

Научная статья

УДК 692.82

EDN GHDXXM

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0635-4-67-72>

**Методы снижения тепловых потерь  
светопрозрачных ограждающих конструкций**

**Максим Евгеньевич Журба**<sup>1</sup>, студент магистратуры

**Александр Иванович Туров**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [makszurda@gmail.com](mailto:makszurda@gmail.com), <sup>2</sup> [turov58@mail.ru](mailto:turov58@mail.ru)

**Аннотация.** В статье описаны три основных способа увеличения сопротивления теплопередаче стеклопакета, а также рассмотрены методы снижения конвективной и излучательной передачи тепла. Проведен анализ причин, по которым необходимо применять энергоэффективные технологии, а также обзор мирового опыта в использовании энергоэффективных стеклопакетов.

**Ключевые слова:** светопрозрачные ограждающие конструкции, стеклопакеты, сопротивление теплопередаче, излучение, конвекция, инертный газ, климатические условия

**Для цитирования:** Журба М. Е., Туров А. И. Методы снижения тепловых потерь светопрозрачных ограждающих конструкций // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 67–72.

Original article

**Methods for reducing heat losses  
of translucent enclosing structures**

**Maksim E. Zhurba**<sup>1</sup>, Master's Degree Student

**Alexander I. Turov**<sup>2</sup>, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [makszurda@gmail.com](mailto:makszurda@gmail.com), <sup>2</sup> [turov58@mail.ru](mailto:turov58@mail.ru)

**Abstract.** The article describes three main ways to increase the heat transfer resistance of a double-glazed window, as well as methods for reducing convective and radiative heat transfer. The analysis of the reasons why it is necessary to apply energy-efficient technologies, as well as a review of world experience in the use of

energy-efficient double-glazed windows, is carried out.

**Keywords:** translucent enclosing structures, double-glazed windows, heat transfer resistance, radiation, convection, inert gas, climatic conditions

**For citation:** Zhurba M. E., Turov A. I. Methods for reducing heat losses of translucent enclosing structures. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 67–72), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

В основу выбора светопрозрачных ограждающих конструкций почти всегда ложатся два основных показателя: теплотехнические параметры и регион, в котором возводится здание или сооружение.

Учитывая суровые климатические условия, которые не являются редкостью на территории Российской Федерации, в том числе ее Дальнего Востока, задача сократить теплопотери в зданиях и сооружениях встает особенно остро. И одной из больших проблем являются оконные блоки, а точнее их большой коэффициент теплопроводности, ведь важно обеспечить способность пропускать солнечные лучи и при этом сохранять тепло внутри помещения, а также не искажать, подобно кривому зеркалу, видимые объекты.

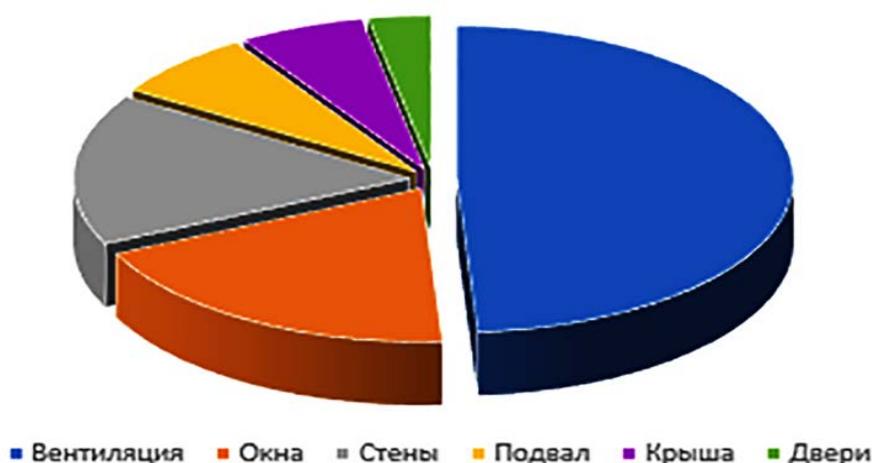
**Теплопотери через элементы оконного блока** составляют следующие значения: *остекление – 12,9 %; профиль – 6,4 %; краевые зоны – 5,1 %; монтажные узлы – 4,4 %*. Анализируя величины потерь, наблюдаем, что наибольшее их значение приходится на остекление.

