Оригинальная статья / Original article
УДК 691.615
DOI: https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-4-804-811

«Умное стекло» в современной архитектуре светопрозрачных конструкций

© З.С. Адигамова, Е.В. Лихненко, Е.А. Килязова
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

Резюме: Цель работы заключается в изучении решений по повышению энергоэффективности существующего и вновь проектируемого жилого фонда, а также в проведении анализа эффективности использования энергосберегающих окон в массовом строительстве. В практической части работы сравнивается окупаемость вложений в энергосберегающие окна, обосновывается выбор наиболее оптимального варианта остекления при использовании электрического и газового отопления. Для сравнения стеклопакетов на предмет их окупаемости рассчитывалось, сколько тепла уходит через 1 м² стеклопакета за один отопительный сезон. Исходя из этого высчитывалась стоимость обслуживания. С учетом стоимости различных вариантов стеклопакета проводилось сравнение окупаемости для четырех типов стеклопакетов: однокамерного, однокамерного теплосберегающего, двухкамерного и двухкамерного теплосберегающего. Согласно расчету максимально энергоэффективный стеклопакет выгоднее устанавливать при электрическом отоплении из-за высокой стоимости ресурсов. При отоплении газом непродолжительное время для г. Оренбурга более экономичен одинарный теплосберегающий стеклопакет. При более длительном сроке – двухкамерный теплосберегающий стеклопакет. Для более холодных регионов России с учетом индексации газа наиболее целесообразен двухкамерный пакет с низкоэмиссионным покрытием. В южных регионах Российской Федерации достаточно использовать одинарный теплосберегающий стеклопакет, кроме этого, специальное покрытие поможет защитить помещение от излишнего нагрева.

Ключевые слова: энергоэффективность, тепловые потери, энергоэффективное остекление, светопрозрачные конструкции, освещение

Информация о статье: Дата поступления 03 октября 2019 г.; дата принятия к печати 01 ноября 2019 г.; дата онлайн-размещения 31 декабря 2019 г.

Для цитирования: Адигамова З.С., Лихненко Е.В., Килязова Е.А. «Умное стекло» в современной архитектуре светопрозрачных конструкций. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость.* 2019;9(4):804–811. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-4-804-811

"Smart glass" in the contemporary architecture of translucent structures

Zemfira S. Adigamova, Elena V. Likhnenko, Ekaterina A. Kilyazova
Orenburg State University, Orenburg, Russia

Abstract: The aim of the work consists in studying available solutions for improving the energy efficiency of the existing and newly designed housing stock, as well as analysing the efficiency of using energy-saving windows in mass construction. In the practical part of the work, the return on investment in energy-saving windows is compared and the most optimal glazing options for cases of electric and gas heating are justified. In order to compare the double-glazed windows for their payback, the heat loses through 1 ml of double-glazed windows for one heating season was calculated. On this basis, the maintenance cost was calculated, and, taking into account the cost of various options of the double-glazed window, the payback was compared for four types of double-glazed windows: single-chamber, single-chamber heat-saving, two-chamber and two-chamber heat-saving. According to the calculation, the most energy-efficient double-glazed window is more profitable for installation with electric heating due to the high cost of resources. In the case of gas heating for a short-time period in the city of Orenburg, the single heat-saving double-glazed window was determined to be more economical. For a longer period, a two-chamber heat-saving double-glazed window is preferable. Taking into account gas indexation, for the colder regions of Russia, a two-chamber package with a low-emission coating was established to be the most appropriate. In the southern regions of the Russian Federation, the application of a single heat-saving double-glazed window appears to be sufficient with the option of a special coating for protecting the room from excessive heating.

Keywords: energy efficiency, heat losses, energy-efficient glazing, translucent structures, lighting

Information about the article: Received October 03, 2019; accepted for publication November 01, 2019; avail-able online December 31, 2019.

For citation: Adigamova ZS, Likhnenko EV, Kilyazova EA. “Smart glass“ in the contemporary architecture of translucent structures. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2019;9(4):804–811. (In Russ.) https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-4-804-811

Введение

Мировые тенденции остекления современных зданий диктуют максимальную открытость помещений солнечному свету. Основными принципами нового тренда являются эстетические преимущества, повышение уровня инсоляции помещения и улучшения самочувствия людей.

