



УДК 725:69.032.2

А. А. ПЕРШОНКОВ, магистрант; **М. В. БАРАБАШ**, канд. архитектуры, доц. кафедры архитектурного и средового проектирования

ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Академия архитектуры и искусств
Россия, 344082, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденновский, д. 39.

Тел. (919) 886-92-55, (938) 143-72-48;

эл. почта: personkovandrej@gmail.com; mary.mazurik@yandex.ru

Ключевые слова: архитектура, небоскреб, энергопотребление, энергоэффективность, нулевой баланс.

Изучена концепция нулевого энергопотребления, рассмотрены проблемы реализации зданий с нулевым энергетическим балансом, приведены классы энергоэффективности зданий, выявлены основные подходы и методы, позволяющие приблизить высотное здание к околонулевому потреблению энергии, а также дано объяснение, почему в настоящий момент нельзя спроектировать небоскреб с абсолютно нулевым энергетическим балансом.

Идея разработки зданий, которые смогут обеспечивать сами себя энергией и не будут нуждаться во внешних источниках питания, в последнее время занимает умы архитекторов и инженеров со всего мира. Особая актуальность в создании таких зданий связана, в первую очередь, со стремительно растущим загрязнением окружающей среды и нехваткой ресурсов, которые бы обеспечивали здание энергией. Однако реализовать концепцию здания с нулевым уровнем потребления энергии на практике не так просто. Для этого потребуется тщательно продумать архитектурно-планировочное решение здания, максимально использовать природные ресурсы и возобновляемые источники энергии. Тем не менее, несмотря на трудность задач, поставленных перед архитекторами и инженерами, разработка зданий с нулевым энергетическим балансом способна задать новый вектор в развитии архитектуры. Строительство таких зданий позволит не только существенно сэкономить на ресурсах, но и значительно уменьшит наше влияние на загрязнение окружающей среды.

Концепция здания с нулевым балансом заключается в том, что в процессе эксплуатации компенсируются затраты энергопотребления посредством возобновляемых ресурсов [1]. Таким образом, здание предполагает полное самообеспечение энергией, исключая потребление ресурсов из внешних источников.

Главной движущей силой развития таких зданий является минимизация выбросов парниковых газов в атмосферу во время эксплуатации, а также создание гармоничной интеграции высокоэффективных строительных материалов, систем управления энергией и современных технологий для достижения полной энергетической независимости объекта [1]. Развитию зданий с нулевым энергопотреблением способствует стремление к меньшему воздействию на окружающую среду. В свою очередь, на их распространение влияют налоговые льготы и экономия на электроснабжении, которые делают такие здания финансово жизнеспособными [2].

Современные здания используют около 40 % всей энергии за счет ископаемого топлива, которое является одним из основных источников по выбросу парниковых газов. Для борьбы с таким высоким энергопотреблением все большее число объектов принимает меры по обеспечению углеродной нейтральности как средства снижения углеродного следа и уменьшения зависимости от ископаемого топлива. Несмотря на то, что количество зданий с нулевым энергопотреблением в развитых странах ограничено, их популярность стремительно растет. Существует рейтинг классов энергоэффективности зданий, который отражает, насколько объект эффективно расходует энергию в процессе эксплуатации (рис. 1 цв. вклейки). Так, существует 9 классов эффективности, наивысший из которых A++, а наименьший G [3]. Сейчас практически все новые возводимые здания имеют рейтинг от A до A++, что характеризует стремление строительных компаний к экологически чистым технологиям.

Важнейшим аспектом достижения нулевого энергопотребления является использование альтернативных возобновляемых источников энергии, способных покрыть эксплуатационные расходы здания. К таким источникам энергии относятся: геотермальная энергия, солнечная энергия, сила ветра, биотопливо и гидроэнергия (рис. 2 цв. вклейки). При этом источники возобновляемой энергии могут быть установлены как в самом здании, например, солнечные батареи, так и на прилегающей территории в виде ветроэнергетических систем и растительной биомассы [4].

