

УДК 628.87:658.3:697.1

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОННЫХ БЛОКОВ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

КОЛЕСНИК И. А.¹, к.т.н.,
ПЕТРЕНКО В. О.^{2*}, к.т.н., доц.,
ВЕТВИЦКИЙ И. Л.^{3*}, к.т.н., доц.
ВЕТВИЦКАЯ Д. А.^{4*}, студ.

¹ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{2*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

^{3*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

^{4*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: darya.vetvitskaya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9619-3198

Аннотация. *Цель.* Анализ теплового баланса зданий показал, что их теплопотери составляют: через стены – 30 %; через окна – 30 %; через подвальные и чердачные перекрытия – 10 %; на вентиляцию – 30 %. Ныне действующие нормативы регламентируют минимально допустимое сопротивление теплопередаче окон, которое составляет для I температурной зоны $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что в 4,4 раза меньше минимально допустимого сопротивления теплопередаче стен. Ясно, что теплофизически невозможно приравнять сопротивление теплопередаче прозрачных окон и светонепроницаемых стен, теплозащитные свойства которых можно увеличить с помощью различных утеплителей. Но, не смотря на это можно уменьшить теплопотери через светопрозрачные конструкции различными методами: правильная ориентация по сторонам света, различные технологические и конструктивные решения. А если учесть, что основной потенциал энергосбережения в Украине содержится в уже существующем фонде зданий и сооружений и легко может быть реализован посредством замены старых «холодных» окон на энергоэффективные, становится понятной актуальность рассмотрения данного вопроса. *Методика.* Теоретические и экспериментальные исследования проводились на основе фундаментальных знаний в области тепловых процессов и методик решения задач теплообмена, моделирования динамических процессов, метода и анализа случайных процессов, методов математической статистики и прогноза. *Результаты.* На основе проведенных исследований для обеспечения теплозащитных свойств зданий и сооружений необходимо использовать окна из ПВХ как минимум с двухкамерными переплетами и тройным стеклопакетом, где расстояние между стеклами не более 16 мм. Следует помнить, что при этом необходимо регулярно проветривать помещение для нормализации влажностного режима или же установить принудительную вентиляцию. В целях энергосбережения обязательно рассмотреть вопрос о рекуперации вентиляционного воздуха. *Научная новизна.* Установлена взаимосвязь влияния толщины и количества вертикальных воздушных прослоек на теплозащитные свойства оконных переплетов (по термическому сопротивлению) для случая, когда температура в прослойке неизвестна или изменяется в течение отопительного периода от положительных значений до отрицательных. Это позволяет задавать необходимые теплозащитные свойства еще на стадии проектирования. *Практическая значимость.* Согласно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» видно, что увеличение толщины воздушной прослойки не дает существенного повышения ее термического сопротивления $R_{в.п.}$. Передача тепла воздушной прослойкой обусловлена теплопроводностью, излучением и конвекцией. С увеличением $\delta_{в.п.}$ растет доля конвективной теплопередачи. Имеем увеличение термического сопротивления двух прослоек и соответственно снижение теплопотерь в 1,88 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины. И увеличение термического сопротивления трех прослоек и соответственно снижение теплопотерь в 2,7 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины.

Ключевые слова: микроклимат; строительные материалы; ограждающие конструкции; теплотехнические характеристики

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІКОННИХ БЛОКІВ НА СТАН МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ В ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ПЕРІОД

КОЛЕСНИК І. О.¹, к.т.н.,

ПЕТРЕНКО В. О.^{2*}, к.т.н., доц.,
 ВЕТВИЦЬКИЙ І. Л.^{3*}, к.т.н., доц.,
 ВЕТВИЦЬКА Д. О.^{4*}, студ.

