

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Министерство образования и науки Республики Таджикистан  
Российская Академия наук  
Представительство Россотрудничества в Республике Таджикистане  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ)  
Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ  
Филиал НИУ «МЭИ» в г. Душанбе

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ



Материалы  
Девятая Международная теплофизическая  
школа, 6-11 октября 2014 г., Таджикистан



Душанбе-Москва-Тамбов – 2014

17. О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ МЕТОДА  
СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИ-  
ЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИИ ПРОБЫ

Барсуков В.И., Гребенников М.В.....144

18. КОМПЛЕКСНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТА-  
НОВКА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХА-  
РАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВ

Акрамов М.Б., Омар Н., Кульбеков А.М.....147

19. УСТАНОВКА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНО-  
ГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ПОВЕРХНОСТИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ  
ЖИДКОСТИ

Мордасов М.М., Петров С.А., Савенков А.П.....152

20. К РАСЧЕТУ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФ-  
ФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ИЗДЕЛИ-  
ЯХ ИЗ ТОНКИХ МАТЕРИАЛОВ

Беляев В.П., Мищенко С.В., Беляев П.С.....156

21. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТНО-  
МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 В ШИРОКОМ ИНТЕР-  
ВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Агажанов А.Ш., Самошкин Д.А., Станкус С.В.....163

22. ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ОПТИЧЕСКИ НЕОДНО-  
РОДНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ В ФОТОАКУ-  
СТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Солихов Т.Х., Махмалатиф А., Ходжаев Ю.П.....168

23. ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ХАРАК-  
ТЕРИСТИК ЖИДКОСТЕЙ

Спирин Г.Г., Побережский С.Ю., Поярков И.В.....172

СЕКЦИЯ №2. Результаты исследований теплофизических  
свойств новых веществ, материалов и изделий.

24. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАК-  
ТЕРИСТИК СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ  
ПВХ

Годына Н.Н.....176

25. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАСТВО-  
РОВ ПОЛИСТИРОЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕ-  
РАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Маджидов Х., Нейматов А.....184

26. КАЛОРИМЕТРИЯ И ТЕМПЕРАТУРАПРОВОДНОСТЬ  
ТВЕРДЫХ ПОЛУПРОВОДНЫХ СИСТЕМ CdSb

Ёдалиева З.Н., Тауров Э.Ш., Содыков Х.С., Сафаров  
М.М., Зарипов Дж.А.....187

27. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕ-  
МАТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА МББА

Ёгйбеков П.Ё., Файзуллоев З., Хуррамшоева Ф.Х.,  
Садуллоев Д.....190

28. ОБОБЩЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗОБАРНОЙ ТЕП-  
ЛОЕМКОСТИ НА ЛИНИИ НАСЫЩЕНИЯ ЖИДКОСТИ  
ДЛЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ СМЕСЕЙ

Арутюнов Б.А., Черткова .....195

29. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ  
СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Бухмиров В.В., Гаськов А.К.....200

30. ОБНАРУЖЕНИЕ СКРЫТЫХ ОБЪЕКТОВ В СТРУК-  
ТУРЕ МАТЕРИАЛОВ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ  
ВОЛН

Ворсин И.В., Губсков Ю.А., Дидрих В.Е.....205

31. МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ХО-  
ЛЕСТЕРИНА КРОВИ

Ёгйбеков П.Ё., Идиев С.Б.....207

32. ОПТИМАЛЬНАЯ ПО КВАДРАТИЧНОМУ КРИТЕ-  
РИЮ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Ишук И.Н., Алексеев В.В., Монсеев А.С.....213

33. ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО И АВТОМАТИЗИ-  
РОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОП-  
РЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОСТЕЙ ОТ СКОРОСТИ  
СДВИГА

Дивин А.Г., Пономарев С.В., Беляев П.С., Любимова Д.А...217



## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПВХ

Годына Н.Н.

Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар,  
Казахстан

На сегодняшний день в большинстве фирм, специализирующихся на производстве и монтаже окон из поливинилхлорида (ПВХ), заранее не просчитываются теплофизические характеристики этих изделий. Они могут быть определены только после монтажа окон и проведения всех отделочных работ, установка подоконника, слива, наружных и внутренних откосов.

В результате, как частные лица, так и организации в ряде случаев остаются недовольными реальными характеристиками смонтированных окон и требуют их переделки. Эта проблема особенно характерна для зданий нестандартной конструкции. Конечно, эту проблему можно решить, изменив конструкцию стеклопакетов, передвинув окно в проеме в сторону улицы или, наоборот, проведя дополнительное утепление и т.д. Однако такой подход экономически не целесообразен, кроме того, он снижает престиж такой фирмы.

Автором предлагаются практические рекомендации и методика расчета теплофизических характеристик окон, позволяющая еще до начала их изготовления определять конкретные показатели этого изделия в число которых входят: теплосбережение окна, микроклимат в зоне окна, уровень снижения шума в помещении, вентиляционные характеристики смонтированного изделия. Такая методика позволяет изготавливать окна с заранее заданными теплофизическими характеристиками, то есть целенаправленно управлять ими. Приведенные рекомен-

дации и математический аппарат для расчета взят из различных литературных источников: СНиПов, ГОСТов, проектных решений по окнам из ПВХ для нашей климатической зоны, справочных пособий на изделия из ПВХ, накопленного автором опыта по изготовлению и монтажу окон из ПВХ.

Одной из важных характеристик, установленных в помещении светопрозрачных конструкций (окон и балконных дверей), является их способность сопротивляться потерям тепла при значительной разнице температур внутри и снаружи помещения. Эту способность характеризует приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{0пр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Оно подсчитывается для каждой светопрозрачной конструкции [1]. Минимально допустимые значения  $R_{0пр}$  задаются в таблице 16 СНиП П-3-79 "Строительная теплотехника". Здесь устанавливаются зависимость необходимого значения  $R_{0пр}$  от величины «Градусо сутки отопительного периода» ( $\text{ГСОП}, ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ ). Величина ГСОП подсчитывается для конкретного населенного пункта, в котором будет установлена рассчитываемая светопрозрачная конструкция. Эти величины для большого количества населенных пунктов указаны в основной таблице СНиП 2.01.01-82 (столбцы 22 и 23). К сожалению, приведенные данные касаются только городов России, но они могут служить ориентиром для наших расчетов. Поскольку зависимость допустимого значения  $R_0$  пр. от ГСОП нелинейная, для удобства интерполирования можно пользоваться примерным графиком, приведенным в СНиП 2.01.01-82. Для определения фактического приведенного сопротивления теплопередаче определяется площадь заполнения светового проема  $F_{нр}$  и площадь каждого элемента конструкции (например, площадь остекления  $F_{ст.}$ ). Относительная площадь остекления обычно составляет  $V = F_{ст.}/F_{нр} - 0,50 \dots 0,8$ . При подсчете приведенного сопротивления теплопередаче стеклопакета необходимо учитывать дополнительные потери тепла,



обусловленные наличием между стёклами металлических дистанционных рамок. Элемент светопрозрачной конструкции, имеющий наименьшее приведенное сопротивление теплопередаче, должен проверяться на дополнительное условие: температура внутренней поверхности элемента не должна опускаться ниже  $3^{\circ}\text{C}$  (требования СНиП II-3-79). Расчет температуры производится по определенным формулам. Из применяемой формулы можно определить минимально необходимое приведенное сопротивление теплопередаче. Можно воспользоваться и диаграммой, приведенной в приложении 2 к ГОСТ 12.1.005-88.

