

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время индустриальная архитектура базируется на фундаментальном принципе энергоэффективности, требующем соблюдения требований и правил сопряжения разнородных элементов. Энергоэффективная функция промышленной архитектуры хорошо известна специалистам, так как опирается на мощную поддержку научного сообщества. Этот фундаментальный принцип проектирования определяет единство конструктивных форм здания, которые обычно воспроизводятся как эффект исполнения отдельного фрагментарного технического решения.

Благодаря этому в архитектуре появляются новые направления развития. С одной стороны, возникает цель, с другой – свобода ее использования. Акцент в этом процессе должен делаться на применение принципов, которыми руководствуется сам разработчик и по которым действуют его методы, в том числе и визуальные. В подобном направлении движется архитектура будущего. Применение новых визуальных и технических средств позволит ей приблизиться к тому, что называют «экологическим футуризмом». Новая архитектура будет способна не только отражать, но и изменяя мир, по-своему двигаться вперед гораздо более быстро и уверенно, чем это делается сегодня.

Энергоэффективность промышленных зданий, в мировой практике, имеет особое значение, поскольку требует немалых инвестиций и существенного пересмотра практики проектирования. Именно это стало в последние годы предметом тщательного исследования и использования современных компьютерных технологий. Если прежний подход основывался в основном на соображениях эстетического или инженерного свойства, то сейчас он может быть сформулирован и как вопрос энергетической безопасности и эффективности.

В связи с этим в настоящее время на передний план выдвигается особый аспект проектирования – энергоэффективное обоснование проектирования зданий. К данной задаче примыкает задача создания компьютерных моделей промышленных объектов, которые бы были информативны для проектировщика и позволяли бы использовать их в своей практической деятельности. Иными словами, концепция промышленной архитектуры должна рассматриваться как новая парадигма проектирования. Исследование посвящено современному зарубежному опыту развития архитектуры энергоэффективных промышленных зданий.

Ключевые слова: энергоэффективность архитектуры, тенденции развития архитектуры промышленных зданий, зарубежный опыт, альтернативные источники энергии, архитектурные и технические средства повышения энергоэффективности.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF ENERGY-EFFICIENT INDUSTRIAL BUILDINGS

Currently, industrial energy-efficient architecture is based on the fundamental principle of energy efficiency, which requires compliance with the requirements and rules for interfacing heterogeneous elements. The energy-efficient function of industrial architecture is well known to specialists, as it relies on the strong support of the scientific community. This fundamental design principle defines the unity of the structural forms of the building, which are usually reproduced as the effect of the implementation of a separate fragmentary technical solution.

Thanks to this, new directions of development appear in architecture. On the one hand, there is a goal, on the other – the freedom to use it. The emphasis in this process should be on the application of the principles that guide the developer himself and according to which his methods, including visual ones, operate. The architecture of the future is moving in a similar direction. The use of new visual and technical means will allow it to approach what is called “ecological futurism”. The new architecture will be able not only to reflect, but also to change the world, to move forward in its own way much more quickly and confidently than it is done today.

The energy efficiency of industrial buildings, in the world practice, is of particular importance, since it requires considerable investment and a significant review of the design practice. This is what has become the subject of careful research and the use of modern computer technologies in recent years. If the previous approach was based mainly on aesthetic or engineering considerations, now it can be formulated as a question of energy security and efficiency.

In this regard, a special aspect of design is currently being brought to the fore – energy-efficient justification of building design. This task is related to the task of creating computer models of industrial facilities that would be informative for the designer and would allow them to be used in their practical activities. In other words, the concept of industrial architecture should be considered as a new design paradigm. The research is devoted to the modern foreign experience in the development of the architecture of energy-efficient industrial buildings.

Keywords: energy efficiency of architecture, trends in the development of architecture of industrial buildings, foreign experience, alternative energy sources, architectural and technical means of improving energy efficiency.