¹ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{2*} Кафедра опалення, вентиляції і якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

^{3*} Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

^{4*} Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: darya.vetvitskaya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9619-3198

Анотація. Мета. Аналіз теплового балансу будівель показав, що їх тепловтрати складають: через стіни - 30%; через вікна - 30%; через підвальні та горищні перекриття - 10%; на вентиляцію - 30%. Нині діючі нормативи регламентують мінімально допустимий опір теплопередачі вікон, яке становить для I температурної зони $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, що в 4,4 рази менше мінімально допустимого опору теплопередачі стін. Ясно, що теплофізичних неможливо прирівняти опір теплопередачі прозорих вікон і світлонепроникних стін, теплозахисні властивості яких можна збільшити за допомогою різних утеплювачів. Але, не дивлячись на це можна зменшити тепловтрати через світлопрозорі конструкції різними методами: правильна орієнтація по сторонах світу, різні технологічні та конструктивні рішення. А якщо врахувати, що основний потенціал енергозбереження в Україні міститься в уже існуючому фонді будівель і споруд і легко може бути реалізований за допомогою заміни старих «холодних» вікон на енергоефективні, стає зрозумілою актуальність розгляду даного питання. **Методика.** Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися на основі фундаментальних знань в області теплових процесів і методик вирішення завдань теплообміну, моделювання динамічних процесів, методу і аналізу випадкових процесів, методів математичної статистики і прогнозу. **Результати.** На основі проведених досліджень для забезпечення теплозахисних властивостей будівель і споруд необхідно використовувати вікна з ПВХ як мінімум з двокамерними палітурками і потрібним склопакетом, де відстань між стеклами не більше 16 мм. Слід пам'ятати, що при цьому необхідно регулярно провітрювати приміщення для нормалізації вологісного режиму або ж встановити примусову вентиляцію. З метою енергозбереження обов'язково розглянути питання про рекуперації вентиляційного повітря. **Наукова новизна.** Встановлено взаємозв'язок впливу товщини і кількості вертикальних повітряних прошарків на теплозахисні властивості віконних рам (по термічному опору) для випадку, коли температура в прошарку невідома або змінюється протягом опалювального періоду від позитивних значень до негативних. Це дозволяє задавати необхідні теплозахисні властивості ще на стадії проектування. **Практична значимість.** Згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» видно, що збільшення товщина повітряного прошарку не дає істотного підвищення її термічного опору $R_{в.п.}$. Передача тепла повітряним прошарком обумовлена теплопровідністю, випромінюванням і конвекцією. Зі збільшенням $\delta_{в.п.}$ росте частка конвективного теплопередачі. Маємо збільшення термічного опору двох прошарків і відповідно зниження тепловтрат в 1,88 рази в порівнянні з одним прошарком еквівалентної товщини. І збільшення термічного опору трьох прошарків і відповідно зниження тепловтрат в 2,7 рази в порівнянні з одним прошарком еквівалентної товщини.

Ключові слова: мікроклімат; будівельні матеріали; огороджувальні конструкції; теплотехнічні характеристики

ANALYSIS OF INFLUENCE THERMAL PERFORMANCE OF WINDOWS ON THE STATE ROOM CLIMATE DURING THE HEATING PERIOD

KOLESNIK I. O.¹, Ph D
 PETRENKO V. O.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Ph D
 VETVITSKIY I. L.^{3*}, Cand. Sc. (Tech.), Ph D
 VETVITSKAYA D. O.^{4*}, stud.

