

УДК 691.6

ОСОБЕННОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

П.С. Миропольский

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

Аннотация. Современные высотные здания представляют собой престижные строительные объекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического процесса и внедрение инновационных технологий в строительство. Высокие здания имеют особенности, которые существенно отличают их от обычных построек. В данной статье рассматриваются особенности остекления высотных зданий, виды остекления и их достоинства, анализируются факторы, обуславливающие практические сложности при монтаже и эксплуатации фасадного остекления, а также приводятся технические решения для устранения возникающих проблем. В статье проведён анализ проблем современного остекления, связанных с более жёсткими проявлениями климатических и механических воздействий в условиях высотного строительства. В статье показаны наиболее распространённые виды остекления высотных зданий. Установлено, что модульный тип фасадного остекления является самым быстрым способом остекления при одинаковом уровне прочности и безопасности, а спайдерное остекление, в свою очередь, больше подойдет для достижения максимальной светопрозрачности фасада. Также было рассмотрено остекление с регулируемой прозрачностью. Обилие вариантов и технологий фасадного остекления в совокупности подчеркивает достоинства и перспективность данной системы фасада, а также способствует дальнейшему расширению сферы применения светопрозрачных фасадных систем.

Ключевые слова: высотное строительство, высотные здания, остекление, фасадное остекление, виды остекления, требования к остеклению, стекла с регулируемой прозрачностью, стоечно-ригельная система фасада, модульные фасады, спайдерное остекление, вантовое остекление, структурное остекление.

Ссылка для цитирования: Миропольский П.С. Особенности остекления высотных зданий // Инженерные исследования. 2021. № 2 (2). С. 24-30. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/24-30.pdf>

FEATURES OF GLAZING OF HIGH-RISE BUILDINGS

P.S. Miropolsky

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. Modern high-rise buildings are prestigious construction sites of special architectural significance, reflecting the state of the scientific and technical process and the introduction of innovative technologies in construction. Tall buildings have features that significantly distinguish them from ordinary buildings. This article discusses the features of glazing of high-rise buildings, the types of glazing and their advantages, analyzes the factors that cause practical difficulties in the installation and operation of facade glazing, and also provides technical solutions to eliminate emerging problems. The article analyzes the problems of modern glazing associated with more severe manifestations of climatic and mechanical influences in conditions of high-rise construction. The article shows the most common types of glazing for high-rise buildings. It has been established that the modular type of facade glazing is the fastest way of glazing with the same level of strength and safety, and spider glazing, in turn, is more suitable for achieving maximum transparency of the facade. Glazing with adjustable transparency was also considered. The abundance of options and technologies for facade glazing together emphasizes the advantages and prospects of this facade system, and also contributes to the further expansion of the scope of application of translucent facade systems.

Keywords: high-rise construction, high-rise buildings, glazing, facade glazing, types of glazing, glazing requirements, glass with adjustable transparency, post-transom facade system, modular facades, spider glazing, cable-stayed glazing, structural glazing.

For citation: Miropolsky P.S. Features of glazing of high-rise buildings // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 2 (2). Pp. 24-30. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/2/24-30.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Причиной возведения большинства высотных зданий является рост населения городов и сокращение площадей земельных участков под новое строительство. Как правило, современные высотные здания - это престижные строительные объекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического процесса и внедрение инновационных технологий в строительство. Высокие здания имеют особенности, которые существенно отличают их от обычных построек. Это престижные проекты особой архитектурной значимости, отражающие состояние научно-технического прогресса, инновационных технологий [1-5].

Фасады высотных зданий и сооружений не могут быть каменными или бетонными, так как несущие конструкции не выдержат такой массивной нагрузки. Благодаря возможности использования гнутых конструкций, можно придать стеклу абсолютно любую форму, воплотив в реальность даже самые смелые и дерзкие архитектурные проекты. Кроме того, стеклометаллические конструкции монтируются снаружи здания на специальный каркас, что увеличивает полезную площадь помещений и в совокупности приносит большую экономическую выгоду. По этим причинам большинство современных небоскребов имеют стеклянный фасад, который гораздо меньше нагружает несущие конструкции, экономит полезную площадь, снижает затраты на возведение, а также наполняет здание светом и помогает поддерживать комфортный микроклимат внутри.

ОСОБЕННОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

На сегодняшний день в остеклении высотных зданий можно отметить следующие тенденции:

1. Рост процента площади наружного остекления (в среднем $\approx 80-85\%$).
2. Увеличение площади элементов остекления.
3. Расширение функционального диапазона стеклянных фасадов, нивелирующего последствия негативных факторов окружающей среды.

При проектировании стеклянных фасадов высотных зданий можно выделить следующие основные особенности [6]:

1. Большие риски при монтаже и техническом обслуживании. Повышенные требования безопасности.
2. Высокие эстетические требования, так как площадь остекления фасада здания слишком велика.
3. Сложные условия эксплуатации остекления ввиду большого количества действующих на него факторов и сопутствующих нагрузок.

Установлено, что снижение температуры на 45°C (с 20°C , при которой собирается стеклопакет, до температуры -25°C в условиях эксплуатации), приводит к снижению давления в пространстве между стёклами на $15,4$ кПа, что соответствует по величине нагрузки сильному ураганному ветру.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Современное остекление высотных зданий, которое удовлетворяет повышенным стандартам безопасности и отличается своей прочностью и тепловыми качествами, имеет существенно большую массу по сравнению с остеклением многоэтажных зданий высотой до 75 м за счёт своей сложной структуры, использования триплекса, закалённых и огнестойких стёкол, поэтому компаниям, имеющим дело со светопрозрачными конструкциями при осуществлении своей деятельности необходимо использовать целый ряд нормативных документов:

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
2. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*
4. СН 482-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов»

Нормативные документы, определяющие требования к материалу остекления:

1. ГОСТ 23166-99 – содержит общие требования к оконным блокам;
2. ГОСТ 24866-99 - оптические искажения стеклопакетов
3. ГОСТ 30698-2014 Стекло закаленное. Технические условия
4. ГОСТ 30733-2014 Стекло с низкоэмиссионным твердым покрытием. Технические условия
5. ГОСТ 30779-2014 Стеклопакеты клееные. Метод оценки долговечности
6. ГОСТ 30826-2014 Стекло многослойное. Технические условия
7. ГОСТ 31364-2014 Стекло с низкоэмиссионным мягким покрытием. Технические условия

ВИДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОСТЕКЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Для остекления высотных зданий и небоскрёбов используют различные системы остекления.

Стойчно-ригельная система фасада (классическая) представляет собой каркас из вертикальных стоек и горизонтальных ригелей, которые закрепляют светопрозрачное заполнение (рис.1). Элемент остекления закрепляется с наружной стороны специальным прижимным профилем, с декоративной накладкой. Накладка может быть самой различной формы цвета и размера, что позволяет создать наиболее подходящий вариант внешнего облика фасада. Стойчно-ригельная система остекления фасадов экономична по сравнению с другими системами, однако при этом отличается своей надёжностью и долговечностью. Кроме того, фасады, установленные таким способом, отличаются высокими теплоизоляционными свойствами и разнообразием допустимых форм.



Рис.1. Стойчно-ригельная система остекления¹
Fig. 1. Post-transom glazing system



Модульные фасады отличаются скоростью изготовления и монтажа, т.к. на строительную площадку поставляют готовые собранные блоки, а не отдельные элементы (рис. 2). Высота модульного фасада, как правило, равна высоте этажа здания. Герметичность стыков между блоками обеспечивается за счёт трёх контуров уплотнения и заполнения швов специальными герметиками. Скорость монтажа модульного фасада на 60% выше, чем у стойчно-ригельной системы, поэтому модульное остекление целесообразно использовать при большой площади остекления, т.е. для высотных зданий. Примером использования модульных фасадов является остекление башни Лахта Центра [7] в Санкт-Петербурге (рис.3).

