Чайка Дарья Сергеевна
Студент магистратуры Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
dasha.chayka.02@bk.ru

Токарева Анна Николаевна
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика»
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
tanna_ing@mail.ru

Литвинов Владимир Николаевич
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математика и информатика»
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия
litvinovvn@rambler.ru

Выбор материала для усиления тепловой защиты наружных стен производственного бокса

Аннотация. Рассмотрено использование современных теплоизоляционных материалов с целью увеличения термического сопротивления ограждающих конструкций. Представлены схемы наружных стен производственного бокса до и после реконструкции. Для каждого материала рассчитана необходимая толщина. Определены удельные потери теплоты для базовой конструкции стены и стен с усиленной теплозащитой. В результате расчетов установлен материал, при использовании которого достигается максимальная экономия тепловой энергии.
Ключевые слова: тепловая защита, термическое сопротивление, коэффициент теплопроводности, толщина.

Chaika Darya S.
Tokareva Anna N.
Litvinov Vladimir N.

The choice of material to enhance the thermal protection of the outer walls of the production box.

Abstract. The use of modern thermal insulation materials in order to increase the thermal resistance of enclosing structures is considered. The diagrams of the exterior walls of the production box before and after reconstruction are presented. The required thickness is calculated for each material. The specific heat losses for the basic wall structure and walls with enhanced thermal protection have been determined. As a result of calculations, the material has been identified, with the use of which the maximum saving of thermal energy is achieved.
Key words: thermal protection, thermal resistance, coefficient of thermal conductivity, thickness.

Усиление тепловой защиты ограждающих конструкций является одним из наиболее эффективных и распространенных мероприятий по повышению энергоэффективности зданий.

Рассмотрим использование данного метода на примере производственного бокса для выполнения сварочных, слесарно-механических, сборочных и покрасочных работ.

В настоящее время при поведении мероприятий по повышению энергоэффективности здания, в первую очередь занимаются вопросами увеличения термического

сопротивления стен. Работы по усилению тепловой защиты кровли не всегда целесообразны из-за возрастающей нагрузки на несущие конструкции здания. В связи с этим изучим изменение тепловой нагрузки здания за счет реконструкции стен.

Конструктивное исполнение наружной стены бокса представлено на рисунке 1.

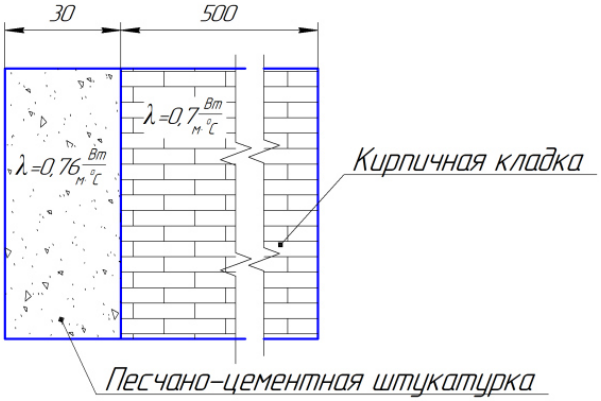


Рисунок 1 – Конструктивное базовое исполнение наружной стены

В соответствии с нормативными документами [1] теплозащитная оболочка здания должна соответствовать в первую очередь следующему требованию:

– приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не менее нормируемых значений (поэлементные требования)

$$R_{огр}^{баз} \geq R_0^{тр}; \quad (1)$$

где $R_{огр}^{баз}$ – фактическое (базовое) термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\frac{м^2 \cdot {}^0C}{Вт}$;

$R_0^{тр}$ – нормативное термическое сопротивление, $\frac{м^2 \cdot {}^0C}{Вт}$;

Проведем проверку соответствия имеющихся конструкций требованиям тепловой защиты. Для выполнения расчетов в первую очередь необходимо установить число градусов–суток отопительно периода по следующему выражению

$$ГСОП = \left(t_{вн} - t_{от\,ср}\right) \cdot z_{от} \quad (2)$$

где $t_{вн}$ – нормируемая температура внутреннего воздуха, $t_{вн} = 18^0 C$ [2];

$t_{от\,ср}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, ^{0}C, $t_{от\,ср} = -0{,}1^0 C$ [3];

$z_{от}$ – число суток отопительного периода, $z_{от}$=166 [3].

