



## Construction of Unique Buildings and Structures



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



### Внешние ограждающие конструкции высотных зданий

Н.А. Червова<sup>1</sup>, Г.А. Кукушкина<sup>2</sup>

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

#### Информация о статье

УДК 692.231.3

Статья о новом оборудовании, материалах, технике и технологиях

#### История

Подана в редакцию 1 июня 2014  
Принята 25 сентября 2014

#### Ключевые слова

высотное здание, ограждающие конструкции, самонесущие стены, легкие панели, железобетонные панели, светопрозрачные фасады

#### АННОТАЦИЯ



Строительство высотного здания – чрезвычайно сложный и трудоемкий процесс. Все элементы возводимого здания или сооружения одинаково важны для его правильного функционирования.

Предметом рассмотрения данной статьи являются внешние ограждающие конструкции высотных зданий. Выбор наружных стен, отвечающих основным нормам и требованиям, является важным пунктом проектирования высотного здания.

Существует два основных типа внешних ограждающих конструкций – поэтажно самонесущие стены и навесные панели, которые, в свою очередь, делятся на подтипы. Выбор тех или иных ограждающих элементов основан на оптимальной пригодности выбранной конструкции климату места строительства.

В данной статье проводится классификация внешних ограждающих элементов зданий и подбирается наиболее оптимальный вариант для высотного строительства в городе Санкт-Петербурге.

#### Содержание

Введение	138
Классификация ограждающих конструкций	138
Характеристики конструкций	139
Выбор ограждающих конструкций	140
Заключение	140

1

Контактный автор:

+ 7 (921) 899 7588, [nikitoi@mail.ru](mailto:nikitoi@mail.ru) (Червова Никита Андреевна, студент)

2

+7 (911) 976 1311, [kukushkina\\_ga@mail.ru](mailto:kukushkina_ga@mail.ru) (Кукушкина Галина Андреевна, инженер, ассистент)

## Введение

Строительство высотных зданий - неотъемлемая ступень развития современного города. Индустрия высотного строительства стремительно растет в наши дни ввиду нехватки места под застройку, а также из эстетических соображений. Высотные здания придают современному городу монументальность и грандиозность. Хотя важнейшей составляющей здания являются несущие конструкции, принимающие на себя основные нагрузки, внешний облик и объем здания задают ограждающие конструкции [1-4].

Внешние ограждающие конструкции защищают здание от атмосферных воздействий, их также называют наружными стенами или фасадами. Высотные здания имеют отличные от других фасады, и к ним предъявляются дополнительные требования, которые особенно важно учитывать при строительстве в условиях климата нашей страны. Высотное строительство в России, и, в частности, в Санкт-Петербурге, начало развиваться сравнительно недавно, поэтому в настоящее время проблема выбора фасадов весьма актуальна. Возводимые наружные стены должны отвечать требованиям по обеспечению прочности, устойчивости, деформативности, трещиностойкости, огнестойкости и достаточной освещенности помещений [5-7].

Предметом изучения данной статьи являются внешние ограждающие конструкции высотных зданий, их классификация. В статье проводится сравнительный анализ конструкций, целью которого является определение оптимального варианта для климата Санкт-Петербурга.

## Классификация ограждающих конструкций

В современном строительстве наружные стены принято разделять на поэтажно самонесущие и навесные (рисунок 1). Вертикальная нагрузка собственного веса навесных стен, а также принимаемая ими ветровая нагрузка передается на несущие элементы здания, тогда как поэтажно самонесущие стены, опираясь на перекрытия, воспринимают эти нагрузки в пределах этажа [8, 9].



Рисунок 1: Виды ограждающих конструкций

Поэтажно самонесущие стены представляют собой двух- или трехслойные конструкции. В первом случае стена состоит из внутреннего несущего слоя из ячеистых или полистиролбетонных блоков высокой прочности и наружного отделочного слоя. В случае трехслойной конструкции блоки внутреннего слоя могут быть заменены на кирпичную кладку, третий слой – утеплитель, выполняется из пенополистирола или жесткой минеральной ваты [10, 11]. Внешний и внутренний слои крепятся между собой соединительными гибкими связями в виде стержней из коррозионностойкой стали [12-14].

