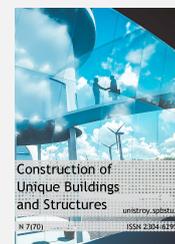




## Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: [www.unistroy.spbstu.ru](http://www.unistroy.spbstu.ru)



doi: 10.18720/CUBS.80.1

### Керамогранит, как материал отделки навесных фасадов

### Ceramic granite as a material for suspended ventilated facades

Рожина М.Д., Поваренко Д.Д., Любомирский А.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Rozhina M.D., Povarenko D.D., Lyubomirskiy A.V.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russia

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

навесные вентилируемые фасады;  
фасадные отделочные материалы;  
испытание на вязкость;  
испытание на изгиб;  
керамогранитная плитка;  
износостойкость;

#### KEYWORDS

suspended ventilated facades;  
facade materials;  
toughness tests;  
ceramic granite tiles;  
transverse tests;  
durability;

#### АННОТАЦИЯ

На российском рынке представлено огромное количество материалов отделки вентилируемых фасадов, которые интенсивно используются в современном строительстве. Как следствие, важно понимать какой именно вариант отделки наиболее экономически выгоден и долговременен в эксплуатации. В статье рассматриваются и сравниваются основные материалы отделки навесных фасадов и определяется наиболее оптимальный вариант из них. Анализ литературы показывает, что большим числом достоинств обладает керамогранитная плитка. Для подтверждения физических свойств данного материала проводятся испытания на изгиб, вязкость и водопоглощение. Результаты показывают, что керамогранитная плитка имеет высокие параметры и, действительно, является одним из лучших представителей своего рода. Также он занимает среднюю позицию по ценовому критерию, отличается высокой износостойкостью и большим выбором цветовой гаммы. Данные характеристики очень важны при выборе материала отделки вентилируемого фасада.

#### ABSTRACT

Russian market has a variety of materials of suspended ventilated facades, which are heavily used in modern building. It is important to understand which exactly is the most cost effective and durable. There are an analysis and comparison of basic facade materials and also a determination of the most optimal one. The analysis shows ceramic granite has most of advantages. There are toughness, transverse and absorption of water tests in order to proof physical characteristics of this material. The results show that ceramic granite has high parameters and actually demonstrate that it is one of the best facade materials. Also it has medium price, good durability and a variety of colors. These characteristics are very significant during the selection of a facade material for a new building.

#### Содержание

1.	Введение	7
2.	Метод	8
3.	Результаты и обсуждение	10
4.	Заключение	11

## 1. Введение

При проектировании здания важно уделить внимание его внешнему облику, так как именно он определяет первое впечатление человека и то, насколько сооружение будет соответствовать близлежащим объектам. Современная промышленность предоставляет широкий выбор фасадных отделочных материалов, как искусственных, так и природного происхождения. Возможность использования множества различных облицовочных материалов обеспечивают навесные вентилируемые фасадные системы, становящиеся все более популярными в России и за рубежом. Высокая востребованность данных систем

обусловлена множеством факторов, таких как хорошая звукоизоляция, долгий безремонтный срок службы, надежность, относительная простота монтажа и энергоэффективность любого типа здания. Материалы отделки навесных фасадов отличаются набором характеристик, включающих прочность, гибкость, износостойкость и т.д., что расширяет сферу их применения в разных типах сооружений: от жилых зданий до бизнес-центров. Использование навесных фасадов не ограничено бюджетом строительства, так как их стоимость значительно варьируется в зависимости от состава системы.

Учитывая многообразие различных вариантов отделки навесных фасадов, представленных на российском рынке, возникает необходимость в определении наиболее экономически выгодных из них.

Анализ литературы подтверждает актуальность выбранной темы, вследствие многообразия научных работ по рассматриваемому вопросу.

В работах [1–6] приведен анализ и представлено подробное сравнение натуральных отделочных материалов для фасадов и определение оптимальных из них для облицовки различных типов зданий. Экологические аспекты отделки зданий различными материалами затронуты в работах [7–9]. Рассмотрение технологий установки навесных фасадов, соответствующих минимальным денежным затратам и при этом отвечающих всем требованиям, нормам, а также пожеланиям потребителей, и связанных с этим проблем приведено в статье [10–18]. В статьях [19–22] авторы уделили внимание как декоративным свойствам отделочных материалов, так и их влиянию на энергоэффективность здания и параметры микроклимата помещений. Авторы статьи [25–26] приводят достоинства и недостатки керамогранитной плитки, а также ее разновидности и физические свойства. Однако данная тема не до конца изучена и требует большего внимания к вопросу применения материалов отделки навесных фасадов в условиях ограниченного бюджета строительства, а также соответствия их заданным характеристикам.