¹ Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{2*} Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, t. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

^{3*} Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

^{4*} Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil

Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: darya.vetvitskaya@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9619-3198

Abstract. Purpose. Analysis buildings heat balance showed that their heat loss are: through walls - 30%; through the window - 30%; through the basement and attic floor - 10%; for ventilation - 30%. The existing regulations regulate the minimum allowable thermal resistance of windows, which makes up for the I temperature zone of $0,75 \text{ m}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{W}$, which is 4.4 times less than the minimum thermal resistance of the walls. It is clear that it is impossible to equate THERMOPHYSICAL thermal resistance of transparent windows and opaque walls, heat-shielding properties can be increased by using various heaters. But, despite this, you can reduce the heat loss through the translucent structures by various methods: the correct orientation to the cardinal, the various technological and design solutions. And when you consider that the main potential for energy saving in Ukraine is contained in the existing fund of buildings and structures, and can easily be implemented by replacing the old "cold" energy-efficient windows, it becomes clear the urgency of the matter consideration. **Methodology.** Theoretical and experimental studies were carried out on the basis of fundamental knowledge in the field of thermal processes and techniques for solving problems of heat transfer, modeling of dynamic processes, methods and analysis of random processes, methods of mathematical statistics and forecasting. **Findings.** On the basis of studies to provide thermal insulation properties of buildings and structures necessary to use PVC windows with at least two-chamber sash and triple-glazed windows, where the distance between the panes up to 16 mm. Keep in mind that while you should regularly ventilate the room to normalize humidity conditions, or install mechanical ventilation. To save energy, be sure to consider the recovery of ventilation air. **Originality.** The relationship influence the thickness and the number of vertical air layers on the heat-shielding properties of the window frames (thermal resistance) for the case when the temperature in the layer is unknown or changes during the heating period from positive to negative. This allows you to specify the necessary thermal insulation properties at the design stage. **Practical value.** According to DBN V.2.6-31:2006 "Thermal izolyatsiya budivel" shows that the increase in thicknesses air gap does not significantly increase its thermal resistance. Heat transfer air gap due to thermal conduction, radiation and convection. With increasing an increasing proportion of convective heat transfer. We have an increase in the thermal resistance of the two layers and thus reduction of heat loss in a 1.88-fold compared with single layer of equivalent thickness. And an increase in the thermal resistance of the three layers and thus reduction of heat loss by 2.7 times compared to the same layer of equivalent thickness.

Keywords: microclimate; construction materials; walling; thermal performance

Введение

Увеличение дефицита энергоресурсов в структуре народного хозяйства Украины и постоянный рост цен стали привычной проблемой на производственном и бытовом уровне. Если учесть, что более 85 % энергоресурсов, потребляемых в строительной отрасли, приходится на обеспечение нормальных условий микроклимата зданий и сооружений, то становится понятным, что обеспечение их энергоэффективности позволит достигнуть максимального эффекта в направлении энергосбережения. В настоящее время в Украине на отопление зданий ежегодно расходуется 70-75 млн. т условного топлива. Это составляет 25-30 % всего потребления тепловой энергии, а в расчете на 1 м^2 отапливаемой площади – приблизительно в 2 раза больше, чем в развитых странах мира с аналогичным климатом.

Цель

Анализ теплового баланса здания, например, жилого здания серии 96, показывает, что его теплотери составляют: через стены – 30 %, через окна – 30 %, через подвальные и чердачные перекрытия – 10 % и на вентиляцию – 30 %. Ныне действующие нормативы регламентируют минимально допустимое сопротивление теплопередаче окон, которое составляет для I температурной зоны $0,75 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C} / \text{Вт}$, что в 4,4 раза меньше минимально допустимого сопротивления теплопередаче стен. Ясно, что теплофизически невозможно приравнять сопротивление теплопередаче прозрачных окон и

светонепроницаемых стен, теплозащитные свойства которых можно увеличить с помощью различных утеплителей. Но, не смотря на это можно уменьшить теплотери через светопрозрачные конструкции различными методами: правильная ориентация по сторонам света, различные технологические и конструктивные решения. А если учесть, что основной потенциал энергосбережения в Украине содержится в уже существующем фонде зданий и сооружений и легко может быть реализован посредством замены старых «холодных» окон на энергоэффективные, становится понятной актуальность рассмотрения данного вопроса.

