

Расчет термического сопротивления оконных конструкций и анализ основных проблем при их проектировании

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования является расчет приведенного термического сопротивления оконных конструкций и рассмотрение основных проблем при их проектировании. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате были выполнены расчёты приведенного термического сопротивления оконных конструкций и выявлен ряд проблем, с которыми сталкиваются при проектировании окон.

Ключевые слова: строительство, расчет, проблемы, оконные конструкции, термическое сопротивление.

Calculation of thermal resistance of window structures and analysis of the main problems in their design

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to calculate the reduced thermal resistance of window structures and to consider the main problems in their design. Search, analytical and comparative research methods are used. As a result, calculations of the reduced thermal resistance of window structures were performed and a number of problems encountered when designing windows were identified.

Keywords: construction, calculation, problems, window structures, thermal resistance.

1. Введение

Современные световые конструкции, являясь неотъемлемым элементом ограждающих структур зданий, играют ключевую роль в формировании энергоэффективности, теплового комфорта и визуальной связи внутренних пространств с окружающей средой (рис.1). Однако именно через эти конструкции происходят наиболее значительные теплопотери, достигающие 30-40% от общего энергобаланса здания. Это обусловлено принципиальными физическими различиями в механизмах теплопередачи через массивные стены и сложные многослойные оконные системы, сочетающие светопрозрачные и непрозрачные элементы.

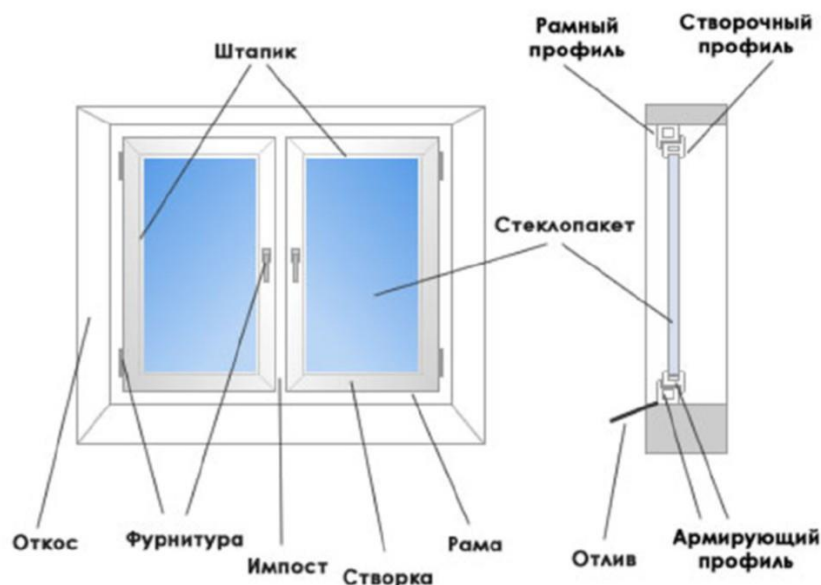


Рисунок 1. Оконная конструкция

Актуальность исследования теплофизических свойств оконных конструкций значительно возросла в последние десятилетия в связи с ужесточением нормативных требований к энергосбережению в строительстве. Особую сложность представляет анализ тепловых процессов в современных профильных системах, где сочетаются разнородные материалы (полимеры, металлы, древесина) со значительно различающимися теплотехническими характеристиками.

В статьях М.В. Галютин, Е.В. Петрова и Д.В. Крайнова, И.Ш. Сафина, А.С. Любимцева производятся расчеты теплопотерь через оконные конструкции [3, 4]. В работе А.Ю. Давиденко, А.В. Гончарук рассмотрены алюминиевые оконные конструкции, а также разобраны их ключевые преимущества и недостатки [1]. В публикации О.С. Крыловой, Т.С. Соловьевой производится оценка влияния окон на приведенные сопротивления теплопередаче наружных стен [2]. В статье Е.В. Петрова исследуются способы повышения тепловых характеристик деревянных оконных конструкций [5].

Целью данного исследования является расчет приведенного термического сопротивления оконных конструкций и рассмотрение основных проблем при их проектировании.

В результате были выполнены расчёты приведенного термического сопротивления оконных конструкций и выявлен ряд проблем, с которыми сталкиваются при проектировании окон.

