

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ НА ОБЪЁМНО-ПРОСТРАНСТВЕННУЮ КОМПОЗИЦИЮ ВЫСОТНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Рассматривается актуальная проблема влияния энергоэффективных и аэродинамических стратегий на объёмно-пространственную композицию высотных общественных зданий с учётом современной тенденции экологизации архитектурно-строительной науки.

Цель исследования состоит в выявлении основных приёмов формообразования, обусловленных требованиями аэродинамической оптимизации и энергосбережения, на примере реализованных в мировой практике высотных объектов.

Основными задачами являются: анализ международного опыта проектирования высотных зданий с учётом ветровых нагрузок и энергоэффективности; систематизация выявленных приёмов формообразования; определение роли аэродинамических и энергоэффективных стратегий в формировании архитектурного облика.

В работе используются современные методы архитектурной науки, включающие комплексное исследование и научное обобщение мирового опыта экологического строительства, сравнительный анализ объёмно-пространственных решений, а также выявление и систематизацию архитектурно-планировочных приёмов, определяемых экологическими требованиями.

На основе анализа выдающихся примеров экологического строительства из мирового опыта («Шанхайская башня», «Лахта Центр», «Башня Жемчужной реки», Бахрейнский всемирный торговый центр) выявлены основные подходы к интеграции энергоэффективных и аэродинамических стратегий в архитектуру высотных зданий. Показано, что форма здания перестаёт быть только эстетической категорией и становится инструментом снижения ветровых нагрузок и повышения энергоэффективности. Особенностью современного подхода является синтез аэродинамических и энергоэффективных стратегий, когда одна и та же геометрическая особенность – сужающийся профиль, зауженная центральная часть, ориентация по сторонам света – одновременно решает несколько задач, формируя новый, технологичный и экологически ориентированный язык архитектуры.

Ключевые слова: высотные общественные здания, энергоэффективные стратегии, аэродинамическое формообразование, объёмно-пространственная композиция, адаптивная геометрия.

INFLUENCE OF ENERGY-EFFICIENT AND AERODYNAMIC STRATEGIES ON THE SPATIAL COMPOSITION OF HIGH-RISE PUBLIC BUILDINGS

The article addresses the current problem of the influence of energy-efficient and aerodynamic strategies on the spatial composition of high-rise public buildings, considering the modern trend towards the greening of architectural and construction science.

The aim of the study is to identify the main form-building techniques determined by the requirements of aerodynamic optimization and energy conservation, using examples of high-rise buildings implemented in world practice.

The main objectives are: analysis of international experience in the design of high-rise buildings considering wind loads and energy efficiency; systematization of the identified form-building techniques; determination of the role of aerodynamic and energy-efficient strategies in shaping the architectural appearance.

The work employs modern methods of architectural science, including comprehensive research and scientific generalization of world experience in ecological construction, comparative analysis of spatial solutions, as well as the identification and systematization of architectural and planning techniques determined by environmental requirements.

Based on the analysis of outstanding examples of ecological construction from world practice (Shanghai Tower, Lakhta Center, Pearl River Tower, Bahrain World Trade Center), the main approaches to the integration of energy-efficient and aerodynamic strategies into the architecture of high-rise buildings are identified. It is shown that the building form ceases to be merely an aesthetic category and becomes a tool for reducing wind loads and improving energy efficiency. A distinctive feature of the modern approach is the synthesis of aerodynamic and energy-efficient strategies, where the same geometric feature (tapering profile, narrowed central part, orientation to the cardinal points) simultaneously solves several problems, forming a new, technological and ecologically oriented architectural language.

Keywords: *high-rise public buildings, energy-efficient strategies, aerodynamic form-building, spatial composition, adaptive geometry.*

В условиях глобальной урбанизации и непрерывного роста городов высотное строительство остаётся одним из основных способов рационального использования дефицитных городских территорий [1]. Однако концентрация больших объёмов населения и экономической активности в высотных зданиях сопровождается значительным увеличением энергопотребления и нагрузкой на городские инженерные сети [2]. По данным Минприроды России на строительство и эксплуатацию зданий приходится около 40% потребления энергии и 30% выбросов парниковых газов [3]. Высотные сооружения, характеризующиеся значительной площадью ограждающих конструкций, высокими ветровыми нагрузками и сложными системами жизнеобеспечения, демонстрируют пропорционально увеличенное ресурсопотребление на единицу площади.