Несмотря на внешние преимущества, становится все более актуальным вопрос энергосбережения и рационального использования ресурсов, что приводит к существенным затратам на отопление зданий.

Повышение энергетической эффективности и энергосбережение входят в состав приоритетных направлений развития российской экономики[1]. Федеральный закон № 261-ФЗ определяет задачи энергосбережения в промышленности, транспорте, системах генерации и передачи энергии, а также в отрасли строительства[2]. В документе регламентируется соответствие зданий и сооружений требованиям энергоэффективности и оснащенности приборами учета ресурсов.

Российская Федерация – одна из самых холодных стран, расположенная в основном выше 55° северной широты, при этом большую часть территории занимает вечная мерзлота. В сравнении с Центральной Европой холодный климат на 20% повышает потребление энергии на отопление и освещение помещений и на 25% увеличивает стоимость строительства зданий и сооружений и их эксплуатации. Климат ухудшает возможность возобновляемых источников, в числе которых солнечная энергия и биомасса [1].

До 38% потребления первичной энергии России занимает сектор зданий и сооружений, что эквивалентно объему потребления энергии в Италии или сумме энергопотребления Нидерландов и Польши [2].

В настоящий момент одной из основных задач Министерства строительства является создание системы энергосбережения во всех сферах, начиная от проектирования, строительства, эксплуатации и заканчивая капитальным ремонтом зданий, строений и сооружений. Внедрение энергосберегающий мероприятий может достигать экономии 30% ресурсов, а по тепловой энергии до – 50%, что напрямую будет способствовать огромному экономическому эффекту и снижению платы за коммунальные услуги [3].

Приказ Минстроя России «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», вступивший в силу в апреле 2018 г., установил требования по энергосбережению и повышению энергоэффективности в строительном комплексе.

Соблюдение требований энергетической эффективности распространяется как на проектировщиков, архитекторов, так и на застройщиков. Это способствует применению новых архитектурных решений, современных материалов, инновационного оборудования. Согласно приказу, для отопления и вентиляции вновь строящихся зданий предусмотрено поэтапное снижение удельного расхода тепловой энергии. Запланировано снижение расхода тепла на отопление новостроек с января 2023 г. – на 40%, а в 2028 г. – на 50%. С 2018 г. данный показатель уже был снижен на 20%.

Кроме этого, к 2023 г. около 10 кВт·ч/м^3 должны производиться за счет возобновляемых и альтернативных источников энергии, а также вторичных энергетических ресурсов за счет дополнения инженерных систем инновационными приборами. Уже к 2028 г. этот показатель увеличивается вдвое.

Повысить комфорт жизни населения призван проект «Умный город», разработанный Министерством строительства Российской Федерации. Улучшить энергоэффективность города предполагается за счет цифровой трансформации и автоматизации процессов.

С 2016 г. новым и реконструированным жилым домам необходимо присваивать

---

[1] Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологии и техники в РФ и перечня критических технологий: указ Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 года [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru (10.07.2019).

[2] Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru (12.07.2019).

класс согласно энергетической эффективности. Таким образом, создается понятная структура критериев оценки. На правовом уровне требования закреплены в Приказе Минстроя РФ № 399-Пр, что способствует снижению энергопотребления.

Теплотехнический расчет существующей застройки показал, что многоквартирный десятиэтажный дом мог получить класс D и введен в эксплуатацию с расходом тепловой энергии 91 кВтч/м^2, но с 1 июля 2018 г. этот показатель должен быть сокращен до 73 кВтч/м^2, а к 2023 г. – до 55 кВтч/м^2. Благодаря введенным требованиям новые дома будут более комфортными и недорогими в эксплуатации.

Оценка существующего и вновь проектируемого жилого фонда показала, что существующие здания, имея класс D согласно шкале энергоэффективности, требуют экономического стимулирования в качестве утепления фасадов, замены окон и т.д., а строить разрешено только жилье класса А.

С точки зрения архитектурно-планировочных решений достичь требования энергоэффективности с учетом оптимизации затрат можно за счет компактной формы здания, уменьшения влияния мостиков холода, ориентации по сторонам света. При сложной конфигурации здания в плане потребуются большие вложения, поэтому на этапе проектирования необходимо рационально соотносить полезную площадь и внешний периметр. Для достижения энергоэффективности используются многослойные или слоистые конструкции [4].

Обязательные требования снижения энергопотребления в 2018–2028 гг. ориентированы на новое строительство, включая капитальный ремонт.

