



4. Симмиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. Пер. с английского Б.Е. Маслова, А.В. Швецово. Под ред. к. т. н. Б.Е. Маслова. М.: Стройиздат. 1984. – 358 с.
5. Реттер Э.И., Серебровский Ф.Л. Аэродинамическая характеристика жилых зданий // АВОК. № 5. 2008. – С. 81–87.
6. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Аэродинамика высотных зданий // АВОК. № 8. 2004. – С. 14–23.
7. Бедаш С.Н., Борисов А.В., Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Козлов В.В., Петров Д.Н. Расчет аэродинамики и дождевого увлажнения стен высотных зданий // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. – М.: Изд-во Московского университета. 2005. – 203 с.
8. Батулин В.В., Эльтерман В.М. Аэрация промышленных зданий. – М.: Госстройиздат, 1963. – 320 с.
9. Серебровский Ф.Л. Взаимодействие ветра и жилой застройки [Текст]: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Моск. архитектурный ин-т. – М.: [б. и.], 1964. – 22 с.
10. Китайцева Е.Х. Алгоритм решения задач воздушного режима многоэтажных зданий. Сборник трудов МИСИ № 172. Проблемы математики и прикладной геометрии в строительстве. – М. МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1982. – С. 43–46.
11. Требуков С.С. Организация воздушного режима многоэтажных общественных зданий. Дисс. канд.тех. наук. М., МИСИ, 1987. – 326 с.
12. Титов В.П. Методика аналитического расчета неорганизованного воздухообмена в зданиях // Экономия энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Сб. трудов МИСИ. М., – 1985. – С. 24–27.
13. Свод правил СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
14. Бриллинг Р.Е. Воздухопроницаемость в ограждающих конструкциях и материалах. М. – Стройиздат, – 1948. – 273 с.
15. Константинова В.Е. Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности. М. – Стройиздат, – 1961. 319 с.

© И.С. Просвирина, Е.М. Дербасова

**Ссылка для цитирования:**

И.С. Просвирина, Е.М. Дербасова. Влияние скорости ветра на характер распределения давления снаружи многоэтажных зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 57–60.

УДК 697.133

## СРАВНЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛОПOTЕРЬ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

**М.Г. Самсонова, Э.Е. Семенова**

*Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия*

Проведено сравнение различных ограждающих конструкций: объемного блока и стен из газобетонных блоков. Для определения наиболее энергоэффективного решения конструкции сравнены в различных климатических регионах. Приведенный анализ определяет конструкцию с наименьшими теплопотерями оконного откоса. С помощью программы ELCUT рассчитаны температурные поля и дополнительные плотности теплового потока. По данным расчёта определена доля теплопотерь, обусловленных оконным откосом от теплопотерь по глади конструкции. Плотность теплового потока однородного участка стены объемного блока по усредненному значению в 1,28 раз выше, чем в конструкции из газобетонных блоков. Не зависимо от климатических условий, узел откоса зданий из утепленных панелей объемных блоков является более энергоэффективными по сравнению с тем же узлом в здании со стенами из газобетона.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, теплопроводность, объемный блок, газобетон, сохранение тепла, оконный откос, температурные поля, плотность теплового потока.

## COMPARISON OF ADDITIONAL HEAT LOSS OF WINDOW OPENINGS IN ENCLOSING STRUCTURES OF VOLUMETRIC BLOCKS AND AERATED CONCRETE IN VARIOUS CLIMATIC CONDITIONS

**M.G. Samsonova, E.E. Semenova**

*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

Various enclosing structures were compared: a volumetric block and a wall made of aerated concrete blocks. To determine the most energy-efficient structural solution, the structures were compared in different climatic regions. The given analysis defines a structure with the lowest heat losses of a window lining. Temperature fields and additional heat flux densities are calculated using the ELCUT program. According to the calculation data, the share of heat losses caused by a window slope from heat loss on the surface of the structure has been determined. The heat flux density of the homogeneous section of the wall of the bulk block at an average value of 1,28 times higher than in the construction of aerated concrete blocks. Regardless of climatic conditions, the junction of the slope of buildings from insulated panels of bulk blocks is more energy efficient compared to the same node in a building with walls of aerated concrete.

**Key words:** energy efficiency, thermal conductivity, volume unit, aerated concrete, heat storage window jamb, temperature fields, density of heat flow.