Особую остроту эта проблема приобретает в контексте изменения климата и учащающихся экстремальных погодных явлений, включая шквалистые ветры и ураганы. В связи с этим поиск архитектурных решений, позволяющих снизить энергопотребление и минимизировать экологический след через саму форму здания, становится всё более актуальной задачей [4]. При этом ключевыми направлениями оптимизации выступают, с одной стороны, снижение ветровых нагрузок на здание и прилегающую территорию, с другой – повышение общей энергоэффективности за счёт рациональной геометрии объёма, планировки и фасадных решений, а также повышение энергетической независимости здания от городских сетей.

Взаимодействие ветровых потоков с высотными сооружениями долгое время оставалось преимущественно инженерной проблемой, решаемой на этапе расчёта несущих конструкций. Архитектурная форма при этом подчинялась иным – композиционным, функциональным или символическим – задачам, а ветровые нагрузки воспринимались как неизбежное, но не формообразующее обстоятельство. Такой подход приводил к тому, что многие высотные здания второй половины XX века, при всей их выразительности, обладали значительной парусностью, создавали дискомфортные пешеходные зоны у основания и требовали дополнительных энергозатрат на поддержание микроклимата.

Ситуация начала меняться с развитием методов вычислительной гидродинамики (CFD – computational fluid dynamics) и параметрического моделирования в конце XX – начале XXI века [5, 6]. Эти инструменты позволили архитекторам и инженерам не просто рассчитывать готовую форму на ветровые нагрузки, а моделировать её поведение в реальном времени, подбирая геометрические параметры для достижения оптимальных аэродинамических характеристик [7]. Одновременно с этим рост экологического сознания и ужесточение нормативных требований к энергоэффективности зданий поставили задачу снижения энергопотребления в число приоритетных.

В результате сформировалось новое направление, в котором энергоэффективные и аэродинамические стратегии стали рассматриваться как активные формообразующие факторы. Скрученные силуэты, сужающиеся кверху объёмы, асимметричные профили и наклонные фасады – все эти приёмы, ранее воспринимавшиеся как сугубо эстетические или концептуальные, получили инженерное обоснование и были закреплены в проектах как средства оптимизации ветровых нагрузок и энергетического баланса здания.

Аэродинамическая оптимизация геометрии высотных зданий направлена на решение двух ключевых задач: снижение ветровых нагрузок на несущие конструкции и минимизацию дискомфортных зон у основания здания, вызванных турбулентностью. Традиционные приёмы, такие как скругление углов и ступенчатое уменьшение объёма по высоте, были известны ещё в середине XX века, однако их применение носило, скорее, эмпирический характер. Как отмечалось выше, лишь с развитием параметрического моделирования и вычислительной гидродинамики стало возможным целенаправленное проектирование формы, оптимизированной под конкретные климатические условия.

Одним из наиболее показательных примеров реализации аэродинамических стратегий с помощью такого подхода к проектированию является «Шанхайская башня» («Shanghai Tower»; г. Шанхай, КНР) (рис., а). Здание высотой 632 метра имеет спиралевидную форму, закрученную на 120 градусов вокруг своей оси [8]. Такая геометрия была выбрана не из эстетических соображений, а как ре-

зультат многовариантных компьютерных расчётов, направленных на снижение ветровых нагрузок. Благодаря скрученному силуэту здание испытывает на 24% меньшие ветровые нагрузки по сравнению с гипотетической прямоугольной башней той же высоты [9]. Кроме того, спиралевидная форма уменьшает образование вихрей, которые могли бы вызвать раскачивание сооружения. Важно подчеркнуть, что закручивание объёма повлияло и на внутреннюю планировочную структуру: на месте перегибов фасада сформированы атриумные пространства, выполняющие роль климатических буферов и улучшающие естественную вентиляцию.