На первом этапе для снижения расхода тепловой энергии и повышения энергоэффективности можно утеплить стены, кровлю, а также установить энергосберегающее остекление в комплексе с рекуперацией тепла. С точки зрения оптимизации капитальных затрат наилучшее решение – усиление теплозащиты стен и кровли на 33%, окон на 49% и рекуперация тепла воздуха с КПД от 25%, как отмечают специалисты Технониколь [5]. Данные мероприятия должны сопровождаться налоговыми послаблениями, льготной ипотекой на объекты высокого класса энергоэффективности и другими мотивационными инструментами.

Методы

Одним из наиболее оптимальных путей снижения теплопотерь является применение энергоэффективного остекления. Оно задерживает тепловое излучение благодаря нанесению на поверхность низкоэмиссионных покрытий, которые пропускают короткие волны и препятствуют проникновению длинноволнового теплового излучения, например, от системы отопления.

В статье, на примере окупаемости вложений в энергосберегающие окна, рассматривается вопрос с практической точки зрения и обосновывается выбор наиболее оптимального варианта остекления. На данный момент отсутствуют утвержденные методики оценки экономической выгоды от внедрения энергосберегающих мероприятий. В статье применяются некоторые упрощения, обращается внимание только на проверку эффективности остекления.

На вопрос рациональности выбора оконных конструкций нельзя дать однозначный ответ для всех регионов Российской Федерации, поэтому проводится анализ для г. Оренбурга. Климатическая характеристика принята исходя из СП 131.13330.2011 «Строительная климатология».

Для расчетов используются данные отопительного сезона, когда среднесуточная температура достигает отметки ниже 8 ºС. Для Оренбурга средняя температура отопительного сезона – -6,1 ºС, продолжительность – 195 дней. Внутренняя температура помещения принимается равной +22 ºС.

Тарифы энергоресурсов на обслуживание здания в соответствии с ценами на 1 января 2019 г.:

– электроэнергия – 3,88 руб./кВт·ч;

– газ – 5,76 руб./м³.

Принимается эффективность работы электронагревателя, приближенная к 100%. Таким образом, с 1 кВт·ч получается примерно 3,6 МДж соответственно 1 МДж = 3,88/3,6 = 1,077 руб.

Газ отдает около 34 МДж/м³, коэффициент полезного действия современных котлов примерно 92%. Таким образом, с учетом потерь остается 31,28 МДж/м³. 1 МДж = 5,76/31,28 = 0,184 руб.

Для того чтобы рассчитать окупаемость более энергоэффективных окон, обращается внимание лишь на сравнение стеклопакетов в виду того, что остекление занимает большую площадь проема, а теплопроводностью профиля можно пренебречь в виду его меньшей доли и, соответственно, меньшего влияния на сохранение тепла.

Средние цены вариантов остекления и исходные данные расчета представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Средняя цена окон от различных производителей

Table 1

Average price of windows from different manufacturers

Вид стеклопакета	Термическое сопротивление, ($м^2$·°C)/Вт	Цена за 1 м², руб.
Однокамерный (4x16x4)	0,32	1020
Однокамерный теплосберегающий (4x16x4)	0,55	1200
Двухкамерный (4x12x4x12x4)	0,54	1440
Двухкамерный теплосберегающий (4x12x4x12x4)	0,68	1690

Таблица 2

Исходные данные для расчета

Table 2

Initial data for calculation

Климатология	Значение
Температура внутреннего воздуха, °C	22
Средняя температура наружного воздуха в отопительный сезон, °C	-6,1
Продолжительность отопительного сезона, дни	195
Стоимость ресурсов	–
Электроэнергия, руб/кВт	3,88
Газ, руб/м³	5,76
КПД электрообогревателя, %	100
КПД газового котла, %	92
Стоимость тепла	–
Электрообогрев, руб/МДж	1,077778
Газовый котел, руб/МДж	0,184143
Стоимость 1 м² окна	–
Однокамерный стеклопакет (4x16x4), руб.	1020
Однокамерный теплосберегающий стеклопакет (4x16x4), руб.	1200
Двухкамерный стеклопакет (4x12x4x12x4), руб.	1440
Двухкамерный теплосберегающий стеклопакет (4x12x4x12x4), руб.	1690

Для сравнения стеклопакетов на предмет их окупаемости рассчитывается, сколько тепла уходит через 1 м² стеклопакета за 1 отопительный сезон:

$$Q_t = \frac{(t_{внутр} - t_{наруж}) \cdot F \cdot \tau}{R},$$

где $t_{внутр.}$ – внутренняя температура помещения; $t_{наружн.}$ – средняя температура отопительного периода; F – площадь, принимаемая за 1 м²; τ – время (ч.); R – термическое сопротивление (($м^2$ ·°C)/Вт).