Тогда число градусов-суток будет равно

$$ГСОП = \left(18 - \left(-0{,}1\right)\right) \cdot 166 = 3004{,}6^0 C - сут$$

Нормируемое термическое сопротивление рассчитывается следующим образом

$$R_0^{тр} = a \cdot ГСОП + b \quad (3)$$

где a и b – коэффициенты, значения которых принимаются по данным [1] в зависимости от категории здания и вида ограждающей конструкции, для наружной стены a=0,0002, b=1.

Тогда в соответствии с выражением (3) нормируемое термическое сопротивление будет равно

$$R_0^{тр} = 0{,}0002 \cdot 3004{,}6 + 1 = 1{,}6 \frac{м^2 \cdot {}^0C}{Вт}$$

Фактическое термическое сопротивление наружной стены вычисляется по следующей формуле

$$R_{нс}^{баз} = \frac{1}{\alpha_н} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \quad (4)$$

где $\alpha_н$ и $\alpha_{вн}$ – коэффициенты теплоотдачи соответственно наружной и внутренней поверхности ограждающей конструкции, для стены $\alpha_н = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$, $\alpha_{вн} = 8{,}7 \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$ [1];

Тогда

$$R_{нс}^{баз} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}5}{0{,}7} + \frac{0{,}03}{0{,}76} + \frac{1}{8{,}7} = 0{,}91 \frac{м^2 \cdot {}^0C}{Вт}$$

Следовательно, условие (1) не выполняется. Таким образом, необходимо повысить термическое сопротивление теплопередачи добавлением слоя из теплоизоляционного материала с низким коэффициентом теплопроводности.

В настоящее время используется довольно большое количество теплоизоляционных материалов. Однако широкое применение нашли лишь некоторые их них [4–6]. Структура потребления теплоизоляционных материалов приведена на рисунке 2.

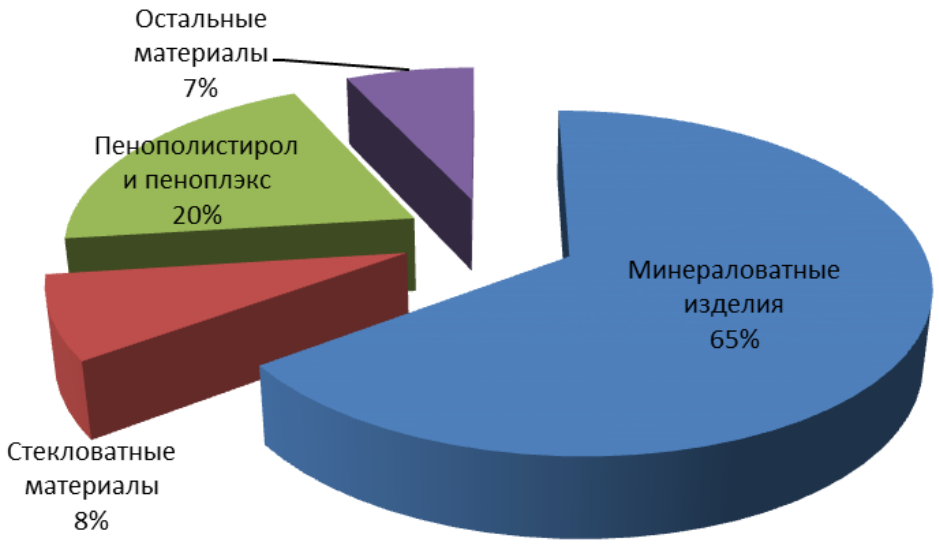


Рисунок 2 – Структура производства и потребления теплоизоляционных материалов

Рассмотрим использование этих материалов для усиления термического сопротивления стен. К рассматриваемому ряду добавим новый теплоизоляционный материал неорганического происхождения – пенокварц.

