

КОМФОРТНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ СО СВЕТОПРОЗРАЧНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

А. С. Колычева, О. С. Анненкова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В статье произведена оценка комфортности помещений со светопрозрачными ограждениями в условиях зимнего периода, рассмотрены механизмы передачи тепловой энергии через стеклопакет и произведен расчет, позволяющий количественно оценить степень дискомфорта человека, находящегося непосредственно вблизи ограждений в холодное время года.

Ключевые слова: светопрозрачные ограждающие конструкции, низкоэмиссионное покрытие, теплопотери, теплопередачи, холодная радиация.

При проектировании светопрозрачных конструкций в зимнее время недопустимы избыточные теплопотери из помещения, приводящие к нарушению комфортности пребывания в нём человека, высоким экономическим затратам на отопление и выпадению конденсата на внутреннем стекле стеклопакета.

Закономерности передачи тепла через конструкцию остекления определяют условия комфортности человека, находящегося в помещении за остеклёнными наружными стенами в зимний период. В общем случае, интенсивность теплообмена человеческого тела с внутренней средой помещения за счет лучистого и конвективного переноса тепловой энергии определяет эти условия. Основными показателями, характеризующими такие процессы, являются температура и скорость движения воздуха в помещении, а также интенсивность радиационного теплообмена человека с поверхностями, ограничивающими помещение. В специализированных литературных источниках эффект потерь тепла человеком из-за охлаждённых поверхностей, за счёт теплового излучения, называется «холодная радиация».

В существующих методах инженерных расчетов условий комфортности принято учитывать «среднерадиационную температуру» всех ограничивающих поверхностей (стен, пола, потолка) определяемую согласно уравнению

$$t_p = \tau \sum F_2 / \sum T_2, \quad (1)$$

где F_2 , T_2 – площадь (m^2) и температура ($^{\circ}C$) внутренних поверхностей помещения.

Важную роль в условиях комфортности зимой будет играть температура поверхности остекления, обращённого внутрь помещений.

В действующем СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», уровень дискомфорта, вызываемого «холодной радиацией» от наружных ограждений учитывается величиной нормативного температурного перепада Δt , разницы между температурой воздуха в помещении и температурой на внутренней поверхности светопрозрачного ограждения. Для непрозрачных участков наружных стен жилых зданий $\Delta t = 4,0^{\circ}C$ и применяется в расчётах показателя требуемого сопротивления теплопередачи наружных стен по санитарно-гигиеническим условиям согласно формуле

$$R_{тр} = (t_b - t_n) / \Delta t \cdot \alpha_b, \quad (2)$$

где $R_{тр}$ – требуемое сопротивление при теплопередаче непрозрачного участка наружных стен; $m^2C/Вт$; t_n – расчётная температура наружного воздуха (для г. Барнаула $t_n = -36^{\circ}C$), принимаемая температуре наиболее холодной пятидневки; t_b – расчётная температура воздуха внутри помещения; $^{\circ}C$; α_b – коэффициент теплоотдачи внутренних поверхностей ограждающей конструкции, принимается для стен равный $\alpha_b = 8,7 Вт/(m^2C)$; Δt – нормативный перепад, принимается по условиям комфортности для жилых зданий $\Delta t = 4,0^{\circ}C$.

В уравнении (2) расчётная наружная температура наиболее холодной пятидневки применяется к наружным стенам, обладающим значительной теплоаккумулирующей способностью, которая характеризуется показателем тепловой инерции D

$$D = R \cdot S, \quad (3)$$

где R – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $m^2C/Вт$; S – коэффици-

ент теплоусвоения материала ограждающей конструкции, Вт/(м²°C).

Так как показатель тепловой инерции тонких стеклянных пластин низкий, то температура внутреннего стекла падает очень быстро вслед за понижением наружной температуры. Необходимо отметить, что при анализе санитарно-гигиенических требований к комфортности помещений, содержащихся в нормативных документах, эти цифры не критические. По своей величине они близки к соответствующим показателям для непрозрачных наружных стен в советский период ($\Delta t = 6,0^\circ\text{C}$). В данном случае, важна ощущаемая человеком разница тепловых условий, при нахождении вблизи более тёплой стены и холодного окна за счёт наличия у стен теплоаккумулирующей способности.

Причина теплового дискомфорта людей, находящихся в помещениях с большой площадью наружного остекления в зимнее время, изложена в расчётах и графиках, построенных И. И. Шаркаускасом на основании данных светового моделирования (рисунок 1) [1]. Рассмотрим пример, позволяющий количественно оценить степень дискомфорта человека при нахождении его на расстоянии в 1 м от стандартного окна, имеющего размеры 2×1,5 м при понижении температуры внутреннего стекла до $+10^\circ\text{C}$. В этом случае, человек может быть рассмотрен в качестве точечной сферы с температурой равной $+36^\circ\text{C}$. Его теплопотери в сторону окна могут быть определены на основании уравнения радиационного теплообмена, записанного в виде

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{1-2} \cdot \sigma_0 \cdot \omega_{1-2} \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (4)$$

где $\sigma_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}^4$; ε_{1-2} – коэффициент взаимной облучённости поверхностей, принимаемый $\varepsilon_{1-2} \Rightarrow 0,8$; ω_{1-2} – коэффициент облучённости с поверхности человека в сторону окна, определяемый по графику на рисунке 1.