Методика

Для анализа влияния теплотехнических характеристик оконных блоков на состояние микроклимата помещений в отопительный период использованы экспериментальные данные, полученные в климатическом комплексе КиевЗНИИЭП.

Результаты

Наиболее существенное повышение теплозащитных свойств окон достигается совершенствованием оконных технологий: выбор материала и конструкции рамы; выбор остекления; выбор покрытия стеклопакета; выбор заполнения стеклопакета; выбор оптимальной толщины воздушной прослойки стеклопакета; выбор сопротивления воздухопроницанию окон. Рассмотрим некоторые из вышеперечисленных.

Светопрозрачные строительные конструкции, в частности окна, состоят из светопрозрачного материала и обрамляющих его элементов. При этом теплообмен для остекления и элементов коробки и переплетов принципиально различен.

Оконные переплеты выполняются из дерева, пластмассы или металла, которые имеют следующие коэффициенты теплопроводности:

$$\lambda_{\text{дерево}} = 0,18 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}; \lambda_{\text{ПВХ}} = 0,15 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C};$$

$$\lambda_{\text{стали}} = 58 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}; \lambda_{\text{алюм}} = 221 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}.$$

В настоящее время для изготовления рам лучшими теплозащитными свойствами обладает дерево. Значение сопротивления теплопередаче деревянных рам в различных конструкциях колеблется от $0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ до $0,85 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Теплофизические испытания показали, что в выпускаемой отечественными и зарубежными производителями данной продукции эти значения еще выше – до $1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а соответственно значения сопротивления теплопередаче окон следующие: $0,43-0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ – для двойного остекления; $0,52-0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ – для тройного остекления. Сравнивая нормативные требования для окон I температурной зоны Украины $R_o = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ можно сделать вывод о недостаточности уровня теплозащиты деревянных рам. Кроме того, древесина поддается гниению при выпадении конденсата на стеклах, что требует при ее использовании в окнах высоких теплозащитных свойств остекления.

Теплопроводность жесткого поливинилхлорида (ПВХ) составляет $0,15-0,20 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$, что практически равно теплопроводности древесины. Однако пластмассовые профили имеют большие воздушные полости, где процесс теплопередачи, кроме теплопроводности, как у сплошного дерева, происходит также конвекцией и излучением. Поэтому для повышения теплозащитных свойств пластмассовых окон переплеты следует выполнять многокамерными, причем количество воздушных камер должно быть не менее 3-х (в лучших зарубежных конструкциях – до 5-ти камер).

Нами было проанализировано влияние толщины и количества вертикальных воздушных прослоек на теплозащитные свойства оконных переплетов (по термическому сопротивлению) для случая, когда температура в прослойке неизвестна или изменяется в течение отопительного периода от положительных значений до отрицательных. Были рассмотрены одна, две и три воздушные прослойки. Согласно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» видно, что увеличение толщины воздушной прослойки не дает существенного повышения ее термического сопротивления $R_{в.п.}$. Передача тепла воздушной прослойкой обусловлена теплопроводностью, излучением и конвекцией. С увеличением $\delta_{в.п.}$ растет доля конвективной теплопередачи. Так имеем, что увеличение термического сопротивления двух

прослоек и соответственно снижение теплотерь в 1,88 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины. И увеличение термического сопротивления трех прослоек и соответственно снижение теплотерь в 2,7 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины (рис. 1).

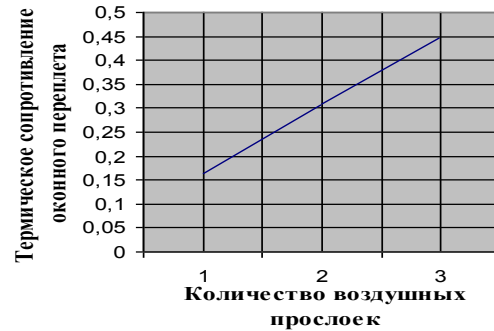


Рис. 1. Зависимость термического сопротивления оконного переплета от количества воздушных прослоек в нем /