Целью данной работы является определение наиболее экономически выгодных материалов для отделки навесных фасадов. В связи с указанной целью поставлены следующие задачи:

1. Анализ представленных на российском рынке материалов отделки навесных фасадов.
2. Сравнение характеристик отделочных материалов.
3. Проведение эксперимента с целью проверки определенных характеристик некоторых материалов.

## 2. Метод

Для определения наиболее экономически выгодных материалов отделки навесных фасадов первым делом был проведен анализ представленных на российском рынке вариантов.

Самыми распространенными материалами, используемым в конструкции навесных вентилируемых фасадов, являются композитные. В первую очередь, это обусловлено разнообразием дизайна, а также возможностью применения для отделки зданий разной степени ответственности, огнестойкости и классов функциональной и конструктивной опасности. Такие панели состоят из двух-трех материалов с разными свойствами: алюминия и его сплавов, соединенных с полимерами. Однако в зависимости от лицевого слоя покрытия алюминиевых композитных панелей снижается их износостойкость, то есть материал сильнее подвергается вандальным воздействиям. Еще одним недостатком данного вида облицовки являются значительные размеры отдельных панелей (от 1200×1200мм), что может оказывать влияние на сферу применения. Помимо этого, алюминиевые композитные панели отличаются довольно высокой стоимостью, определяемой структурой слоев, в зависимости от требований по огнестойкости.

Самым бюджетным вариантов отделки навесных фасадов является сайдинг, который представлен в двух вариациях, в зависимости от состава: пластиковый и металлический. Первый отличается большим распространением, что в первую очередь обусловлено широкой цветовой гаммой, предлагаемой производителями, а также возможностью изменения дизайна разными способами для достижения желаемого внешнего вида фасада здания. Также такой вариант отделки не требует особого ухода и отличается простой установкой. Низкая цена делает сайдинг доступным способом отделки и определяет его популярность в малоэтажном частном строительстве. Несмотря на многочисленные достоинства данной отделки, материал слабо противостоит внешним воздействиям, в том числе и ультрафиолету, а также отличается низкой огнестойкостью, в зависимости от полимеров в составе.

Алюминиевый сайдинг характеризуется длительным сроком службы и более высокой степенью огнестойкости. Большим достоинством материала является его экологичность. Но металл подвержен коррозии при малейшем повреждении поверхности и не устойчив к резким перепадам температур, что влияет на теплоизоляцию здания.

Наиболее оптимальным с экономической точки зрения вариантом отделки навесных вентилируемых фасадов, доступным как частному застройщику, так и крупной строительной организации, являются

керамогранитные плиты. Длительный срок службы, достигающий 20–25 лет, высокий уровень звукоизоляции в сравнении с предыдущими представителями, экологичность технологии, значительные износостойкость и морозостойкость – основные достоинства данного типа отделки [23]. Помимо этого, плиты отличаются многообразием цветов и возможностью варьирования размеров в зависимости от требований заказчика. Важно отметить большой вес данного типа отделки, что затрудняет транспортировку и монтажные работы. Материал отличается прочностью на изгиб, что обусловлено низкой пористостью. Эти характеристики, а также ударная вязкость были оценены авторами статьи в результате эксперимента, проведенного в научно-испытательной лаборатории строительных конструкций и материалов «Политех-СКИМ-тест» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Ударная вязкость – способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки. Образцы испытываются на маятниковом копре (рисунок 1). Стандартный образец устанавливают на опорах стоек копра. Маятник при помощи специальной рукоятки поднимают в верхнее исходное положение, отклоняя на угол  $\alpha$ . При падении маятник ударяет по образцу, разрушает его и отклоняется на угол  $\beta$ . Для остановки маятника имеется тормоз. Для определения ударной вязкости вычисляется затраченная на разрушение образца работа по следующей формуле (1):

$$A_{\text{н}} = Pl(\cos \beta - \cos \alpha), \quad (1)$$

где  $P = 60 \text{ Н}$  – вес маятника,  $l = 0,5 \text{ м}$  – длина маятника, отсюда  $Pl = 30 \text{ Дж}$ .