Для окна с шириной $a = 2 \text{ м}$, высотой $b = 1,5 \text{ м}$ и расстоянием от расчётной точки до окна $h = 1 \text{ м}$

$$b/h = 1,5/1 = 1,5; \quad a/h = 2/1 = 2;$$

$$\omega_{1-2} = 0,195 \sim 0,2.$$

При площади окна

$$F = a \cdot b = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}^2$$

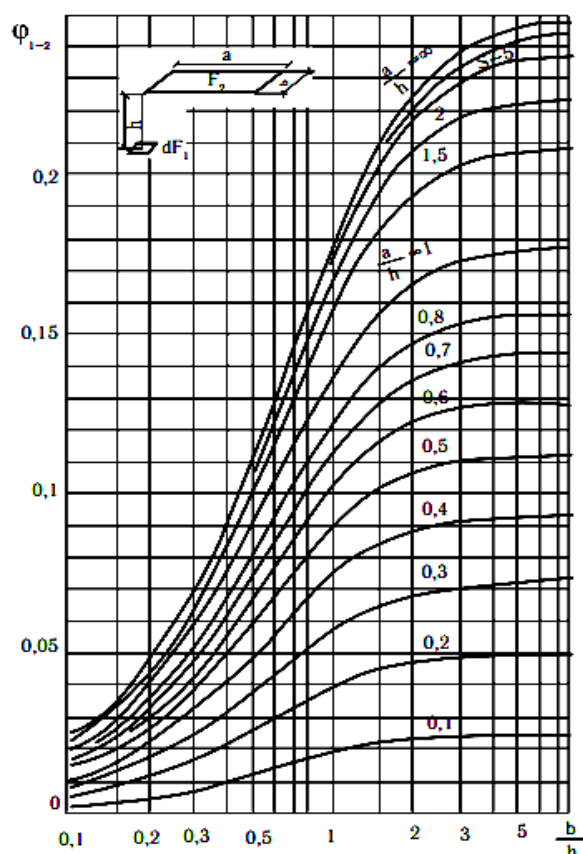


Рисунок 1 – Коэффициенты облучённости поверхностей при различном взаимном их расположении в помещении — элементарная площадка (человек — точечная сфера) и поверхность [1]

в абсолютных температурах человека и поверхности стекла соответственно

$$T_1 = 36^\circ\text{C} + 273 = 309 \text{ К},$$

$$T_2 = 10^\circ\text{C} + 273 = 283 \text{ К}.$$

Тогда, теплообмен человека в сторону окна

$$Q_{1-2} = 0,8 \cdot 5,67 \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot [(309/100)^4 - (283/100)^4] = 54,84 \text{ Вт/м}^2.$$

В соответствии с данными санитарно-гигиенических исследований, распределение энергии излучения человеческого тела соответствует распределению энергии черного тела с максимумом, соответствующим длине волны около 9,5 мкм. По различным данным, человек способен различить источник тепловой радиации, если источник излучает около $0,00015 \text{ ккал/(см}^2 \cdot \text{с)} = 6,28 \text{ Вт/м}^2$. Организм человека может чувствовать радиационное охлаждение от сравнительно холодных пред-

метов и ограждений помещения, находящиеся вблизи него [2].

Расчёт показывает, что при снижении температуры внутреннего стекла до 10°C , (обычные, не суровые зимние условия), теплотери человека за счёт «холодной радиации» при обычном окне традиционного здания, более чем в 5 раз превышают его нижнюю границу ощущения тепла или холода. То есть, в здании с большим количеством остекления фасадов, этот эффект будет возрастать.

Перенос тепла через однокамерный стеклопакет, заполненный осушенным воздухом, в центральной зоне стеклопакета имеет следующую структуру: 65% за счёт излучения, 15% за счёт конвекции, и 20% за счёт теплопроводности через слой воздуха (рисунок 2).

Процессы переноса тепла через однокамерный стеклопакет в зимнее время выглядят следующим образом. На протяжении отопительного сезона внутреннее стеклопакета поглощает тепловое излучение, поступающее изнутри помещения от радиаторов отопления и от нагретых внутренних конструкций стен и перекрытий. Так как тонкая стеклянная пластина одновременно обладает высокой излу-

чательной способностью и высоким коэффициентом теплопроводности, происходит интенсивный процесс теплообмена – переизлучение в сторону холодного наружного стекла и теплотери во внутреннюю полость стеклопакета за счёт теплопередачи и конвекции. Наружное стекло, получившее часть тепловой энергии, сбрасывает её в наружную среду.