Профиль же состоит из материалов с особыми характеристиками, обладающими меньшим коэффициентом теплопроводности, а также дополнительными конструктивными особенностями.

В настоящее время установка стеклопакетов в зданиях занимает лидирующую позицию среди аналогов. Как показывает одно из научных исследований [1], сутью которого являлось изучение изменения температуры в зависимости от положения измерительного прибора относительно различных частей оконного блока при большой разнице температур снаружи и внутри здания.

Результат опыта показал, что часть блока, состоящая из стекла, в гораздо большей степени поддавалась понижению собственной температуры, а вследствие и больше остужала воздух внутри здания, нежели на профиле.

На рисунке 1 показано, что среди большого количества элементов здания теплотери из оконных проемов занимают довольно обширную площадь на диаграмме, что указывает на несоразмерно большое количества утраченного тепла при относительно небольшой площади окон в самом здании.



**Рисунок 1 – Структура теплотери общественного здания**

Основываясь на исследованиях [1], если площадь остекления здания светопрозрачными ограждающими конструкциями составляет хотя бы 12–13 %, то такое здание существенно больше нагружает отопительную систему, ведь оно может терять до трети тепла в зимнее время. При достаточно небольшом проценте остекления суммарные тепловые потери через окна сопоставимы с тепловыми потерями через стены здания [2, 3].

Таким образом, очень важно снизить теплотери через светопрозрачные ограждающие конструкции, ведь это повлечет за собой значительное повышение эффективности различных систем здания в целом.

Увеличение сопротивления теплопередачи стеклопакета может происходить при увеличении ширины камер, при добавлении в камеры газа повышен-

ной плотности или при применении стекла с низкой эмиссией. Основными понятиями при определении теплопотерь в оконных проемах являются теплопроводность, излучение и конвекция.

Для увеличения параметров, отвечающих за энергосбережение, имеет место нанесение (напыление) на поверхность стекла оптического слоя. Такой слой в основе своего строения имеет металлические компоненты. Данная технология приобрела название I-стекло (и-стекло).

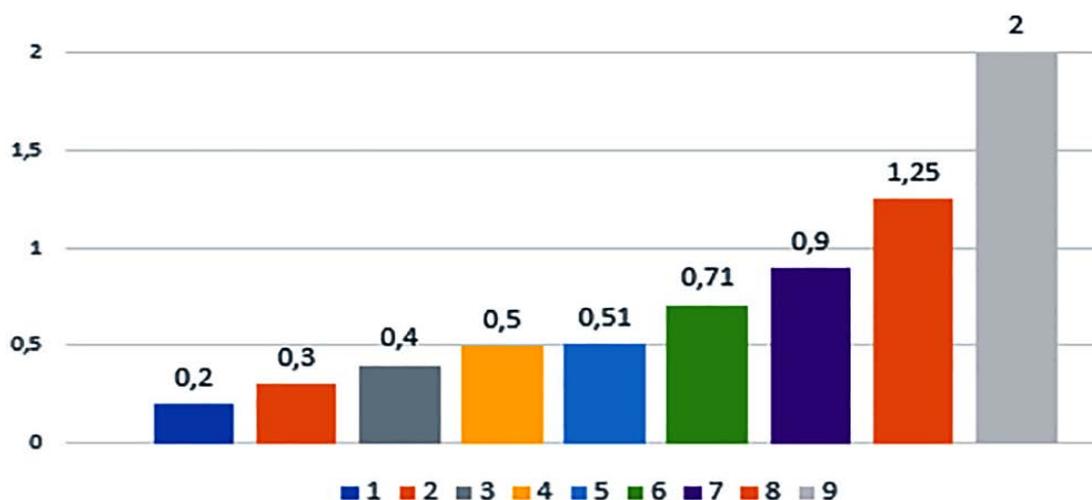
Излучательную способность стекла называют эмисситетом стекла. Его можно значительно снизить, в тоже время позволяя стеклу быть прозрачным, не препятствуя проникновению солнечных лучей внутрь помещения, а также ограничивать выход теплового излучения длиной волны менее 15 000 нм. Эмисситет стекла обратно пропорционален тепловым потерям. *При этом значение эмисситета для обычного стекла составляет 0,82, а для энергосберегающего стекла – 0,039.*