Поперечный разрез наружной стены приведен на рисунке 3.

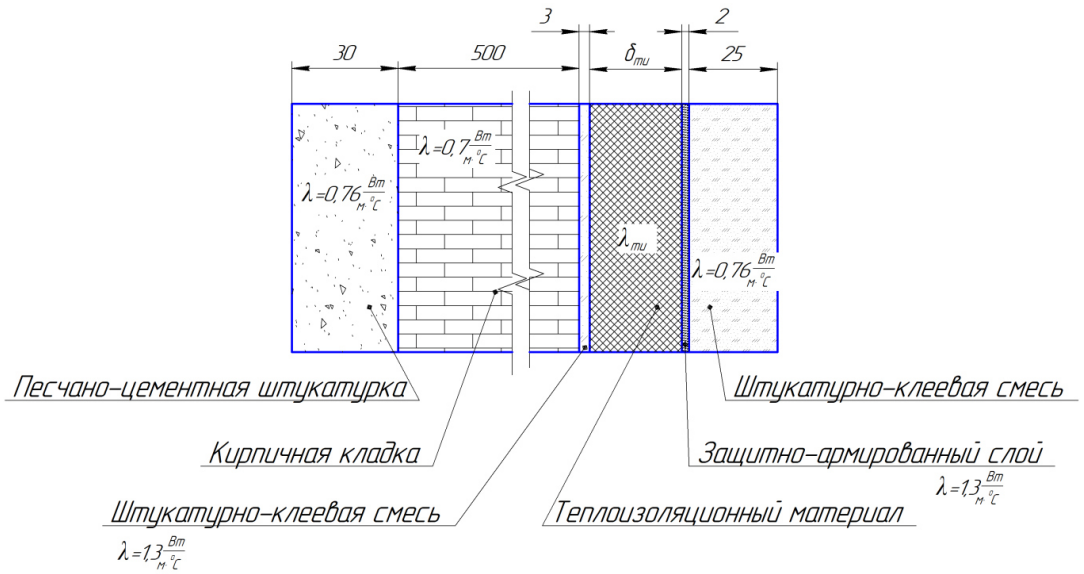


Рисунок 3 – Конструктивное исполнение наружной стены после утепления

Используем выражения (1) и (4) для определения необходимой толщины теплоизоляционного слоя [7]

$$R_{ст}^{ут} = \frac{1}{23} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,50}{0,7} + \frac{0,003}{1,3} + \frac{\delta_{ти}}{\lambda_{ти}} + \frac{0,002}{1,3} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{1}{8,7} = 1,24 + \frac{\delta_{ти}}{\lambda_{ти}} \geq 1,6 \quad (5)$$

Отсюда

$$\delta_{ти} \geq (1,6 - 1,24)\lambda_{ти} \geq 0,36\lambda_{ти} \quad (6)$$

Подставляя коэффициент теплопроводности $\lambda_{ти}$ в выражение (6) получаем минимально необходимую толщину теплоизоляционного слоя. Полученную величину округляем до ближайшего стандартного значения в большую сторону. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов по определению требуемой толщины теплоизоляционного слоя

Теплоизоляционный материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda, \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}$	Требуемая толщина теплоизоляционного слоя, м	
		расчетная	стандартная
Органического происхождения			
Пенополиуретан	0,031	0,011	0,03
Пенополистирол	0,039	0,014	0,015
Пеноплекс	0,034	0,012	0,02
Неорганического происхождения			
Пенокварц	0,042	0,015	0,04
Минеральная вата	0,041	0,015	0,02
Стекловолокно	0,05	0,018	0,02

Подставляя данные стандартных толщин теплоизоляционных слоев в уравнение (5) определяем термическое сопротивление наружной стены $R_{ст}^{ут}$. Затем определяем изменение тепловых потерь через единицу площади наружных стен по формуле

$$\Delta q = (t_{вн} - t_{н})\left(\frac{1}{R_{ст}^{ут}} - \frac{1}{R_{ст}^{баз}}\right) \quad (6)$$

где $t_н$ – температура наружного воздуха, $t_н$= –19^{0}С [3, 8];

Результаты расчетов по изменению удельных потерь теплоты представлены в виде гистограммы на рисунке 4.

