_c, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	6,0
Цокольное	площадь	$A_f, \text{м}^2$	113,25

перекрытие	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R_f^r, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	2,5
Наружные входные двери	площадь	$A_{ed}, \text{ м}^2$	19,16
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R_{ed}^r, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	1,2
Общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций		$A_{sum}^e, \text{ м}^2$	604,78
Площадь жилых помещений		$A_l, \text{ м}^2$	99,67
Площадь кухонь		$A_k, \text{ м}^2$	9,01
Отапливаемая площадь		$A_h, \text{ м}^2$	226,5
Отапливаемый объем		$V_h, \text{ м}^3$	899,31

Система вентиляции - естественная.

Градусо-сутки отопительного периода определяем по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{nt}) \cdot Z_{ht} = (18 + 0,9) \cdot 198 = 3742,2 \text{ °C} \cdot \text{сут}$$

Расчетный показатель компактности определяем по формуле:

$$k_e^{des} = \frac{A_e^{sum}}{V_h} = \frac{604,78}{899,31} = 0,672 < 0,9 \text{ м}^{-1}$$

Значения площадей и приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций приведены в таблице выше.

Для перекрытия над подвальным этажом коэффициент n определяем по формуле:

$$n = \frac{t_{int} - t_c}{t_{int} - t_{ext}} = \frac{18 - 5}{18 - (-24)} = 0,31$$

Приведенный коэффициент теплопередачи наружных ограждающих конструкций определяем по формуле:

$$K_m^{tr} = \frac{\frac{A_w}{R_w^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + \frac{nA_f}{R_f^r} + \frac{A_{f1}}{R_{f1}^r}}{A_e^{sum}} = \frac{\frac{254,08}{3,2} + \frac{23,09}{1} + \frac{19,16}{1,2} + \frac{195,2}{6} + \frac{0,31 \cdot 113,25}{2,5}}{604,78}$$

$$K_m^{tr} = 0,273 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Количество приточного воздуха в здание при естественном воздухообмене для жилых зданий равно:

$$L_v = 3A_1 = 3 \cdot 99,67 = 299,01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество инфильтрующегося воздуха в лестничную клетку (тамбур) жилого здания через неплотности заполнения проемов определяем по формуле:

$$G_{inf} = \frac{A_F + A_{ed}}{R_{a,F}}$$

Суммарная площадь окон и входных дверей лестничной клетки (тамбура) равна:

$$A_F + A_{ed} = 1,91 \text{ м}^2$$

Расчетную разность давления наружного и внутреннего воздуха для окон и входных наружных дверей определяем по ТКП 45-2.04-43 (формула 8.2), при этом расчетную высоту «**H**» принимаем с коэффициентом 0,5:

$$\Delta p = 0,5H \cdot (\gamma_{ht} + \gamma_{int}) + 0,5\rho_{ht}v^2 \cdot (c_n - c_n) \cdot k_i$$

Расчетная высота от центра заполнения светового проема первого этажа до устья вытяжной шахты **H** = 6,5 м.

$$\gamma_{ht} = \frac{3463}{273 - 0,9} = 12,73 \text{ Н}/\text{м}^3$$

$$\gamma_{int} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9 \text{ Н}/\text{м}^3$$

$$\rho_{ht} = \frac{12,73}{9,8} = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$v = 4 \text{ м}/\text{с}$$

$$c_n = 0,8$$

$$c_n = -0,6$$

$$k_i = 0,85$$

$$\Delta p = 0,5 \cdot 6,5 \cdot (12,73 - 11,9) + 0,5 + 1,3 \cdot 4^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,85 = 27,95 \text{ Па}$$

Нормативная воздухопроницаемость окон и балконных дверей жилых зданий в соответствии с ТКП 45-2.04-43 (таблица 8.1), $G_n=10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и входных наружных дверей равно:

$$R_{a,F} = \frac{0,216 \Delta p^{2/3}}{G_n} = \frac{0,216 \cdot 27,95^{2/3}}{10} = 0,199 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$$

В соответствии с ТКП 45-2.04-43 (8.3) сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий должно быть равно требуемому сопротивлению воздухопроницания при допустимом отклонении не более +20 %.

