

УО «Заславская государственная общеобразовательная средняя школа № 1»

**Научно-исследовательская работа на тему:
«Теплоперенос через светопрозрачные проемы и ограждающие конструкции»**

Авторы: Адамцевич Марина Леонидовна, ученица 11* «А» класса, г.

Заславль, м-н.1, д.4, кв.33, дом. тел. 544-26-11

Бандевич Станислав Игоревич, ученик 11* «А» класса, г. Заславль, ул.

Юбилейная, д.7, кв. 9, дом. тел. 544-53-41

Научный руководитель: Богданович Галина Михайловна, учитель физики высшей категории

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. За последние пятьдесят лет большая часть невозобновляемых источников энергии была исчерпана. Этот факт привел к тенденции повышения стоимости энергоресурсов, к необходимости поиска путей использования возобновляемых источников энергии и экономного их расходования.

Существуют разные способы экономии энергоресурсов, такие как использование возобновляемых источников энергии, увеличение эффективности генераторных установок, ограждающие конструкции и т.д.

Существенная часть тепловой энергии выбрасывается наружу при теплообмене ограждающих конструкций и светопрозрачных проемов с окружающей средой.

Цель данной работы состоит в изучении теплопереноса через светопрозрачные проемы и ограждающие конструкции.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи:**

- определить теплотери через тройное остекление в деревянных раздельноспаренных переплетах;
- произвести расчет теплотерь ограждающих конструкций без перегородки;
- рассчитать распределение температуры по длине веранды;
- доказать необходимость соблюдения режима повсеместной экономии и бережливости.

В качестве предмета данной работы была выбрана такая конструкция помещения, которая может быть использована на дачных участках и в бытовых или складских подсобных помещениях, современных зданиях, жилых зданиях, сельских постройках. В качестве объекта – энергетическая безопасность и энергетическая независимость страны.

При расчетах тепловых потерь в зданиях практический интерес представляет определение теплотерь через тройное остекление в

сравнении с одинарным остеклением при одинаковых условиях, а также влияние на тепловые потери дополнительных внутренних помещений (веранд) и их остекления.

Практический интерес представляет также изучение распределения температуры по длине помещений.

При расчетах переноса тепла использованы литературные источники [1-6].

При этом ставились задачи по теплопереносу для конкретных случаев, и использовалось известное решение уравнения теплопроводности с начальными и краевыми условиями, удовлетворяющими соответствующим условиям поставленных задач.

Имеется определенное количество литературы, в которой рассматриваются различные аспекты теплопроводности твердых тел, теплопроводность жидкостей и газов, а также теория теплопроводности, что позволило использовать формулы для вычисления потерь тепла через ограждающие конструкции.

Потребление энергии на планете удваивается каждые 30 лет. Один из основных путей сбережения органического топлива и сохранения топлива и сохранения климата – использование не только альтернативных и возобновляемых источников энергии, но и установки светопрозрачных проемов и ограждающих конструкций.

1. Определение теплотерь через тройное остекление в деревянных раздельно-спаренных переплетах

Нами поставлена задача исследовать: насколько будут уменьшаться теплотери в результате использования тройного остекления в сравнении с использованием одинарного остекления. При этом конструкция помещения выбрана такой, какая может быть использована на дачных участках и в бытовых или складских подсобных помещениях.

Находим теплотери через светопрозрачные проемы и ограждающие конструкции (перегородка) данного помещения (рис.1).