Стремительный рост и развитие современных городов приводит к повышению потребления энергетических ресурсов. Это вызывает необходимость компенсации общего увеличения

потребления ресурсов, за счет внедрения современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий на этапе проектирования. [1]

Объектом исследования являются оконные откосы жилых домов из объемных блоков и газобетонных стен. Согласно [2, 3] для повышения

энергоэффективности гражданских зданий следует предусматривать внедрение энергосберегающих технологий на этапе проектирования. В статьях [4, 5] приведены примеры, демонстрирующие, что решения позволят повысить уровень комфорта в помещениях, а в процессе эксплуатации приведут к экономии энергоресурсов и снижению затрат на их использование.

Теплопотери стен могут достигать 30 %, однако в большей степени это происходит из-за теплопроводных включений или «мостиков холода». Их особенностью является появление дополнительных тепловых потоков, которые снижают общее сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции и увеличивают теплопотери.

Поскольку доля теплопотерь оконных откосов достигает 15 % [1] выявление наименее теплотратного проектного решения является решением актуальной проблемы строительства энергоэффективных зданий. За счет применения современных качественных теплоизоляционных материалов (пенополистирол) и строительных материалов с более низкой теплопроводностью (газобетонные, керамзитобетонные блоки, поризованная керамика) возможно достигнуть высоких показателей класса энергоэффективности здания.

Цель работы – сравнить теплопотери оконных откосов наружных стен конструкций, изготовленных промышленным методом (объемные блоки) [6], и конструкции газобетонных стен, возведенных непосредственно на строительной площадке. Задача исследования сравнить результаты расчетов температурных полей, дополнительных теплопотерь и их доли от основных теплопотерь. Для этого определим расчетные показатели конструкций в странах с различными климатическими условиями, в которых осуществляется производство объемно-блочных зданий: Воронеж (Россия), Барселона (Испания).

Данные показатели позволяют сравнить энергоэффективность ограждающих конструкций объемно-блочных зданий и зданий из мелкоформатных элементов в различных климатических условиях.

Для определения дополнительных мощностей тепловых потоков через «мостик холода» необходимо произвести расчет температурных полей. Данный расчет выполнен для двух вариантов наружных ограждающих конструкций многоквартирного жилого дома (рис. 1). Первый вариант – стеновые панели объемных блоков, производимые компанией ООО «Выбор ОБД» (Россия, Воронеж) и ComraстHabit (Испания, Барселона). Второй вариант – ограждающие конструкции из газобетонных блоков.

Характеристики сравниваемых материалов наружных ограждающих конструкций были определены согласно [7, 8] и представлены в табл. 2. Характеристики климатических районов, которые были определены согласно [7, 9] представлены в табл. 1.

На (рис. 2.) представлен фасад исследуемого здания. Площадь фасада (включая оконные проемы) составляет 472,01 м<sup>2</sup>. Размер оконных проемов: 1,84x1,51 м (включая окна на балконе) – 30 штук, 1,38x1,51 м – 10 шт. Площадь глухой части фасада составляет  $F_p = 367,82$  м<sup>2</sup>. Сумма периметров всех оконных откосов ( $l, м$ ) составляет 258,8 м. Узлы оконных откосов исследуемых конструкций представлены на (рис. 3).

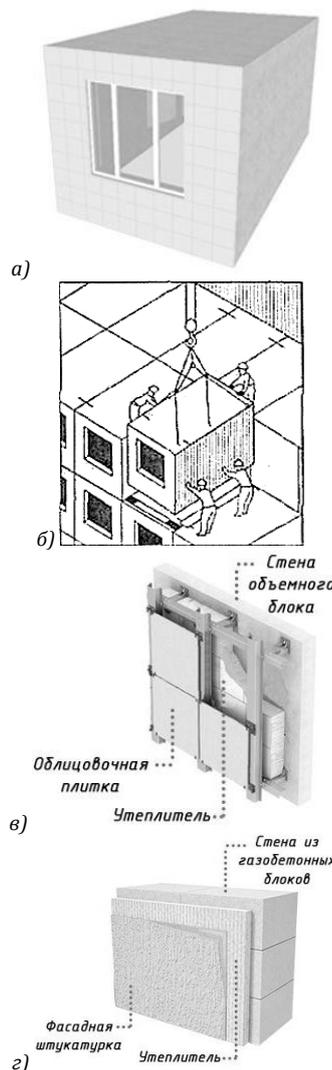


Рис. 1. Общий вид исследуемых конструкций: а – объемный блока типа «колпак», б – монтаж объемного блока типа «колпак»; в – конструкция наружной стены объемного блока; г – конструкция стены из газобетонных блоков

Для расчета температурных полей воспользуемся программой ПО ELCUT. Температурные поля узлов оконных откосов представлены и распределение температур представлены на

(рис. 4). Изотермы температурных полей расположены с шагом 3 °С. Методика расчета производилась согласно [10, 11].