$$\text{Принимаем: } R_{a,F1} = 0,20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$$

Количество инфильтрующегося воздуха в лестничные клетки (тамбур) жилого здания через неплотности заполнения проемов равно:

$$G'_{inf} = \frac{A_F + A_{ed}}{R_{a,F}} = \frac{1,91}{0,20} = 9,55 \text{ кг}/\text{ч}$$

Среднюю плотность приточного воздуха за отопительный период определяем по формуле:

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (t_{int} + t_{ht})} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (18 - 0,9)} = 1,254 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, принимают $\beta_v = 0,85$.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период равна:

$$n_a = \frac{L_v + \frac{G'_{inf}}{\rho_a^{ht}}}{\beta_v V_h} = \frac{299,01 + \frac{9,55}{1,254}}{0,85 \cdot 899,31} = 0,4 \text{ ч}^{-1}$$

Условный коэффициент теплопередачи здания определяем по формуле:

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 c n_a \beta_v V_h \rho_a^{ht}}{A_e^{sum}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 899,31 \cdot 1,254}{604,78} = 0,178 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания определяют по формуле:

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf} = 0,273 + 0,178 = 0,451 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Общие теплопотери здания за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum} = 0,0864 \cdot 0,451 \cdot 3742,2 \cdot 604,78 = 88189,06 \text{ МДж}$$

Бытовые теплопоступления за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_{int} = 0,0864 q_{int} Z_{ht} \cdot (A_l + A_k) = 0,0864 \cdot 9 \cdot 198 \cdot (99,67 + 9,01) = 16732,89 \text{ МДж}$$

При этом удельные бытовые теплопоступления составят $q_{int} = 9 \text{ Вт}/\text{м}^2$ на 1 м^2 жилых помещений и кухонь.

При отсутствии в здании зенитных фонарей теплопоступления через светопрозрачные ограждения конструкции в течение отопительного периода определяем по формуле:

$$Q_s = \tau_F k_F \cdot (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4)$$

Окна, в соответствии с проектом, в одинарном переплете с двухкамерным стеклопакетом (три ряда остекления), с низкоэмиссионным мягким покрытием. В соответствии с приложением Г принимаем:

- коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами их конструкции, $\tau_F = 0,8$;

- коэффициент относительного пропускания солнечной радиации светопрозрачной конструкции $k_F = 0,48$.

Суммарная солнечная радиация на вертикальные поверхности при средних условиях облачности за отопительный период в соответствии с приложением Г составит:

$$I_b = 655 \text{ МДж}/\text{м}^2$$

$$I_3 = 675 \text{ МДж}/\text{м}^2$$

Теплопоступления через светопрозрачные конструкции в течение отопительного сезона определяем по формуле:

$$Q_s = \tau_F k_F \cdot (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) = 0,8 \cdot 0,48 \cdot (3,59 \cdot 675 + 3,83 \cdot 655)$$

$$Q_s = 1893,85 \text{ МДж}$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_h^y = (Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot \nu \zeta) \cdot \beta_h$$

$$Q_h^y = (88189,06 - (16732,89 + 1893,85) \cdot 0,9 \cdot 0,95) \cdot 1,07 = 77321,62 \text{ МДж}$$

При этом коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления, $\zeta=0,95$ (двухтрубная система отопления с терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе).

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле:

$$q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{A_h} = \frac{77321,62}{226,5} = 341,37 \text{ МДж/м}^2$$

Вариант 002. Жилой дом, утепленный с нарушениями согласно нормативных требований

Показатель		Обозначение показателя, единицы измерения	Фактическое значение показателя
Город строительства		—	Минск
Расчетная температура внутреннего воздуха		$t_{int}, ^\circ\text{C}$	18
Температура воздуха в техподполье		$t_c, ^\circ\text{C}$	5
Расчетная температура наружного воздуха		$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	-24
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период		$t_{ht}, ^\circ\text{C}$	-0,9
Продолжительность отопительного периода		$Z_{ht}, \text{сут}$	198
Наружные	площадь	$A_w, \text{м}^2$	254,08

