

Научная статья

УДК 72.01

doi: 10.25995/NIITIAG.2024.23.2.003

# ДВА ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ XXI ВЕКА

Владимир Алексеевич Помялов

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия,  
chubchcubbs33@mail.ru

**Аннотация.** Парадигма устойчивого развития ставит перед промышленной архитектурой новые задачи по организации адаптивности, повышению экономичности, энергоэффективности и экологичности проектных решений. Достижения «Индустрии 4.0» являются технологической базой, на основании которой производственные объекты могут соответствовать требованиям современности. Выделены два полярных подхода к проектированию промышленных зданий.

Первый подход позволяет создавать здания, ориентированные на перманентную перестройку производства под нужды новых технологий и изменения сортамента продукции. Второй подход подразумевает создание уникальной формы здания, подстраивающейся под особенности производственной цепочки и внешних сред, а также нацеленной на максимальное повышение энергоэффективности и экологичности одного типа производства. Проекты второго типа могут объединять производственную цепочку и окружающий контекст в ресурсном и энергетическом плане. Такой подход дает архитекторам большое разнообразие в выборе инструментария для создания экономически оправданного формообразования, что значительно улучшает эстетические характеристики данного типа объектов. Первый подход соответствует таким пунктам парадигмы устойчивого развития, как адаптивность и достижение цели минимальными ресурсами. Второй подход характеризуется соответствием максимальной энергоэффективности и экологичности промышленных объектов. Необходимо выявить специфику и характеристики архитектурных решений производственных объектов, требующих применения одного из выделенных подходов.

**Ключевые слова:** промышленная архитектура, Индустрия 4.0, энергоэффективность

Original article

## TWO WAYS OF DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ARCHITECTURE OF THE XXI CENTURY

Vladimir A. Pomyalov

Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia, chubchcubbs33@mail.ru

**Abstract.** The paradigm of sustainable development poses new challenges to industrial architecture in organizing adaptability, increasing efficiency, energy efficiency and environmental friendliness of design solutions. The achievements of "Industry 4.0" are the technological base on the basis of which production facilities can meet the requirements of modernity. Two polar approaches to the design of industrial buildings are identified.

The first approach allows you to create buildings focused on the permanent restructuring of production to meet the needs of new technologies and product range changes. The second approach involves the creation of a unique building shape that adapts to the characteristics of the production chain and external environments, as well as aimed at maximizing energy efficiency and environmental friendliness of one type

of production. The second type of projects can combine the production chain and the surrounding context in terms of resources and energy. This approach gives architects a wide variety in the choice of tools for creating economically justified shaping, which significantly improves the aesthetic characteristics of this type of objects. The first approach corresponds to the following points of the sustainable development paradigm — adaptability and achievement of the goal with minimal resources. The second approach is characterized by compliance with maximum energy efficiency and environmental friendliness of production. It is necessary to identify the specifics and characteristics of architectural solutions of production facilities that require the use of one of the selected approaches.

**Keywords:** industrial architecture, Industry 4.0, energy efficiency

Требования современности обуславливают создание новых методик и подходов к проектированию промышленных зданий и сооружений. Выделяются два направления, две архитектурных стратегии, значительно отличающиеся друг от друга: создание типизированных объектов для многоразового использования зданий под разные производственные цепочки или проектирование уникальных промышленных объектов, форма которых продиктована производственными процессами. Два полярных подхода отличаются разноплановыми характеристиками архитектурных решений и возможностями взаимодействия с окружающим городским и природным контекстом<sup>1</sup>.

Итоговый документ «Доклад о целях в области устойчивого развития», принятый на конгрессе ООН в 2002 г., содержит 17 целей, 5 из которых напрямую связаны с промышленной архитектурой и ставят перед проектировщиками производственных объектов новые задачи<sup>2</sup>. Перечислим их для лучшего понимания новых проектных стратегий, вырабатываемых архитекторами:

«7. Недорогостоящая и чистая энергия» — это задача по повышению энергоэффективности всех типов архитектурных объектов. Особое внимание уделяется в этом случае промышленным зданиям, вырабатывающим тепловую и электрическую энергию.

«9. Индустриализация, инновации и инфраструктура» — цель ориентирует архитекторов на стремление к расширению спектра промышленных объектов, стимулирующих инновации и развитие инфраструктуры, создание новых рабочих мест,

<sup>1</sup> Барчугова Е. В., Рочегова Н. А. Жилые образования и их составляющие в условиях виртуализации жизни // Современная архитектура мира. 2022. № 2 (19). С. 155–180. DOI 10.25995/NIITAG.2022.19.2.008.