Проблема повышения энергоэффективности архитектуры является одной из наиболее актуальных в настоящее время и разрабатывается в рамках нескольких современных направлений развития архитектуры. Одним из ведущих направлений в этой области является разработка принципов устойчивой архитектуры. Другая область – теория жизненных циклов проектирования и строительства. Прежде всего, это снижение негативного воздействия на экосистемы, комплексное проектирование с учетом всех факторов жизнедеятельности с целью создания устойчивых систем. Анализ основных тенденций развития архитектуры позволяет выделить основные направления и мероприятия, на-

правленные на повышение энергоэффективности промышленной архитектуры [1-3].

Основные направления повышения энергоэффективности производства:

- сокращение потребления энергии, получаемой из ископаемых природных ресурсов;
- совершенствование технологий;
- снижение потерь энергии при доставке потребителем;
- уменьшение потерь энергии, потребляемой на отопление;
- снижение энергопотребления при производстве строительных материалов;
- повторное использование избыточного технологического тепла;
- использование избыточного тепла для

отопления помещений других отраслей промышленности, бытовых и административных помещений;

- применение избыточного тепла для выработки энергии.

Существенным отличием промышленной архитектуры является необходимость учета технологических особенностей производства. Зарубежными специалистами предложены схемы и методы комплексного проектирования, а также системы компьютерного моделирования и расчета ожидаемого эффекта с учетом технологической специфики [4-7].

В недавнем прошлом основными требованиями к проектированию промышленных предприятий были гибкость зданий и пригодность для расширения производства. В настоящее время на первый план выходят энергоэффективность и оптимизация циклических затрат (стоимость жизненного цикла производственных единиц, оборудования, конструктивных элементов и строительных материалов) [8].

Одним из центров изучения этой проблемы является Технический университет в Вене, Австрия. Университет разработал аналогичную систему компьютерного моделирования и оценки, которая учитывает три группы основных входных данных: строительство, энергетика и производственный процесс.

Всесторонний учет всех факторов на предпроектной стадии и углубленный анализ возможностей их взаимодействия является основным условием достижения цели проектирования энергоэффективных промышленных зданий.

Основные мероприятия, направленные на повышение эффективности промышленной архитектуры, можно разделить на две группы – архитектурные и технические [9-10].

Архитектурные средства повышения энергоэффективности зданий:

- снижение использования искусственного освещения (использование естественного света без бликов, шедовое освещение, обращенное на север);

- повторное использование тепла вентиляционными системами;

- использование естественной вентиляции.

Технические средства повышения энергоэффективности зданий:

- использование альтернативных источников энергии;

- применение тепловых насосов;

- снижение температуры систем отопления;

- улучшенная теплоизоляция фасадов и крыши;

- применение грунтовых вод для систем охлаждения и технических нужд;

- экологические строительные материалы;
- использование избыточного технологического тепла.

Это деление во многом условно. Применительно к промышленной архитектуре многие из выявленных направлений характеризуются комплексными решениями, поставленные задачи решаются в таких случаях как архитектурными, так и техническими средствами [11-14].

Использование верхнего света для обеспечения освещения по всей ширине промышленных зданий всегда было одним из ключевых и наиболее характерных методов промышленной архитектуры. В период 1970-1980 годов использование этого конструктивного решения сократилось из-за технических и эксплуатационных трудностей. В начале 21 века стала очевидной необходимость вернуться к широкому использованию верхнего освещения.

Светоаэрационные лампы сочетают в себе две ключевые функции – не только дополнительное освещение, но и естественную вентиляцию. Успешными примерами такого конструктивного решения могут служить многие зарубежные промышленные здания второй четверти 20 века.

Сплошное остекление ограждающих конструкций – еще один пример дизайнерских решений, временный отказ от которых доказал их незаменимость и практичность. На современном этапе архитекторы также придают особое значение визуальному контакту с окружающей средой, достигаемому за счет использования не только светопрозрачных ограждений, но и ландшафтной архитектуры прилегающих территорий [15].