Определение предела прочности на изгиб выполняется в соответствии с ГОСТ 6787–2001 и подразумевает измерение сопротивления выбранного материала максимальной нагрузке при постоянно увеличивающемся давлении на поверхность. Плитка накладывается на два цилиндра рабочей поверхностью вверх (рисунок 2) таким образом, чтобы поверхность плитки выступала в среднем на 10% в направлении внешней стороны каждого цилиндра. Прилагаемое усилие распределяется равномерно с постоянным увеличением, которое обеспечивается третьим цилиндром, контактирующим с рабочей поверхностью по оси.

Прочность на изгиб определяет механическую прочность изделия и рассчитывается по формуле (2):

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (2)$$

где  $P$  – предел прочности МПа;

$P$  – нагрузка;

$l$  – расстояние между опорами керамической плитки;

$b$  – ширина керамической плитки;

$h$  – толщина керамической плитки, измеренная по краю разрыва.

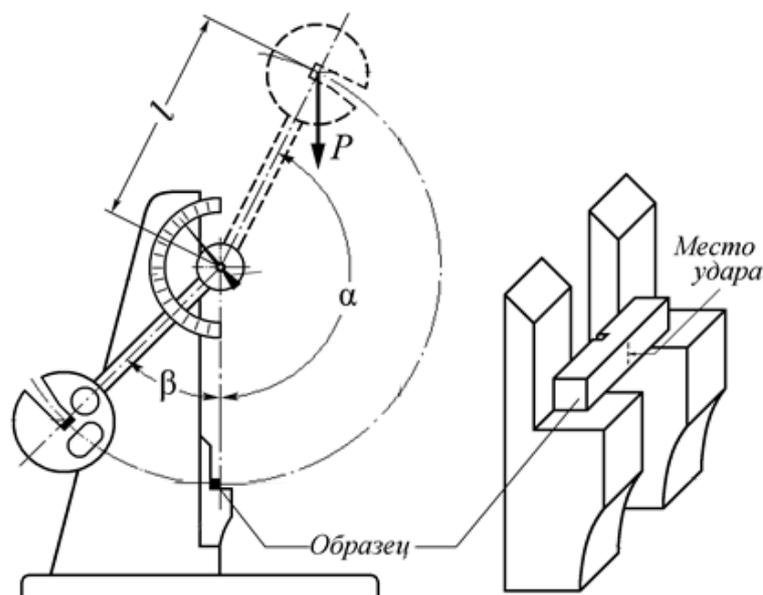


Рисунок 1. Определение ударной вязкости.

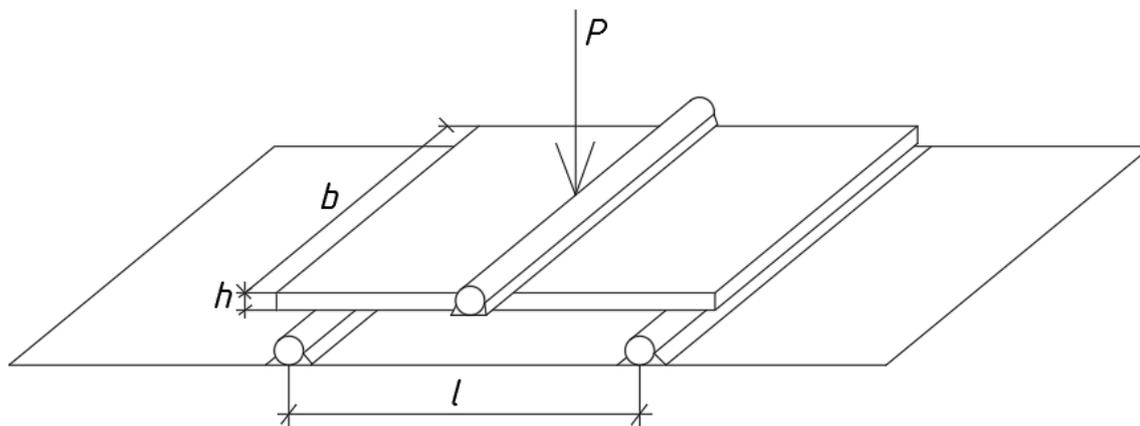


Рисунок 2. Определение прочности на изгиб.