стены	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_w, \text{M}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	2,5
Окна	общая площадь,	A_F, M^2	23,09
	в том числе:		
	- ориентированных на запад	A_{F1}, M^2	3,59
	- ориентированных на восток	A_{F2}, M^2	3,83
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_F, \text{M}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	1,0
Покрытие	площадь	A_c, M^2	195,2
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_c, \text{M}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	4,5
Цокольное перекрытие	площадь	A_f, M^2	113,25
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_f, \text{M}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	2,5
Наружные входные двери	площадь	A_{ed}, M^2	19,16
	значение приведенного сопротивления теплопередаче	$R^r_{ed}, \text{M}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	1,2
Общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций		A^e_{sum}, M^2	604,78
Площадь жилых помещений		A_l, M^2	99,67
Площадь кухонь		A_k, M^2	9,01
Отапливаемая площадь		A_h, M^2	226,5
Отапливаемый объем		V_h, M^3	899,31

Система вентиляции естественная.

Градусо-сутки отопительного периода определяем по формуле:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{nt}}) \cdot Z_{\text{ht}} = (18 + 0,9) \cdot 198 = 3742,2 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$$

Расчетный показатель компактности определяем по формуле:

$$k_e^{\text{des}} = \frac{A_e^{\text{sum}}}{V_h} = \frac{604,78}{899,31} = 0,672 < 0,9 \text{ м}^{-1}$$

Значения площадей и приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций приведены в таблице выше.

Для перекрытия над подвальным этажом коэффициент n определяем по формуле:

$$n = \frac{t_{\text{int}} - t_c}{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}} = \frac{18 - 5}{18 - (-24)} = 0,31$$

Приведенный коэффициент теплопередачи наружных ограждающих конструкций определяем по формуле:

$$K_m^{\text{tr}} = \frac{\frac{A_w}{R_{r_w}^r} + \frac{A_F}{R_F^r} + \frac{A_{ed}}{R_{ed}^r} + \frac{A_c}{R_c^r} + \frac{nA_f}{R_f^r} + \frac{A_{f1}}{R_{f1}^r}}{A_e^{\text{sum}}} = \frac{\frac{254,08}{2,5} + \frac{23,09}{1} + \frac{19,16}{1,2} + \frac{195,2}{4,5} + \frac{0,31 \cdot 113,25}{2,5}}{604,78}$$

$$K_m^{\text{tr}} = 0,3276 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Количество приточного воздуха в здание при естественном воздухообмене для жилых зданий равно:

$$L_v = 3A_l = 3 \cdot 99,67 = 299,01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Количество инфильтрующегося воздуха в лестничную клетку (тамбур) жилого здания через неплотности заполнения проемов определяем по формуле:

$$G_{\text{inf}}' = \frac{A_F + A_{ed}}{R_{a,F}}$$

Суммарная площадь окон и входных дверей лестничной клетки (тамбура) равна:

$$A_F + A_{ed} = 1,91 \text{ м}^2$$

Расчетную разность давления наружного и внутреннего воздуха для окон и входных наружных дверей определяем по ТКП 45-2.04-43 (формула 8.2), при этом расчетную высоту «Н» принимаем с коэффициентом 0,5:

$$\Delta p = 0,5H \cdot (\gamma_{\text{ht}} + \gamma_{\text{int}}) + 0,5\rho_{\text{ht}}v^2 \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{п}}) \cdot k_i$$

Расчетная высота от центра заполнения светового проема первого этажа до устья вытяжной шахты $H = 6,5$ м.

$$\gamma_{ht} = \frac{3463}{273 - 0,9} = 12,73 \text{ Н/м}^3$$

$$\gamma_{int} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9 \text{ Н/м}^3$$

$$\rho_{ht} = \frac{12,73}{9,8} = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$c_H = 0,8$$

$$c_H = -0,6$$

$$k_i = 0,85$$

$$\Delta p = 0,5 \cdot 6,5 \cdot (12,73 - 11,9) + 0,5 + 1,3 \cdot 4^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,85 = 27,95 \text{ Па}$$