Благодаря развитию строительной отрасли, сегодня архитекторы обладают большим арсеналом проектных решений, что позволяет им более свободно размещать административные и бытовые помещения в структуре промышленных зданий. Грамотное, технологически обоснованное взаимное расположение основных производственных и вспомогательных помещений служит оптимизации затрат на отопление бытовых пристроек.

Размещение административно-бытовых помещений в структуре производственных зданий позволяет не только повысить доступность и комфортность рабочих мест, но и оптимизировать затраты на отопление помещений, системы вентиляции и кондиционирования [16].

Зарубежная практика строительства энергоэффективных зданий в последнее десятилетие характеризуется стремительным развитием и массовым распространением новых технологий в строительстве. Этому способствует не только более высокий уровень развития технологий и технологий, но и более осознанная экологически ориентированная позиция не только правительств, но и граждан наиболее экономически развитых стран. Энергоэффективные технологии наиболее широко используются в жилищном строительстве, особенно в северных странах.

Опыт разработки принципов и практического применения энергоэффективного промышленного строительства широко используется в экономически развитых странах Центральной Европы и США. За последнее десятилетие число завершенных проектов превысило несколько сотен. Рассмотрены наиболее существенные и характерные из них [17].

Зеленый гараж в Чикаго, США-Greenway Self Park. В Чикаго был построен первый гараж с ветряными турбинами, коллекторами дождевой воды и розетками для электромобилей (рис. 1). Первый «зеленый» гараж в Чикаго был спроектирован компанией НОК

Designs. Здание уже получило сертификат LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Независимый парк Гринуэй состоит из одиннадцати уровней и расположен недалеко от реки Норт.

Наиболее примечательной частью здания являются 12 пар ветряных турбин, расположенных в юго-западном углу гаража. Энергия ветряных турбин расходуется на освещение фасада. Специальный счетчик учитывает электроэнергию, которую гараж возвращает в городскую электросеть.

Остекленные стены автостоянки «Гринуэй» прорезают вентиляционные щели, соединяющие внутреннюю часть гаража с улицей. Вертикальная конструкция ветряных турбин обращена прямо на улицу. Прозрачные стены не скрывают интерьер. Проектировщики планируют построить «зеленую крышу». Конструктивный элемент, позволяющий не только оптимизировать тепловые характеристики кровельного покрытия, но и обеспечивает сбор дождевой воды. Энергоэффективность здания достигается в этом случае за счет использования альтернативных источников энергии, использования дождевой воды для бытовых нужд [18-19].