2. Тепловые характеристики окон

Современные световые конструкции, к которым относятся окна, представляют собой сложные инженерные системы, состоящие из светопрозрачных элементов (стекол или стеклопакетов) и обрамляющих их профилей – коробок, створок, импостов и других компонентов (рис.2).

Особенностью таких конструкций является то, что процессы теплообмена в них протекают по-разному в зависимости от материала и конструкции. Например, теплопередача через стеклопакет существенно отличается от теплопередачи через раму или переплет, что требует отдельного рассмотрения каждого элемента.

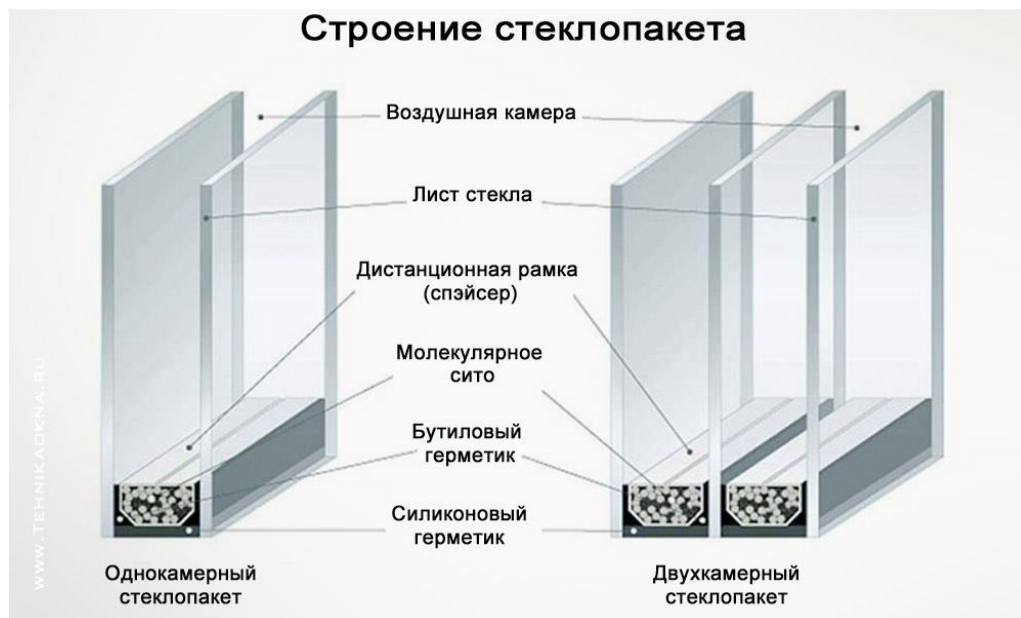


Рисунок 2. Строение стеклопакета

Одной из наименее изученных проблем в области проектирования окон остается теплообмен в тонкостенных профилях, из которых изготавливаются современные оконные системы. Исключение составляют лишь традиционные деревянные окна, где массив древесины сам по себе обладает определенными теплоизоляционными свойствами. В случае же ПВХ, алюминиевых или комбинированных профилей ситуация сложнее — их термическое сопротивление зависит от количества и расположения внутренних камер, наличия терморазрывов и других конструктивных особенностей. К сожалению, в отечественной технической литературе этот вопрос освещен недостаточно, что затрудняет точные расчеты для проектировщиков.

На сегодняшний день можно с уверенностью утверждать, что увеличение количества воздушных камер в профиле напрямую влияет на его теплоизоляционные свойства. Например, однокамерный ПВХ-профиль обладает меньшим сопротивлением теплопередаче по сравнению с двухкамерным, а трехкамерный, в свою очередь, превосходит по этому показателю двухкамерный. Это объясняется тем, что воздушные прослойки служат дополнительными барьерами для холода, снижая общий коэффициент теплопередачи. Однако важно учитывать, что помимо количества камер, на термическое сопротивление влияют также толщина перегородок, наличие армирующих вставок и материал самого профиля.

Для наглядности в таблицах 1 и 2 приведены сравнительные тепловые характеристики профилей различных систем, включая коэффициенты

теплопроводности используемых материалов. Эти данные позволяют проводить более точные теплотехнические расчеты и выбирать оптимальные решения для конкретных климатических условий.