Принимаем наружную t_n и внутренние t_{e1}, t_{e2} температуры постоянными:

$$t_n = -24^\circ C;$$

$$t_{e1} = 14^\circ C;$$

$$t_{e2} = 18^\circ C$$

Вычисляем площади ограждающих конструкций:

$$S_2 = 3 \cdot 7 - 1,5 \cdot 1,5 - 0,8 \cdot 2,1 = 17,07 \text{ м}^2 \text{ - площадь стены без учета окна и двери;}$$

$$S_3 = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ м}^2 \text{ - площадь светового проема;}$$

$$S_4 = 0,8 \cdot 2,1 = 1,68 \text{ м}^2 \text{ - площадь входного отверстия.}$$

Далее вычисляем потери тепла через ограждающие конструкции по следующим формулам:

$$Q_n = k \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{Tp}^0} \cdot S_2 \cdot (t_{e2} - t_{e1})$$
 - потери тепла через ограждающие конструкции,

где k - коэффициент теплопередачи внутреннего ограждения, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$;
 R_{Tp}^0 - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, найденное по следующей формуле:

$$R_{Tp}^0 = \frac{\lambda}{\delta}, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C},$$

где λ - коэффициент теплопроводности $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, принимаемое по «Строительным нормам и правилам Республики Беларусь» 2.04.01-97 (стр.19);

δ - толщина выбранной конструкции, м;

$$Q_{\text{веранда}}^{\cdot} = \frac{3 \cdot 6 \cdot (14 - (-24))}{0,18} = 3800 \text{ Вт}$$
 - веранда с одинарным остеклением в деревянных переплетах;

переплетах;

$$Q_{\text{веранда}}^{\prime\prime} = \frac{18 \cdot (14 - (-24))}{0,55} = 1243,64 \text{ Вт}$$
 - веранда с тройным остеклением в деревянных

раздельно-спаренных переплетах;

$$Q_{\text{стены}}^{\cdot} = \frac{(7 \cdot 3 - 6 \cdot 3) \cdot (14 - (-24))}{6,75} = 16,89 \text{ Вт}$$
 - потери тепла через стены.

Находим общие теплотери через ограждающие конструкции:

$\Sigma Q_1 = Q_{\text{веранда}}^{\cdot} + Q_{\text{стены}}^{\cdot} = 3816,89 \text{ Вт}$ - при одинарном остеклении ограждающих конструкций в деревянных переплетах;

$\Sigma Q_2 = Q_{\text{веранда}}^{\prime\prime} + Q_{\text{стены}}^{\cdot} = 1260,53 \text{ Вт}$ - при тройном остеклении ограждающих конструкций в деревянных раздельно-спаренных переплетах.

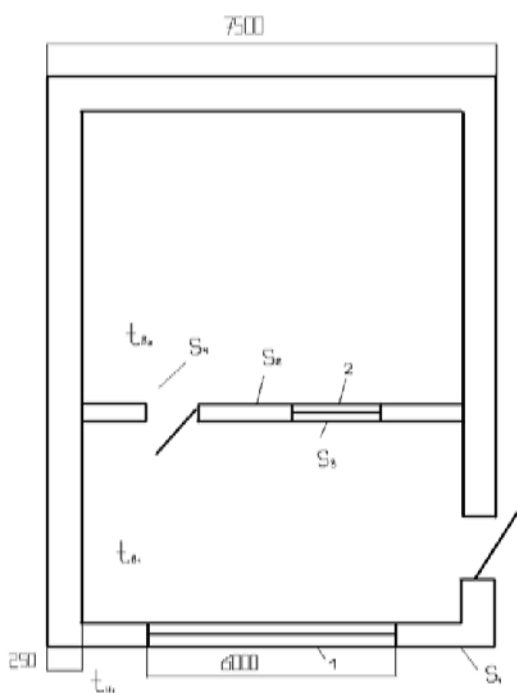


рис. 1

Выводы

Тепловые потери при применении тройного остекления в деревянных раздельно-спаренных переплетах уменьшаются в 3,03 раза по сравнению с тепловыми потерями при использовании одинарного остекления ограждающих конструкций в деревянных переплетах из-за увеличения термического сопротивления оконного проема.

Рекомендуется применять тройное остекление для экономии тепловой энергии при эксплуатации помещений с большой наружной температурой и внутренней температурой помещения, поддерживаемой с помощью источника тепла.

2. Расчет теплотерь ограждающих конструкций без перегородок

Целью расчета является определение тепловых потерь ограждающей конструкции без перегородки. Такие помещения представляют практический интерес по применению конструкций промышленных помещений и дачных домов.