The dependence of the thermal resistance of the sash on the number of air spaces in it

По экспериментальным данным полученным в климатическом комплексе КиевЗНИИЭП сопротивление теплопередаче трехкамерного пластмассового профиля – $0,53-0,68 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а пятикамерного – $0,91 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Сопротивление теплопередаче окон с двойным остеклением – $0,39-0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; окон с тройным остеклением – $0,60-0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Отдельно по своим теплозащитным свойствам стоят конструкции оконных переплетов из алюминия и стали, поскольку теплопроводность этих материалов, соответственно в 300 и 1000 раз выше, чем дерева и пластмассы. Теплофизические испытания в климатическом комплексе КиевЗНИИЭП позволили определить значение сопротивления теплопередаче алюминиевого профиля – $0,3-0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Самые высокие теплозащитные свойства имеет алюминиевый профиль фирмы HUECK (Германия), его сопротивление теплопередаче – $0,68 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

В зависимости от применяемой оконной системы и заданных геометрических размеров, на не прозрачные участки окна может приходиться до 30% его площади. Но, несмотря на ощутимое влияние, которое оконные профили оказывают на температурный режим окна и на теплотери через него, определяющая роль все же сохраняется непосредственно за остекленной частью.

Известно, что сопротивление теплопередаче остекления зависит и прямо пропорционально толщине воздушной прослойки между стеклами до определенного предела – 5 см. Дальнейшее ее увеличение не приводит к увеличению сопротивления теплопередаче. Для возрастания сопротивления теплопередаче через воздушные

прослойки необходимо выбрать такое расстояние между стеклами, при котором исключается конвекция воздуха. Тогда толщина воздушной прослойки будет определяться толщинами двух сходящихся скоростных механических пограничных слоев у стекол, попросту говоря, двух воздушных слоев, которые прилипают к стеклу, т.е. имеют скорость, равную нулю. Таким образом, при оптимальной толщине воздушной прослойки воздух внутренней прослойки неподвижен, отсутствует конвекция и передача теплоты осуществляется только теплопроводностью, а значит будет минимальной.

Были проведены исследования по определению оптимальной толщины воздушной прослойки при различных наружных температурах воздуха. При оптимальной толщине воздушной прослойки толщина стеклопакета равна сумме двух скоростных пограничных слоев, в которых молекулы неподвижны. Соответственно, понижение температуры никак не скажется на скорости неподвижных молекул, т.е. при оптимальной толщине воздушной прослойки сопротивление теплопередаче не зависит от температуры. Оптимальная толщина воздушной прослойки равна 16 мм. А, исходя из проведенных нами расчета и анализа, эффективнее сделать несколько воздушных прослоек. Для климатических условий Украины достаточно двух воздушных прослоек, т.е. тройного остекления. Приведем различные виды тройного остекления, используемого в настоящее время: остекление в раздельно-спаренном переплете; спаренное с переставным третьим стеклом; стекло и стеклопакет в раздельном переплете; стекло и стеклопакет в спаренном переплете; двухкамерный стеклопакет.

Научная новизна и практическая значимость

Установлена взаимосвязь влияния толщины и количества вертикальных воздушных прослоек на

теплозащитные свойства оконных переплетов (по термическому сопротивлению) для случая, когда температура в прослойке неизвестна или изменяется в течение отопительного периода от положительных значений до отрицательных. Это позволяет задавать необходимые теплозащитные свойства еще на стадии проектирования.

Выводы

Анализ влияния количества воздушных прослоек на термическое сопротивление оконных переплетов показал, что увеличение толщины воздушной прослойки не дает существенного повышения ее термического сопротивления $R_{в.л.}$. Передача тепла воздушной прослойкой обусловлена теплопроводностью, излучением и конвекцией. С увеличением $\delta_{в.л.}$ растет доля конвективной теплопередачи. Так имеем, что увеличение термического сопротивления двух прослоек и соответственно снижение теплотерь в 1,88 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины. И увеличение термического сопротивления трех прослоек и соответственно снижение теплотерь в 2,7 раза по сравнению с одной прослойкой эквивалентной толщины.