<sup>2</sup> Доклад о целях в области устойчивого развития. Публикация Организации Объединенных Наций подготовлена Департаментом по экономическим и социальным вопросам ООН. 2020 86 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022\\_Russian.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Russian.pdf) (дата обращения: 15.09.2023).

<sup>3</sup> Денисов А. А. Требования к программной реализации системы Индустрии 4.0 для создания сетевых предприятий / А. А. Денисов, Ю. Ф. Тельнов, В. А. Казаков, А. В. Данилов // Программные продукты и системы. 2022. № 4. С. 557–571. DOI 10.15827/0236-235X.140.557-571.

<sup>4</sup> Методология устойчивого развития промышленных экосистем / Е. В. Шкарупета, О. В. Дударева, М. В. Филатова, А. Ю. Беккиев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 4 (86). С. 377–382. DOI 10.20914/2310-1202-2020-4-377-382.

сокращение вреда, наносимого природной и городской среде существующими и проектируемыми промышленными предприятиями.

«11. Устойчивые города и населенные пункты» — цель способствует развитию тенденции к интегрированию объектов промышленной архитектуры в город в ресурсном и энергетическом, экономическом и эстетическом аспектах.

«12. Ответственное потребление и производство» — положение ставит перед промышленной архитектурой новую задачу — адаптация проектных решений под изменяемые производственные цепочки. Обязательным условием проектирования становится учет последствий утилизации строительного объекта и определение его влияния на экологическую обстановку в окружающем городском пространстве.

«13. Борьба с изменениями климата» — цель направлена на внедрение энергосберегающих решений на всех этапах существования промышленного здания (начиная с проектирования, заканчивая сносом и утилизацией). Вводится понятие «architecture at zero» или здания с нулевым энергопотреблением и воздействием на окружающую среду.

Основой для реализации архитектурных концепций, соответствующих выделенным целям, могут служить технологические решения — компоненты экосистемы Индустрии 4.0, связанной прежде всего с внедрением инженерного оборудования и цифровых инноваций в производственную деятельность предприятий (интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), облачные вычисления, автоматизация)<sup>3</sup>. Среди технологических новаций можно выделить внедрение новых методик планирования и управления производством, автоматизированный контроль за рабочими параметрами промышленного и инженерного оборудования и т. д.

Работы по отслеживанию и управлению производственными процессами организуются на основе использования интеллектуальных датчиков для анализа компонентов производственной цепочки и инженерного оборудования здания. На основе обработки и анализа поступающих от них данных корректируется работа производственной линии, объемов выпускаемой продукции, логистики внутри предприятия, координируется взаимодействие рабочих групп. Внедрение продвинутых интерфейсов программ и облачных вычислений обеспечивает быструю настройку оборудования и контроль за его работой.

В Индустрию 4.0 входит и технология 3D-печати как наиболее адаптированная к созданию различной продукции и наиболее подходящая как средство производства для инновационной деятельности (аддитивные технологии позволяют менять производимый продукт, не меняя производственной цепочки)<sup>4</sup>.

Помимо производственных процессов компоненты экосистемы Индустрии 4.0 должны отвечать современным требованиям безопасности.

1. Умная фабрика Trumpf в Чикаго / Баркоу Лейбингер. Фасад. Фото: Стив Холл. Arch Daily. <https://www.archdaily.com/879572/trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger/59b89840b22e385098000264-trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger-photo>

## ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>5</sup> Иванченко В. От модернизации производства к инновационному производству // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2011. №4. С. 48–67.

<sup>6</sup> Лапшин В. С. Механизм формирования системы устойчивого развития предприятия / Лапшин В. С., Горбунова Н. В. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11, №36 (321). С. 30–44. EDN UKTGP.

<sup>7</sup> Ахромеева А. А., Иванова Н. В. Реновация промышленных зон города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. №1 (86). С. 315–328. EDN YILEGN.

Проверка подлинности информации и выявление фактов мошенничества — дают возможность защитить обширные сетевые связи внутри производственных процессов от несанкционированного вмешательства. Управление всеми компонентами завода осуществляется при помощи продвинутых компьютерных интерфейсов, упрощающих взаимодействие человека и машины<sup>5</sup>. В совокупности перечисленные нововведения позволяют создавать предприятия и комплексы, соответствующие заявленным целям устойчивого развития среды обитания человека.