Несмотря на видимое преимущество строительства зданий с нулевым энергопотреблением, такая концепция имеет множество проблем, связанных с реализацией, как в проектном, так и в экономическом плане. Основной проблемой являются еще не в полной мере развитые энергоэффективные технологии. Данная концепция скорее находится на стадии разработки, так как применяемые альтернативные источники питания не способны вырабатывать достаточно энергии для полностью автономной эксплуатации здания. Так, например, солнечная энергия недоступна в ночное время, а в зимний период ее можно получить только в ограниченных количествах. Кроме того, системы аккумуляции энергии слишком дороги и требуют значительного пространства в здании для размещения. Инженерное оборудование и современные технологии для таких зданий также будут иметь высокую стоимость. Помимо этого, для разработки здания с нулевым потреблением требуются высококвалифицированные специалисты, которые обладают достаточным опытом и навыками. Также стоит отметить, что здание с нулевым энергетическим балансом в любом случае нуждается в резервном подключении от общей сети с целью предотвращения аварийного отключения питания в случае нехватки собственной энергии. То есть, нагрузка на здание с нулевым энергопотреблением все равно должна учитываться в пропускной способности сети.

Но наиболее значимой проблемой здания с нулевым балансом является не его эксплуатация, а процесс строительства. Исследование по применению воплощенного углерода как строительного материала, проведенное в 2019 году архитектором Крисом Магвудом, показало, что в период с 2020 по 2030 годы сокращение первоначальных выбросов углекислого газа и переход на чистую или возобновляемую энергию важнее, чем повышение эффективности здания. Это связано с тем, что «при постройке высокоэффективной конструкции, соответствующей базовым нормам, может фактически выделяться больше

парниковых газов, чем при использовании материалов, соответствующих базовым нормам, если используются углеродоемкие материалы» [5].

Концепция нулевого энергопотребления, несмотря на множество проблем с реализацией, с каждым годом продолжает все больше дорабатываться и совершенствоваться благодаря техническому прогрессу и стараниям архитекторов и инженеров. Наиболее интересный и неоднозначный подход эта концепция нашла в проектировании высотных зданий.

Главным отличием высотного здания от малоэтажного жилого дома или небольшого общественного здания является значительная площадь эксплуатируемых помещений, соответственно, гораздо большие затраты энергии на эксплуатацию. И вместе с тем сложности в специфике построения инженерных систем, что неизбежно влечет за собой повышенное энергопотребление. Учитывая также энергозатраты вертикального транспорта, становится ясно, что генерация энергии от возобновляемых источников в необходимом объеме в таких условиях представляет собой значительную сложность [6]. Кроме того, в высотных зданиях для размещения оборудования, необходимого для генерации энергии из возобновляемых источников, часто не хватает свободного пространства.

Несмотря на это, существуют разные подходы, которые могут приблизить высотное здание к нулевому энергопотреблению. Для начала важно правильно выбрать участок для строительства, подобрать оптимальную форму и ориентацию здания относительно сторон света с учетом энергоэффективности. Во-вторых, необходимо применять материалы с наилучшими показателями теплоизоляции для внешних конструкций здания. Кроме того, необходимо максимально эффективно использовать естественную вентиляцию и солнечное освещение для сокращения расходов на обогрев и кондиционирование. Четвертое условие – это выбор высокоэффективного оборудования для инженерных систем здания. И, наконец, пятое – внедрение всех доступных на сегодняшний день альтернативных источников энергии.

Так, например, на фасадах здания рационально разместить солнечные батареи и фотоэлектрические модули, а ближе к вершине здания – ветроэнергетические установки. На нижнем техническом этаже целесообразно расположить насосы для получения геотермальной энергии и оборудование по производству биогаза. А главной вертикальной артерией здания должна стать система по улавливанию CO₂, которая будет иметь связь со всеми этажами. Помимо этого, важное значение имеет архитектурно-планировочное решение. Так, применение компактной объемно-планировочной структуры сводит к минимуму обмен теплом с окружающей средой за счет уменьшения площади ограждающих конструкций [7]. Фасад небоскреба должен не только обладать обтекаемой формой для улучшения аэродинамических свойств, но и включать особые фасадные выступы для усиления потоков ветра с целью выработки большего количества энергии. Также планировочные и фасадные решения должны обеспечивать максимальную инсоляцию всех помещений.

