

Расчёт термического сопротивления оконных систем

Бабашов Даниэль Эльманович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования состоит в вычислении приведенного термического сопротивления оконных конструкций и анализе основных сложностей, связанных с их проектированием. Для достижения поставленной цели были применены различные исследовательские методы, включая поисковые, аналитические и сравнительные подходы. Благодаря комплексному использованию этих методов удалось успешно провести расчеты приведенного термического сопротивления различных оконных систем. Исследование охватывает как теоретические аспекты оценки теплозащитных свойств окон, так и практические аспекты их проектирования, позволяя выявить ключевые проблемы и предложить пути их решения.

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

Calculation of thermal resistance of window systems

Babashov Daniel Elmanovich

Sholom-Aleichem Priamurskiy State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to calculate the thermal resistance of window structures and analyze the main challenges associated with their design. To achieve this goal, various research methods were employed, including search, analytical, and comparative approaches. By combining these methods, the thermal resistance of various window systems was successfully calculated. The study covers both the theoretical aspects of evaluating the thermal performance of windows and the practical aspects of their design, allowing for the identification of key challenges and the development of solutions.

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

Введение

В современных условиях энергосбережения и рационального использования ресурсов особое внимание уделяется повышению теплозащитных характеристик строительных конструкций, в том числе оконных систем. Исследования термического сопротивления окон являются

актуальной задачей, поскольку через оконные проемы теряется значительная часть тепловой энергии зданий — порядка 30% от общего энергопотребления.

Приведенное сопротивление теплопередаче окон существенно ниже аналогичного показателя для стен, что делает окна критически важным элементом в обеспечении теплового комфорта помещений. Небольшие отклонения в теплозащитных свойствах окон могут существенно исказить общий тепловой баланс здания, приводя к дополнительным энергозатратам и снижению энергоэффективности.

В настоящее время на рынке представлены различные конструкции оконных систем с использованием современных материалов и технологий. Однако данные о теплозащитных характеристиках, приведенные в технической документации, не всегда соответствуют реальным показателям. Это требует разработки более точных методов определения термического сопротивления окон и анализа факторов, влияющих на их теплозащитные свойства.

В статьях М.В. Галютина, 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].

Цель исследования заключается в определении приведенного термического сопротивления различных оконных конструкций, а также в изучении ключевых проблем, возникающих в процессе их проектирования.

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

Тепловые характеристики окон

Современные оконные системы, являющиеся частью световых конструкций, представляют собой сложные инженерно-технические решения. Они состоят из светопрозрачных компонентов, таких как стёкла или стеклопакеты, а также обрамляющих их элементов: коробок, створок, импостов и прочих составляющих.

Характерной чертой этих конструкций является то, что процессы теплообмена в них происходят по-разному в зависимости от используемых материалов и особенностей конструкции. Например, теплопроводность через стеклопакет значительно отличается от теплопроводности через раму или переплет. Это требует индивидуального подхода к анализу каждого элемента системы.

При проектировании таких окон необходимо учитывать различия в теплопередаче между различными компонентами, что позволяет оптимизировать общую теплоизоляцию конструкции и обеспечить её максимальную эффективность.

Одной из малоисследованных областей в сфере проектирования оконных систем остаётся изучение теплообмена в тонкостенных профилях, используемых для их изготовления.

Лишь традиционные деревянные окна можно считать исключением, поскольку массив древесины сам по себе обладает определёнными теплоизоляционными характеристиками.

В случае же с профилями из ПВХ, алюминия или их комбинаций ситуация значительно сложнее. Их термическое сопротивление определяется множеством факторов, таких как количество и расположение внутренних камер, наличие терморазрывов и прочие конструктивные особенности.

К сожалению, в отечественной технической литературе этот вопрос освещён недостаточно, что существенно затрудняет выполнение точных расчётов для специалистов-проектировщиков.

На сегодняшний день установлено, что увеличение числа воздушных камер в профиле напрямую влияет на его теплоизоляционные характеристики.

Например, однокамерный ПВХ-профиль демонстрирует меньшее сопротивление теплопередаче по сравнению с двухкамерным, тогда как трёхкамерный профиль превосходит по этому показателю двухкамерный аналог. Это объясняется тем, что воздушные прослойки действуют как дополнительные барьеры для холода, снижая общий коэффициент теплопроводности.