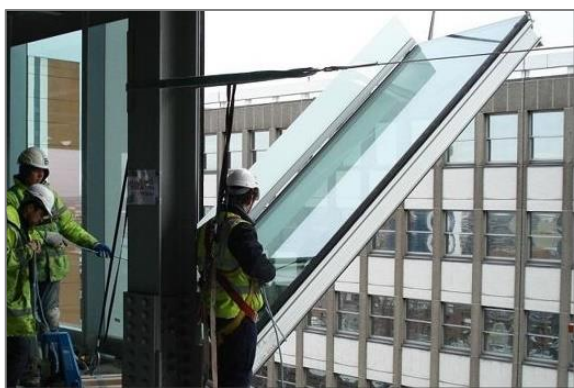


Рис.2. Модульные фасады²
Fig. 2. Modular facades

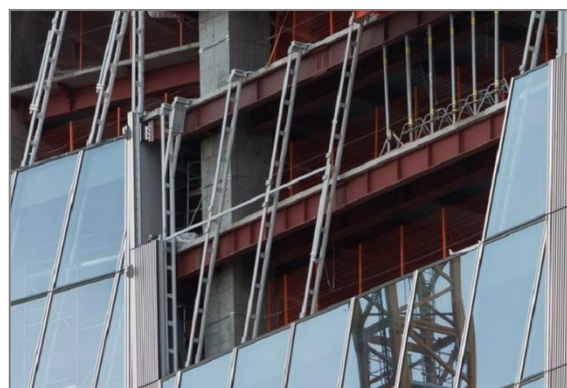


Рис.3. Остекление Лахта Центра, Санкт-Петербург³
Fig. 3. Glazing Lakhta Center, St. Petersburg

Спайдерное остекление очень популярно, т.к. является бескаркасным, а, следовательно, самым светопропускающим. Крепление элементов остекления осуществляется при помощи специального

¹ Входные группы из алюминиевого профиля [Электронный ресурс]. - URL: <https://allprofile.ru/alyuminievye-konstrukcii/okna-i-dveri/vhodnye-gruppy> (дата обращения: 21.06.2021)

² Фасадные системы [Электронный ресурс]. - URL: <http://okna-ryad.ru/alyuminievye-konstrukcii/fasadnye-sistemy.html> (дата обращения: 22.06.2021)

³ Операция «У». Как делают фасад небоскреба [Электронный ресурс]. - URL: <https://se7en.ws/operaciya-u-kak-delayut-fasad-neboskr> (дата обращения: 22.06.2021)

кронштейна – спайдера (рис. 4). Многообразие спайдеров и универсальность его крепления позволяет воплотить практически любой архитектурный проект. Преимущества спайдерной системы остекления:

1. Надёжность и долговечность конструкции, так как основной крепёжный элемент, спайдер, изготовлен из высоколегированной стали.
2. Лёгкость и воздушность фасада, благодаря отсутствию каркаса.
3. Уменьшение продолжительности строительства, так как такое остекление быстро монтируется.
4. Максимальное светопропускание.
5. Простота ухода, а также отличная ремонтоспособность.

Вантовое остекление является видом спайдерного остекления, но в отличие от него кронштейны крепятся не на несущие элементы здания, а на систему высокопрочных тросов, что позволяет установить светопрозрачные конструкции точно, без использования каркаса (рис. 5). Поверхность фасада выглядит гладкой, практически сплошной, стыки светопрозрачных элементов едва возможно различить. При всех достоинствах, вантовое остекление так же подойдёт для фасадов различной конфигурации.



Рис.4. Кронштейн-спайдер⁴
Fig. 4. Bracket spider

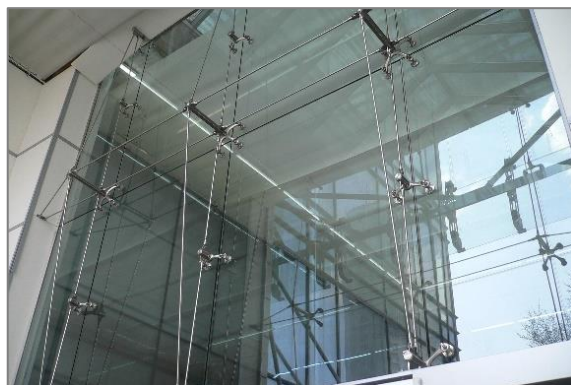


Рис.5. Вантовая система⁵
Fig.5. Cable system

Структурное остекление отличается от классического стоечно-ригельного способом крепления светопрозрачных элементов. При использовании данной технологии нет необходимости использовать прижимные профили и декоративные планки, поэтому фасад выглядит более лёгким. Небольшие швы между элементами остекления заполняются специальным герметиком. Структурное остекление фасада обладает всеми достоинствами стоечно-ригельного остекления, а отсутствие видимых элементов крепления создаёт эффект сплошного полотна (рис. 6).