В основе всего здания должна быть программа типа «умный дом», отвечающая за целостность и бесперебойность работы всех систем. При проектировании небоскреба важен синергетический подход, так как каждое высотное здание является уникальным по своей сути. Это означает, что для достижения максимальной энергоэффективности необходимо сочетание

**К СТАТЬЕ А. А. ПЕРШОНКОВА, М. В. БАРАБАШ
«ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ»**



Рис. 1. Классы энергетической эффективности зданий

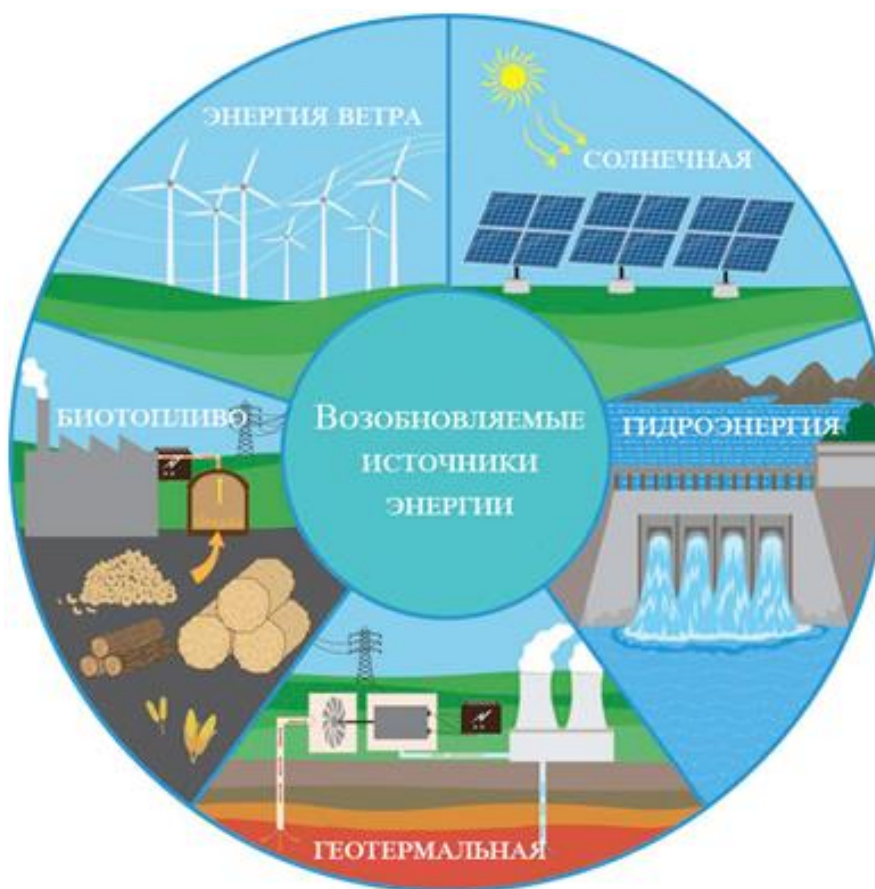


Рис. 2. Виды альтернативных источников энергии



Рис. 3. Небоскреб «Башня жемчужной реки», арх. бюро "SOM", Китай, 2011 г.



Рис. 4. Бахрейнский Всемирный ТЦ, арх. бюро "Atkins", Бахрейн, 2004–2008 гг.

нескольких возобновляемых источников энергии и совместного подхода архитектора и инженера к проекту здания [8].

На сегодняшний день есть ряд примеров высотных зданий с применением энергоэффективных технологий, которые способны сами производить энергию для собственных нужд.

Среди таких небоскребов можно выделить здание «Башня жемчужной реки» в Гуанчжоу (рис. 3 цв. вклейки), спроектированное и разработанное в 2011 году Гордоном Гиллом и архитектурной фирмой *Skidmore, Owings&Merrill (SOM)*. Для данного небоскреба было использовано большинство энергосберегающих систем, существующих на данный момент.

Высотное здание спроектировано таким образом, что ветер, скользящий вдоль плавных изгибов фасада, через отверстия попадает к турбинам, которые и генерируют энергию для всего здания. При этом ветер направляется в систему вентиляции башни. На фасаде здания также установлены солнечные батареи и солнечные тепловые коллекторы, нагревающие воду. В башне максимально используется естественное освещение, автоматизированные жалюзи реагируют на свет. Спроектированы системы сбора дождевой воды, очистки и рециркуляции технической воды. Однако, несмотря на все технологические новшества, «Башню жемчужной реки» нельзя отнести к «нулевому» небоскребу, так как оно все равно тратит энергию, однако почти на 60 % меньше, чем любое другое подобное здание [9].