Полученные результаты расчета температурных полей необходимо обработать и определить дополнительную плотность теплового потока согласно методике, приведенной в [10]. В табл. 3 приведена последовательность расчета дополнительной плотности теплового потока.

Результаты расчетов температурных полей узлов оконных откосов для г. Воронежа и г. Барселоны сведены в табл. 4. По данным, представленным в таблице, составим график зависимости дополнительных тепловых потерь от температуры наружного воздуха и конструктивного решения (рис. 5).

На приведенном графике (рис. 5) представлена зависимость доли теплотерь оконного откоса в зависимости от конструктивного решения и климатических условий.

Таблица 1

Характеристики сравниваемых материалов

Наименование	Плотность материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)
Железобетон	2500	1,7
Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,04
Газобетонный блок	400	0,10
Фасадная штукатурка	1800	0,93
Оконный профиль из ПФХ	-	0,08
Стекло (толщина 5 мм)	2500	0,76
ПУ монтажная пена (пенополиуретан)	80	0,05

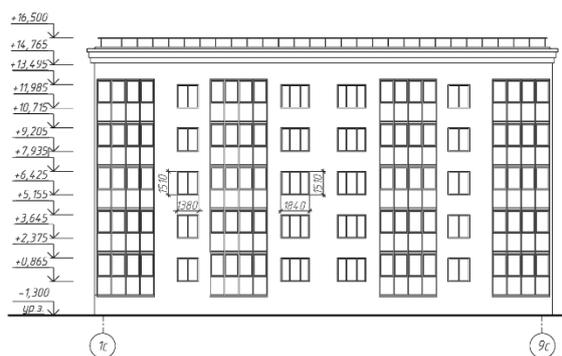


Рис. 2. Фасад исследуемого здания

Данный расчет показал, что индустриальный метод строительства является наиболее энергоэффективным. Доля теплотерь оконного откоса ограждающей конструкции из объемного блока составляет 0,55 % – Воронеж, 8,44 % – Барселона, что в 40,5 и в 1,7 раз меньше доли теплотерь ограждающей конструкции из газобетонного блока в этих городах, соответственно. Плотность теплового потока однородного участка стены объемного блока по усредненному значению в 1,28 раз выше, чем в конструкции из газобетонных блоков.

Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что не зависимо от климатических условий, узел откоса зданий из утепленных панелей объемных блоков является более энергоэффективными по сравнению с тем же узлом в здании со стенами из газобетона.

Таблица 2

Характеристики климатических районов

Наименование показателя	Обозначение	Единицы измерения	Показатели в зависимости от района строительства	
			г. Воронеж	г. Барселона
Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки	$t_n$	°С	-23	6,6
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут./год	190	не нормируется
Температура внутреннего воздуха	$t_v$	°С	21	20
Влажность внутреннего воздуха	$\varphi$	%	55	50
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены	$\alpha_v^{ст}$	Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	8,7	
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности окна	$\alpha_v^{ок}$		8,0	
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стены	$\alpha_n^{ст}$		23	