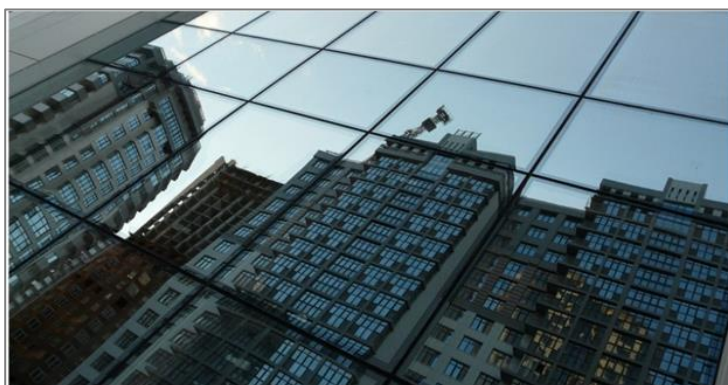
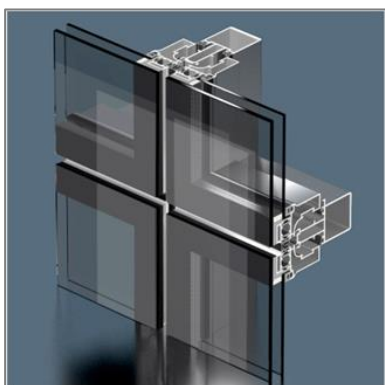


Рис.6. Структурное остекление⁶
Fig.6. Structural glazing

⁴ «Мега-Технологии»: впечатляющие перспективы спайдерного остекления фасадов [Электронный ресурс]. - URL: <https://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/29066-mega-tehnologii-vpechatlyayuschie-perspektivy-spaydernogo-ostekleniya-fasadov.html> (дата обращения: 21.06.2021)

⁵ Фасадное остекление [Электронный ресурс]. - URL: <https://nest-msk.ru/services/osteklenie/fasadnoe/> (дата обращения: 23.06.2021)

⁶ Структурное и полуструктурное остекление [Электронный ресурс]. - <https://mos-okno.com/alyuminievie-okna/fasadnoe-osteklenie/strukturnoe-i-polustrukturnoe-osteklenie/> (дата обращения: 23.06.2021)

ТРЕБОВАНИЯ К ФАСАДНОМУ ОСТЕКЛЕНИЮ

При проектировании оконных конструкций и выборе материалов необходимо обратить внимание на следующие качества:

1. **Энергоэффективность.** Потери тепла на верхних этажах всегда выше, поэтому при ошибках в проектировании, производстве или монтаже могут существенно возрасти расходы на отопление. Проблематично будет поддерживать комфортную температуру в зимнее время. Поэтому для светопрозрачных конструкций установлено минимальное значение коэффициента сопротивления теплопередаче $0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{С})$. Для достижения такого показателя фасады рекомендуют оснащать специальными энергосберегающими стеклопакетами с низкоэмиссионным покрытием и использовать специальные теплосберегающие плёнки [8-10].

2. **Прочность.** Конструктивные элементы здания, расположенные на высоте, подвергаются более суровому механическому влиянию, например, со стороны ветра, поэтому данные элементы подвержены большей нагрузке и деформации чем элементы на нижних этажах [11]. По этой причине применяются виды стекла повышенной прочности (закаленное стекло, бронированное стекло). Закаленное стекло в 4-5 раз прочнее обычного листового стекла, при сильном повреждении рассыпается на мелкие осколки, не способные причинить вред человеку.

3. **Солнцезащита.** Расположенные на высоте стеклянные фасады находятся в зоне прямого попадания солнечных лучей [12]. Возникает риск перегрева помещений. Для решения данных проблем используются рефлекторные стекла, а также современное мультифункциональное покрытие, которое помогает поддерживать внутри помещения комфортную температуру и освещённость. Например, светопрозрачные элементы остекления небоскрёба Burj Khalifa снаружи имеют тонкое металлическое покрытие, которое отражает лучи ультрафиолета, а внутри покрыты тонким слоем серебряного состава, который задерживает и отражает инфракрасное излучение. Также существуют специальные стекла с регулируемой прозрачностью (рис. 7). Они не только блокируют до 99% ультрафиолетового излучения, но и дополнительно повышают прочность стекла и устойчивость к ударным воздействиям. Такие многофункциональные покрытия являются отличным вариантом при остеклении высотных зданий [13].