Еще одним примером энергоэффективного здания является Бахрейнский Всемирный торговый центр (рис. 4 цв. вклейки), построенный в 2008 году строительной фирмой *"Atkins"*. Главным инновационным решением этого небоскреба выступают «воздушные мосты» с использованием ветрогенераторов.

Здание состоит из двух башен, соединенных тремя мостами. На каждом мосту установлен ветрогенератор, общая мощность которых составляет 675 киловатт. Турбины диаметром 29 метров ориентированы на север с учетом преобладающих ветров. Башни спроектированы в форме вертикального воздуховода, что способствует увеличению скорости ветра вблизи турбин [10].

Концепция экологических зданий с нулевым энергопотреблением является одной из самых актуальных на сегодняшний день, как и развитие высотной застройки в целом. Учитывая стремительный рост загрязнения окружающей среды и трудности подбора участков для строительства в крупных городах, высотная застройка с нулевым или околонулевым энергопотреблением является одним из действенных способов решения экологических и социальных проблем. Такая застройка не только сделает города значительно чище, но и сократит расходы на эксплуатацию зданий.

Подводя итог, можно отметить, что высотные здания с нулевым энергетическим балансом в теории хоть и возможны, однако на практике реализовать их крайне трудно в связи с чрезмерно большими затратами на энергопотребление и ограниченностью пространства для установки необходимого инженерного оборудования, а также его дороговизной. Тем не менее, технологии совершенствуются, спрос на высотные здания растет, а экологическая ситуация в мире ухудшается, поэтому велика вероятность того, что в ближайшем будущем «идеально чистые» эконебоскребы станут в некотором роде спасением для людей в крупных городах и позволят улучшить среду обитания в целом.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ходжаев, С. Проектирование зданий с нулевым энергопотреблением / С. Ходжаев, О. Гарягдыев, С. Довлетов. – Текст : электронный // Вестник науки : международный научный журнал. – 2024. – Том 3, № 9 (78). – С. 488–490. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-zdaniy-s-nulevym-energopotrebleniem/viewer> (дата обращения: 20.02.2025).
2. Zero-energy building. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building (дата обращения: 28.09.2024). – Текст : электронный.
3. Какие бывают классы энергоэффективности и что это значит. – URL: <https://www.gk-profit.ru/info/82.html> (дата обращения: 20.02.2025). – Текст : электронный.
4. Здания с нулевым энергетическим балансом – миф или реальность? – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4759 (дата обращения: 21.09.2024). – Текст : электронный.
5. Landmark study shows how to change the building sector from a major carbon emitter to a major carbon sink. – URL: <https://www.treehugger.com/study-shows-how-to-change-building-sector-to-cut-carbon-4854259> (дата обращения: 29.09.2024). – Текст : электронный.
6. Могут ли высотные здания иметь околонулевое потребление энергии?. – URL: http://zvt.abok.ru/articles/780/Mogut_li_visotnye_zdaniya_imet_okolonulevoe_potreblenie_enerгии (дата обращения: 25.09.2024). – Текст : электронный.
7. Гочияева, Л. А. Исследование архитектурно-планировочных решений для оптимизации энергосберегающих технологий / Л. А. Гочияева, Ш. Р. Коркмазов, И. С. Моисеев. – Текст : электронный // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2024. – № 12 (99). – URL: <ssledovanie-arhitekturno-planirovochnih-RESHENII-dlya-optimizatsii-energoberegayuschih-TEHNOLOGII.pdf> (дата обращения: 26.02.2025).
8. Мейрембаев, А. С. Архитектурные и инженерные решения для высотных жилых зданий с практически нулевым энергетическим балансом / А. С. Мейрембаев. – Текст : электронный // Вестник науки и образования. – 2019. – № 20 (74), часть 4. – С. 41–43. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnye-i-inzhenernye-resheniya-dlya-vysotnyh-zhilyh-zdaniy-s-prakticheski-nulevym-energeticheskim-balansom/viewer> (дата обращения: 21.09.2024).
9. Цель – «нулевое» потребление энергии. – URL: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2014/12/02/zelenye-neboskreby> (дата обращения: 30.09.2024). – Текст : электронный.
10. Бахрейнский всемирный торговый центр. – URL: <https://wikiway.com/bahrain/manama/bakhreynskiy-vsemirnyy-torgovyy-tsentr/> (дата обращения: 29.09.2024). – Текст : электронный.