Навесные стены получили применение в виде легких или железобетонных панелей, а также светопрозрачных фасадных конструкций. Легкие панели трехслойны, внутренний и наружный слои выполняются из алюминиевых, стеклопластиковых и других листовых материалов, увеличивающих прочность конструкции [15-19], средний слой – эффективный утеплитель. В железобетонных панелях внутренний и внешний слои выполнены из железобетона, средний слой обычно из пенополистирола. Светопрозрачные фасадные конструкции представляют собой легкие фасадные панели из металлических профилей (рисунок 2). Панели заполняют двойные или тройные герметичные стеклопакеты [20, 21].



Рисунок 2. Здание с наружными ограждениями из светопрозрачных фасадных конструкций [40]

### *Характеристики конструкций*

Каждый вид наружных стен имеет свои преимущества и недостатки. Выбор тех или иных ограждающих конструкций зависит от предполагаемого места строительства. Выбор конструкций проводится с учетом ветровых нагрузок, количества осадков и уровня влажности в месте строительства, качества и прочности грунта, и других факторов. Путем сравнения типов наружных стен, подбирается оптимальный для выбранного района тип ограждающих конструкций [22, 23].

Как известно, климат Санкт-Петербурга отличается высокой влажностью воздуха, частыми перепадами температур и сильными прибрежными ветрами Финского залива. Ввиду наличия проточных рек, почва выбранного района влажная. Выявляя характерные свойства тех или иных наружных стен, определим оптимальный для описанного климата вариант.

Поэтажно самонесущие стены являются надежной конструкцией за счет внутреннего несущего слоя, выполненного из прочных материалов. Такая конструкция позволяет зданию с легкостью выдерживать нагрузки от собственного веса и резких прибрежных ветров [24], следовательно, отвечает требованиям по прочности и устойчивости. Более того, поэтажно самонесущие стены позволяют максимально снизить теплообмен между внешней средой и помещениями здания, тем самым сократив потери тепловой энергии [25-28]. Также, прочный внешний слой такого фасада дает высокий показатель огнестойкости. Однако, эти конструкции имеют значительный вес, который дает большие нагрузки на несущие элементы, что отрицательно сказывается на высотных зданиях выше 45-ти этажей. Большие нагрузки, совместно с частыми перепадами температур в Санкт-Петербурге, приводят к снижению трещиностойкости материалов внешнего слоя стены [29-31]. Также, данные конструкции трудоемки относительно возведения, монтажные работы выполняются с фасадной стороны здания с подвесных конструкций, что опасно, учитывая частые сильные ветра в районе Санкт-Петербурга (Рисунок 3).

Легкие панели, выполненные из листовых материалов, имеют максимально сниженный вес, что позволяет увеличить высотность проектируемого здания, снизить расход материалов и стоимость конструкции. Такие конструкции имеют небольшую толщину, что экономит квадратные метры площади помещений [32]. Панели могут полностью изготавливаться заводским способом, при возведении готовые плиты крепятся к внутреннему несущему каркасу и к торцам плит перекрытия. Поскольку внешний и внутренний слои этих конструкций выполняются из листовых материалов, они дают высокий показатель трещиностойкости. Отрицательным качеством легких навесных панелей является их высокая потеря тепла через большие оконные проемы, при их использовании необходимо усиливать систему отопления помещений. Также эти панели не дают достаточной вентиляции утеплителя, что приводит к его гниению и снижает долговечность конструкции [33, 34].

Конструкции из железобетонных панелей надежны и долговечны. Они обеспечивают низкую теплопроводность, так как состоят из двух железобетонных слоев и утеплителя, являются прочными и устойчивыми конструкциями. Так же, как и легкие панели, их изготавливают в заводских условиях. Однако, они имеют большой вес (в 12-15 раз тяжелее легких навесных панелей), что, как и в случае с поэтажно самонесущими конструкциями, является отрицательным качеством при высотном строительстве.

Светопрозрачные фасадные конструкции по свойствам схожи с легкими навесными панелями. Имея небольшие вес и толщину, они дают значительные потери тепла в среду, несмотря на двойное или тройное остекление из герметичных стеклопакетов и воздушный зазор между ними [35, 36]. Используя данные конструкции, выгодно проектировать ограждения без оконного открытия, что позволит создать

дополнительную герметизацию оконных проемов и поддержать необходимый влажностный режим стены и помещений [37-39]. Также светопрозрачные фасады дают наибольшую освещенность помещений, по сравнению с остальными видами ограждающих конструкций.



Рисунок 3: Выполнение работ с подвесной фасадной конструкцией [40].