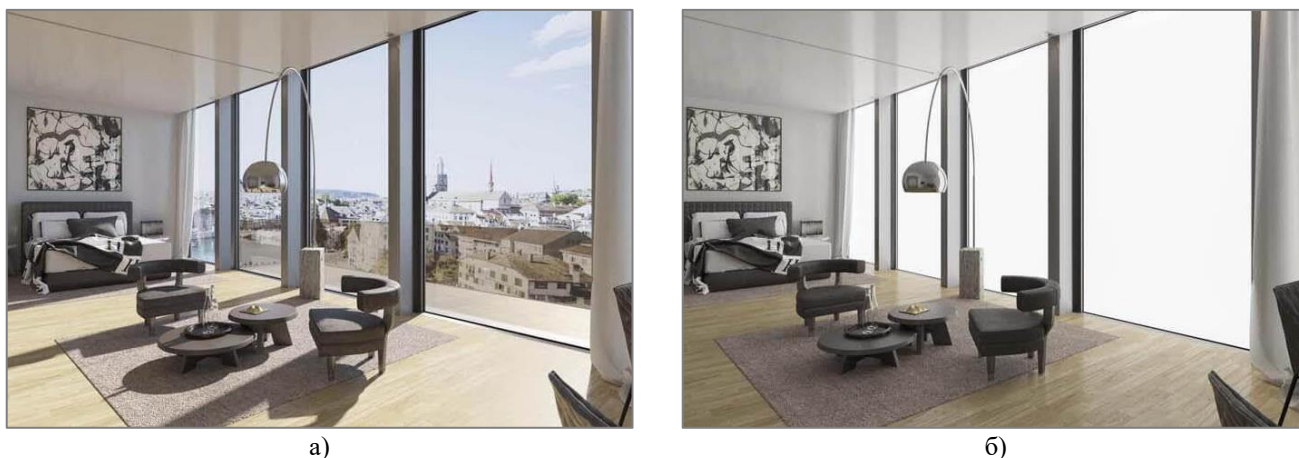


Рис.7. Стекло с регулируемой прозрачностью: а – электричество включено, б- электричество выключено⁷
Fig.7. Glass with adjustable transparency: a - electricity on, b - electricity off

4. **Безопасность** – одно из самых важных требований при остеклении зданий и сооружений. Следует использовать многослойные ударопрочные стёкла или оснащать стеклопакеты триплексом, который способен защитить людей от острых стеклянных осколков и предотвратить несчастные случаи. Триплекс изготавливается из обычного и низкоэмиссионного стекла. Его основная задача - не допустить выпадения осколков. Разбитое стекло не осыпается вниз острыми осколками, а покрывается трещинами, оставаясь на пленке.

5. **Чистота.** Для высотных зданий в целях безопасности разрешено только глухое остекление, поэтому самостоятельно вымыть окна там невозможно. Обычно эту проблему решают с помощью промышленных альпинистов, что, естественно, требует регулярных финансовых затрат. Однако

⁷ Умное стекло с регулируемой прозрачностью [Электронный ресурс]. - <http://alfaglass.ru/steklo/smart-steklo.html> (дата обращения: 27.06.2021)