Низкое поглощение воды – способность материала впитывать и удерживать в своих порах воду. Оно является обязательным свойством облицовочного материала, определяющим его долговечность. Перед выполнением основной части эксперимента плитки высушивают при  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  до постоянной массы, охлаждают и взвешивают. Затем образцы укладывают в сосуд с водой на подкладки так, чтобы уровень воды был выше их верха на 2–10 см. Через 48 часов образцы вынимают, обтирают влажной тканью и взвешивают [23].

### 3. Результаты и обсуждение

Результаты опытов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Определение ударной вязкости

№ образца	Размеры образца в рабочей части, см		Площадь сечения в рабочей части $S, \text{ см}^2$	Угол подъема маятника (в градусах)		Работа затраченная на излом образца $A, \text{ Дж}$	Ударная вязкость, $\text{Дж/см}^2$
	$a$	$b$		$\alpha$	$\beta$		
1	1,1	1,0	1,1	58	52	2,574	2,34
2	1,1	1,0	1,1	58	53,5	1,947	1,77
3	1,1	1,0	1,1	58	53,5	1,974	1,77
4	1,1	1,0	1,1	58	53,5	1,947	1,77
5	1,1	1,0	1,1	58	54	1,737	1,58

При испытании на удар оценивают работоспособность металла в сложных условиях нагружения и выявляют его склонность к хрупкому разрушению. Среднее значение ударной вязкости по результатам опытов составляет  $1,85 \text{ Дж/см}^2$ , что меньше, чем у металлов (от 6–7  $\text{Дж/см}^2$ ), однако вполне достаточно для материалов данной сферы применения.

Таблица 2. Определение предела прочности на изгиб.

№ образца	Размеры образца, см		Расчетная длина $l, \text{ см}$	Максимальная нагрузка $P, \text{ Н}$	Предел прочности $R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ МПа}$
	$b$	$h$			
1	12,09	1,13	20	2450	47,61
2	12,11	1,13	20	2500	48,50
3	11,93	1,10	20	2300	47,80
4	12,03	1,13	20	2350	45,90
5	12,16	1,10	20	2400	48,93

Предел прочности керамогранита при разрушающей нагрузке на образец в 2500 Н составляет 45 МПа. Экспериментальные показания могут варьироваться в зависимости от типа и размеров  $h$  и  $b$  плитки. Среднее значение прочности на изгиб по результатам опытов оказалось равным 47,75 МПа. Согласно нормативам значение этого параметра должно быть не менее 35 МПа, однако в реальности оно заметно превышает данное ограничение [23].

Таблица 3. Определение водопоглощения плитки.

№ образца	Масса		Масса поглощенной воды $m_1 - m$ , г	Водопоглощение по массе $B_M = \left[ \frac{(m_1 - m)}{m} \right] \cdot 100, \%$
	сухого $m$ , г	насыщенного водой $m_1$ , г		
1	742,60	744,42	1,82	0,25
2	761,90	763,95	2,05	0,27
3	760,48	762,47	1,99	0,26
4	759,69	761,60	1,91	0,25

Среднее значение водопоглощения керамогранитной плитки по результатам опыта составляет 0,26%. Согласно ГОСТ 27180–2001 данный показатель не должен превышать 3% [23]. Для большинства плиток это значение составляет 0,5%.

Авторы Бондаренко А.С., Шпирко Т.С. и Котляр В.Д. в статье [25] отмечают те же преимущества керамогранитной плитки, что были приведены и испытаны в лаборатории в данной работе. Также в статье [25] отмечены такие достоинства данного материала отделки, как устойчивость к действию химически активных препаратов, что позволяет использовать керамогранит при отделке помещений, предназначенных для работ с агрессивными веществами, и гладкая поверхность материала, легко очищающаяся с помощью санитарных средств, что предотвращает размножение бактерий и грибка.

Шишакина О.А., Паламарчук А.А., Кочуров Д.В. и Аракелян А.Г. в статье [26] относят к преимуществам керамогранита низкое водопоглощение, износостойкость, морозостойкость, долговечность и огнеупорность, однако авторы утверждают, что к недостаткам данного материала относится не только значительный вес, но также и высокая стоимость.