Нормативная воздухопроницаемость окон и балконных дверей жилых зданий в соответствии с ТКП 45-2.04-43 (таблица 8.1), $G_n = 10 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и входных наружных дверей равно:

$$R_{a,F} = \frac{0,216 \Delta p^{2/3}}{G_n} = \frac{0,216 \cdot 27,95^{2/3}}{10} = 0,199 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$$

В соответствии с ТКП 45-2.04-43 (8.3) сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий должно быть равно требуемому сопротивлению воздухопроницания при допустимом отклонении не более +20 %.

$$\text{Принимаем: } R_{a,F1} = 0,20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$$

Количество инфильтрующегося воздуха в лестничные клетки (тамбур) жилого здания через неплотности заполнений проемов равно:

$$G_{inf} = \frac{A_F + A_{ed}}{R_{a,F}} = \frac{1,91}{0,20} = 9,55 \text{ кг/ч}$$

Среднюю плотность приточного воздуха за отопительный период определяем по формуле:

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (t_{int} + t_{ht})} = \frac{353}{273 + 0,5 \cdot (18 - 0,9)} = 1,254 \text{ кг/м}^3$$

Коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, принимают $\beta_v = 0,85$.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период равна:

$$n_a = \frac{L_v + \frac{G_{inf}^{ht}}{\rho_a^{ht}}}{\beta_v V_h} = \frac{299,01 + \frac{9,55}{1,254}}{0,85 \cdot 899,31} = 0,4 \text{ ч}^{-1}$$

Условный коэффициент теплопередачи здания определяем по формуле:

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 c n_a \beta_v V_h \rho_a^{ht}}{A_e^{sum}} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 899,31 \cdot 1,254}{604,78} = 0,178 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания определяют по формуле:

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf} = 0,3276 + 0,178 = 0,506 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Общие теплотери здания за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum} = 0,0864 \cdot 0,506 \cdot 3742,2 \cdot 604,78 = 98943,82 \text{ МДж}$$

Бытовые тепlopоступления за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_{int} = 0,0864 q_{int} Z_{ht} \cdot (A_l + A_k) = 0,0864 \cdot 9 \cdot 198 \cdot (99,67 + 9,01) = 16732,89 \text{ МДж}$$

При этом удельные бытовые тепlopоступления составят $q_{int} = 9 \text{ Вт/м}^2$ на 1 м^2 жилых помещений и кухню.

При отсутствии в здании зенитных фонарей тепlopоступления через светопрозрачные ограждения конструкции в течение отопительного периода определяем по формуле

$$Q_s = \tau_F k_F \cdot (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4)$$

Окна, в соответствии с проектом, в одинарном переплете с двухкамерным стеклопакетом (три ряда остекления), с низкоэмиссионным мягким покрытием. В соответствии с приложением Г принимаем:

- коэффициент, учитывающий затенение светового проема окон непрозрачными элементами их конструкции, $\tau_F = 0,8$;

- коэффициент относительного пропускания солнечной радиации светопрозрачной конструкции $k_F = 0,48$.

Суммарная солнечная радиация на вертикальные поверхности при средних условиях облачности за отопительный период в соответствии с приложением Г составит:

$$I_B = 655 \text{ МДж/м}^2$$

$$I_3 = 675 \text{ МДж/м}^2$$

Теплопоступления через светопрозрачные конструкции в течение отопительного сезона определяем по формуле:

$$Q_s = \tau_F k_F \cdot (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) = 0,8 \cdot 0,48 \cdot (3,59 \cdot 675 + 3,83 \cdot 655)$$

$$Q_s = 1893,85 \text{ МДж}$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле:

$$Q_h^y = (Q_h - (Q_{int} + Q_s) \cdot v\zeta) \cdot \beta_h$$

$$Q_h^y = (98943,82 - (16732,89 + 1893,85) \cdot 0,9 \cdot 0,95) \cdot 1,07 = 88829,21 \text{ МДж}$$

При этом коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления, $\zeta=0,95$ (двухтрубная система отопления с терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе).