С архитектурной точки зрения перечисленные положения активизировали формирование двух подходов к проектированию промышленных сооружений. Пункты «12. Ответственное потребление и производство», «9. Индустриализация, инновации и инфраструктура» способствовали появлению новой промышленной типологии XXI в. — адаптивных фабрик и инновационных кластеров. В основе их создания лежит необходимость построения современного инновационного производства, перманентно меняющего производственную цепочку и подстраивающего ее под создание нового продукта. Пространственная схема адаптивной фабрики имеет свободную планировку с максимальным, экономически целесообразным шагом между колоннами для возможности перекомпоновки оборудования. Такая архитектура часто объединяет множество цехов одного большого заводского комплекса в единую систему<sup>6</sup>. В адаптивных фабриках до 20% площади помещений отводится для инновационной деятельности. В перечень таких помещений входят залы для конференций, испытательные и научные лаборатории, общие обеденные зоны и комнаты отдыха. Инновационные зоны обеспечивают взаимодействие специалистов из разных сфер, что увеличивает скорость разработки новых технологий и видов продукции. Однако за счет большого пространства, необходимого для обеспечения адаптивности производственных цепочек, архитектура инновационных фабрик

и крупных комплексов полного цикла имеет ограниченные возможности для повышения энергоэффективности промышленных зданий. Большие размеры зданий приводят к неэффективному использованию пространства сооружения. Ввиду того, что производственные цепочки перманентно перестраиваются, невозможно занять 100% объема здания, что при неизменяемых затратах на отопление и кондиционирование снижает энергоэффективность здания в целом. Постоянно перестраиваемые производственные цепочки не позволяют наладить перераспределение вторичных продуктов промышленного производства: перегретого обработанного пара,  $\text{CO}_2$ , горячего воздуха и др. Зачастую сложно включить такие предприятия в структуру современных городов ввиду больших размеров и обширной площади застройки. С другой стороны, возможность перестроить внутреннюю структуру помещений позволила ускорить инновационное преобразование производства на 20–45%<sup>7</sup>.

Рассмотрим примеры таких промышленных объектов, построенных за последние десятилетия.

### **УМНАЯ ФАБРИКА TRUMPF В ЧИКАГО. АРХИТЕКТОРЫ: БАРКОУ ЛЕЙБИНГЕР, 2017**

Умная фабрика Trumpf в Чикаго — это производственное здание, которое находится недалеко от Чикаго на трассе 90 на пересечении нескольких производственных маршрутов по поставке металлопрокатных изделий (илл. 1). Промышленное оборудование и лазеры компании Trumpf могут в автоматическом режиме вырезать и обрабатывать металлопрокатные детали любой сложности. В производственную



2. Умная фабрика Trumpf в Чикаго / Баркоу Лейбингер. Фасад. Фото: Стив Холл. Arch Daily. [https://www.archdaily.com/879572/trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger/59b89866b22e385098000267-trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/879572/trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger/59b89866b22e385098000267-trumpf-smart-factory-chicago-barkow-leibinger-photo?next_project=no)

цепочку внедрены компоненты Индустрии 4.0: все оборудование регулируется одной управляющей программой — экосистемой, распределяющей текущие запросы от заказчиков по производственным мощностям крупного предприятия. 5230 кв. м одноэтажного здания перекрыты металлическими фермами с пролетами 12–18 м на высоте от 6 до 22 м от пола завода. Интеллектуальные датчики в совокупности с анализирующим и управляющим программным обеспечением минимизируют человеческий фактор в производстве. С помощью технологического оборудования можно быстро изменить параметры производимой продукции и стимулировать скорость совершенствования выпускаемого продукта. С целью оптимизации процесса работы и разработки новых технологий на заводе выделено большое пространство, предназначенное для общения специалистов, занятых в продвижении и проверке новых идей. Близость производственных цехов к проектировщикам и инженерам ускоряет процесс налаживания производства новой продукции.