## 4. Заключение

Из проведенного анализа представленных на российском рынке материалов отделки навесных фасадных систем можно сделать вывод, что наиболее выгодным из них являются керамогранитные плиты. Они занимают среднюю позицию по ценовому критерию, при этом имеют множество достоинств, выделяющих их среди других представителей. Незначительный недостаток, выражающийся в весе плиток и, как следствие, затруднении монтажа и транспортировки, отступает на второй план по сравнению с положительными сторонами материала, такими как:

- Возможность воплощения множества дизайнерских идей;
- Простота ухода за лицевой поверхностью;
- Высокая износостойкость;
- Низкое водопоглощение, определяющее длительный срок службы при различных погодных условиях;
- Высокий показатель прочности на изгиб.

Последний параметр проверен экспериментально и не только соответствует существующим требованиям, но и превышает их (более 35 МПа согласно [23], 47,75 МПа по результатам опытов). Это обусловлено тем, что нормативы устанавливают минимальные значения показателей.

Однако для полного изучения материала необходимо провести больше опытов, включая определение стойкости к глубокому истиранию, износостойкости по кварцевому песку, морозостойкости и стойкости к термоудару. Дальнейшие исследования должны быть направлены на улучшение данного материала, уменьшение массы плиток при сохранении других его характеристик.

### Литература

- [1]. Рябухина С.А., Кошкарлова М.В., Симанкина Т.Л. Российский рынок навесных вентилируемых фасадов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 3. С. 80–86.
- [2]. Давиденко А.Ю., Литова К.В. Облицовочные работы из каменных материалов и их актуальность в современном строительстве // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. 2016. С. 302–304.
- [3]. Серков А.И. Отделка под натуральный камень // Региональное развитие. 2017. № 2. С. 6.

### References

- [1] Ryabukhina S.A., Koshkarova M.V., Simankina T.L. Rossiyskiy rynok navesnnykh ventiliruemykh fasadov [The Russian market of suspended ventilated facades]. Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2017. No. 3. Pp. 80–86. (rus)
- [2] Davidenko A.Yu., Litova K.V. Oblitsovochnye raboty iz kamennykh materialov i ikh aktual'nost' v sovremennom stroitel'stve [Facing works of stone materials and their relevance in modern construction]. Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo. 2016. Pp. 302–304. (rus)
- [3] Serkov A.I. Otdelka pod natural'nyy kamen' [Finishing for natural stone]. Regional'noe razvitie. 2017. No. 2. Pp. 6. (rus)