### *Выбор ограждающих конструкций*

Таким образом, поэтажно самонесущие стены и конструкции из ЖБ панелей обеспечивают высокую теплоизоляцию и долговечность здания, но не практичны при строительстве сооружений, выше 45-ти этажей. Легкие панели и светопрозрачные фасадные конструкции идеально подходят для высотного строительства, ввиду их небольшого веса, однако существует проблема значительной теплопроводности возводимых конструкций.

### *Заключение*

Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

Выбор внешних ограждающих конструкций при строительстве высотных зданий зависит от планируемой этажности проектируемого здания.

При строительстве в городе Санкт-Петербурге зданий, имеющих не более 45-ти этажей, рационально выбрать конструкции из ЖБ панелей. Имея схожие показатели прочности с самонесущими стенами, они имеют преимущества при возведении – крепление готовых панелей к каркасу здания значительно быстрее возведения стены из блоков или кирпича.

При проектировании зданий большей этажности стоит сделать выбор в пользу светопрозрачных фасадных конструкций без оконного открытия. Роль слоя утеплителя в них выполняют теплоизоляционные стеклопакеты, которые, кроме увеличения долговечности конструкции, повышают ее герметизацию.

## Литература

- [1]. Современное высотное строительство // ИТЦ Москомархитектуры. 2007. С. 174-179 .
- [2]. Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В., Бродач М. М. Энергоэффективное высотное здание // АВОК. 2003. №3.
- [3]. Жукова А. М. Инженерно-геологическое обоснование строительства высотных зданий в г. Санкт-Петербурге. 2011. 12 с.
- [4]. Григоров А. Г. Исследование влияния ветрового режима на тепло-влагообмен ограждающих конструкций зданий. 2003. 26 с.
- [5]. Дубинский С. И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. 2003. 83 с.
- [6]. Руководство по высотным зданиям // ЦНИИЭП жилища. 2005. №4. С. 34-36.
- [7]. Щепетова И. Навесные стены гражданских зданий. 2003. С. 48
- [8]. Prestel Munich. Double – Skin Facades. 2001. Pp. 27-28.
- [9]. Ограждающие конструкции высотных зданий // Высотные здания. 2007. № 3. С. 68-73.
- [10]. Vasco Granadeiro, José P. Duarte, João R. Correia, Vítor M.S. Leal. Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. 2013. Pp. 196-209.
- [11]. Sozer H. Improving energy efficiency through the design of the building envelope. 2010. Pp. 81-93.
- [12]. Энергосбережение в высотных зданиях // Высотные здания. 2007. №3. С. 62-67.
- [13]. Xu Xu, Steven Van Dessel. Evaluation of an Active Building Envelope window-system. 2008. Pp. 85-91.
- [14]. Wyckmans A. Intelligent Building Envelopes: Architectural Concept & Applications for Daylighting Quality. 2005. Pp. 174-180.
- [15]. Кузьменко Д. В., Ватин Н. И. Ограждающая конструкция «нулевой толщины» - термопанель // Инженерно-строительный журнал. 2008. №1. С. 16.
- [16]. Кузьменко Д. В. Энергоэффективная стеновая конструкция // Материалы семинара политехнического симпозиума. 2006. С. 127
- [17]. Кузьменко Д. В., Жмарин Е. Н. Ограждающая конструкция – термопанель как элемент энергоэффективного здания, отвечающего целям минимизации расходования тепловой энергии // Научные исследования и инновационная деятельность. 2007.
- [18]. Ватин Н. И., Кузьменко Д. В. Инженерные решения ограждающих конструкций на базе термопанелей // VII Международная конференция Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения. 2008.
- [19]. Кузьменко Д. В., Ватин Н. И. Новый тип ограждающей конструкции – термопанель // СтройПРОФиль. 2008. №6. С. 33.
- [20]. Adriana P. Thermal performance of glasses in building construction: study in test-cells. 2006. Pp. 54-56.
- [21]. Vilune Lapinskiene, Vytautas Martinaitis. The Framework of an Optimization Model for Building Envelope. 2013. Pp. 670-677.
- [22]. Расс Ф. В. Легкие ограждающие конструкции зданий и сооружений. 2005. С. 93-98.
- [23]. Баженов Ю. М. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности. 2008. С. 121-124.
- [24]. Isaev S. A., Vatin N. I., Lebiga V. A., Zinoviev V. N., Keh-Chin Chang, Juin-Jih Miao. Problems and methods of numerical and experimental investigations of high rise constructions' aerodynamics in the coastal region «sea-land» // Magazine of Civil Engineering. 2013. №2. P. 54.
- [25]. Горшков А. С., Рымкевич П. П., Немова Д. В., Ватин Н. И. Методика расчета окупаемости инвестиций по реновации фасадов существующих зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №2. С. 83.
- [26]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and Environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.