Российская практика представлена 462-метровым «Лахта Центром» в г. Санкт-Петербурге (рис., б). Форма башни – многогранник, закрученный на 90 градусов вокруг своей оси. Такое решение («торсионная структура») было выбрано, в том числе, из соображений аэродинамики в суровых климатических условиях Финского залива с его частыми сильными ветрами [6, 10]. Скручивание объёма позволило снизить ветровые нагрузки на конструкцию и уменьшить парусность здания, что особенно важно для высотных сооружений в прибрежных зонах. Помимо этого, динамичный силуэт башни способствует отрыву ветровых потоков, не позволяя им обтекать здание целиком и создавать зоны повышенного давления. Как и в «Шанхайской башне», оптимизация формы оказала влияние на объёмно-пространственную композицию: каждый из «лепестков» башни содержит лоджии-буферы, участвующие в терморегуляции.

Особого внимания заслуживает подход, реализованный в «Башне Жемчужной реки» («Pearl River Tower»; г. Гуанчжоу, КНР) (рис., в). В отличие от «Шанхайской башни» и «Лахта Центра», где акцент сделан на оптимизации обтекаемости, здесь аэродинамическая форма выступает инструментом активного использования ветровой энергии. Здание имеет аэродинамический профиль, напоминающий крыло самолёта: два симметричных «лепестка» с зауженной центральной частью. Такая геометрия создаёт зоны пониженного давления, что способствует естественному вытягиванию нагретого воздуха из внутренних атриумов. При этом форма не только выполняет утилитарную функцию, но и

формирует выразительный, технологичный образ, делающий здание узнаваемым.

Все три примера демонстрируют, что аэродинамические стратегии напрямую формируют архитектурный облик здания. Скрученные, сужающиеся и асимметричные формы, ранее ассоциировавшиеся с футуристической эстетикой, сегодня становятся результатом инженерных расчётов и неотъемлемым элементом композиции высотных общественных зданий. При этом важно отметить, что подобные решения имеют не только техническую, но и градостроительную значимость: оптимизированная форма снижает турбулентность в приземном слое, делая прилегающие территории более комфортными для пешеходов.

Энергоэффективность высотных зданий традиционно связывают с инженерными системами: качеством утепления, эффективностью остекления, автоматизацией управления внутренним климатом. Однако в последние десятилетия всё большее значение приобретает использование возобновляемых источников энергии, интегрированных непосредственно в архитектуру здания. В этом случае форма начинает подчиняться не только аэродинамическим, но и энергогенерирующим задачам, а инженерные элементы – ветротурбины, солнечные панели, системы естественной вентиляции – перестают маскироваться и становятся активными компонентами композиции [11, 12].

Две башни-паруса Бахрейнского всемирного торгового центра (ВТЦ; г. Манама, Бахрейн) высотой 240 метров соединены тремя мостами, на которых размещены ветротурбины диаметром 29 метров (рис., г). Сама форма башен – вытянутая, обтекаемая, напоминающая парус – была выбрана не случайно: она направляет ветровые потоки в промежуток между зданиями, ускоряя их благодаря эффекту Вентури и повышая эффективность турбин. Таким образом, архитектурный силуэт здесь работает как единая система, где форма башен и расположение ветрогенераторов взаимообусловлены. Ветротурбины, размещённые открыто на мостах, становятся визуальной доминантой, подчёркивающей тех-

нологичность и экологическую направленность здания. По оценкам, такая система обеспечивает до 15% энергопотребления комплекса [13].