Вычислив потери тепла за отопительный сезон и умножив это число на стоимость тепла, получается стоимость обслуживания. Прибавив стоимость стеклопакета, вычисляются общие затраты и выполняется сравнение.

Результаты и их обсуждение

В табл. 3 показан расчет количества тепла, потерянного за 1 отопительный сезон через 1 м².

Далее рассматривается экономия ресурсов за средний срок ипотеки, который в 2018 г. составил 17 лет.

Часть полученной выгоды государство могло бы использовать для введения льготных выплат жителям при приобретении жилья высокого класса энергоэффективности.

Общие расходы на отопление при использовании газа и электричества, соответственно, на 1 м² окна за 17 лет представлены в табл. 4.

На примере 17-этажного жилого дома, расположенного в г. Оренбурге по адресу Гаранькина, 21, в котором используется в качестве отопления автономная крышная котельная, рассчитаем выгоду от использования энергоэффективного остекления за 17 лет.

Таблица 3

Расчет параметров окупаемости энергоэффективного остекления

Table 3

Calculation of payback parameters of energy-efficient glazing

Вид стеклопакета		
Однокамерный (4х16х4)	410962,5 Вт·ч = 1479,465 МДж	
Однокамерный теплосберегающий (4х16х4)	239105,5 Вт·ч = 860,7796 МДж	
Двухкамерный (4х12х4х12х4)	243533,3 Вт·ч = 876,72 МДж	
Двухкамерный теплосберегающий (4х12х4х12х4)	193394,1 Вт·ч = 696,2188 МДж	
Для расчета окупаемости в качестве базового принимается однокамерный стеклопакет		
	При газовом отопления	При электрическом отоплении
Однокамерный теплосберегающий (4х16х4), лет	1,579963027	0,26994385
Двухкамерный (4х12х4х12х4), лет	3,784076738	0,646526677
Двухкамерный теплосберегающего (4х12х4х12х4), лет	4,645375019	0,793683395

Таблица 4

Сравнение расходов на отопление при разном остеклении

Table 4

Comparison of heating costs for different glazing

Вид стеклопакета	Стоимость стеклопакета, руб.	Потери тепла при газовом отоплениии, руб.	Итого, руб.
Однокамерный (4х16х4)	1020	4631,368696	5651,368696
Однокамерный теплосберегающий (4х16х4)	1200	2694,614514	3894,614514
Двухкамерный (4х12х4х12х4)	1440	2744,514783	4184,514783
Двухкамерный теплосберегающий (4х12х4х12х4)	1690	2179,467621	3869,467621
Вид стеклопакета	Стоимость стеклопакета, руб.	Потери тепла при электрическом отоплении, руб.	Итого, руб.
Однокамерный (4х16х4)	1020	27107,0865	28127,0865
Однокамерный теплосберегающий (4х16х4)	1200	15771,39578	16971,39578
Двухкамерный (4х12х4х12х4)	1440	16063,45867	17503,45867
Двухкамерный теплосберегающий (4х12х4х12х4)	1690	12756,276	14446,276

С учетом средней площади фасадного остекления 3 000 м^2 выгода от использования двухкамерного энергосберегающего пакета по сравнению с обычным однокамерным за 17 лет составит 5 346 000 руб. Эту сумму в общей сложности жильцы одного дома могут сэкономить при оплате отопления по квитанциям за коммунальные услуги.

Выводы

Теплосберегающее стекло, помимо выявленного экономического эффекта для отопления зимой, препятствует нагреву от солнечной радиации летом, что экономит средства на охлаждение помещения. Максимально эффективный стеклопакет выгоднее брать при электрическом отоплении в виду высокой стоимости ресурсов. При отоплении газом непродолжительное время для г. Оренбурга более экономичен одинарный теплосберегающий стеклопакет, при более длительном сроке лучше использовать двухкамерный теплосберегающий стеклопакет. Для более холодных регионов России с учетом индексации газа двухкамерный пакет с низкоэмиссионным покрытием наиболее целесообразен в использовании.