Здание содержит в своем пространстве экскурсионные пути, демонстрирующие работу компании Trumpf. В подкровельном пространстве над производственным цехом между верхней и нижней балкой фермы перекрытия проложены пешеходные маршруты. На одну из галерей есть свободный доступ с улицы, что дает возможность всем





желающим ознакомиться с продукцией компании и подобрать необходимое оборудование для своего бизнеса. Остальные галереи предназначены для перемещения сотрудников из одной производственной зоны в другую. Организация передвижения сотрудников и экскурсионных групп на уровне крыши освобождает остальное пространство сооружения для свободного перемещения оборудования. Экстерьеры здания выполнены из дерева и витринного остекления, что создает эффект эстетической интеграции с окружающим природным окружением из лесов и полей (илл. 2). Несмотря на примененные передовые пространственные решения взаимодействие с контекстом на энергетическом, ресурсном и функциональном уровнях отсутствует. Все вырабатываемое тепло от лазерных станков и прочего оборудования отводится системой вентиляции в атмосферу.

С архитектурной точки зрения здание интересно организацией максимально свободной планировки помещений для размещения станков. Доступ персонала к станкам с галерей дает свободу в размещении оборудования без необходимости создания пешеходных коридоров. Уникальный способ крепления кран-балок (к нижнему двутавру ферм привариваются специальные оголовки, что позволяет перераспределить вес груза на пилоны здания) высвобождает пространство ферм для пешеходных переходов.

Однако, несмотря на явные преимущества, здание соответствует лишь двум из пяти требований целей устойчивого развития к промышленным зданиям и сооружениям.

## **FUTURE STITCH SMART FACTORY, 2018**

Другим примером стратегии адаптивного предприятия является здание новой умной фабрики FUTURE STITCH площадью 28 800 кв. м (илл. 3). Фабрика располагается в плотной пятиэтажной застройке г. Цзясин (Китай) и сама имеет аналогичную высоту корпуса. Плотная застройка г. Цзясин приводит к недостатку общественных пространств в округе. Здание Future Stitch Smart Factory принадлежит бренду современной одежды STANCE. В теле здания организованы производственные цеха с свободной планировкой, граничащие с инновационными пространствами, тестирующими выпускаемую продукцию и разрабатывающими новую. Реагируя на окружающую плотную застройку, архитекторы включили в прямоугольное тело архитектурного объема помещения общественного пользования: баскетбольные площадки, библиотеку и галерею, пронизывающую фабрику пешеходным маршрутом в центральной части для связи двух пешеходных улиц города. Производственные помещения и процессы обеспечения производства полностью изолированы

от окружающей городской среды. Вертикальные связи в здании ограничены грузовыми лифтами и коммуникациями. Все перемещения персонала в здании осуществляются по вынесенным на фасад лестницам. Такое решение позволило создать большие по площади производственные цеха на каждом этаже.

Подобная организация движения персонала высвобождает около 15% полезной площади постройки и улучшает эстетические характеристики фасадов здания. Композиционно производственный объект хорошо вписан в среду, но в энергетическом и ресурсном плане изолирован от города, что исключает возможность повторно использовать отработанный пар, широко применяемый в производственных циклах текстильной промышленности, и другие вторичные продукты производства. Постройка полностью отвечает первой из выделенных в статье стратегий проектирования промышленной архитектуры и соответствует целям 9 и 12 парадигмы устойчивого развития (илл. 4)<sup>8</sup>.

Второй подход к проектированию современной промышленной архитектуры опирается на цели, касающиеся выработки энергии, повышения устойчивости городов и населенных пунктов, борьбы с изменениями климата (пункты 7, 11, 13 рассмотренного в статье постановления). Перечисленные требования привели к появлению уникальных промышленных зданий, архитектура которых налаживает разнообразное взаимодействие архитектурного объекта с окружающим природным и городским контекстом: рассматриваемыми производственными объектами может осуществляться перераспределение энергии вторичных продуктов производства на нужды окружающих гражданских и промышленных сооружений. Такие продукты производства, как отработанный перегретый пар, углекислый газ, горячий воздух, несут в себе большую кинетическую и тепловую энергию, а также материальные ресурсы (например, воду). Архитектурное формообразование таких зданий нередко отвечает задаче направить

3. Умная фабрика *FUTURE STITCH*, Цзясин, Китай. Архитекторы: *AZL Architects*. Фасад. Фото: Ли Яо. *Arch Daily*. [https://www.archdaily.com/915654/future-stitch-smart-factory-azl-architects/5cbee5c6284dd16f60000065-future-stitch-smart-factory-azl-architects-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/915654/future-stitch-smart-factory-azl-architects/5cbee5c6284dd16f60000065-future-stitch-smart-factory-azl-architects-photo?next_project=no)