Для повышения теплозащитных свойств при изготовлении стекол с низкой эмиссией применяется твердое низкоэмиссионное покрытие (К-стекло) и мягкое низкоэмиссионное покрытие (I-стекло). На поверхность К-стекла при высокой температуре наносится тонкий электропроводный слой с эмисситетом равным 0,2. При этом стекло остается достаточно прозрачным.

Также существует метод вакуумного напыления на стекло чередующихся слоев серебра, что приводит к повышению теплозащитных свойств стеклопакета. Применяется трехслойное нанесение покрытия, что понижает эмисситет поверхности до 0,04 (это существенно меньше других видов стекольных покрытий) (рис. 2).

Заполнитель – один из основополагающих факторов, влияющих на теплоизоляционные и энергосберегающие характеристики стеклопакета. Показатель теплопроводности оконного блока, заполненного инертным газом, суще-

ственно ниже, чем такого же оконного блока, заполненного воздухом. Это происходит потому, что плотность воздуха существенно меньше плотности соответствующего газа. Свойства заполнителей представлены в таблице 1.



1 – одиночное стекло; 2 – однокамерный стеклопакет; 3 – стеклопакет, заполненный аргоном; 4 – двухкамерный стеклопакет; 5 – двухкамерный стеклопакет, заполненный аргоном; 6 – однокамерный стеклопакет, заполненный аргоном, с одним I-стеклом; 7 – однокамерный стеклопакет, заполненный криптоном, с одним I-стеклом; 8 – двухкамерный стеклопакет, заполненный криптоном, с двумя I-стеклами; 9 – вакуумный стеклопакет

**Рисунок 2 – Сравнение приведенного сопротивления светопрозрачных ограждающих конструкций**

**Таблица 1 – Свойства заполнителей камер светопрозрачных конструкций**

Вид заполнителя	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
Ксенон	5,857	0,0050
Криптон	3,740	0,0087
Аргон	1,783	0,0164
Сухой воздух	1,290	0,0252

По данным таблицы 1 можно заметить явную зависимость коэффициента теплопроводности от плотности заполнителя светопрозрачных конструкций. Так, применение ксенона в качестве заполнителя камер уменьшает теплопроводность стеклопакета более чем в 5 раз, по сравнению с такой же камерой, заполненной сухим воздухом.

**Заключение.** *Исследовав светопрозрачные ограждающие конструкции, заполненные различными наполнителями или покрытые различными веществами, можно сделать рекомендации о желательности таких конструктивных решений в условиях Дальнего Востока. При этом следует учитывать дополнительные расходы при применении указанных конструкций на территории соответствующего региона.*

### Список источников

1. Верховский А. А., Зимин А. Н., Потапов С. С. Проектирование современных светопрозрачных ограждающих конструкций с учетом климатических условий регионов России // Светопрозрачные конструкции. 2015. № 3–4 (101–102). С. 34–37.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения: 20.01.2024).
3. СП 131.13330.2020. Строительная климатология // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 20.01.2024).

### References

1. Verkhovsky A. A., Zimin A. N., Potapov S. S. Designing modern translucent enclosing structures taking into account the climatic conditions of the regions of Russia. *Svetoprozrachnyye konstruktсии*, 2015;3–4(101–102):34–37 (in Russ.).
2. Thermal protection of buildings. (2012) *SP 50.13330.2012 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200095525> (Accessed 20 January 2024) (in Russ.).
3. Building climatology. (2020) *SP 131.13330.2020 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (Accessed 20 January 2024) (in Russ.).

© Журба М. Е., Туров А. И., 2024

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 16.05.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 16.05.2024; accepted for publication 07.06.2024.