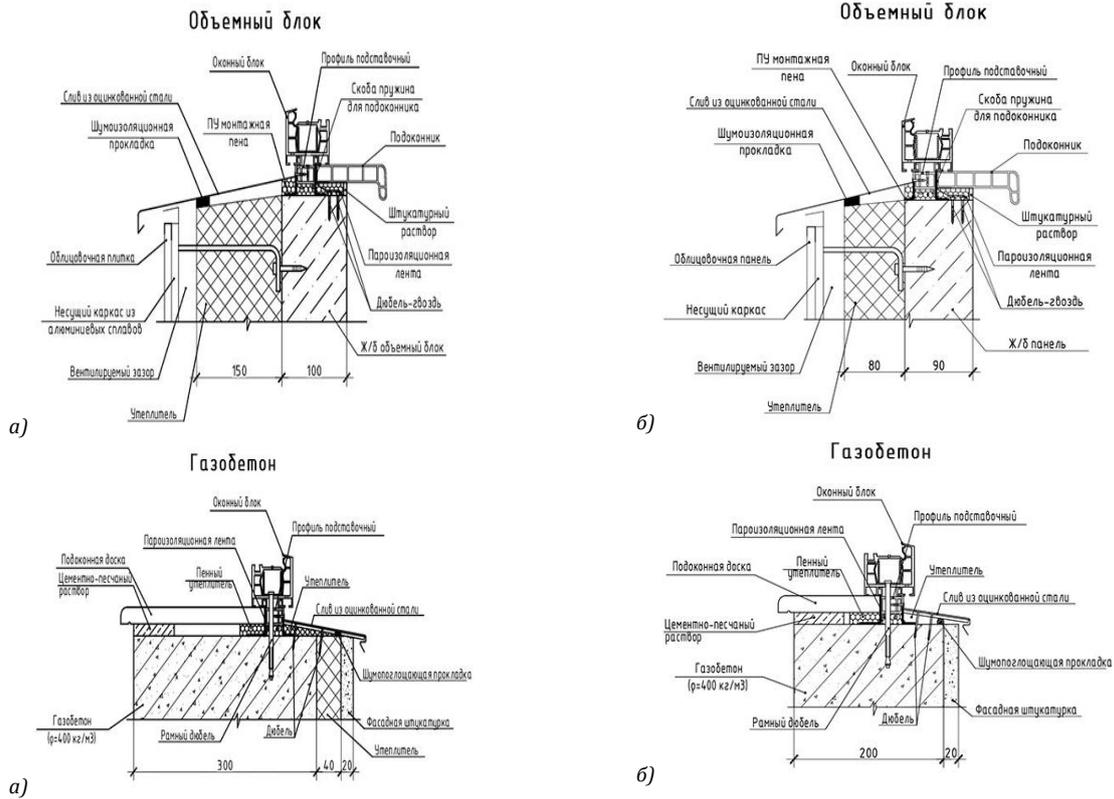


Рис. 3. Сравнимые варианты наружных ограждающих конструкций:  
 а – узлы оконных откосов в сравниваемых ограждающих конструкциях (г. Воронеж);  
 б – узлы оконных откосов в сравниваемых ограждающих конструкциях (г. Барселона)

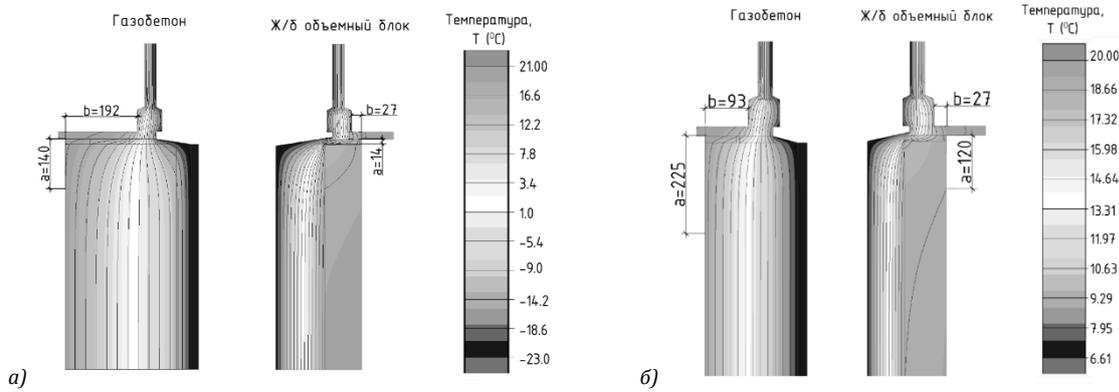


Рис. 4. Температурные поля узлов оконных откосов  
 а – для г. Воронежа; б – для г. Барселона

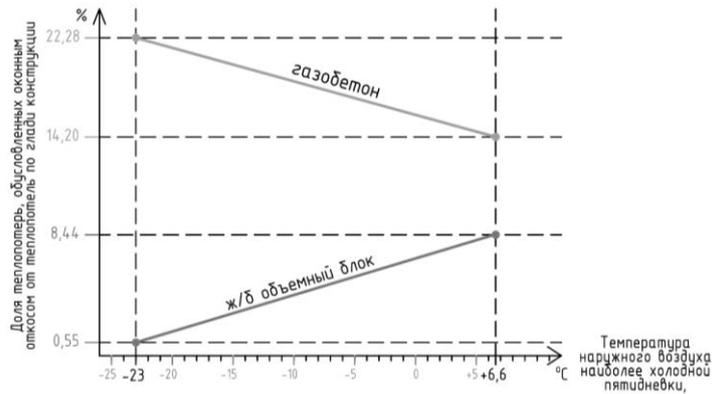


Рис. 5. Зависимость доли теплотерь от климатических условий и конструктивного решения наружной ограждающей конструкции