4. Умная фабрика *FUTURE STITCH*, Цзясин, Китай, 2018. Архитекторы: *AZL Architects*. Общий вид. Фото: Ли Яо. *Arch Daily*. [https://www.archdaily.com/915654/future-stitch-smart-factory-azl-architects/5cbee1ff284dd1995100000c-future-stitch-smart-factory-azl-architects-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/915654/future-stitch-smart-factory-azl-architects/5cbee1ff284dd1995100000c-future-stitch-smart-factory-azl-architects-photo?next_project=no)

#### ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>8</sup> Волошенко Т. О., Евтушенко-Мулукаева Н. М. Особенности реновации промышленных объектов в малом городе // *Современная архитектура мира*. 2023. № 2 (21). С. 301–322.

<sup>9</sup> Шамаева Т. В. Устойчивое развитие архитектурного облика промышленных объектов на примере зарубежного опыта // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2022. № 12. С. 46–61. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-12-46-61.





положительные свойства окружающей природной среды (воздушных потоков, свойств почв) для обеспечения производственных цепочек или повышения энергоэффективности производства. Наиболее подходящими для применения такого подхода являются энергоемкие предприятия: ТЭЦ, ТЭС, АЭС, КТЭС, ГЕО ТЭЦ, металлургические предприятия, тяжелое машиностроение, химические предприятия и другие типы тяжелой промышленности<sup>9</sup>. Несмотря на множество достоинств, описываемая стратегия проектирования имеет ряд недостатков: проблематично изменять структуру производства и вид выпускаемой продукции.



Совершенствование промышленного оборудования технологической цепочки осуществляется только за счет замены отдельно взятых узлов и станков более современными модификациями. Нет возможности перестроить и расширить производство внутри одного объема или энергоблока.

Рассмотрим несколько примеров уникальных промышленных предприятий.

### **ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ЛЯНСИСАЛМИ, ВАНТАА, ФИНЛЯНДИЯ, АРХИТЕКТОР: PARVIAINEN ARCHITECTS, 2019**

Электростанция находится в провинциальном городе с малой плотностью застройки и вырабатывает электроэнергию для окружающих ее районов. Отработанный перегретый пар является вторичным продуктом производства электроэнергии

5. Электростанция Лянсисалми Вантаа, Финляндия, 2019. Архитектор: Parviainen Architects. Фасад (arkitera фото). Источник: <https://www.arkitera.com/proje/lansisalmi-guc-istasyonu/>

6. Электростанция Лянсисалми Вантаа, Финляндия. Архитектор: Parviainen Architects. Фасад. Источник: [https://www.archdaily.com/891535/lansisalmi-power-station-parviainen-architects/5abb9ceff197cc66400001c9-lansisalmi-power-station-parviainen-architects-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/891535/lansisalmi-power-station-parviainen-architects/5abb9ceff197cc66400001c9-lansisalmi-power-station-parviainen-architects-photo?next_project=no)



на ТЭС и представляет собой частицы воды температурой 650 градусов под давлением до 100 атмосфер. В теле здания расположен теплообменник, который передает избыточное тепло в систему отопления общественно-бытовых зданий города Вантаа. С эстетической точки зрения электростанция представляет собой комплекс невысоких зданий, гармонирующих с окружающим природным и городским контекстом (илл. 5).

Особенности производственной цепочки ТЭС дали возможность архитектурным объемам комплекса иметь небольшой размер корпусов и соответствовать по масштабу окружающей застройке, а матовое стекло на фасадах обеспечивает зданию слияние с окружающими снежными пейзажами (илл. 6). Небольшая электрическая мощность и занимаемая объектом скромная площадь в городской структуре позволяют зданию соответствовать требованию об устойчивом взаимодействии промышленного здания с городским контекстом. Система цифровых датчиков осуществляет передачу на электростанцию данных о температурном режиме отапливаемых паром зданий, что дает возможность настроить оптимальные объемы выработки энергии.