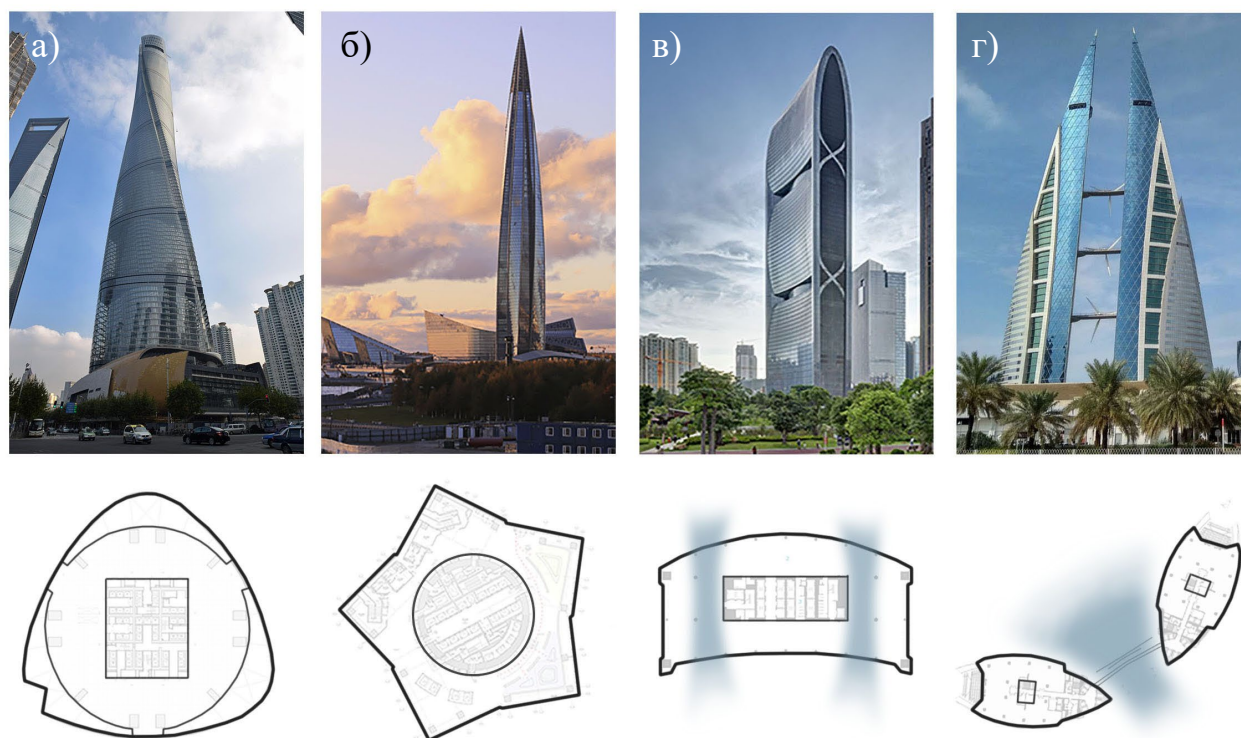


Рис. Перспективные виды и схемы планировочных структур высотных экологических зданий: а – «Шанхайская башня» в КНР; б – «Лахта Центр» в России; в – «Башня Жемчужной реки» в КНР; г – Бахрейнский ВТЦ в Бахрейне

Иной подход демонстрирует уже упомянутая выше «Башня Жемчужной реки», где энергоэффективные стратегии интегрированы в структуру здания менее демонстративно. Башня имеет аэродинамический профиль, спроектированный для максимального использования ветровой и солнечной энергии. В отличие от Бахрейнского ВТЦ, здесь ветротурбины расположены не снаружи, а внутри здания – в четырёх отверстиях-каналах, проходящих сквозь фасады. Сужающийся кверху силуэт и отверстия в фасадах позволяют направлять ветровые потоки на лопасти ветротурбин с вертикальной осью вращения (турбины Дарье), расположенных внутри здания. Форма здания под действием эффекта Вентури многократно усиливает ветровые потоки, направляемые к ветрогенераторам. Перепад давлений, образующийся при этом, также естественным образом вытягивает нагретый воздух из центрального 70-метрового атриума через

практически невидимые вентиляционные отверстия в верхней части здания, обеспечивая значительную экономию энергии на кондиционировании [14, 15]. Такое решение позволяет генерировать электроэнергию, не нарушая чистоту архитектурного облика и не создавая дополнительной визуальной нагрузки на фасад.