Таблица 3

## Расчет дополнительной плотности теплового потока

№ п/п	Наименование показателя	Формула и основные буквенные обозначения
1	Условное сопротивление теплопередаче наружной стены	$R_0^{усл} = \left( \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right) r$ [(м <sup>2</sup> ·°С)/Вт], где $r$ - коэффициент теплотехнической однородности, принимаем для конструкции вентилируемого фасада 0,75; для кладки из газобетонных блоков 0,85 по п.4.4.2 [10]
2	Температура на внутренней поверхности по глади стены	$\tau_{вп} = t_b - (t_b - t_n) \frac{R_b}{R_0^{усл}}$ [°С], $R_b$ - сопротивление теплоотдаче на внутренней поверхности, $R_b = \frac{1}{\alpha_n}$ [(м <sup>2</sup> ·°С)/Вт]
3	Температура внутренней поверхности стены в зоне влияния оконного откоса	$\tau_{вп}^{отк}$ [°С] определяется по результатам расчета температурных полей. Это участок, где наблюдается изменение температуры по сравнению с температурой по глади стены.
4	Ширина зоны влияния оконного откоса на температуру внутренней поверхности стены (участок $a$ )	Определяется при сравнении температуры на внутренней поверхности стены в области оконного откоса $\tau_{вп}^{отк}$ с $\tau_{вп}$ $a$ [м]
5	Мощность потока теплоты через участок $a$ на 1 м периметра оконного проема	$Q_a = \alpha_b (t_b - \tau_{вп}^{отк}) a$ [Вт/м]
6	Мощность теплового потока, проходящего по глади стены участка $a$	$Q_{усл} = \frac{(t_b - t_n)}{R_0^{усл}} a$ [Вт/м]
7	Изменение мощности потока теплоты, проходящего через участок $a$	$\Delta Q_a = Q_a - Q_{усл}$ [Вт/м]
8	Дополнительные теплопотери через внутренний откос (участок $b$ )	$Q_b = \alpha_b (t_b - \tau_{вп}^{отк}) b$ [Вт/м] $\tau_{вп}^{отк}$ - средняя температура поверхности внутреннего откоса [°С] по результатам расчета температурных полей; $b$ - ширина откоса, м
9	Дополнительная мощность теплового потока через узел оконного откоса на 1 м периметра оконного проема	$Q_{доп} = \Delta Q_a + Q_b$ [Вт/м]
10	Общее количество погонных метров расчетных участков оконных откосов	$L = \frac{l}{F_p}$ [м/м <sup>2</sup> ] $l$ - общая длина расчетных участков - сумма периметров всех оконных откосов [м]; $F_p$ - расчетная площадь - площадь глухой части фасада (рис. 2) [м <sup>2</sup> ]
11	Дополнительная плотность теплового потока, обусловленная откосом	$q_{доп} = Q_{доп} L$ [Вт/м <sup>2</sup> ]
12	Плотность теплового потока однородного участка стены	$q = \frac{(t_b - t_n)}{R_0^{усл}}$ [Вт/м <sup>2</sup> ]
13	Доля теплопотерь, обусловленных оконным откосом от теплопотерь по глади конструкции	$\frac{q_{доп}}{q} \cdot 100\%$

Таблица 4

## Результаты расчета дополнительной плотности теплового потока

№ п/п	Наименование показателя	Показатель			
		г. Воронеж		г. Барселона	
		Объемный блок	Газобетон	Объемный блок	Газобетон
1	Условное сопротивление теплопередаче наружной стены, $R_0^{усл}$ [(м <sup>2</sup> ·°С)/Вт]	2,975	3,553	1,659	2,278
2	Температура на внутренней поверхности по глади стены, $\tau_{вп}$ [°С]	19,30	19,58	19,07	19,32
3	Температура внутренней поверхности стены в зоне влияния оконного откоса, $\tau_{вп}^{отк}$ [°С]	20,73	19,03	20,00	19,95
4	Ширина зоны влияния оконного откоса на температуру внутренней поверхности стены (участок $a$ ) [м]	0,014	0,140	0,120	0,225
5	Мощность потока теплоты через участок $a$ на 1 м периметра оконного проема, $Q_a$ [Вт/м]	0,033	2,399	0	0,098