PERSHONKOV Andrey Aleksandrovich, master degree student; BARABASH Mariya Vitalyevna, candidate of architecture, associate professor of the chair of architectural and environmental design

HIGH-RISE BUILDINGS WITH ZERO ENERGY BALANCE

Southern Federal University, Academy of Architecture and Fine Arts.

39, Budennovskiy Prospect, Rostov-on-Don, 344082, Russia.

Tel. (919) 886-92-55, (938) 143-72-48;

e-mail: personkovandrej@gmail.com; mary.mazurik@yandex.ru

Key words: architecture, skyscraper, energy consumption, energy efficiency, zero balance.



In this article the concept of zero energy consumption is studied, the challenges of implementing buildings with a zero energy balance are considered, energy efficiency classes of buildings are given, the main approaches and methods are identified that allow a high-rise building to be brought closer to near-zero energy consumption, and an explanation is given why it is currently impossible to design a skyscraper with an absolutely zero energy balance.

REFERENCES

1. Khodzhaev S., Garyagdyev O., Dovletov S. Proektirovanie zdaniy s nulevym energopotrebleniem [Designing buildings with zero energy consumption]. Vestnik nauki : mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal [Bulletin of Science: International Scientific Journal]. 2024, Vol. 3, № 9 (78), P. 488–490. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-zdaniy-s-nulevym-energopotrebleniem/viewer> (accessed: 20.02.2025).
2. Zero-energy building. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building (accessed: 28.09.2024).
3. Kakie byvayut klassy energoeffektivnosti i chto eto znachit [What are the energy efficiency classes and what does it mean?]. – URL: <https://www.gk-profit.ru/info/82.html> (accessed: 20.02.2025).
4. Zdaniya s nulevym energeticheskim balansom – mif ili realnost? [Zero-energy buildings – myth or reality?]. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4759 (accessed: 21.09.2024).
5. Landmark study shows how to change the building sector from a major carbon emitter to a major carbon sink. – URL: <https://www.treehugger.com/study-shows-how-to-change-building-sector-to-cut-carbon-4854259> (accessed: 29.09.2024).
6. Mogut li vysotnye zdaniya imet okolonulevoe potreblenie energii? [Can high-rise buildings have near-zero energy consumption?]. – URL: http://zvt.abok.ru/articles/780/Mogut_li_vysotnye_zdaniya_imet_okolonulevoe_potreblenie_ener_gii (accessed: 25.09.2024).
7. Gochyaeva L. A., Korkmazov Sh. R., Moiseev I. S. Issledovanie arkhitekturno-planirovochnykh resheniy dlya optimizatsii energosberegayushchikh tekhnologiy [Research of architectural and planning solutions for optimizing energy-saving technologies]. Nauchno-prakticheskiy elektronnyy zhurnal Alleya Nauki [Scientific and Practical Electronic Journal Alley of Science]. 2024, № 12 (99). – URL: [ssledovanie-arhitekturno-planirovochnih-RESHENII-dlya-optimizatsii-energoberegayuschih-TEHNOLOGII.pdf](#) (accessed: 26.02.2025).
8. Meyrembaev A. S. Arkhitekturnye i inzhenernye resheniya dlya vysotnykh zhilykh zdaniy s prakticheski nulevym energeticheskim balansom [Architectural and engineering solutions for high-rise residential buildings with a near-zero energy balance]. Vestnik nauki i obrazovaniya [Bulletin of Science and Education]. 2019, № 20 (74), part 4, P. 41–43. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnye-i-inzhenernye-resheniya-dlya-vysotnyh-zhilykh-zdaniy-s-prakticheski-nulevym-energeticheskim-balansom/viewer> (accessed: 21.09.2024).
9. Tsel – «nulevoe» potreblenie energii [The goal is “zero” energy consumption]. – URL: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2014/12/02/zelenye-neboskreby> (accessed: 30.09.2024).
10. Bakhreynskiy vseмирnyy torgovyy tsentr [Bahrain World Trade Center]. – URL: <https://wikiway.com/bahrain/manama/bakhreynskiy-vseмирnyy-torgovyy-tsentr/> (accessed: 29.09.2024).

© А. А. Першонков, М. В. Барабаш, 2025

Получено: 08.04.2025 г.