Южным регионам Российской Федерации достаточно использовать одинарный теплосберегающий стеклопакет, кроме этого, специальное покрытие поможет защитить помещение от лишнего нагрева.

В случае проживания в квартире без счетчиков на топление нет смысла переплачивать за самые энергосберегающие окна. Однако і-стекло можно применить к окнам на солнечной стороне для экономии на охлаждении в летний период. Для строительства в частном секторе лучше выбрать более инновационное остекление, а для многоквартирных домов с позиции льгот государства и информирования населения прививать культуру энергоэффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафонов Г.В. Борьба с глобальным изменением климата: перспективы для развития возобновляемой энергетики в России // Форсайт. 2007. № 3.
URL: https://cyberleninka.ru/article/n/borba-s-globalnym-izmeneniem-klimata-perspektivy-dlya-razvitiya-vozobnovlyaemoy-energetiki-v-rossii (28.09.2019).
2. Башмаков И.А. Какова площадь российских зданий и сколько энергии они потребляют? [Электронный ресурс] // Центр энергоэффективности – XXI век (ЦЭНЭФ – XXI).
URL: http://www.cenef.ru/file/EnergyConsume.pdf (01.09.19).
3. Терентьев Д.М. Повышение энергоэффективности зданий, строений и сооружений. Задачи Минстроя России [Электронный ресурс] // Энергосбережение. 2015. № 3. С. 18–21.
URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6112 (10.10.19).
4. Сысоев Э.В., Чернышов А.В. Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств многослойных строительных конструкций: монография. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 104 с.
5. Новые требования энергоэффективности могут повлиять на архитектуру массовой жилой застройки. Технониколь [Электронный ресурс].
URL: https://www.tn.ru/about/press/news/novye_trebovanija_energoeffektivnosti_mogut/ (24.06.2019).
6. Иванова Е.Ю. Инновационные направления конструирования энергоэффективных ограждений // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 70–76.
7. Адигамова З.С., Килязова Е.А. Энергоэффективные строительные технологии как инвестиции в будущее // Шаг в науку. 2018. № 2. С. 107–110.
8. Закируллин Р.С. Смарт-окна в современной архитектуре и строительстве // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской науч.-метод. конф. (г. Оренбург, 23–25 января 2019 г.). Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. С. 224–230.
9. Zakirullin RS. Smart window as optical filter with angular selective light transmission. Applied and fundamental studies: Proceedings of the 3rd International Academic Conference (St. Louis, Missouri, USA, 30–31 august 2013). Saint-Louis: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2013. P. 63–68.
10. Учинина Т.В., Бабичева Н.В. Обзор методов повышения энергоэффективности жилых зданий [Электронный ресурс] // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 101–105. URL: https://moluch.ru/archive/144/40336/ (24.06.2019)
11. Рындюк С.В. Исследование процесса теплопроводности многослойных конструкций // Приволжский научный вестник. 2013. № 10. С. 45–47.
12. Cuce E, Riffat SB. A state-of-the-art review on innovative glazing technologies. *Renewable and Sustain-able Energy Reviews*. 2015. Vol. 41. P. 695–714.
https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.084
13. Vanhoutteghem L, Skarning GCJ, Hviid CA, Svendsen S. Impact of façade window design on energy, daylighting and thermal comfort in nearly zero-energy houses. *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 102. P. 149–156. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.018
14. Li C, Tan J, Chow TT, Qiu Z. Experimental and theoretical study on the effect of window films on build-ing energy consumption. *Energy and Build-ings*. 2015. Vol. 102. P. 129–138.