существуют особенные самоочищающиеся стеклопакеты, которые очищаются от налёта и разводов под воздействием солнечного света и атмосферных осадков. Это стало возможным благодаря нанесению на наружную поверхность стекла специального покрытия, устойчивого к внешним воздействиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Остекление фасадов высотных зданий в последние годы получает все большее развитие благодаря своим свойствам, таким как: безопасность, прочность, долговечность, эстетичность и экономичность. К производству и установке современного остекления необходимо подходить очень ответственно, соблюдая все стандарты и меры безопасности. Для обеспечения наиболее благоприятных и комфортных условий для человека, стеклянные фасады непрерывно совершенствуются, появляется все больше новых технологических разработок. В статье были показаны наиболее распространённые виды остекления высотных зданий. Установлено, что модульный тип фасадов является самым быстрым способом остекления при одинаковом уровне прочности и безопасности. Спайдерное остекление, в свою очередь, больше подойдет для достижения максимальной светопрозрачности фасада. Также были рассмотрены стекла с регулируемой прозрачностью. Обилие вариантов и технологий фасадного остекления в совокупности подчеркивает достоинства и перспективы фасадного остекления высотных зданий, а также способствует дальнейшему расширению сферы применения светопрозрачных фасадных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магай А. А., Дубынин Н. В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 14-21.
2. Кудасова А.С., Нуриев В.Э., Морева И.С., Турянская В.А. О развитии систем фасадного остекления гражданских зданий // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4(51). – С. 191.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of highrise buildings // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 08008.
4. Gerasimova E., Galyamichiev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 6 (98). С. 9808.
5. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 115-123.
6. Галямичев А.В., Кирикова В.А. Влияние проектных и монтажных ошибок на эксплуатацию светопрозрачных и навесных вентилируемых фасадов // Светопрозрачные конструкции. 2017. № 1 (111). С. 26-31.
7. Пашкевич В. А. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта центра // Инженерные исследования. – 2021. – № 1(1). – С. 12-19.
8. Gamayunova O., Musorina T., Ishkov A.D. Humidity distributions in multilayered walls of high-rise buildings // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018. С. 02045.
9. Давыдова Е.И., Гнам П.А., Тарасова Д.С. Светопрозрачные конструкции и методы повышения их энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 5 (32). С. 112-128.
10. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // Vestnik MGSU. 2018. Т. 13. № 8 (119). С. 935-943.
11. Lalin V., Galyamichiev A., Zdanchuk E., Mutovkin A., Dogru S. Wind loads on a high-rise building // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Т. 70. С. 551-562.
12. Gamayunova O., Petrichenko M., Musorina T., Gumerova E. Feasibility study of the insulation of the enclosing walls of high-rise buildings // В сборнике: MATEC Web of Conferences. Сер. "International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering, EECE 2018" 2018. С. 06006.
13. Salosin A., Gamayunova O., Mottaeva A. The effectiveness of the smart office system // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. С. 012028.

REFERENCES

1. Magai A.A., Dubynin N.V. Translucent facades of high-rise multifunctional buildings // Vestnik MGSU. - 2010. - No. 2. - Pp. 14-21.
2. Kudasova A.S., Nuriev V.E., Moreva I.S., Turyanskaya V.A. On the development of facade glazing systems for civil buildings // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. - 2018. - No. 4 (51). - P. 191.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of highrise buildings // In: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. P. 08008.
4. Gerasimova E., Galyamichiev A., Dogru S. Stress-strain state of insulated glass unit in structural glazing systems // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 6 (98). P. 9808.

5. Zhornik M.A., Gamayunova O.S. High-speed construction of high-rise buildings // *Vysokiyе tekhnologii v stroitel'nom komplekse* [High technologies in the construction complex]. 2021. No. 1. Pp. 115-123.
6. Galyamichev A.V., Kirikova V.A. Influence of design and installation errors on the operation of translucent and hinged ventilated facades // *vetoprozrachnyye konstruksii* [Translucent constructions]. 2017. No. 1 (111). Pp. 26-31.
7. Pashkevich V.A. Green construction and energy efficiency of the Lakhta Center // *Inzhenernyye issledovaniya* [Engineering Research]. - 2021. - No. 1 (1). - Pp. 12-19.
8. Gamayunova O., Musorina T., Ishkov A.D. Humidity distributions in multilayered walls of high-rise buildings // In: *E3S Web of Conferences*. 2018. P. 02045.
9. Davydova E.I., Gnam P.A., Tarasova D.S. Translucent structures and methods of increasing their energy efficiency // *Construction of unique buildings and structures*. 2015. No. 5 (32). Pp. 112-128.
10. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // *Vestnik MGSU*. 2018. T. 13. No. 8 (119). Pp. 935-943.
11. Lalin V., Galyamichev A., Zdanchuk E., Mutovkin A., Dogru S. Wind loads on a high-rise building // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. T. 70. Pp. 551-562.
12. Gamayunova O., Petrichenko M., Musorina T., Gumerova E. Feasibility study of the insulation of the enclosing walls of high-rise buildings // In: *MATEC Web of Conferences*. Ser. "International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering, EECE 2018" 2018. P. 06006.
13. Salosin A., Gamayunova O., Mottaeva A. The effectiveness of the smart office system // In: *Journal of Physics: Conference Series*. Ser. "International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies" 2020. P. 012028.

ОБ АВТОРАХ

Павел Сергеевич Миропольский – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: miropolskij.ps@edu.spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Pavel S. Miropolsky – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: miropolskij.ps@edu.spbstu.ru