Определяем теплотери ограждающей конструкции без перегородки (рис.2).

Принимаем наружную t_n и внутренние t_{e1} температуры постоянными:

$$t_{n1} = -24^{\circ}C;$$

$$t_{e1} = 18^{\circ}C.$$

Вычисляем потери тепла через ограждающие конструкции по следующим формулам:

$$Q_n = k \cdot F \cdot \Delta t = \frac{1}{R_{Tp}^0} \cdot S_2 \cdot (t_{e2} - t_{e1}) - \text{потери тепла через ограждающие конструкции,}$$

где k - коэффициент теплопередачи внутреннего ограждения, $Bm/m^2 \cdot ^{\circ}C$; R_{Tp}^0 - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, найденное по следующей формуле:

$$R_{Tp}^0 = \frac{\lambda}{\delta}, \frac{Bm}{m^2 \cdot ^{\circ}C},$$

где λ - коэффициент теплопроводности $Bm/m^2 \cdot ^{\circ}C$, принимаемое по СНиП 2.04.01-97 (стр.19);

δ - толщина выбранной конструкции, м;

$Q_{\text{веранда}}^{\cdot} = \frac{3 \cdot 6 \cdot (18 - (-24))}{0,18} = 4200 Bm$ - веранда с одинарным остеклением в деревянных переплетах;

$Q_{\text{веранда}}^{\cdot\cdot} = \frac{18 \cdot (18 - (-24))}{0,55} = 1374,54 Bm$ - веранда с тройным остеклением в деревянных

раздельно-спаренных переплетах;

$Q_{\text{стены}}^{\cdot} = \frac{(7 \cdot 3 - 6 \cdot 3) \cdot (18 - (-24))}{6,75} = 18,67 Bm$ - потери тепла через стены.

Находим общие теплотери через ограждающие конструкции:

$\Sigma Q_1 = Q'_{\text{веранда}} + Q'_{\text{стены}} = 4218,67 \text{ Вт}$ - при одинарном остеклении ограждающих конструкций в деревянных переплетах;

$\Sigma Q_1 = Q'_{\text{веранда}} + Q'_{\text{стены}} = 1393,21 \text{ Вт}$ - при тройном остеклении ограждающих конструкций в деревянных раздельно-спаренных переплетах.

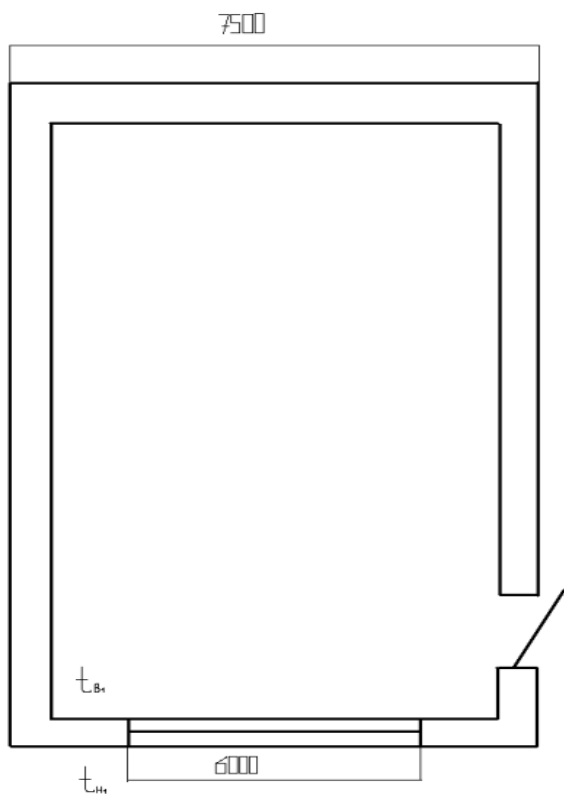


рис. 2

Выводы

Тепловые потери увеличиваются по сравнению с тепловыми потерями ограждающей конструкции с перегородкой, так как внутри веранды устанавливается большое значение $t=18^{\circ}\text{C} > 14^{\circ}\text{C}$, поэтому увеличивается разность температур и, следовательно, увеличиваются теплотери Q .

