

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья

УДК/UDC 727.012:001.89

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-146-160

**Проектирование научно-производственных комплексов
на основе модульных систем****Ирина Олеговна Николаева^{1✉}, Александра Игоревна Шibaева²**

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

¹i.nikolaeva@markhi.ru ²sasha.shibaeva@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается один из возможных подходов к проектированию научно-производственного комплекса, включающего индустриальный и технологический парк, с использованием модульных систем. Исследуется способ оптимизации процессов формирования архитектурных решений путем систематизации подхода в проектировании на уровне, где применяются модульные системы. Описаны возможные комбинации приёмов модульного формообразования при создании научно-производственных комплексов. Делается акцент на примерах из отечественного и международного опыта, подчеркивается актуальность применения таких систем в контексте российской промышленности для усиления ее инновационного потенциала.

Ключевые слова: научно-производственный комплекс, индустриальный парк, технологический парк, модульная система

Для цитирования: Николаева И.О. Проектирование научно-производственных комплексов на основе модульных систем / И.О. Николаева, А.И. Шibaева // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. №3(68). С. 146-160. URL:

https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/10_nikolaeva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-146-160

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Original article

**Design of science and production complexes
based on modular systems****Irina O. Nikolaeva^{1✉}, Alexandra I. Shibaeva²**

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

¹i.nikolaeva@markhi.ru ²sasha.shibaeva@mail.ru

Abstract. The article explores one of the possible approaches to designing a science and production complex, which includes an industrial and technological park, using modular systems. The method of optimizing the process of forming architectural solutions through the systematization of the approach at levels where modular systems are applied is examined. Various combinations of modular design techniques for creating science and production complexes are described. The emphasis is placed on examples from both domestic and international experience, highlighting the relevance of using such systems in the context of Russian industry to enhance its innovative potential.

Keywords: science and production complex, industrial park, technological park, modular system

For citation: Nikolaeva I.O., Shibaeva A.I. Design of science and production complexes based on modular systems. Architecture and Modern Information Technologies, 2024, no. 3(68), pp. 146-160. Available at:

https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/10_nikolaeva.pdf

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-146-160

^{1,2} © Николаева И.О., Шibaева А.И., 2024

Введение

Интерес к исследованию модульности, как одного из приемов формообразования, активно применяемого в современной архитектурной практике, стал общим основанием, объединившим авторов для работы над данной статьёй. Проведённый анализ уровней проектирования с применением модульных систем позволил выявить их значительный потенциал в организации пространственной среды современных научно-производственных комплексов, обладающих выраженной инновационной составляющей.

Сегодня глобальные трансформации в организации научной, научно-технологической и инновационной деятельности обусловлены переходом к постиндустриальной модели общества, которая размывает дисциплинарные и отраслевые границы в исследованиях и разработках. В новых условиях становится неизбежным наличие и реализация полного инновационного цикла на производственных объектах: *от фундаментальных научных исследований до разработки технологий и их массовому производству* [4,5,10,11].

В странах, лидирующих по объему инновационного производства, таких как Япония, Китай, США и других, активно реализуются градостроительные и архитектурные концепции, поддерживающие синергию между крупно-производственными и научными структурами. Эти концепции отвечают требованиям наиболее перспективных форм организации пространства для инновационного процесса, например, техно-полисы и инновационные кластеры.

В настоящее время формирование наукоемких отраслей промышленности способствует укреплению экономического суверенитета стран, что делает их развитие одной из ключевых стратегических целей РФ³. Однако, на сегодняшний день, в России прослеживается неравномерное распределения научно-технологического потенциала. Исторически сложившийся узкоспециализированный сценарий развития производственных территорий, особенно ярко проявившийся в моногородах, свидетельствует о значительных сложностях их функционирования в современных условиях [7]. Это связано с отсутствием пространственной сопряженности между научными и производственными комплексами. В результате наблюдается территориальная и технологическая изоляция, что значительно усложняет координацию исследовательской деятельности и коммерциализацию полученных результатов.

Другая проблема, которую можно обозначить, в отечественной практике – формирование пространств, необходимых для реализации инновационной деятельности идет преимущественно по инерционному пути. Точки «роста» возникают в тех регионах, где наблюдается достаточный уровень инвестиций и экономических мощностей, что стимулирует их ускоренное развитие по сравнению с территориями, испытывающими нехватку ресурсов [7]. При этом в большинстве случаев использование типовых архитектурных решений, предназначенных для серийного строительства, приводит к неэффективному использованию средств и пространства [1,10]. Отсутствие соответствующих комфортных условий и элементов инфраструктуры, включая рекреационные зоны и зеленые насаждения, содействует сохранению отчужденности территорий [10], делает их не привлекательными для населения, не связанного с производством. В свою очередь, это препятствует их трансформации в центры инновационного развития и внедрения новых технологий.

Таким образом, сегодня архитекторам необходимо рассмотреть новые подходы к формированию научно-производственного комплекса в соответствии с современными требованиями и оптимизированными пространственными решениями.

³ Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/> (дата обращения 14.08.2024).

Целью статьи является рассмотрение способов создания модели научно-производственного комплекса (НПК) модульного типа.