Одной из важных характеристик установленных в помещении светопрозрачных конструкций (окон и балконных дверей) является их способность обеспечивать оптимальный микроклимат в ближайшей прилегающей зоне. Неблагоприятными факторами здесь являются образование конденсата и конвекционные потоки воздуха вблизи стекла. Оба этих фактора напрямую связаны с приведённым сопротивлением теплопередаче, о котором уже говорилось ранее. Образование конденсата является естественным физическим явлением, в основе которого лежит зависимость способности воздуха удерживать в себе определённое количество водяного пара. Воздух, соприкасающийся с более холодной поверхностью (например, стеклом), охлаждается, количество водяного пара, которое он может удерживать, уменьшается и при определённых условиях "лишний" водяной пар осажается на прилегающей поверхности ("выпадает роса"). В ряде литературных источников для этого используют термин «плачущие окна». Процентное отношение реально содержащегося в воздухе водяного пара к его предельному содержанию при данной температуре называется относительной влажностью воздуха [2]. Температура, которую должна иметь соприкасающаяся с воздухом поверхность, чтобы на ней начал образовываться конденсат, называется

"точкой росы"  $t_p$ . Значение  $t_p, ^{\circ}\text{C}$  зависит от температуры воздуха  $t_B, ^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $\varphi, \%$ . Для нормальной температуры внутри жилого помещения необходимо соблюдать определенную зависимость между температурой воздуха в помещении и относительной влажностью воздуха. Эта зависимость представлена в ГОСТ 12.1.005-88.

При расчётах ограждающих конструкций жилых зданий рекомендуется принимать относительную влажность воздуха  $\varphi \geq 55\%$  (п. 3.3 СНиП 2.08.01-89). ГОСТ 30494-96 допускает относительную влажность в жилых комнатах не более 60%. В то же время в некоторых помещениях (ванная, кухня и др.) относительная влажность может достигать 80 и даже 100%. Температура внутренней поверхности наиболее холодных элементов светопрозрачной конструкции рассчитывается по формуле, причём при определении вероятности образования конденсата необходимо использовать не температуру наиболее холодной пятидневки, а абсолютную минимальную температуру по основной таблице СНиП 2.01.01-82 (столбец 15). Для Павлодара, например, эта температура составит  $36^{\circ}\text{C}$ .

Уменьшить вероятность образования конденсата можно двумя независимыми путями: повышением температуры внутренних поверхностей светопрозрачной конструкции (обеспечивается на этапе проектирования) и поддержанием величины относительной влажности в помещении в оптимальном диапазоне 40...60% (обеспечивается в процессе эксплуатации путем регулярного проветривания либо вентиляцией помещения). Ещё одной важной характеристикой установленных в помещении светопрозрачных конструкций (окон и балконных дверей) является их способность ослаблять шум, источники которого находятся с наружной стороны помещения. Возможен и обратный вариант: необходимость ослабления шума,



источник которого находится внутри помещения (например, ресторана с оркестром).

Нормируемым параметром постоянного шума являются уровни звукового давления  $L$ , дБ. Поэтому, разрабатывая конструкцию окон, необходимо брать в расчет эти цифры и создавать конструкцию, отвечающую требованиям нормативов [3]. Для жилых и спальных помещений, палат больниц, номеров гостиниц и т.п., рекомендуется учитывать дополнительные поправки к данным таблицы 6 СНиП-11-12-77. В случае одновременного действия нескольких источников шума каждый из них рассчитывается отдельно, а полученные величины суммируются (по энергии), начиная с максимального. К сожалению, простого метода расчёта звукоизоляции конкретной светопрозрачной конструкции не существует, поэтому следует ориентироваться на имеющиеся расчётные данные и результаты испытаний. В таблице 7 СНиП 11-12-77 приведены расчётные данные для окон с раздельными стёклами, которыми можно пользоваться при расчете проектируемых окон [3].

В целом, для повышения звукоизоляции светопрозрачной конструкции следует принимать следующие меры:

1. Использовать стёкла разной толщины. Увеличивать толщину стёкол (особенно наружного).
2. Использовать в качестве наружного стекла триплекс. Кроме того, что триплекс обычно имеет большую толщину, его средний эластичный слой поглощает часть энергии вибрации стекла, что приводит к значительному уменьшению амплитуды резонансных колебаний.
3. Заполнять полость стеклопакета специальным газом.
4. Увеличивать расстояние между стёклами.
5. Применять дополнительный (третий) контур уплотнения.