Результаты этой задачи могут быть учтены при расчете строительства жилых и промышленных помещений.

3. Расчет распределения температуры по длине веранды

Рассмотрим теплообмен со средой нулевой температуры внешней стены веранды и поддерживаемой постоянной температурой внутренней стены веранды, граничащей с помещением. При этом выбрана веранда большой протяженности, а термическое сопротивление оконного проема – малым. При поддержании температуры внутри стенки здания постоянной

вследствие малой теплопроводности воздуха и большой длины веранды распределение температуры по длине веранды будет неравномерным.

Находим распределение температуры по длине веранды (рис.3) при следующих данных:

длина веранды – $\delta = 3\text{ м}$;

коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,02513, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{С}}$.

При времени $\tau > 0$ температура внутренней границы веранды $x=0$ поддерживается равной $t_0 = 18^\circ\text{С}$. На наружной границе при $x=l$ происходит теплообмен со средой нулевой температуры.

Согласно литературным данным [1-4], решение уравнения теплопроводности для области $0 < x < l$ с нулевой начальной температурой, при $\tau > 0$ и температуре границы ($x=0$), поддерживающейся равной V и теплообмене на границе $x=l$ со средой нулевой температуры, дается следующим выражением:

$$\frac{t_n}{t_0} = \frac{1+L(1-x/l)}{1+L} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(\beta_n^2 + L^2) \sin(\beta_n x/l)}{\beta[L+L^2 + \beta_n^2]} e^{-\beta_n^2 \tau}, \quad (1)$$

где β_n -положительные корни уравнения (3).

Температура на границе $x=l$ равна

$$V/(1+L)]\varphi_2(L,T),$$

здесь также введены следующие обозначения:

V - температура воздуха на веранде по оси x , в нашем случае отсчет происходит от внутренней стены веранды, граничащей с помещением;

l – толщина воздушной прослойки;

безразмерные параметры L , T и коэффициент температуропроводности χ определяются из следующих соотношений:

$$L = l \cdot h, T = \frac{\chi \cdot \tau}{l^2}, \chi = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}. \quad (2)$$

Уравнение, из которого находятся корни β_n имеет следующий вид:

$$\beta \text{ctg} \beta + L = 0, \quad (3)$$

а функция $\varphi_2(L,T)$ находится из следующего выражения:

$$\varphi_2(L,T) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2L(L+1) \text{sec} \beta_n}{L(L+1) + \beta_n^2} e^{-\beta_n^2 T}.$$

Ввиду того, что толщина стен сравнительно мала и теплопроводность их больше, чем в воздухе, то считаем температуру внешних и внутренних поверхностей стен одинаковой и равной соответственно 0°С и 18°С . Поэтому температура воздушной прослойки на ее границах будет равна соответственно 18°С на внутренней поверхности и 0°С на внешней поверхности. Подставляя численные значения $\lambda = 0,02513 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, получаем для L :

$$L = h \cdot l = \frac{l^2}{\lambda^2} = \frac{3^2}{0.02513^2} = 14251.4$$

Находим корни β уравнения (3):

$$\beta_1 = 3,1416, \beta_2 = 6,2832.$$

Коэффициент температуропроводности воздуха с учетом того, что плотность воздуха $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость $c = 1,018 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ и

$$\lambda = 0,2513 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\chi = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{0,02513}{1,2 \cdot 1,018} = 0,205.$$