Важно подчеркнуть, что энергоэффективные стратегии в рассмотренных примерах по-разному влияют на объёмно-пространственную композицию. В Бахрейнском ВТЦ они порождают открытую, демонстративную архитектуру, где инженерные системы выставлены напоказ и формируют образ. В «Башне Жемчужной реки», напротив, те же задачи решаются скрыто, а форма здания остаётся лаконичной и цельной, что приводит к иному, более сдержанному архитектурному выражению. Оба подхода демонстрируют, что энергоэффективность способна выступать не просто техническим требованием, а полноценным формообразующим фактором.

Следует отметить, что аэродинамические и энергоэффективные стратегии редко встречаются в чистом виде. В большинстве современных высотных зданий они сочетаются, взаимодополняя друг друга и формируя единую, комплексную систему требований к объёмно-пространственной композиции. Синтез этих стратегий может проявляться по-разному: от последовательного учёта нескольких факторов при проектировании формы до создания многофункциональных элементов, одновременно решающих аэродинамические и энергогенерирующие задачи [16, 17].

В «Башне Жемчужной реки» аэродинамическая оптимизация и интеграция возобновляемых источников энергии реализованы в единой системе. Сужающийся кверху силуэт и аэродинамический профиль здания снижают ветровые нагрузки, а зауженная центральная часть создаёт зону пониженного давления, способствуя естественной вентиляции атриумов и одновременно направляя ветровые потоки к внутренним ветротурбинам. Таким образом, одна и та же геометрическая особенность работает на решение обеих задач. Кроме того,

ориентация широких фасадов на юг и север не только улучшает инсоляцию, но и снижает ветровое давление на торцевые, более узкие стороны здания.

Синтез стратегий прослеживается и в «Шанхайской башне». Спиралевидная форма была оптимизирована, в первую очередь, для снижения ветровых нагрузок, однако она же создаёт условия для организации естественной вентиляции за счёт расположенных в сформированных особой геометрией здания атриумов, выполняющих роль климатических буферов и снижающих потребность в принудительном кондиционировании. В «Лахта Центре» скрученная форма также работает на повышение аэродинамических свойств, а лоджии-буферы в «лестницах» башни участвуют в терморегуляции, снижая теплопотери в холодное время года.

В Бахрейнском ВТЦ, где основной акцент сделан на ветрогенерации, форма башен-парусов одновременно и снижает ветровые нагрузки, и направляет потоки на турбины. Однако в отличие от «Башни Жемчужной реки», решение фасадов здания более демонстративно: инженерная система не скрыта, а вынесена на фасад, что придаёт зданию технологичный, футуристический облик. В этом случае синтез стратегий приводит к формированию открытого, «кинетического» архитектурного образа, где сам процесс генерации энергии становится частью визуального восприятия.

В результате исследования можно выделить две основные модели синтеза аэродинамических и энергоэффективных стратегий. Первая – интегральная, когда форма оптимизируется одновременно под несколько параметров, а инженерные системы интегрированы в структуру здания («Шанхайская башня», «Башня Жемчужной реки»). Вторая – демонстративная, где энергоэффективные элементы вынесены на фасад и становятся самостоятельными композиционными акцентами, а аэродинамическая форма направлена на повышение их эффективности (Бахрейнский ВТЦ). Обе модели позволяют создавать высотные здания, в которых экологические требования не ограничивают, а обогащают архитектурную выразительность [18, 19].

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что аэродинамические стратегии порождают новый, основывающийся на расчётах, тип морфологии высотных зданий – скрученные, сужающиеся и асимметричные объёмы, которые ранее воспринимались как сугубо стилистические решения. В рассмотренных примерах закрученный силуэт обеспечивает снижение ветровых нагрузок и одновременно формирует выразительный архитектурный образ, визуализирующий процесс естественного, природообразного формообразования.

Наиболее значимым результатом исследования представляется вывод о необходимости синтеза аэродинамических и энергоэффективных стратегий – когда одна и та же геометрическая особенность одновременно решает несколько задач, экологические требования обретают системный характер, а архитектурная форма становится прямым выражением экологической эффективности [18].