## ДАТА ЦЕНТР КОМПАНИИ ЯНДЕКС В ФИНЛЯНДИИ, 2018

Дата центр компании Яндекс в Финляндии является уникальным примером всесторонней интеграции производственной цепочки в окружающее здание природное и городское окружение посредством оригинального архитектурного решения. В общемировой практике средний по вычислительной мощности ЦОДД потребляет электрическую энергию в объемах, сравнимых с потребностью города на 1 миллион человек. 60% этой электроэнергии центр обработки данных расходует на охлаждение серверов. Город Мянтсяля находится в предгорье, на пути движения холодного циркуляционного потока, спускающегося с гор. Крыша здания напоминает утрированную верхнюю образующую крыла самолета (илл. 7).

Такая форма обусловлена задачей создания избыточного давления ветрового потока в пространстве над крышей здания, стимулирующего попадание внутрь помещений большого объема холодного воздуха. Попадая в ЦОДД, воздух проходит через камеры фрикулинга, которые при помощи распыления холодной воды снимают лишнее тепло с входящего в здание воздуха. Проходя через сервера и нагреваясь, воздух попадает в теплообменник, где разогревает воду отопительной системы города Мянтсяля (илл. 8). Взамен

## ИЛЛЮСТРАЦИИ

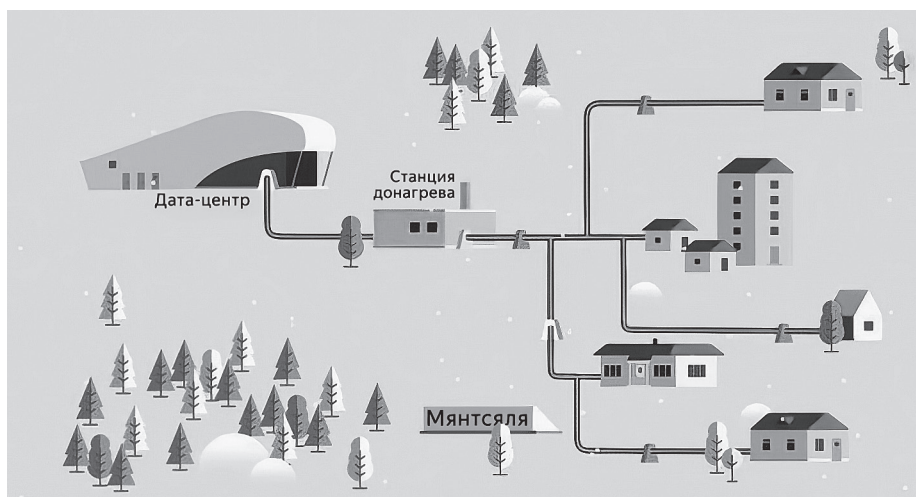
7. ЦОДД компании Яндекс, Мянтсяля, Финляндия, 2018. Фасад (Хабр фото. <https://habrastorage.org/r/w1560/files/fad/099/f01/fad099f01f02482897aa007a9c1e4a28.jpg>)

8. ЦОДД компании Яндекс, Мянтсяля, Финляндия, схема отвода избыточного тепла на окружающую жилую застройку. 2018 (Хабр фото. <https://habrastorage.org/r/w1560/files/899/c08/092/899c08092c7a4220bce3b7cccf8883ea.jpg>)

## ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>10</sup> Султанова А. Инновационные технологии и их влияние на архитектуру предприятий растениеводства // Архитектура и современные информационные технологии. 2018. №1 (42). С. 163–177.





получаемой тепловой энергии (горячего водоснабжения) город закупает до 60% потребляемой ЦОДД электроэнергию в зимние месяцы. Жители оплачивают счета за тепло в домах, что компенсирует затраты компании Яндекс на электроэнергию. Здание ЦОДД находится на значительном расстоянии от жилых домов. Форма здания создана исходя из утилитарной задачи — напрямую участвовать в обеспечении охлаждения серверных блоков, обрабатывающих большие объемы данных.

Для уникальных производственных зданий характерна неизменность размещения оборудования и производимого продукта. Глубокая степень интеграции в окружающий контекст на основе энергетического и ресурсного обмена создает симбиоз промышленного здания и окружения в архитектурно-планировочном и образном аспектах. Рециркуляция вторичных продуктов промышленного производства повышает КПД сжигания энергоносителей, что сокращает объем вредных выбросов в атмосферу<sup>10</sup>.