- [27]. Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в зданиях // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 4-14.
- [28]. Ватин Н. И., Горшков А. С., Немова Д. В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №3 (8). С. 1-11.
- [29]. Белов В. В., Семенов К. В., Ренев И. А. Огнестойкость железобетонных конструкций: модели и методы расчета // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2010. №6. С. 58.
- [30]. Яковлев А. И. Основы расчета огнестойкости железобетонных конструкций. 1996. С. 515.
- [31]. Федоров В. С., Левитский В. Е., Молчадский И. С., Александров А. В. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций. 2009. С. 408.
- [32]. Власова Е. А., Ватин Н. И. Выявление экономической эффективности: увеличение квадратных метров жилой площади за счет уменьшения толщины ограждающей стены // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №3. С. 2.
- [33]. Горшков А. С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натурных испытаний // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 12-17.
- [34]. Кнатько М. В., Ефименко М. Н., Горшков А. С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 50-53.
- [35]. Туснина О. А., Емельянов А. А., Туснина В. М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №8. С. 54.
- [36]. Гагарин В. Г., Козлов В. В., Цыкановский Е. Ю. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Часть 2. // АВОК. 2004. №3. С. 20-26.
- [37]. Иванова А. С. Практика применения навесных фасадных систем в Иркутске // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2013. №1. С. 161.
- [38]. Немова Д. В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5. С. 8-13.
- [39]. Гагарин В. Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Строительные науки. 2009. №5. С. 297-301.
- [40]. Google – pictures. [web source] URL: [https://www.google.ru/imghp?gws\\_rd=ssl](https://www.google.ru/imghp?gws_rd=ssl) (date of reference 10.08.2014)

## External walling constructions of tall buildings

N.A. Chervova<sup>1</sup>, G.A. Kukushkina<sup>2</sup>

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

### ARTICLE INFO

Technical paper

### Article history

Received 1 June 2014  
Accepted 26 September 2014

### Keywords

tall building,  
walling constructions,  
self-bearing walls,  
lightweight panels,  
reinforced concrete panels,  
light-transparent facades



### ABSTRACT

Construction of high-rise buildings is extremely complex and time-consuming process. All elements of erected buildings are equally important for its proper functioning. The focus of this article is external walling constructions of tall buildings. Choosing exterior walls that meet basic standards and requirements is an important point of designing a high-rise building. There are two main types of external constructions - hinging panels and self-bearing walls, they in turn are divided into subtypes. The choice of external constructions based on the suitability of the chosen facade for optimal climate of the construction site. In this paper, we classify the external constructions and select the best option for high-rise building in the city of St. Petersburg.

<sup>1</sup> Corresponding author:  
+ 7 (921) 899 7588, nikitoi@mail.ru (Nikita Andreevna Chervova, Student)  
<sup>2</sup> +7 (911) 976 1311, kukushkina\_ga@mail.ru (Galina Andreevna Kukushkina, Engineer, Assistant)