Другим примером производственного зда-

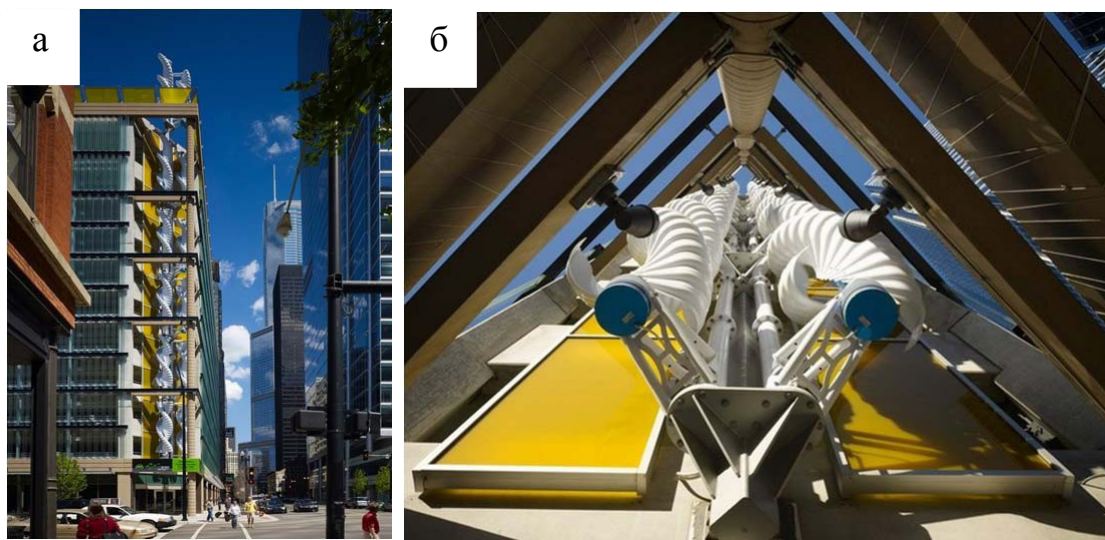


Рис. 1. Общий вид зеленого гаража в Чикаго, США: а – внешний вид; б – внутренние конструкции

ния является, тепличный завод Германа Миллера, Голландия, Мичиган, США, построенного с использованием принципов устойчивой архитектуры. Green House, производственное здание с офисом всемирно известной мебельной фабрики Herman Miller, построенное в 2005 году. «Зеленый дом» является яркой иллюстрацией того, как устойчивая архитектура способствует не только улучшению физического и психического здоровья своих жите-

лей, но и служит повышению корпоративного духа и производительности при применении в промышленном строительстве.

Все административные и производственные помещения обеспечены максимальным доступом к естественному дневному свету и свежему воздуху, что улучшает условия пребывания и положительно влияет на здоровье и настроение людей, находящихся в этих помещениях [20].

Энергоэффективность здания в этом случае обеспечивается большой площадью бокового остекления и широким использо-

ванием естественной вентиляции, как в производственных, так и в административных помещениях (рис. 2).



Рис. 2. Фрагменты интерьеров завода Германа Миллера, Голландия, США: а – зенитный фонарь в производственной зоне; б – сплошное остекление в зоне связи и отдыха

Заключение

В результате исследования установлено, что тенденции развития архитектуры энергоэффективных промышленных зданий обусловлены размерами, формой и энергетическими свойствами проектируемых объектов. Они достигаются при использовании новых методов пространственного проектирования и технологических решений, включающих эргономические аспекты и одновременно отражающие качества архитектурного пространства.

Энергоэффективные архитектурные решения, являются частью современных направлений развития зодчества, таких как устойчивая архитектура и архитектура, ориентированная на жизненный цикл.

Основными средствами повышения энергоэффективности промышленной архитектуры являются:

- максимальное использование естественного света за счет зенитных фонарей;
- сплошное остекление вертикальных ограждающих конструкций;
- максимальное использование аэрации;
- вторичное использование воды для технических нужд, очистные сооружения, дождевые и грунтовые водоемы;
- рекуперация, вторичное использование технологического избытка тепла пространственно-планировочные решения, взаимное расположение различных производственных объектов.

В дальнейшем планируется продолжение изучения зарубежных современных примеров архитектуры энергоэффективных промышленных зданий, что послужит развитию теории архитектурной науки и широкого использования в мировой практике.

Литература

1. Архитектурная физика: Учеб. для вузов: Спец. «Архитектура»/В.К.Лицкевич, Л.И.Макриненко, И.В.Мигалина и др.; Под ред. Н.В. Оболенского. — Москва: «Архитектура-С», 2007.– 448 с.
2. Воробьев, В.В. Экологические основы формообразования в архитектуре. В. Воробьев, Е.А. Гнатюк, Е.В. Демченко, О.С. Шило, Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – №4 (181). – 2013. – С. 50-59
3. Герасимов, Ю.Н. История архитектуры стран Западной Европы и США Нового и Новейшего времени: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Архитектура» / подготовка к изданию – Шубенкова М. Ю. Университетская книга, – 2012.– 168 с.
4. Горохов, В.Л. Экология: Экологическое законодательство РФ: учебное пособие В.Л. Горохов и др. С.-Петербург: Изд. Дом «Герда», 2005. – 688 с.
5. Григорян, М. Н. Архитектурная экология. Энергоэффективное строительство М.Н. Григорян, А. В. Сайбель Инженерный вестник Дона №4-2. – т. 23. – 2012. – С. 15-44.