## ВЫВОДЫ:

1. Промышленная архитектура развивается сегодня в двух контрастирующих направлениях или подходах к проектированию. Первый подход — интеллектуальные фабрики — позволяет создавать здания, ориентированные на перманентную перестройку производства под нужды новых технологий и изменения сортамента продукции. Как правило, это предприятия среднего и легкого машиностроения или высокотехнологичный сектор производства. Подобные объекты могут быть расположены вблизи жилой застройки, но ограничены в приемах достижения энергоэффективности постройки.

2. Второй подход нацелен на максимальное повышение энергоэффективности и экологичности одного типа производства. Здание объединяет производственный объект и окружающий контекст в ресурсном и энергетическом плане. Такой подход дает архитекторам больше предпосылок для развития образно-визуального облика предприятий.

3. С точки зрения формы сооружений в первом подходе промышленное здание рассматривается как наиболее экономичная и универсальная оболочка для определенного вида производств. Второй подход нацелен на создание промышленного здания как уникального сооружения, полностью соответствующего специфике технологического процесса, происходящего внутри оболочки, и взаимодействующего с окружающим городским контекстом посредством технологических связей для перераспределения энергии.

4. Здания адаптивных производств более предназначены для ведения инновационной деятельности. Сочетание свободной планировки производственных помещений и исследовательских зон с компонентами экосистемы Индустрии 4.0 позволяет вести исследования и апробацию новых технологических решений, не останавливая производство.

5. Уникальные промышленные здания за счет глубокого симбиоза с окружающим природным и городским контекстом посредством ресурсного и энергетического обмена, функциональной согласованности позволяют удовлетворить большое количество задач устойчивого развития. Единственным серьезным недостатком данной типологии является невозможность изменения производимого продукта, что противоречит пункту парадигмы устойчивого развития, требующему возможности повторного использования здания при потере актуальности работающей технологии.

6. Выбор той или иной стратегии проектирования в первую очередь зависит от необходимости перманентного совершенствования продукции предприятия, степени ее инновационной изменчивости. Если завод рассматривается как предприятие высокотехнологичного инновационного сектора — необходимо применить подход проектирования адаптивной фабрики со свободной планировкой. Ключевым качеством архитектурных решений такой фабрики станут именно степени свободы размещения и замены промышленного оборудования. Остальные предприятия, с неизменяемым по виду первичным продуктом промышленного производства (металлопрокат, электроэнергия и т. д.), требуют уникального подхода к проектированию каждого объекта, архитектура которого должна включать перераспределение вторичных продуктов производства на окружающие промышленные и гражданские объекты в целях их повторного использования.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахромеева А.А. Реновация промышленных зон города / Ахромеева А.А., Иванова Н.В. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. № 1 (86). С. 315–328. EDN YILEGN.
2. Барчугова Е.В. Жилые образования и их составляющие в условиях виртуализации жизни / Барчугова Е.В., Рочегова Н.А. // Современная архитектура мира. 2022. № 2 (19). С. 155–180. DOI 10.25995/NIITAG.2022.19.2.008.
3. Волощенко Т.О. Особенности реновации промышленных объектов в малом городе / Волощенко Т.О., Евтушенко-Мулукаева Н.М. // Современная архитектура мира. 2023. № 2 (21). С. 301–322.
4. Денисов А.А. Требования к программной реализации системы Индустрии 4.0 для создания сетевых предприятий / А.А. Денисов, Ю.Ф. Тельнов, В.А. Казаков, А.В. Данилов // Программные продукты и системы. 2022. № 4. С. 557–571. DOI 10.15827/0236-235X.140.557-571.
5. Доклад о целях в области устойчивого развития. Публикация Организации Объединенных Наций подготовлена Департаментом по экономическим и социальным вопросам ООН. 2020 86 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022\\_Russian.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Russian.pdf) (дата обращения: 15.09.2023).
6. Иванченко В. От модернизации производства к инновационному производству // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2011. № 4. С. 48–67.
7. Лапшин В.С. Механизм формирования системы устойчивого развития предприятия / Лапшин В.С., Горбунова Н.В. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11, № 36 (321). С. 30–44. EDN UKTTGP.
8. Филатова М.В. Методология устойчивого развития промышленных экосистем / М.В. Филатова, Е.В. Шкарупета, О.В. Дударева, А.Ю. Беккиев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82, № 4 (86). С. 377–382. DOI 10.20914/2310-1202-2020-4-377-382.
9. Султанова А. Инновационные технологии и их влияние на архитектуру предприятий растениеводства // Архитектура и современные информационные технологии. 2018. № 1 (42). С. 163–177.
10. Шамаева Т.В. Устойчивое развитие архитектурного облика промышленных объектов на примере зарубежного опыта // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 12. С. 46–61. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-12-46-61.