Для обеспечения теплозащитных свойств зданий и сооружений, существенного улучшения состояния микроклимата помещений в отопительный период необходимо использовать окна из ПВХ как минимум с двухкамерными переплетами и тройным стеклопакетом, где расстояние между стеклами не более 16 мм. Однако, следует отметить, что на состояние микроклимата помещений в отопительный период существенное влияние имеет влажностный режим. Поэтому изучение этого вопроса также является весьма актуальным. В целях энергосбережения и улучшения микроклимата помещений необходимо предусматривать принудительную вентиляцию с рекуперацией удаляемого вентиляционного воздуха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений: Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Пер. с венг. В. М. Беляева; Под ред. В. И. Прохорова и А. Л. Наумова. – Москва: Стройиздат, 1981. – 248 с.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учеб. для вузов 2-е изд., перера. и доп. – Москва: Высшая школа, 1982. – 415 с.
3. Демин О. Б. Физико-технические основы проектирования зданий и сооружений: учеб. пособ. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – Ч. 2. – 84 с.
4. Захаренко И. М., Гончаренко Н. И. Воздействие окружающей среды на конструкции зданий и сооружений / Вісник КТУ. – Кривой Рог: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2011. – Вип. 28. – С. 3 – 7. – Режим доступа: http://knu.edu.ua/Files/V_28_2011/18.pdf.
5. Камья Ф. М. Импульсная теория теплопроводности. – Москва: Энергия, 1972. – 271 с.
6. Козлов В. П., Станкевич А. В. Методы неразрушающего контроля при исследовании теплофизических характеристик твердых материалов // Инж. физ. журн. – 1984. – Т. 47. – № 2. – С. 250 – 252.
7. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. – Москва: Наука, 1964. – 487 с.
8. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения. – Москва – Ленинград: Машгиз, 1956. – 253 с.
9. Коротков П. А., Лондон Г. Е. Динамические контактные измерения тепловых величин. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 222 с.

10. Мищенко С. В. Анализ и синтез измерительных систем / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Э. И. Цветков, В. Н. Чернышов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 1995. – 238 с.
11. Платунов Е. С. и др. Теплофизические измерения и приборы. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 256 с.
12. Платунов Е. С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. – Ленинград: Энергия, 1973. – 143 с.
13. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина, 5-е изд., пересмотр. – Москва: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
14. Шашков А. Г. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шашков, Г. М. Волохов, Т. Н. Абраменко, В. П. Козлов. – Ленинград: Энергия, 1973. – 242 с.
15. Шлыков Ю. П., Гарин Е. А. Контактный теплообмен. – Москва – Ленинград: Энергия, 1963. – 144 с.
16. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. – Москва: Изд-во литературы, 1960. – 478 с.
17. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Ленинград: Энергия, 1967. – 298 с.