При нанесении на внутреннюю поверхность стекла пакета, обращённую в сторону воздушной полости, низкоэмиссионного покрытия происходит изменение закономерности передачи тепла излучением (рисунок 3).

Излучательная способность металлов $\epsilon=0,02\ldots 0,07$ ниже излучательной способности стекла, то в данном случае имеется экран, отражающий тепловое излучение, теряемое из внутреннего пространства. Если бы экран был нанесён на стекло со стороны помещения, то было бы отражение теплового излучения.

В традиционном случае, показанном на рисунке 3, одновременно с процессами отражения тепловой энергии экраном, происходит дополнительное поглощение теплового излучения внутренним стеклом.

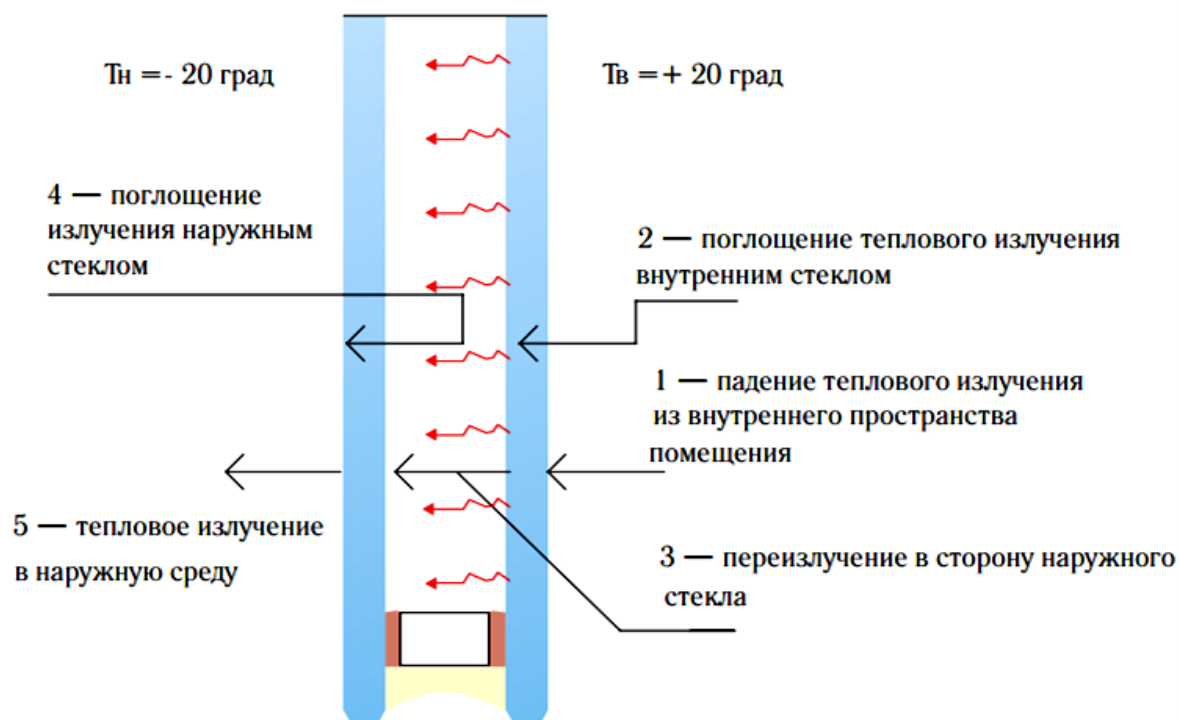


Рисунок 2 – Передача тепла с помощью излучения в зимний период через однокамерный стеклопакет с двумя обычными стёклами



Рисунок 3 – Передача тепла излучением в зимнее время через однокамерный стеклопакет с внутренним низкоэмиссионным стеклом

В результате повышается температура внутреннего стекла, благоприятно сказывающаяся на комфортности помещения в зимнее время.

Выводы

1. Помещение с большой площадью остекления менее комфортно по сравнению с непрозрачными ограждениями в условиях отрицательных температур.

2. Человек, находящийся рядом со стандартным окном, испытывает теплопотери от «холодной радиации» в 5 раз выше его нижней границы ощущения охлаждения.

3. Применение стеклопакетов с низкоэмиссионным покрытием, нанесенным на внутреннее стекло со стороны внутреннего пространства стеклопакета, повышает комфортность помещения в зимнее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – М. : Высшая школа, 1982. – 415 с.
2. Либер, И. С. Проектирование отопления и вентиляции жилых домов на Крайнем севере / И. С. Либер. – Л. : Стройиздат, 1980. – 191 с.

Колычева А.С. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: annakolyt@gmail.com.

Анненкова О.С. – к.т.н., доцент кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: 222-ru@mail.ru.