6. Гусева, К. С. Экологические сертификаты строительства / К.С. Гусева // Журнал «Мир современной науки». - № 4. - 2011. - С. 20-25
7. Есаулов, Г. В. Экологические параметры зрительного восприятия в процессе проектирования пространственной среды / Г. В. Есаулов // Архитектон: известия вузов. - 2012. - № 39. - С. 54-58
8. Иовлев, В. И. Архитектурное пространство и экология: монография / В. И. Иовлев. - Екатеринбург: Архитектон, 2006. - 289 с.
9. Иовлев, В. И. Экология природного и искусственного пространства / В. И. Иовлев // Известия вузов. Горный журнал. - 2006. - № 4. - С. 91-98
10. Колясников, В.А. Теория градостроительства: современные направления и концепции: учеб. Пособие / В.А. Колясников. - Екатеринбург: Архитектон, 2003. - 322 с.
11. Allegrini J., Dorer V., Carmeliet J. Wind tunnel measurements of buoyant flows in street canyons. *Building and Environment*, 2013, № 59. - С. 315-326
12. Awrangleb M., Lu Guojun, Fraser C.S. Automatic building extraction from lidar data covering complex urban scenes. *The International Archives of ISPRS, Zurich, Switzerland*, 2014. - С. 25-32
13. Chao Yuan, Edward Ng, Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong Kong, *Urban Climate*, Volume 8, 2014, - С. 57-77
14. Eco-Viiki. Aims, Implementation and Results [Электронный ресурс] режим доступа: http://tempus.vlgatech.net/presentations/eco-viikki_en.pdf. - 54 с.
15. Energy neutral youth housing at the Port of Aarhus / CUBO Arkitekter + Terroir [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.archdaily.com/487764/energy-neutral-youth-housing-at-the-port-of-aarhus-cubo-arkitekter-terroir>. - С. 8-15
16. Francisco Toja-Silva, Carla Pregel-Hoderlein, Jia Chen, On the urban geometry generalization for CFD simulation of gas dispersion from chimneys: Comparison with Gaussian plume model, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Volume 177, 2018. - С. 1-18
17. Karwel A.K., Ewiak I., Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote*. - С. 52-81
18. Malmö: BO01 –An ecological city of tomorrow [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dac.dk/en/dac-64cities/sustainable-cities/all-cases/master-plan/malmo-bo01---an-ecological-city-of-tomorrow/>. - С. 47-94.
19. Meta berghauser pont. Combination of space syntax with spacematrix and the mixed use index. The rotterdam south test case <http://sss8.cl/8003.pdf>. - 77 с.
20. Мое D., Sampath A., Christopherson J., Benson M. Self calibration of small and medium format digital cameras. *The International Archives of SPRS. Vienna*, 2010. - С. 395-399
21. Mohammadreza Shirzadi, Mohammad Naghashzadegan, Parham A. Mirzaei, Improving the CFD modelling of cross-ventilation in highly-packed urban areas, *Sustainable Cities and Society*, Volume 37, 2018. - С. 451-465

References

1. Architectural physics: Textbook for universities: Spec. "Architectu-ra" / V. K. Litskevich, L. I. Makrinenko, I. V. Migalina, etc.; Ed. by N. V. Obolensky. - Moscow: "Architecture-S", 2007. - 448 p.
2. Vorob'ev, V. V. Ecological bases of form formation in architecture. V. Vorobyov, E. A. Gnatyuk, E. V. Demchenko, O. S. Shilo, *Visnik Pri-dniprovskoi derzhavnoi akademii budivnitsva ta arkhitekturi*. - №4 (181). - 2013. - P. 50-59.
3. Gerasimov, Yu. N. History of architecture of the countries of Western Europe and the USA of Modern and Modern times: a textbook for university students studying in the specialty "Architecture" / preparation for publication-Shu-benkova M. Yu. University book, - 2012. - 168 p.
4. Gorokhov, V. L. Ecology: Environmental legislation of the Russian Federation: textbook V. L. Gorokhov et al. St. Petersburg: Ed. House "Gerda", 2005. - 688 p.
5. Grigoryan, M. N. Architectural ecology. Energy-efficient construction M. N. Grigoryan, A.V. Saibel *Engineering Bulletin of the Don No. 4-2*. - vol. 23. - 2012. - P. 15-44.