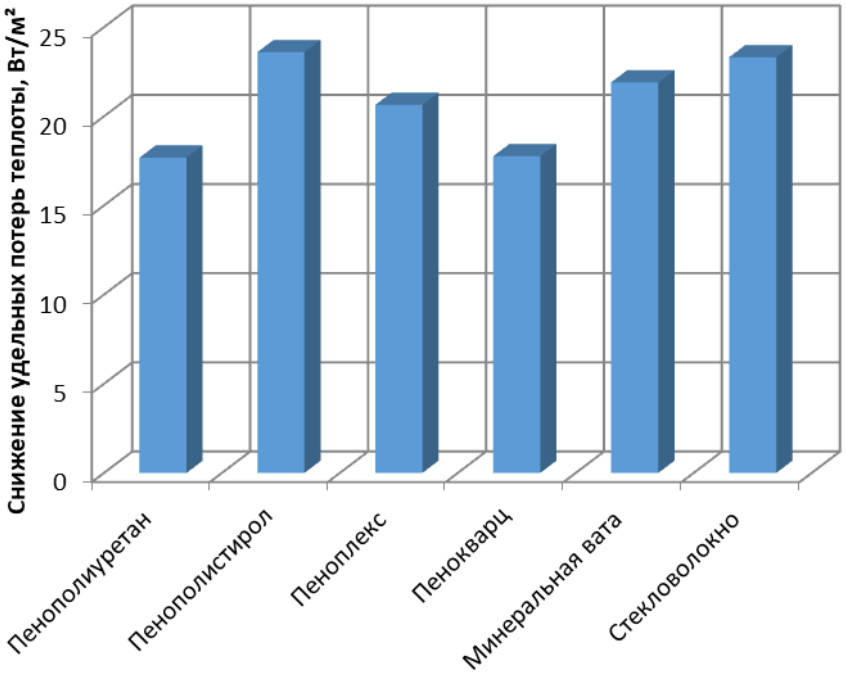


Рисунок 4 – Снижение удельных потерь теплоты через наружные стены при использовании различных теплоизоляционных материалов

Таким образом, с теплотехнической тоски зрения, наиболее рациональным вариантом усиления тепловой защиты для рассматриваемого здания и климатических условий является применение теплоизоляционного слоя из пенополистирола. Именно при использовании данного материала достигается снижение максимальных потерь теплоты через наружные стены.

Литература и источники

1. СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНИП 23-02-2003. – URL: https://www.mss-tver.ru/docs/snip/SP_50_13330_2024.pdf.

2. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» – URL: https://docs.cntd.ru/document/901704046.

3. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология. СНиП 23-01-99». – URL: https://docs.cntd.ru/document/573659358.

4. Аманова Б.Н. Анализ современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях зданий Западно-Казахстанской области // Восточно-Европейский научный журнал. – 2023.– № 3-2 (88). – С. 48-54.

5. Пашков Е.И., Пермяков М.Б., Краснова Т.В. Современные строительные теплоизоляционные материалы // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 15-19.

6. Ярцев В.П., Мамонтов А.А., Мамонтов С.А. Эксплуатационные свойства и долговечность теплоизоляционных материалов // Кровельные и изоляционные материалы. – 2013. – № 1. – С. 8-11.

7. Мингазов Д.Р., Камалова З.А. Выбор оптимальной толщины теплоизоляционных материалов ограждающих конструкций для различных районов эксплуатации // Наука молодых 2022: сб. ст. II междунар. науч.-иссл. конкурса. – Петрозаводск: Новая наука, 2022. – С. 479-788.

8. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003. – URL: https://xn--j1agcjjg.xn--p1ai/upload/%D0%A1%D0%9F%2060.13330.2020.pdf.