Таблица 1. Термическое сопротивление оконных профилей различной конструкции

Система	Термическое сопротивление пакета профилей	Коэффициент теплопередачи пакета профилей
	$R, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
ПВХ – пакет профилей (коробка + створка), включая армирование		
2-камерная	0,52	1,9
3-камерная	0,59	1,7
4-камерная	0,71	1,4
Алюминий		
«Теплый» профиль с термовставкой	0,4	2,3
Дерево – сосна ($\lambda = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$)		
Толщина коробки $d = 80 \text{ мм}$	0,44	2,3
Толщина коробки $d = 120 \text{ мм}$	0,67	1,5
Дерево – дуб ($\lambda = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$)		
Толщина коробки $d = 80 \text{ мм}$	0,35	2,9
Толщина коробки $d = 120 \text{ мм}$	0,52	1,9

Таблица 2. Коэффициенты теплопроводности материалов оконных профилей и усилителей

Материал	Теплопроводность, λ $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
Дерево	0,15–0,25
ПВХ	0,25
Стеклопластик	0,30
Алюминий	170–195
Сталь	45–60
Нержавеющая сталь	10–20

3. Приведенное термическое сопротивление

Приведенное термическое сопротивление окна, $R_0^{\text{пр}}$ – основная величина, показывающая теплозащитные качества конструкции. Значения данного показателя принимаются в соответствии с таб. 3.

Таблица 3. Рекомендуемые значения R_0^{np} для помещений гражданских зданий

Здания и сооружения	Градусосутки отопительного периода, °С·сут	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей не менее R_0^{np}, м² ·°С/Вт
Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	0,35
	4000	0,45
	6000	0,60
	8000	0,70
	10000	0,75
	12000	0,80
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	0,30
	4000	0,40
	6000	0,50
	8000	0,60
	10000	0,70
	12000	0,80

Перейдем к расчету остекления.

Характеристик окна:

- Размеры – 1,2 х 1,8 м (рис. 1).
- Профиль – трехкамерный.
- Стеклопакет – двухкамерный F4–12–F4–12–F4

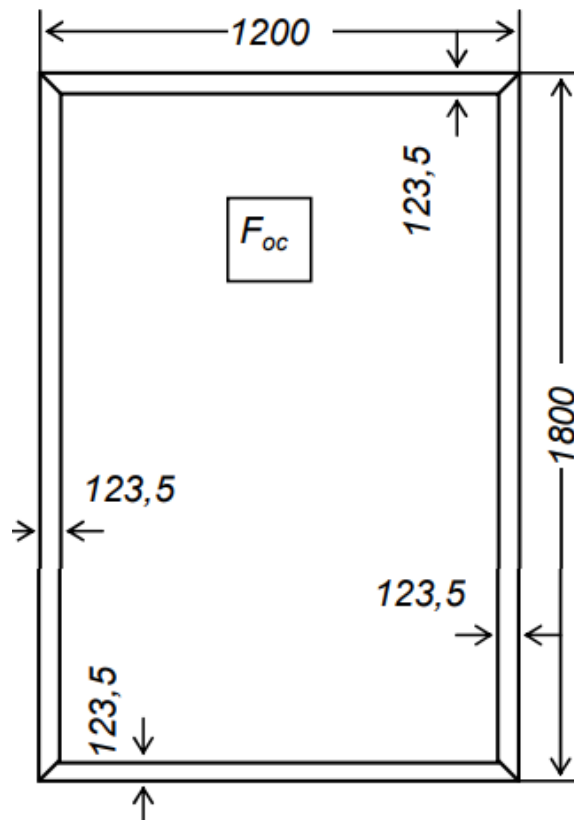


Рисунок 3. Чертеж оконной конструкции

По таблице 1 определяем Термическое сопротивление пакета профилей
 $R_{0\text{пер}} = 0,59 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Вычислим площадь непрозрачной части $F_{\text{пер}}$

$$F_{\text{пер}} = (0,1235 \cdot 1,8) \cdot 2 + (0,1235 \times ((1,2 - 0,1235) \cdot 2)) = 0,442 + 0,265 = 0,71 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление стеклопакета - $R_{0\text{oc}} = 0,53 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$,
 найденное по таблице 4.