- [4]. Зыкова Т.А. Лайтбрус – инновация XXI века // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2013. С. 294–297.
- [5]. Вавилова Т.Я., Манцурова Е.М. Основные направления использования природных материалов в современном архитектурном проектировании // Вестник инженерной школы дальневосточного федерального университета. 2016. №2 (27). С. 128–134.
- [6]. Давиденко А.Ю., Корягина Я.И. Применение натуральных отделочных материалов в современном строительстве // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. 2017. С. 371–373.
- [7]. Тулумбаев Р.А. Отделочный материал как средство контроля и формирования безопасной окружающей среды обитания человека // Строительные материалы, оборудование, технология XXI века. 2013. № 11(178). С. 24–25.
- [8]. Юраков Н.С. Отделочные материалы в “зеленом строительстве” // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства. 2016. С. 382–382.
- [9]. Тулумбаев Р.А. Развитие инновационной энергоэффективной и экологически безопасной биотехнологии производства экологически чистых (натуральных) декоративно-отделочных материалов // Строительные материалы, оборудование, технология XXI века. 2012. № 2(157). С. 39–42.
- [10]. Кашкинбаев И.З., Жайлаубеков А.А. Организационно-методические основы разработки оптимального варианта строительных процессов и операций устройства навесных вентилируемых фасадов // Наука и инновационные технологии. 2016. № 1. С. 227–232.
- [11]. Корниенко С.В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11. С. 33–48.
- [12]. Журавлева А.А. Рациональные конструктивные решения устройства навесных вентилируемых фасадов // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. 2016. С. 139–140 (6)
- [13]. Paech C., Structural membranes used in modern building facades. Procedia Engineering. 2016. No. 155. Pp. 61–70.
- [14]. Tusnina V.M. To the problem of bearing capacity and operational reliability of suspended ventilated facade. Procedia Engineering. 2016. No. 153. Pp. 799–804.
- [15]. Gallo P., Romano R. Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. Procedia Engineering. 2017. No. 180. Pp. 1274–1283.
- [16]. Жуков А.Д. Системы вентилируемых фасадов // Наука, строительство, образование. 2012. № 1. С. 3.
- [17]. Marchand K., Davis C., Sammarco E., Bui J., Casper J. Coupled glass and structure response of conventional curtain walls subjected to blast loads: validation tests and analysis // Glass structures & engineering. 2017. Vol. 2. No. 1. Pp. 17–43.
- [18]. Tovarovic J., Sekularac N., Ivanovic-Sekularac J. Problems associated with curtain walls // Structural engineering international. 2017. Vol. 27. No. 3. Pp. 413–417.
- [19]. Самолькина Е.Г. Деревянный декор фасадов в аспекте энергосбережения // Вестник МГСУ. 2014. № 8. С. 20–27.
- [20]. Weindlader H., Körner W., Strieder B. A ventilated cooling ceiling with integrated latent heat storage – Monitoring results // Energy and Buildings. 2014. No. 82. Pp. 65–72.
- [21]. Gaillard L., Ruedin G., Giroux-Julien., Plantevit M., Kaytoue M., Saadon S., Menezo C., Boulicaut J. Data-driven performance evaluation of ventilated photovoltaic double-skin facades in the built environment // Energy Procedia. 2015. No. 78. Pp. 447–452.
- [22]. Yavorskiy A.A., Kiselev S.A. Relevant objectives of assurance of reliability of facade systems serving thermal insulation and finishing purpose // Vestnik MGSU. 2012. No. 12. Pp. 78–84.
- [4] Zykova T.A. Laytbrus – innovatsiya XXI veka [Lightbrus – innovation of the XXI century]. Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU. 2013. Pp. 294–297. (rus)
- [5] Vavilova T.Ya., Mantsurova E.M. Osnovnye napravleniya ispol'zovaniya prirodnykh materialov v sovremennom arkhitekturnom proektirovanii [The basic trends in using natural materials in modern architectural design]. Vestnik inzhenernoy shkoly dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. 2016. No. 2 (27). Pp. 128–134. (rus)
- [6] Davidenko A.Yu., Koryagina Ya.I. Primenenie natural'nykh otdelochnykh materialov v sovremennom stroitel'stve [Application of natural finishing materials in modern construction]. Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo. 2017. Pp. 371–373. (rus)
- [7] Tulumbaev R.A. Otdelochnyy material kak sredstvo kontrolya i formirovaniya bezopasnoy okruzhayushchey sredy obitaniya cheloveka [Finishing material as a means of controlling and forming a safe human environment]. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologiya XXI veka. 2013. No. 11(178). Pp. 24–25. (rus)
- [8] Yurakov N.S. Otdelochnye materialy v “zelenom stroitel'stve” [Finishing materials in “green building”]. Intellektual'nye stroitel'nye kompozity dlya zelenogo stroitel'stva. 2016. Pp. 382–382. (rus)
- [9] Tulumbaev R.A. Razvitie innovatsionnoy energoeffektivnoy i ekologicheskoy bezopasnoy biotekhnologii proizvodstva ekologicheskikh chistykh (natural'nykh) dekorativno-otdelochnykh materialov [Development of innovative energy-efficient and environmentally safe biotechnology for the production of environmentally friendly (natural) decorative and finishing materials]. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologiya XXI veka. 2012. No. 2(157). Pp. 39–42. (rus)
- [10] Kashkinbaev I.Z., Zhaylaubekov A.A. Organizatsionno-metodicheskie osnovy razrabotki optimal'nogo varianta stroitel'nykh protsessov i operatsiy ustroystva navesnykh ventiliruemykh fasadov [Organizational and methodological foundations for the development of an optimal version of building processes and operations for the installation of suspended ventilated facades]. Nauka i innovatsionnye tekhnologii. 2016. No. 1. Pp. 227–232. (rus)
- [11] Kornienko S.V. Kompleksnaya ocenka ehnergoehffektivnosti i teplovoj zashchity zdaniy [Complex assessment of energy efficiency and thermal protection of buildings]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No. 11. Pp. 33–48. (rus)
- [12] Zhuravleva A.A. Ratsional'nye konstruktivnye resheniya ustroystva navesnykh ventiliruemykh fasadov [Rational design solutions for ventilated facades]. Nauchno-tehnicheskii progress: aktual'nye i perspektivnye napravleniya budushchego. 2016. Pp. 139–140 (6) (rus)
- [13] Paech C., Structural membranes used in modern building facades. Procedia Engineering. 2016. No. 155. Pp. 61–70.
- [14] Tusnina V.M. To the problem of bearing capacity and operational reliability of suspended ventilated facade. Procedia Engineering. 2016. No. 153. Pp. 799–804.
- [15] Gallo P., Romano R. Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. Procedia Engineering. 2017. No. 180. Pp. 1274–1283.
- [16] Zhukov A.D. Sistemy ventiliruemykh fasadov [Systems of ventilated facades]. Nauka, stroitel'stvo, obrazovanie. 2012. No. 1. Pp. 3. (rus)
- [17] Marchand K., Davis C., Sammarco E., Bui J., Casper J. Coupled glass and structure response of conventional curtain walls subjected to blast loads: validation tests and analysis. Glass structures & engineering. 2017. Vol. 2. No. 1. Pp. 17–43.
- [18] Tovarovic J., Sekularac N., Ivanovic-Sekularac J. Problems associated with curtain walls. Structural engineering international. 2017. Vol. 27. No. 3. Pp. 413–417.
- [19] Samol'kina E.G. Derevyannyi dekor fasadov v aspekte energosberezheniya [Wooden facade decoration in the aspect of energy saving]. Vestnik MGSU. 2014. No. 8. Pp. 20–27. (rus)