REFERENCES

1. Safonov G.V. The fight against global climate change: prospects for the development of renewable energy in Russia. *Forsait* = Foresight. 2007;3. Available from: https://cyberleninka.ru/article/n/borba-s-globalnym-izmeneniem-klimata-perspektivy-dlya-razvitiya-vozobnovlyaemoy-energetiki-v-rossii [Accessed 29th September 2019]. (In Russ.).
2. Bashmakov IA. What is the area of Russian buildings and how much energy they consume? Center for Energy Efficiency (CENEf). Available from: http://www.cenef.ru/file/EnergyConsume.pdf [Accessed 1th Sep-tember 2019]. (In Russ.).
3. Terentiev DM. Improving energy efficiency of buildings, structures and structures. Tasks of the Ministry of construction of Russia. Energy Saving. Available from: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6112 [Accessed 10th October 2019] (In Russ.).
4. Sysoev EV, Chernyshov AV. Methods and systems of non-destructive testing of heat-protective properties of multilayer building structures. Moscow: «Izdatel'stvo Mashinostroenie-1»; 2006. 104 p. (In Russ.).
5. New energy efficiency requirements may affect the architecture of mass residential development. *Tekhnonikol'* = Technonicol. Available from: https://www.tn.ru/about/press/news/novye_trebovanija_energoeffektivnosti_mogut/ [Accessed 24th Juny 2019]. (In Russ.).
6. Ivanova EY. Innovative direction for designing energy efficient protections. *Izvestiya Kazanskogo gosu-darstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* = Izvestiya Kazan State University of Archi-

tecture and Engineering. 2017;2:70–76. (In Russ.).
7. Adigamova ZS, Kilyazova EA. Energy-efficient building technologies as an investment in the future. *Shag v nauku*. 2018;2:107–110. (In Russ.).
8. Zakirullin RS. Smart Windows in modern architecture and construction. *Smart-okna v sovremennoj arhitekture i stroitel'stve. Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury : materialy Vserossiiskoi nauchno-metodicheskoi konferentsii* = University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the all-Russian scientific conference.-method. conf. (Orenburg, 23–25 January 2019). Orenburg: Orenburg state University, 2019:224–230. (In Russ.).
9. Zakirullin RS. Smart window as optical filter with angular selective light transmission. Applied and funda-mental studies: Proceedings of the 3rd International Academic Conference. St. Louis, Missouri, USA, 30–31 August 2013). Saint-Louis: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd.; 2013:63–68.
10. Uchinina TV, Babicheva NV. Review of methods for improving energy efficiency of residential buildings. *Molodoj uchenyj* = Young Scientist. 2017;10:101–105. Available from: https://moluch.ru/archive/144/40336/ [Accessed 24th December 2019]. (In Russ.).
11. Rynduyk SV. Investigation of the process thermal conductivity of laminated construction. *Privolzhskij nauchnyj vestnik*. 2013;10:45–47. (In Russ.).
12. Cuce E, Riffat SB. A state-of-the-art review on innovative glazing technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015;41:695–714. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.084
13. Vanhoutteghem L, Skarning GCJ, Hviid CA, Svendsen S. Impact of façade window design on energy, daylighting and thermal comfort in nearly zero-energy houses. *Energy and Buildings*. 2015;102:149–156. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.018
14. Li C, Tan J, Chow TT, Qiu Z. Experimental and theoretical study on the effect of window films on building energy consumption. *Energy and Buildings*. 2015;102:129–138.

Критерии авторства

Адигамова З.С., Лихненко Е.В., Килязова Е.А. имеют равные авторские права. Килязова Е.А. несет ответственность за плагиат.

Contribution

Adigamova Z.S., Likhnenko E.V., Kilyazova E.A. have equal rights. Kilyazova E.A. is responsible for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Сведения об авторах

Адигамова Земфира Сакратовна,
кандидат географических наук,
доцент кафедры архитектуры,
Оренбургский государственный университет,
460018, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Победы, 13, Россия
e-mail: a3c@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6574-8720

Лихненко Елена Владимировна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры архитектуры,
Оренбургский государственный университет,
460018, Оренбургская область, г. Оренбург,
пр. Победы, 13, Россия
e-mail: elenaliknenko@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4684-0238

Information about the authors

Zemfira S. Adigamova,
Cand. Sci. (Geographic),
Associate Professor of Architecture,
Orenburg State University,
13 Prospect Pobedy, Orenburg 460018, Russia,
e-mail: a3c@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6574-8720

Elena V. Likhnenko,
Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor of Architecture,
Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg 460018, Russia,
e-mail: elenaliknenko@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4684-0238

Килязова Екатерина Алексеевна,
студентка,
Оренбургский государственный университет,
460018, Оренбургская область, г. Оренбург,
пр. Победы, 13, Россия
✉e-mail: ya.ek99@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4426-0675

Ekaterina A. Kilyazova,
Student,
Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg 460018, Russia,
✉e-mail: ya.ek99@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4426-0675