REFERENCES

1. Banhidi L. *Teplovoj mikroklimat pomeshcheniy: Raschet komfortnykh parametrov po teploshchushcheniyam cheloveka* [Thermal indoor climate: Calculation of comfort parameters Teploobmennik man] / Trans. with hung. V. M. Belyaev; Under. edited by V. I. Prokhorov and A. L. Naumov. – Moscow: Stroyizdat, 1981. – 248 p. (in Russian).
2. Bogoslovsky V. N. *Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskiye osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh): ucheb. dlya vuzov 2-ye izd., perera. i dop.* [Building thermal physics (thermal fundamentals of heating, ventilation and air conditioning): proc. for universities 2nd ed., Perera. and extra]. – Moscow: Vysshaya shkola, 1982. – 415 p. (in Russian).
3. Demin O. B. *Fiziko-tekhnicheskiye osnovy proyektirovaniya zdaniy i sooruzheniy: ucheb. posob.* [Physical and technical bases of designing of buildings and structures: proc. p.] – Tambov: The Compromise. state technical. University press, 2004. – P. 2. – 84 p. (in Russian).
4. Zakharenko, I. M., Goncharenko N. I. *Vozdeystviye okruzhayushchey sredy na konstruksii zdaniy i sooruzheniy* [The impact of environment on design of buildings and structures] / Bulletin KTU. - Krivoy Rog: SIHE "Krivorzhstal national University", 2011. – Vup. 28. – S. 3 – 7. – Access mode: http://knu.edu.ua/Files/V_28_2011/18.pdf. (in Russian).
5. Kama F. M. *Impul'snaya teoriya teploprovodnosti* [Pulse theory of thermal conductivity]. – Moscow: Energiya, 1972. – 271 p. (in Russian).
6. Kozlov V. P., Stankevich A. V. *Metody nerazrushayushchego kontrolya pri issledovanii teplofizicheskikh kharakteristik tverdykh materialov* [NDT Methods in the study of thermophysical characteristics of solid materials] // Ing. Fiz. zhurn. – 1984. – T. 47. – №. 2. – P. 250 – 252. (in Russian).
7. Kondrat'ev G. M. *Regulyarnyy teplovoj rezhim* [Regular thermal mode]. – Moscow: Nauka, 1964. – 487 p. (in Russian).
8. Kondrat'ev G. M. *Teplovyye izmereniya* [Thermal measurements]. – Moscow – Leningrad: Mashgiz, 1956. – 253 p. (in Russian).
9. Korotkov P. A., London, G. E. *Dinamicheskkiye kontaknyye izmereniya teplovykh velichin* [Dynamic contact measurement of thermal variables]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1974. – 222 p. (in Russian).
10. Mishchenko S. V. *Analiz i sintez izmeritel'nykh sistem* [Analysis and synthesis of the measurement systems] / S. V. Mishchenko, Yu. L. Muromtsev, I. E. Tsvetkov, V. N. Chernyshov. – Tambov: The Compromise. state technical. University, 1995. – 238 p. (in Russian).
11. Platonov E. S., etc. *Teplofizicheskiye izmereniya i pribory* [Thermal measurements and instruments]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1986. – 256 p. (in Russian).
12. Platonov E. S. *Teplofizicheskiye izmereniya v monotonnom rezhime* [Thermophysical measurements in the monotone mode]. – Leningrad: Energiya, 1973. – 143 p. (in Russian).
13. Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Building heating equipment protecting parts of buildings] / edited by J. A. Tabunshikova, V. G. Gagarin, 5th ed., revision. – Moscow: AVOK-PRESS, 2006. – 256 p. (in Russian).
14. Shashkov A. G. *Metody opredeleniya teploprovodnosti i temperaturoprovodnosti* [Methods for determining thermal conductivity and thermal diffusivity] / A. G. Shashkov, G. M. Volokhov, T. N. Abramenko, V. P. Kozlov. – Leningrad: Energiya, 1973. – 242 p. (in Russian).
15. Shlykov, Y. P., Garin, E. A. *Kontaknyy teploobmen* [Contact heat exchange]. – Moscow – Leningrad: Energiya, 1963. – 144 p. (in Russian).
16. Schneider P. *Inzheneryye problemy teploprovodnosti* [Engineering problems of heat conduction]. – Moscow: Publishing house of literature, 1960. – 478 p. (in Russian).
17. Yaryshev N. A. *Teoreticheskiye osnovy izmereniya nestatsionarnykh temperatur* [The theoretical basis for the measurement of transient temperatures]. – Leningrad: Energiya, 1967. – 298 p. (in Russian).

Стаття надійшла в редколегію 19.09.2016