## REFERENCES

1. Akhromeeva A.A. Renovation of industrial zones of the city (Renovaciya promyshlennyh zon goroda) / Akhromeeva A.A., Ivanova N.V. // *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta)*. Series: Construction and Architecture. 2022. No. 1 (86). Pp. 315–328. EDN YILEGN.

2. Barchugova E. V. Residential formations and their components in the context of virtualization of life (Zhilye obrazovaniya i ih sostavlyayushchie v usloviyah virtualizatsii zhizni) / Barchugova E. V., Rohegova N. A // *Contemporary World's Architecture (Sovremennaya arhitektura mira)*. 2022. No. 2 (19). Pp. 155–180. DOI 10.25995/NIITIAG.2022.19.2.008.
3. Voloshchenko T. O. Features of the renovation of industrial facilities in a small town (Osobennosti renovatsii promyshlennykh ob"ektov v malom gorode) / Voloshchenko T. O., Evtushenko-Mulukaeva N. M. // *Contemporary World's Architecture (Sovremennaya arhitektura mira)*. 2023. No. 2 (21). Pp. 301–322.
4. Denisov A. A. Requirements for the software implementation of the Industry 4.0 system for the creation of network enterprises (Trebovaniya k programnoy realizatsii sistemy Industrii 4.0 dlya sozdaniya setevykh predpriyatij) / A. A. Denisov, Yu. F. Telnov, V. A. Kazakov, A. V. Danilov // *Software products and systems (Programmnye produkty i sistemy)*. 2022. No. 4. Pp. 557–571. DOI 10.15827/0236–235X.140.557–571.
5. Report on the Sustainable Development Goals. United Nations publication prepared by the United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2020 86 p. [Electronic resource]. URL: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022\\_Russian.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Russian.pdf) (date accessed: 15.09.2023).
6. Ivanchenko V. From production modernization to innovative production (Ot modernizatsii proizvodstva k innovatsionnomu proizvodstvu) // *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences (Vestnik Instituta ekonomiki Rossijskoj akademii nauk)*. 2011. No. 4. Pp. 48–67.
7. Lapshin V. S. Mechanism for the formation of a sustainable enterprise development system (Mekhanizm formirovaniya sistemy ustojchivogo razvitiya predpriyatiya) / Lapshin V. S., Gorbunova N. V. Mechanism // *National interests: priorities and security (Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost')*. 2015. Vol. 11, No. 36 (321). Pp. 30–44. EDN UKTTGP.
8. Filatova. M. V. Methodology of sustainable development of industrial ecosystems (Metodologiya ustojchivogo razvitiya promyshlennykh ekosistem) / M. V. Filatova, E. V. Shkarupeta, O. V. Dudareva, A. Yu. Bekkiev // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies (Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii)*. 2020. Vol. 82, No. 4 (86). Pp. 377–382. DOI 10.20914/2310–1202–2020–4-377–382.
9. Sultanova A. Innovative technologies and their impact on the architecture of plant growing enterprises (Innovatsionnye tekhnologii i ih vliyanie na arhitekturu predpriyatij rastenievodstva) // *Architecture and modern information technologies (Arhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii)*. 2018. No. 1 (42). Pp. 163–177.
10. Shamaeva T. V. Sustainable development of the architectural appearance of industrial facilities using foreign experience as an example (Ustojchivoe razvitie arhitekturnogo oblika promyshlennykh ob"ektov na primere zarubezhnogo opyta) // *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov (Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova)*. 2022. No. 12. Pp. 46–61. DOI 10.34031/2071-7318-2022-7-12-46-61.

### **Об авторе:**

**Помялов Владимир Алексеевич** — аспирант Московского архитектурного института (государственной академии), архитектор, автор четырех проектов — победителей конкурса Малых городов России и исторических поселений. Область научных интересов — современная промышленная архитектура, ресурсосберегающие технологии.

### ***About the author:***

**Vladimir Pomyalov** — Graduate Student at the Moscow Institute of Architecture (State Academy), an architect, the author of four winning projects of the competition of Small Towns of Russia and historical settlements. His research interests include modern industrial architecture, resource-saving technologies.