- [23]. ГОСТ 27180–2001 Глитки керамические. Методы испытаний. 2017. 30 с.
- [24]. ГОСТ 10708–82 Копры маятниковые. Технические условия. 2017. 7 с.
- [25]. Бондаренко А.С., Шпирко Т.С., Котляр В.Д. Эффективность применения керамогранитных плит в современном строительстве // Наука молодых – будущее России. 2018. С. 62–65.
- [26]. Шишакина О.А., Паламарчук А.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Характеристика материалов для внутренней и наружной облицовки зданий и сооружений // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 1. С. 46.
- [20] Weindlader H., Körner W., Strieder B. A ventilated cooling ceiling with integrated latent heat storage – Monitoring results. Energy and Buildings. 2014. No. 82. Pp. 65 – 72.
- [21] Gaillard L., Ruedin G., Giroux-Julien., Plantevit M., Kaytoue M., Saadon S., Menezo C., Boulicaut J. Data-driven performance evaluation of ventilated photovoltaic double-skin facades in the built environment. Energy Procedia. 2015. No. 78. Pp. 447–452.
- [22] Yavorskiy A.A., Kiselev S.A. Relevant objectives of assurance of reliability of facade systems serving thermal insulation and finishing purpose. Vestnik MGSU. 2012. No. 12. Pp. 78–84.
- [23] GOST 27180–2001 Ceramic tiles. Test methods. 2017. Pp. 30.
- [24] GOST 10708–82 Pendulum impactors. Specifications. 2017. Pp. 7.
- [25] Bondarenko A.S., SHpirko T.S., Kotlyar V.D. Effektivnost' primeneniya keramogranitnyh плит v sovremennom stroitel'stve [Effective applying of ceramic granite in modern building]. Nauka molodyh – budushchee Rossii. 2018. Pp. 62–65. (rus)
- [26] Shishakina O.A., Palamarchuk A.A., Kochurov D.V., Arakelyan A.G. Harakteristika materialov dlya vnutrennej i naruzhnej oblicovki zdaniy i sooruzhenij. Muzhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2019. No. 1. Pp. 46. (rus)

**Контактная информация**

- 1.\* +79195293164, masharozhina@mail.ru (Рожина Мария Дмитриевна, студент)
2. +7(961)0003617, Dshalodgp@icloud.com (Поваренко Дарья Дмитриевна, студент)
3. +7(911)1446896, tsap.vasia@yandex.ru (Любомирский Арсений Владимирович, студент)

**Contact information**

- 1.\* +79195293164, masharozhina@mail.ru (Maria Rozhina, student)
2. +7(961)0003617, Dshalodgp@icloud.com (Daria Povarenko, student)
3. +7(911)1446896, tsap.vasia@yandex.ru (Arseniy Lyubomirskiy, student)

© Рожина М.Д., Поваренко Д.Д., Любомирский А.В., 2019