Однако стоит отметить, что на термическое сопротивление влияют не только количество камер, но и такие факторы, как толщина перегородок между ними, наличие армирующих элементов и материал самого профиля. Комплексный учёт всех этих параметров позволяет создать более эффективную оконную систему с улучшенными теплоизоляционными свойствами.

Для облегчения восприятия в таблицах 1 и 2 представлены сравнительные теплотехнические характеристики различных профильных систем.

Таблица 1. Термическое сопротивление оконных профилей различной конструкции

Система	Термическое сопротивление пакета профилей	Коэффициент теплопередачи пакета профилей
	$R, \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
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 ($\lambda = 0,18 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$)		
Толщина коробки d = 80 мм	0,44	2,3
Толщина коробки d = 120 мм	0,67	1,5
Дерево – дуб ($\lambda = 0,23 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$)		
Толщина коробки d = 80 мм	0,35	2,9
Толщина коробки d = 120 мм	0,52	1,9

Таблица 2. Коэффициенты теплопроводности материалов оконных профилей и усилителей

Материал	Теплопроводность, λ Вт/(м·°C)
Дерево	0,15–0,25
ПВХ	0,25
Стеклопластик	0,30
Алюминий	170–195
Сталь	45–60
Нержавеющая сталь	10–20

Приведенное термическое сопротивление

Приведённое термическое сопротивление оконной конструкции, обозначаемое как $R_{0пр}$, является ключевым параметром, характеризующим её теплозащитные свойства. Этот показатель отражает способность окна сохранять тепло и является основным критерием при оценке теплоизоляционных качеств конструкции.

Значения приведённого термического сопротивления указываются в соответствии с данными, представленными в таблице 3. Эти значения служат основой для оценки эффективности теплозащиты окон и позволяют определить, насколько конструкция соответствует требованиям по сохранению тепла в различных условиях эксплуатации.

При проектировании и выборе оконной системы важно учитывать этот параметр, чтобы обеспечить оптимальный уровень теплоизоляции и энергоэффективности здания.

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

Здания и сооружения	Градусосутки отопительного периода, °С·сут	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей не менее R_{0np} , м ² ·°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
- Профиль – трехкамерный.
- Стеклопакет – двухкамерный F4–12–F4–12–F4

По таблице 1 определяем Термическое сопротивление пакета профилей

$$R_{0пер} = 0,59 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$$

Вычислим площадь непрозрачной части $F_{пер}$

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

Термическое сопротивление стеклопакета - $R_{0oc} = 0,53 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/ Вт}$,
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		
	Вт/(м ² ·°C)	м ² ·°C/Вт	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 $R_0^{пр} = 0,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, из таблицы 3.

Перейдем к вычислению приведенного термического сопротивления нашей конструкции по формуле:

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

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

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

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

Проведя сравнительный анализ характеристик, можно сделать вывод, что термическое сопротивление оконной конструкции соответствует установленным нормативам.

Показатели теплозащиты данной системы полностью удовлетворяют действующим требованиям, что подтверждает её пригодность для эксплуатации в заданных условиях. Это свидетельствует о том, что конструкция эффективно сохраняет тепло и отвечает всем необходимым стандартам энергосбережения.

Заключение

Выполненное исследование теплотехнических параметров светопрозрачных конструкций дало возможность детально изучить и

систематизировать основные факторы, влияющие на их теплоизоляционные характеристики.

В ходе исследования выяснилось, что термическое сопротивление оконной системы зависит не только от числа камер в профиле, но и от целого ряда конструктивных факторов. К ним относятся наличие терморазрывов, особенности расположения воздушных камер и характеристики используемых материалов.

Кроме того, был успешно проведён расчёт предложенной оконной конструкции, что позволило подтвердить её эффективность с точки зрения теплозащиты. Полученные данные демонстрируют, как различные конструктивные решения влияют на способность окон сохранять тепло, и дают возможность оптимизировать проектирование светопрозрачных конструкций с учётом конкретных условий эксплуатации

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 теплотерь 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>