Таким образом, энергоэффективные и аэродинамические стратегии формируют новую парадигму проектирования высотных общественных зданий, в которой экология выступает не ограничением, а источником формообразования. Дальнейшее развитие этого направления требует совершенствования методов параметрического моделирования и вычислительной гидродинамики, позволяющих уже на стадии эскиза интегрировать экологические императивы в архитектурную концепцию [20].

Литература

1. Магай, А.А. Архитектурное проектирование высотных зданий и комплексов / А.А. Магай // М.: АСВ, 2015. – 245 с.
2. Белошапко О. А. «Зеленая» архитектура // Современные проблемы экологии: доклады XXV междунар. науч.-практич. конференции / под общ. ред. В. М. Панарина. – Тула : Инновационные технологии, 2020. – С. 74–76.

3. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году : государственный доклад / Минприроды России, МГУ им. М. В. Ломоносова. – Москва : Минприроды России : МГУ, 2022. – 684 с.

4. Шабиев С. Г. Экологичность как критерий оценки качества объектов современной архитектуры // Наука ЮУрГУ: материалы 70-й научной конференции. Секции социально-гуманитарных наук. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 12–16.

5. Быкова А. А. Проблемы архитектурной формы небоскрёба //Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. ВГ Шухова. – 2018. – С. 90-97.

6. Николаева В. В., Николаева А. Г. Влияние ветровых нагрузок на высотные здания сложной формы //Вестник науки. – 2025. – Т. 2. – №. 2 (83). – С. 722-728.

7. Гольдберг. Ю. И., Мальцева И. Н. Аэродинамика высотных зданий на опыте трех мировых гигантов // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2025. – Т. 11. – № 1. – 1101006. – DOI 10.15826/rjctst.2025.1.006.

8. Li Y. et al. Analysis and reflection on the green, low-carbon, and energy-saving design of the super high-rise building // Sustainability. – 2024. – Vol. 16. – No. 10. – P. 4146.

9. Xia J., Poon D., Mass D. Case study: Shanghai tower //CTBUH J. – 2010. – Т. 2010. – С. 12-18.

10. Пашкевич В. А. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта центра // Инженерные исследования. – 2021. – № 1. – С. 12–19.

11. Этенко, В.П. / Экологические проблемы высотных зданий / В.П. Этенко // Жилищное строительство. – 2015. – № 12. – С. 41-44.

12. Иванова Я. А. «Зеленые» стандарты в мировом опыте проектирования зданий и сооружений // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. – 2022. – С. 340–345.

13. Suvarna K., Allani N. Urban Lived experience of Contemporary Iconic Architecture in the Kingdom of Bahrain // Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 456–465.
14. Malyanova L. I., Sergeeva M. A. Energy Efficiency and Sustainability of High-Rise Buildings and Structures // International Conference on Construction and Development: Life Cycle. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2020. – P. 205–209.
15. Баранина А. А. Эко-проект Pearl River Tower // Academy. – 2020. – № 1 (52). – С. 83–86.
16. Ведяйкина О. И. и др. Аэродинамика высотных комплексов с интегрированными ветрогенерирующими установками // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2025. – № 1 (90). – С. 62–72.
17. Братошевская В. В., Устов Е. Б. Влияние аэродинамических параметров на композиционные решения высотных зданий // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11. – № 5. – С. 61–66.
18. Черепанов Н. В., Шабиев С. Г. Архитектурное формирование высотных общественных зданий на основе активной экологичности // Архитектура, градостроительство и дизайн. – 2024. – № 1 (45). – С. 33–44.
19. Беленя И. М. Архитектура фасадов современных общественных зданий в аспекте устойчивого развития // Экономика строительства. – 2023. – № 3. – С. 62–72.
20. Пичугов П. А., Шабиев С. Г. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для BIM // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2025. – Т. 15. – № 3. – С. 586–599.