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Наименование показателя	Показатель			
		г. Воронеж		г. Барселона	
		Объемный блок	Газобетон	Объемный блок	Газобетон
6	Мощность теплового потока, проходящего по глади стены участка $a$ , $Q_{встл}$ [Вт/м]	0,212	1,773	0,969	1,324
7	Изменение мощности потока теплоты, проходящего через участок $a$ , $\Delta Q_a$ [Вт/м]	-0,179	0,626	-0,969	-1,226
8	Дополнительные теплотеперь через внутренний откос (участок $b$ ), $Q_b$ [Вт/м]	0,063	3,291	0	0,040
9	Дополнительная Мощность теплового потока через узел оконного откоса на 1 м периметра оконного проема, $Q_{доп}$ [Вт/м]	-0,116	3,917	-0,969	-1,186
10	Общее количество погонных метров расчетных участков оконных откосов, $L$ [м/м <sup>2</sup> ]	0,704			
11	Дополнительная плотность теплового потока, обусловленная откосом, $q_{доп}$ [Вт/м <sup>2</sup> ]	-0,082	2,758	-0,682	-0,835
12	Плотность теплового потока однородного участка стены $q$ [Вт/м <sup>2</sup> ]	14,79	12,38	8,08	5,88
13	Доля теплотеперь, обусловленных оконным откосом от теплотеперь по глади конструкции [%]	0,55	22,28	8,44	14,20

#### Список литературы

1. Пути повышения энергоэффективности гражданских зданий / Семенова Э.Е., Самсонова М.Г., Нецпляев Д.Е., Компанец В.Ю. – Текст: непосредственный // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: ВГТУ, 2019. – ISSN 2074-188X – 2019, № 3 (36). С.20–24.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\* / Москва: Минстрой России, 2013. – 120 с.
3. Бодров В.И. Строительная теплофизика: учеб. пособие / В.И. Бодров, М.В. Бодров, В.Ф. Бодрова, В.Ю. Кузин; Нижегород. гос. архитектур. – строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. – 156 с. ISBN 978-5-528-00064-0.
4. Семенова Э.Е. Применение энергосберегающих мероприятий в строительстве/ Семенова Э.Е., Горбачева О.Н. – Текст: непосредственный // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития/ Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. – Волгоград, – 2016. С. 97–100.
5. Семенова Э.Е. Анализ внедрения энергосберегающих решений при проектировании гражданских зданий / Семенова Э.Е., Габитова С.О. – Текст: непосредственный // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: ВГТУ, 2017. – ISSN 2074-188X – 2017, № 3–4 (28-29). С.41–45.
6. Самсонова М.Г. История и тенденции развития объемно-блочного домостроения в России и за рубежом / Самсонова М.Г., Семенова Э.Е. – Текст: электронный // Научно-технический журнал. Высокие технологии в строительном комплексе; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: ВГТУ, 2019. – ISSN 2618-9054 – 2019, № 2. С.37–43. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41672663\\_49728982.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41672663_49728982.pdf)
7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 / Москва: Минрегион России, 2012. – 100 с.
8. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей / Москва: Минстрой России, 2015. – 72 с.
9. World climate guide. Climate - Barcelona [сайт]. – Spain, 2020. – URL: <https://www.climatestotravel.com/climate/spain/barcelona> (дата обращения: 10.04.2020). – Текст: электронный.
10. Крайнов Д.В. Расчет дополнительных теплотеперь через теплопроводные включения ограждающих конструкций/ Крайнов Д.В., Сафин. И.Ж., Любимцев А.В. – Текст: электронный // Инженерно-строительный журнал; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург, 2010. – ISSN 2071-0305 – 2010, № 6. С. 17–22. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_15286755\\_92248818.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_15286755_92248818.pdf)
11. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов (Версия 5.10) // Руководство пользователя; ООО «ТОР». – Санкт-Петербург, 2009. – 339 с. – Текст: электронный. – URL: <https://docplayer.ru/26109644-Elcut-modelirovanie-dvumernyh-poley-metodom-konechnyh-elementov-versiya-5-10-rukovodstvo-polzovatelya-ooo-tor-sankt-peterburg.html>
12. ГОСТ Р 54851-2011 Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче / Москва: Стандартинформ, 2012. – 28 с.

© М.Г. Самсонова, Э.Е. Семенова

#### Ссылка для цитирования:

М.Г. Самсонова, Э.Е. Семенова. Сравнение дополнительных теплотеперь оконных проемов ограждающих конструкций в зависимости от конструктивного решения и климатических условий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 60–65.