Таблица 4. Термическое сопротивление и коэффициент светопропускания стеклопакетов различной конструкции

Конструкция	K=1/R	R	Видимая часть спектра			ИК [*] солнечное излучение		
			t _v – пропускание r _v – отражение a _v – поглощение			t _e – пропускание r _e – отражение a _e – поглощение		
			t _v	r _v	a _v	t _e	r _e	a _e
F4-12-F4	2,86	0,35	0,80	0,14	0,06	0,68	0,12	0,21
F4-16-F4	2,74	0,36	0,80	0,14	0,06	0,68	0,12	0,21
F4-12Ar-F4	2,68	0,37	0,80	0,14	0,06	0,68	0,12	0,21
F4-12Kr-F4	2,56	0,39	0,80	0,14	0,06	0,68	0,12	0,21
F4-16-K4	1,74	0,58	0,75	0,17	0,08	0,60	0,14	0,26
F4-Ar16-K4	1,51	0,66	0,75	0,17	0,08	0,60	0,14	0,26
K4-16-K4	1,54	0,65	0,71	0,19	0,10	0,54	0,15	0,31
K4-Ar16-K4	1,29	0,78	0,71	0,19	0,10	0,54	0,15	0,31
K4-Kr16-K4	1,19	0,84	0,71	0,19	0,10	0,54	0,15	0,31
K4-SF16-K4	2,28	0,44	0,71	0,19	0,10	0,54	0,15	0,31
F4-10-F4-10-F4	1,99	0,50	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-12-F4-12-F4	1,90	0,53	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-16-F4-16-F4	1,78	0,56	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-Ar10-F4-Ar10-F4	1,81	0,55	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-Ar16-F4-Ar16-F4	1,66	0,60	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-Kr12-F4-Kr12-F4	1,59	0,63	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-SF12-F4-SF12-F4	1,97	0,51	0,72	0,20	0,09	0,56	0,15	0,29
F4-10-P1-10-F4	1,44	0,70	0,60	0,21	0,19	0,43	0,16	0,40
F4-Ar10-P1-Ar10-F4	1,20	0,83	0,60	0,21	0,19	0,43	0,16	0,40

Рассчитаем площадь остекления:

$$F_{oc} = (1,8 \times 1,2) - 0,71 = 1,45 \text{ м}^2$$

Применяя и интерполяцию находим рекомендуемое значение $R_0^{пр} = 0,43 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, из таблицы 3.

Перейдем к вычислению приведенного термического сопротивления нашей конструкции по формуле:

$$R_0^{пр} = \frac{R_0^{oc} \cdot F_{oc} + R_0^{пер} \cdot F_{пер}}{F_{oc} + F_{пер}}$$

$$R_0^{пр} = \frac{0,53 \cdot 1,45 + 0,59 \cdot 0,71}{1,45 + 0,71} = 0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Сравним показатель $R_0^{пр}$ и R_0^{oc} :

$$R_0^{oc} = 0,53 \leq R_0^{пр} = 0,55$$

Сравним характеристики можно сделать вывод, что термическое сопротивление окна рассматриваемой конструкции удовлетворяет нормативным требованиям.

5. Заключение

Проведенное исследование теплотехнических характеристик светопрозрачных конструкций позволило систематизировать ключевые аспекты, связанные с их теплозащитными свойствами. Установлено, что термическое сопротивление оконных систем определяется не только количеством камер в профиле, но и конструктивными особенностями, включая наличие терморазрывов и тип используемых материалов.

Также был успешно выполнен расчет предложенной конструкции окна.

Библиографический список

1. Давиденко А.Ю., Гончарук А.В. Аллюминиевые оконные конструкции. преимущества и недостатки// Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. строительство. 2018. С. 345-348. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36431627>
2. Крылова О.С., Соловьева Т. С. Оценка влияния оконных конструкций на приведенные сопротивления теплопередаче наружных стен// Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и направления развития. 2017. С. 77-80. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=31492826>
3. Галютин М.В., Петров Е.В. Методика расчета теплопередачи через оконные конструкции// Избранные доклады 63-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых учёных. 2017. С.114-116. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32509893>
4. Крайнов Д.В., Сафин И.Ш., Любимцев А.С Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса)// Инженерно-строительный журнал. 2010. №6. С. 17-22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15286755>
5. Петров Е.В. Повышение тепловых характеристик деревянных оконных конструкций// Инновационные технологии научного развития. 2017. С. 163-166. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29170298>