References

1. Magai A. A. Architectural Design of High-Rise Buildings and Complexes. – Moscow: ASV, 2015. – 245 p.

2. Beloshapko O. A. Green Architecture // Contemporary Environmental Problems: Reports of the XXV International Scientific-Practical Conference / edited by V. M. Panarin. – Tula: Innovative Technologies, 2020. – P. 74–76.
3. On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2021: National Report / Ministry of Natural Resources of Russia, Lomonosov Moscow State University. – Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia: Moscow State University, 2022. – 684 p.
4. Shabiev S.G. Environmental Friendliness as a Criterion for Assessing the Quality of Contemporary Architecture Objects // Science of South Ural State University: Proceedings of the 70th Scientific Conference. Sections of Social Sciences and Humanities. – Chelyabinsk: South Ural State University Publishing Center, 2018. – P. 12–16.
5. Bykova A. A. Problems of Architectural Form of Skyscrapers // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V. G. Shukhov. – 2018. – P. 90–97.
6. Nikolaeva V. V., Nikolaeva A. G. Impact of Wind Loads on High-Rise Buildings of Complex Shape // Science Bulletin. – 2025. – Vol. 2. – No. 2 (83). – P. 722–728.
7. Goldberg Yu. I., Maltseva I. N. Aerodynamics of High-Rise Buildings Based on the Experience of Three World Giants // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2025. – Vol. 11. – No. 1. – 1101006. – DOI: 10.15826/rjcst.2025.1.006.
8. Li Y. et al. Analysis and Reflection on the Green, Low-Carbon, and Energy-Saving Design of the Super High-Rise Building // Sustainability. – 2024. – Vol. 16. – No. 10. – P. 4146.
9. Xia J., Poon D., Mass D. Case Study: Shanghai Tower // CTBUH Journal. – 2010. – Vol. 2010. – P. 12–18.
10. Pashkevich V. A. Green Construction and Energy Efficiency of Lakhta Center // Engineering Research. – 2021. – No. 1. – P. 12–19.

11. Etenko V. P. Environmental Problems of High-Rise Buildings // Housing Construction. – 2015. – No. 12. – P. 41–44.
12. Ivanova Ya. A. Green Standards in World Experience of Building and Structure Design // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V. G. Shukhov, Dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences. – 2022. – P. 340–345.
13. Suvarna K., Allani N. Urban Lived Experience of Contemporary Iconic Architecture in the Kingdom of Bahrain // Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 456–465.
14. Malyanova L. I., Sergeeva M. A. Energy Efficiency and Sustainability of High-Rise Buildings and Structures // International Conference on Construction and Development: Life Cycle. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2020. – P. 205–209.
15. Baranina A. A. Eco-Project Pearl River Tower // Academy. – 2020. – No. 1 (52). – P. 83–86.
16. Vedyaykina O. I. et al. Aerodynamics of High-Rise Complexes with Integrated Wind Power Generation Systems // Journal of Theoretical and Applied Mechanics. – 2025. – No. 1 (90). – P. 62–72.
17. Bratoshevskaya V. V., Ustov E. B. Influence of Aerodynamic Parameters on Compositional Solutions of High-Rise Buildings // Eurasian Science Bulletin. – 2019. – Vol. 11. – No. 5. – P. 61–66.
18. Cherepanov N. V., Shabiev S. G. Architectural Formation of High-Rise Public Buildings Based on Active Environmental Principles // Architecture, Urban Planning and Design. – 2024. – No. 1 (45). – P. 33–44.
19. Belenya I. M. Facade Architecture of Modern Public Buildings in the Aspect of Sustainable Development // Construction Economics. – 2023. – No. 3. – P. 62–72.
20. Pichugov P. A., Shabiev S. G. Application of Artificial Intelligence and Machine Learning for BIM // University News. Investments. Construction. Real Estate. – 2025. – Vol. 15. – No. 3. – P. 586–599.

Черепанов Н.В.

Аспирант кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

E-mail: nikita-7498@yandex.ru

Cherepanov N.V.

Graduate student of the Department of Architecture, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia

E-mail: nikita-7498@yandex.ru

Шабиев С.Г.

Заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

E-mail: shabievsg@susu.ru

Shabiev S. G.

Head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, Head of the Department of Architecture, South Ural State University, c. Chelyabinsk, Russia

E-mail: shabievsg@susu.ru