## References

- [1]. *Sovremennoye vysotnoye stroitelstvo* [Modern high-rise building]. M: Moskomarkhitektury. 2007. Pp. 174-179. (rus)
- [2]. Tabunshchikov Yu. A., Shilkin N. V., Brodach M. M. *Energoeffektivnoye vysotnoye zdaniye* [Energy efficient high-rise building]. AVOK. 2003. Issue 3. (rus)
- [3]. Zhukova A. M. *Inzhenerno-geologicheskoye obosnovaniye stroitelstva vysotnykh zdaniy v g. Sankt-Peterburge* [Geotechnical study for the construction of tall buildings in St. Petersburg]. 2011. 12 p. (rus)
- [4]. Grigorov A. G. *Issledovaniye vliyaniya vetrovogo rezhima na teplo-vлагообмен ograzhdayushchikh konstruktsiy zdaniy* [Investigation of the influence of the wind regime in heat moisture exchange building envelopes]. 2003. 26 p. (rus)
- [5]. Dubinskiy S. I. *Chislennoye modelirovaniye vetrovykh vozdeystviy na vysotnyye zdaniya i komplekсы* [Numerical simulation of wind effects on tall buildings and complexes]. 2003. 83 p. (rus)
- [6]. *Rukovodstvo po vysotnym zdaniyam // TsNIIEP zhilishcha*. 2005. Issue 4. Pp. 34-36. (rus)
- [7]. *Shchepetova I. Navesnyye steny grazhdanskikh zdaniy* [Curtain wall of civil buildings]. 2003. 48 p. (rus)
- [8]. Prestel Munich. Double – Skin Facades. 2001. Pp. 27-28.
- [9]. *Ograzhdayushchiye konstruktsii vysotnykh zdaniy* [Walling constructions of high-rise buildings]. Vysotnyye zdaniya. 2007. Issue 3. Pp. 68-73. (rus)
- [10]. Vasco Granadeiro, José P. Duarte, João R. Correia, Vítor M.S. Leal. Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. 2013. Pp. 196-209.
- [11]. Sozer H. Improving energy efficiency through the design of the building envelope. 2010. Pp. 81-93.
- [12]. *Energoberezheniye v vysotnykh zdaniyakh* [Energy conservation in high-rise buildings]. Vysotnyye zdaniya. 2007. Issue 3. Pp. 62-67. (rus)
- [13]. Xu Xu, Steven Van Dessel. Evaluation of an Active Building Envelope window-system. 2008. Pp. 85-91.
- [14]. Wyckmans A. Intelligent Building Envelopes : Architectural Concept & Applications for Daylighting Quality. 2005. Pp. 174-180.
- [15]. Kuzmenko D. V., Vatin N. I. *Ograzhdayushchaya konstruktsiya "nulevoy tolshchiny" - termopanel* [Walling construction "zero thickness" - thermopanel]. Magazine of Civil Engineering. 2008. Issue 1. 16 p. (rus)
- [16]. Kuzmenko D. V. *Energoeffektivnaya stenovaya konstruktsiya* [Energy-efficient walling construction]. 2006. 127 p. (rus)
- [17]. Kuzmenko D. V., Zhmarin Ye. N. *Ograzhdayushchaya konstruktsiya – termopanel kak element enegoeffektivnogo zdaniya, otvechayushchego tselyam minimizatsii raskhodovaniya teplovoy energii* [Walling construction - thermopanel as part of energy-efficient building that meets the objectives of minimizing the consumption of thermal energy]. *Nauchnyye issledovaniya i innovatsionnaya deyatel'nost*. 2007. (rus)
- [18]. Vatin N. I., Kuzmenko D. V. *Inzhenernyye resheniya ograzhdayushchikh konstruktsiy na baze termopaneley* [Engineering solutions based on the walling thermopanel]. VII Mezhdunarodnaya konferentsiya Nauchno-tekhnicheskkiye problemy prognozirovaniya nadezhnosti i dolgovechnosti konstruktsiy i metody ikh resheniya. 2008. (rus)
- [19]. Kuzmenko D. V., Vatin N. I. *Novyy tip ograzhdayushchey konstruktsii – termopanel* [A new type of walling structure - thermopanel]. M: StroyPROfil. 2008. Issue 6. 33 p. (rus)
- [20]. Adriana P. Thermal performace of glasses in building construction: study in test-cells. 2006. Pp. 54-56.
- [21]. Vilune Lapinskiene, Vytautas Martinaitis. The Framework of an Optimization Model for Building Envelope. 2013. Pp. 670-677.
- [22]. Rass F. V. *Legkiye ograzhdayushchiye konstruktsii zdaniy i sooruzheniy* [Lightweight walling constructions of buildings and structures]. 2005. Pp. 93-98. (rus)
- [23]. Bazhenov Yu. M. *Ograzhdayushchiye konstruktsii s ispolzovaniyem betonov nizkoy teploprovodnosti* [Walling constructions with using low thermal conductivity of concrete]. 2008. Pp. 121-124. (rus)
- [24]. Isaev S. A., Vatin N. I., Lebiga V. A., Zinoviev V. N., Keh-Chin Chang, Juin-Jih Miau. Problems and methods of numerical and experimental investigations of high rise constructions aerodynamics in the coastal region «sea-land». Magazine of Civil Engineering. 2013. Issue 2. 54 p.