Параметр T с учетом найденных значений χ, L :

$$T = \frac{0,205 \cdot 18}{14251,4} = 0,000259$$

С учетом проведенных расчетов выражение (1) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{t_n}{t_e} = & \frac{1 + 14251,4(1 - \frac{x}{3})}{1 + 14251,4} - \frac{2(3,1416^2 + 14251,4^2) \sin(3,146 \frac{x}{3})}{3,1416[14251,4 + 14251,4^2 + 3,146^2]} e^{-3,1416^2 \cdot 0,000259} - \\ & - \frac{2(6,2832^2 + 14251,4^2) \sin(6,2832 \frac{x}{3})}{6,2832[14251,4 + 14251,4^2 + 6,2832^2]} e^{-6,2832^2 \cdot 0,000259} = \frac{1 + 14251,4(1 - \frac{x}{3})}{23,11} - \\ & - 0,636 \sin(1,049x) - 0,32 \sin(2,094x) \\ & - 0,248 \sin 60,7x \end{aligned}$$

На расстоянии $x=3$ (от внутренней поверхности стены) отношение температур находим:

$$\frac{t_n}{18} = 0,0031.$$

Отсюда находим температуру наружной стены:

$$t_n = 0,056^\circ\text{C}.$$

Температуру в середине веранды, т.е при $x=2$, находим из выражения:

$$\frac{t_e}{18} = 0,145,$$

$$t_e = 2,61^\circ\text{C}.$$

На расстоянии $x=1$ (от внутренней поверхности стены) отношение температур будет равно:

$$\frac{t_e}{18} = 0,38$$

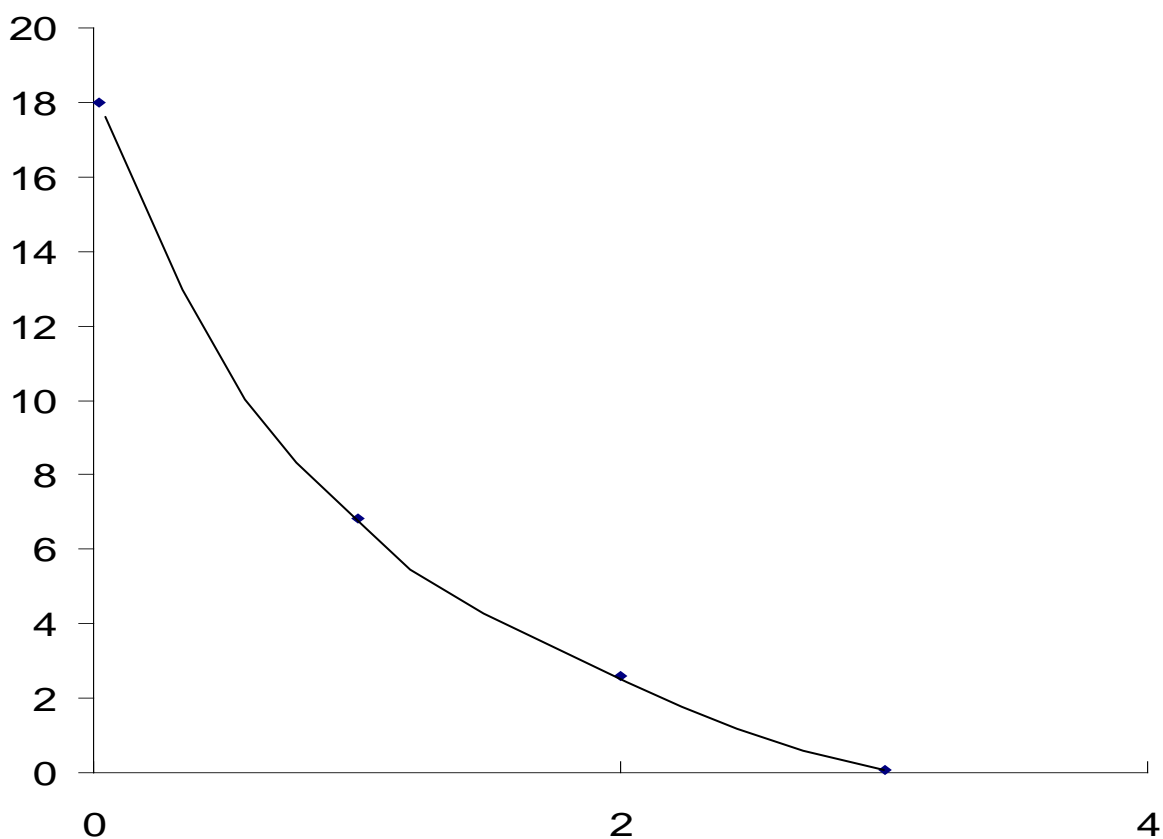
$$t_e = 6,84^\circ\text{C}.$$

По рассчитанным таким образом точкам построен график зависимости величины температуры от расстояния до внутренней границы веранды по ее длине, изображенной на рис.4.