6. В двухкамерном стеклопакете применять дистанционные рамки разной ширины [3].

Не следует слишком завышать требования к звукоизоляции светопрозрачной конструкции. Во-первых, порог чувствительности уха человека подстраивается под окружающий шумовой фон. Если попытаться максимально ограничить (сверх рекомендуемых выше пределов) уровень уличного шума, проникающего в жилое помещение (что, кстати, удорожает конструкцию), человека будет беспокоить, шум воды, текущей по трубам, звуки, проникающие через стены из соседних жилых помещений и т.п.

Во-вторых, светопрозрачная конструкция обеспечивает указанные уровни снижения шума только при закрытых створках. В положении щелевого проветривания уровень снижения шума составит 18 дБ, а если "откинута" хотя бы самая маленькая створка, уровень снижения шума не превысит 10 дБ. Поэтому для помещений с высоким уровнем внешнего шума необходимо предусматривать специальные способы вентиляции, например: «ударное» проветривание, когда 2... 3 раза в сутки открываются все окна на 10... 15 минут; централизованная приточно-вытяжная вентиляция (в том числе с кондиционированием);

• применение дозированной вентиляции (для систем со средним уплотнением).

Важной функцией окон является обеспечение оптимального притока свежего атмосферного воздуха. Проветривание осуществляется, как правило, вручную за счёт открывания имеющихся в окне створок. Выбору такого вида открывания способствует также отсутствие во многих жилых помещениях (в Германии) вытяжной вентиляции, что вынуждает жильцов постоянно держать створки открытыми. В Казахстане обычно одна (самая маленькая в комнате) створка делается поворотнооткидной (для проветривания), а остальные неоткрывающиеся (для



уменьшения стоимости) либо поворотные (открывание в 1-й плоскости) для возможности мытья с наружной стороны. Как правило, эта створка позволяет также осуществлять щелевое проветривание (при открывании на 6...8 мм и фиксация в этом положении при повороте ручки на 135°), а также имеет различные дополнительные элементы фурнитуры, позволяющие фиксировать створку в нескольких разных положениях при открывании или откидывании. Способ, частота и длительность проветривания зависят от времени года, климатической зоны и расположения окон в помещении. Приложение 19 СНиП 2,04.05-91 устанавливает минимальный расход наружного воздуха для жилых помещений с естественным проветриванием 3 м³/час на 1 м² помещения. Проблема снижения влажности заслуживает особого внимания, так как кроме обеспечения требуемых параметров внутреннего воздуха она влияет ещё и на процесс образования конденсата на внутренних поверхностях светопрозрачных конструкций.

Рассматривая различные источники влажности можно выделить главные из них: человек- интенсивность 50 г/час.чел; приготовление пищи- 500... 1000 г/час.чел; купание-1000...3000 г/сутки.

Существуют формулы для определения влажности воздуха в зависимости от времени. Однако они очень сложны и не дают точных результатов [4].

Следует помнить, что при любой влажности, с течением времени в помещении устанавливается равновесие. При достижении абсолютной влажности значения 100 % она такой и останется, а в помещении начнется выделение конденсата, что приведет к отсыреванию помещения, а если это будет продолжаться несколько дней - к появлению плесени и других неприятных явлений.

Обеспечивая проветривание, светопрозрачные конструкции должны защищать помещение от проникновения холодного наружного воздуха и гарантировать отсутствие постоянных сквозняков, защиту от внешнего шума.

Задачу вентиляции и одновременно сохранения герметизации помещения на сегодняшний день наиболее удачно решают системы микровентиляции [4].

### Литература

1. Могутов В.А. Новые принципы теплотехнического расчета светопрозрачных конструкций. Светопрозрачные конструкции. - № 2. - 2011. - 56 с.
2. Шведов Н.В. Перспектива применения окон различных конструкций в климатических условиях Российской Федерации. - М.: Стройиздат, 2012. - 268 с.
3. Осипов Г.Л. Защита от шума в градостроительстве. - М.: Стройиздат, 1998. - 42 с.
4. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.