6. Guseva, K. S. Ecological certificates of construction / K. S. Guseva // Journal "Mir sovremennoy nauki". – No. 4. – 2011. – P. 20-25.
7. Esaulov, G. V. Ecological parameters of visual perception in the process of designing a spatial environment / G. V. Esaulov // Archi-tekton: izvestiya vuzov. - 2012. - No. 39. – P. 54-58
8. Iovlev, V. I. Architectural space and ecology: monograph / V. I. Iovlev. - Yekaterinburg: Architecton, 2006. – 289 p.
9. Iovlev, V. I. Ecology of natural and artificial space / V. I. Iovlev // Izvestiya vuzov. Gorny zhurnal. - 2006. - no. 4. – P. 91-98
10. Kolyasnikov, V. A. Theory of urban planning: modern trends and concepts: textbook. Manual / V. A. Kolyasnikov.-Catherine-burg: Architecton, 2003.– 322 P.
11. Allegrini J., Dorer V., Carmeliet J. Wind tunnel measurements of buoy-ant flows in street canyons. Building and Environment, 2013, No. 59, – P. 315-326.
12. Awrangleb M., Lu Guojun, Fraser C. S. Automatic building extraction from lidar data covering complex urban scenes. The International Archives of ISPRS, Zurich, Switzerland, 2014. – P. 25-32.
13. Chao Yuan, Edward Ng, Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong Kong, Urban Climate, Volume 8, 2014, – P. 57-77.
14. Eco-Viiki. Aims, Implementation and Results [Electronic resource] access mode: http://tempus.vlgatech.net/presentations/eco-viikki_en.pdf. – 54 p.
15. Energy neutral youth housing at the Port of Aarhus / CUBO Arkitekter + Terroir [Electronic resource]. Access mode: <http://www.archdaily.com/487764/energy-neutral-youth-housing-at-the-port-of-aarhus-cubo-arkitekter-terroir>. – P. 8-15.
16. Francisco Toja-Silva, Carla Pregel-Hoderlein, Jia Chen, On the generalization urban geometry for CFD simulation of gas dispersion from chimneys: Comparison with Gaussian plume model, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 177, 2018. – P. 1-18.
17. Karwel A. K., Ewiak I., Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote. – P. 52-81.
18. Malmö: BO01 –An ecological city of tomorrow [Electronic resource]. Access mode: <http://www.dac.dk/en/dac-64cities/sustainable-cities/all-cases/master-plan/malmo-bo01--an-ecological-city-of-tomorrow/>. – P. 47-94.
19. Meta berghauser pont. Combination of space syntax with spacematrix and the mixed use index. The rotterdam south test case <http://sss8.cl/8003.pdf>. – 77 P.
20. Moe D., Sampath A., Christopherson J., Benson M. Self calibration of small and medium format digital cameras. The International Archives of SPRS. Vienna, 2010. – P. 395-399.
21. Mohammadreza Shirzadi, Mohammad Naghashzadegan, Parham A. Mirzaei, Improving the CFD modeling of cross-ventilation in highly-packed urban areas, Sustainable Cities and Society, Volume 37, 2018. – P. 451-465.

Меркушев К.А.,

студент-магистр кафедры «Архитектура», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: kostyn_m@mail.ru

Merkushev K. A.,

master's Student of the Department of Architecture, South Ural state University, c. Chelyabinsk, Russia. E-mail: kostyn_m@mail.ru

Поступила в редакцию 14.06.2021