δ , мм

Рис.4. Зависимость величины температуры от расстояния до внутренней

гра
ни
цы
вер
анд
ы
по
ее
дл
ин
е



Выводы

При теплообмене со средой нулевой температуры внешней стены веранды и поддерживающейся постоянной температуре внутренней стены веранды, граничащей с помещением, распределение температуры воздуха на веранде уменьшается.

Из-за большой длины веранды и малого термического сопротивления оконного проема, через который осуществляется

интенсивный теплоперенос наружу, и при поддержании температуры внутренней стенки здания постоянной вследствие малой теплопроводности воздуха в воздушной прослойке, т.е. на веранде, устанавливается большой градиент температуры по длине веранды.

Полученные результаты могут быть использованы при расчетах и эксплуатации протяженных помещений и веранд в общественных, жилых и производственных помещениях.

Заключение

В результате проведения расчетов тепловых потерь для помещений разных конструкций, с различными светопроемами и ограждениями можно сделать следующие выводы:

1. Тепловые потери при применении тройного остекления в деревянных раздельно-спаренных переплетах уменьшаются в 3,03 раза по сравнению с тепловыми потерями при использовании одинарного остекления ограждающих конструкций в деревянных переплетах из-за увеличения термического сопротивления оконного проема.

2. Тепловые потери увеличиваются по сравнению с тепловыми потерями ограждающей конструкции с перегородкой, так как внутри веранды устанавливается большое значение $t=18^{\circ}\text{C} > 14^{\circ}\text{C}$, поэтому увеличивается разность температур и, следовательно, увеличиваются теплотери Q .

3. При теплообмене со средой нулевой температуры внешней стены веранды и поддерживаемой постоянной температуре внутренней стены веранды, граничащей с помещением, распределение температуры воздуха на веранде уменьшается по закону, близкому к экспоненциальному.

Из-за большой длины веранды и малого термического сопротивления оконного проема, через который осуществляется интенсивный теплоперенос наружу и при поддержании температуры внутренней стенки здания постоянной вследствие малой теплопроводности воздуха в воздушной прослойке, т.е. на веранде, устанавливается большой градиент температуры по длине веранды.

Полученные результаты могут быть использованы при расчетах и эксплуатации помещений, веранд, жилых и производственных зданий, при необходимости поддержания постоянной температуры в помещении, при расчетах теплообмена в случае периодического изменения температуры снаружи помещения, а также при расчете распределения температуры в протяженных помещениях и в протяженных светопрозрачных проемах.

Литература

1. Карслоу, Г., Егер, Д. Теплопроводность твердых тел/Г.Карлслюу, Д.Егер. – М.: Наука, 1964.

2. Лыков, А. В. Теория теплопроводности/А.В.Лыков. – М.: Высшая школа, 1967.
3. Пехович, А. И., Жидких, В. М., Расчет неустановившегося температурного режима в пластине с помощью графиков/А.И.Пехович, В.М.Жидких. –М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.
4. Пехович, А. И., Жидких, В. М. Расчет теплового режима твердых тел/ А.И.Пехович, В.М.Жидких. – Л.:Энергия, 1976.
5. Ракевич, Н. В. Сберегаем энергию сегодня – строим цивилизованное завтра // Фізика. Проблемы викладання. – 2008. - №6. – с. 22-24.
6. Яворский, Б. М., Детлаф, А.А. Справочник по физике/Б. М.Яворский, А.А.Детлаф. - М.: Наука, 1971.