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяем по формуле:

$$q_h^{des} = \frac{Q_h^y}{A_h} = \frac{88829,21}{226,5} = 392,18 \text{ МДж/м}^2$$

2. Выполнить варианты сравнения здания, построенного с учетом действующих нормативных требований Республики Беларусь по энергосбережению и с учетом нарушений.

В случае, когда утепление выполнено по нормативам, затраты на отопление составят **341,37 МДж/м²**. В случае, когда утепление жилого дома выполнено с нарушениями, затраты на отопление составят **392,18 МДж/м²**. То есть в конкретном случае мы переплачиваем 13-15% за отопление дома каждый год.

В нашем случае общая отапливаемая площадь составляет 226,5 м².

Соответственно, посчитаем общие затраты на все здание:

Вариант 1: $341,37 \cdot 226,5 = 77320$ МДж.

Вариант 2: $392,18 \cdot 226,5 = 88829$ МДж.

3. Рассчитаем затраты на отопление жилого дома, выполненного в соответствии с нормативами и затраты на отопление жилого дома, который утеплен с отступлениям согласно нормативных документов. Выполняется расчет за отопительный период (затраты на отопление за 1 год).

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \text{ МДж};$$

$$1 \text{ МДж} = 1/3,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0,278 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Случай 1: отопление здания электроэнергией

КПД электронагревательных приборов можно принимать за 100 %, так как все потери преобразуются в тепло.

Следовательно, 1 кВт·ч электроэнергии образует 3,6 МДж тепла.

Расчет для случая 1:

Вариант 1: $77320 \text{ МДж} / 3,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = \mathbf{21477 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}$;

Вариант 2: $88829 \text{ МДж} / 3,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = \mathbf{24674 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}$.

Случай 2: отопление здания газом

Удельная теплота сгорания природного газа (минимальный показатель) составляет $34,02 \text{ МДж/м}^3 = 9,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

КПД газового не конденсационного котла составляет около 90%.
Следовательно, сжигая 1 м³ газа получаем $9,45 \cdot 0,9 = 30,6 \text{ МДж} = 8,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Расчет для случая 2:

Вариант 1: $77320 \text{ МДж} / 30,6 \text{ МДж} = \mathbf{2526 \text{ м}^3 \text{ газа/год}}$;

Вариант 2: $88829 \text{ МДж} / 30,6 \text{ МДж} = 2903 \text{ м}^3 \text{ газа/год}$.

Случай 3: отопление здания дровами

Удельная теплота сгорания сухих дров - $10,0 \text{ МДж/кг}$.

Соответственно, 1 кг дров выделит $2,78 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ энергии.

Ориентировочно, КПД котла на дровах составляет 70% .

Следовательно, сжигая 1 кг дров, получим $10 \text{ МДж} \cdot 0,7 = 7 \text{ МДж} = 1,944 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Примем из расчета $1 \text{ м}^3 \text{ дров} = 550 \text{ кг}$.

Сжигая $1 \text{ м}^3 \text{ дров}$, получим $550 \text{ кг} \cdot 7 \text{ МДж} = 3850 \text{ МДж} = 1069,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.

Расчет для случая 3:

Вариант 1: $77320 \text{ МДж} / 3850 \text{ МДж} = 20 \text{ м}^3 \text{ дров/год}$;

Вариант 2: $88829 \text{ МДж} / 3850 \text{ МДж} = 23,1 \text{ м}^3 \text{ дров/год}$.

Полученные расчеты сопоставьте с реальными ценами на энергоносители. И Вы получите реальные цены на сегодняшний день.

Выводы:

1. Чем ниже теплотехнические показатели ограждающих конструкций здания, тем больше владелец дома несет затрат на отопление дома в течение года.
2. Материал, используемый для утепления здания, защищает конструкции не только от потери тепла, но и от климатических воздействий.
3. Некачественно выполненное утепление дома практически никакого эффекта не дает (в связи с неправильным устройством, образованием мостиков холода, некорректно выбранной системой утепления).
4. Правильно выбранная система утепления эффективна только с правильно подобранным оборудованием по отоплению и вентиляции.

В целях получения квалифицированной консультации специалистов по вопросам строительства, проектирования, анализа и контроля вы можете обратиться в поддержку ресурса stroyconsult.by