- [25]. Gorshkov A. S., Rymkevich P. P., Nemova D. V., Vatin N. I. *Metodika rascheta okupayemosti investitsiy po renovatsii fasadov sushchestvuyushchikh zdaniy* [Method of calculating the return on investment for renovation of the facades of the existing buildings] *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. Issue 2. 83 p. (rus)
- [26]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and Environment*. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
- [27]. Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. *Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy na velichinu poter teplovoy energii v zdaniyakh* [Influence of level of thermal protection on the value of building envelope heat losses in buildings]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. Issue 8. Vol. 34. Pp. 4-14. (rus)
- [28]. Vatin N. I., Gorshkov A. S., Nemova D. V. *Energoeffektivnost ograzhdayushchikh konstruksiy pri kapitalnom remonte* [Energy efficiency building envelope during overhaul]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013. Issue 3. Vol. 8. Pp. 1-11. (rus)
- [29]. Belov V. V., Semenov K. V., Renev I. A. *Ognestoykost zhelezobetonnykh konstruksiy: modeli i metody rascheta* [Fire resistance of concrete structures: models and methods of calculation]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2010. Issue 6. 58 p. (rus)
- [30]. Yakovlev A. I. *Osnovy rascheta ognestoykosti zhelezobetonnykh konstruksiy* [Bases for calculating the fire resistance of reinforced concrete structures]. 1996. 515 p. (rus)
- [31]. Fedorov V. S., Levitskiy V. Ye., Molchadskiy I. S., Aleksandrov A. V. *Ognestoykost i pozharnaya opasnost stroitelnykh konstruksiy* [Fire resistance and fire hazard of building structures]. 2009. 408 p. (rus)
- [32]. Vlasova Ye. A., Vatin N. I. *Vyyavleniye ekonomicheskoy effektivnosti: uvelicheniye kvadratnykh metrov zhiloy ploshchadi za schet umensheniya tolshchiny ograzhdayushchey steny* [Identification of economic efficiency: increasing the square meters of floor space by reducing the thickness of the boundary wall]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2012. Issue 3. 2 p. (rus)
- [33]. Gorshkov A. S. *Otsenka dolgovechnosti stenovoy konstruksii na osnovanii laboratornykh i naturnykh ispytaniy* [Assessment of the durability of the wall structure on the basis of laboratory and field tests]. *Stroitelnyye materialy*. 2009. Issue 8. Pp. 12-17. (rus)
- [34]. Knatko M. V., Yefimenko M. N., Gorshkov A. S. *K voprosu o dolgovechnosti i energoeffektivnosti sovremennykh ograzhdayushchikh stenovykh konstruksiy zhilykh, administrativnykh i proizvodstvennykh zdaniy* [On the question of durability and energy efficiency of modern fencing wall construction of residential, administrative and industrial buildings]. *Magazine of Civil Engineering*. 2008. Issue 2. Pp. 50-53. (rus)
- [35]. Tushina O. A., Yemelyanov A. A., Tushina V. M. *Teplotekhnicheskiye svoystva razlichnykh konstruktivnykh sistem navesnykh ventiliruyemykh fasadov* [Thermal properties of different structural systems of ventilated facades]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. Issue 8. 54 p. (rus)
- [36]. Gagarin V. G., Kozlov V. V., Tsykanovskiy Ye. Yu. *Teplozashchita fasadov s ventiliruyemym vozdushnym zazorom* [Thermal protection of facades with ventilated air gap]. *AVOK*. 2004. Issue 3. Pp. 20-26. (rus)
- [37]. Ivanova A. S. *Praktika primeneniya navesnykh fasadnykh sistem v Irkutske* [The practice of applying hinged facade systems in Irkutsk]. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost*. 2013. Issue 1. 161 p. (rus)
- [38]. Nemova D. V. *Navesnyye ventiliruyemyye fasady: obzor osnovnykh problem* [Ventilated facades: a review of the main problems]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. Issue 5. Pp. 8-13. (rus)
- [39]. Gagarin V. G. *Teplofizicheskiye problemy sovremennykh stenovykh ograzhdayushchikh konstruksiy mnogoetazhnykh zdaniy* [Thermophysical problems of modern wall enclosures multi-storey buildings]. *Stroitelnyye nauki*. 2009. Issue 5. Pp. 297-301. (rus)
- [40]. Google – pictures. [web source] URL: [https://www.google.ru/imghp?gws\\_rd=ssl](https://www.google.ru/imghp?gws_rd=ssl) (date of reference 10.08.2014)