Инновационный процесс: наука–технологии–реализация–массовое производство

Организация инновационного процесса является основополагающим элементом в формировании современного научно-производственного комплекса [5]. Можно рассмотреть данный процесс как ряд действий, от зарождения идеи до создания физического прототипа и разработки технологии его производства. Различные виды деятельности подразделяются на последовательные этапы, которые выражаются в инновационном цикле. Преобладание одного из соответствующих этапов будет определять характер формы организации инновационного процесса. При этом модель формы организации инновационного процесса в большой степени определяется историческими, экономическими, техническими и социальными предрасположенностями как региона проектирования, так и города.

Например, в зарубежной теории и практике распространена аббревиатура НТП – научно-технологический парк⁴. Это широкое понятие, которое включает различные формы организации инновационного процесса, такие как «технологический парк», «техно-полис», «научный парк» и другие. Их деятельность, отличающаяся междисциплинарным характером, концентрируется на обеспечении максимально быстрой коммерциализации научных разработок. Развитие поэтапно шло по пути усиления связей между научными, образовательными, исследовательскими организациями и предприятиями разных масштабов [5]. В отличие от отечественного опыта, где традиция в организации инновационного процесса систематично формировалась вокруг узконаправленных дисциплин.

Объектом исследования работы являются индустриальные и технологические парки, как современные формы организации инновационного процесса, в настоящее время широко распространенные в отечественной и зарубежной практике [5]. Несмотря на то, что каждый из них представляет собой сложную структуру с характерными особенностями и требованиями, их общей чертой, являются эффективные формы инновационного научно-производственного сотрудничества [5], сокращающие временные затраты между научными исследованиями и внедрением новых технологий в массовый производственный процесс (рис. 1).

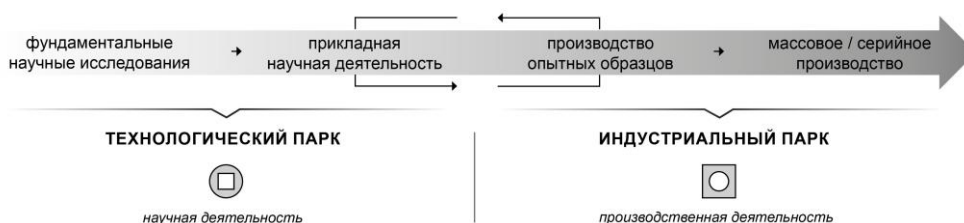


Рис. 1. Инновационный процесс: наука–технологии–реализация–массовое производство

Технологический парк: исследования, опытно-конструкторская разработка и мелкосерийное производство

Во второй половине XX века в разных регионах мира одновременно возникла необходимость создания новых форм территориальной поддержки инновационных предприятий, интеграции науки и производства – технопарков. Первые подобные образования были стихийные с выраженным межотраслевым характером. Историческими примерами таких парков, которые впервые появились в США в 1950-х годах, являются «Кремниевая долина» в Стэнфорде и «Дорога №128» в Массачусетсе. Для американской

⁴ STP (англ.) – Science and Technology Park.

модели характерно: ядро-университет, вокруг которого, на территориях, сдаваемых университетом в аренду, формируются научно-исследовательские лаборатории и множество начинающих инновационных компаний.

Европейские технопарки появляются лишь спустя два десятилетия, в 70-х годах XX века (Кембриджский университет (Великобритания), технополис София-Антиполис (Франция) и технопарк Левенла-Нев (Бельгия)) (рис. 2а). В основном это технопарки инкубационного типа, размещающиеся на территории или внутри здания кампусов, что накладывает ограничения на площадь и архитектуру объектов [9]. Основная цель европейской модели – обеспечить максимально быструю реализацию научных разработок и создать новые рабочие места. В связи с этим, планировочная структура отличается сложностью за счет тесного взаимодействия науки, образования и бизнеса.

Выделяют также и азиатскую модель технопарков, которая реализуется с начала 80-х годов XX века (город Цукуба, Япония) и имеет ярко выраженный тип «технополиса», где научно-производственный комплекс является главным градообразующим фактором (рис. 2б). Такая планировочная структура изначально была характерна для советских наукоградов, которые в 1930-х годах, были центральным элементом системной градостроительной политики СССР в области научно-технического прогресса. Это были комфортные автономные пространства, необходимые для работы и жизни ученых. Основное различие между отечественной и азиатской моделями заключается в приоритетах их деятельности. В Японии главной целью является увеличение экономического сектора посредством интеграции научных достижений в производственные процессы, тогда как в России основной акцент делается на развитии экономики через усиление инновационных и научных сфер.



а)



б)

Рис. 2. Технологические парки. Общий вид: а) технологический парк София-Антиполис (Sophia Antipolis); б) технологический парк Xin Wei Yi

Первыми прообразами технопарков в мировом понимании на территории России считают Томский научно-технологический парк, который возник на базе университета, инженерного центра «Ускорение» НИИ АЭМ в 90-х годах XX века⁵. Несмотря на то, что лучшие результаты его деятельности для экономики страны приходились на рубеж веков, он до сих пор сохраняет своё назначение – территориальной интеграции производства, науки и образования⁶. Еще одним примером современной формы организации инновационного процесса на территории России является технопарк «Сколково», который представляет собой часть одноимённого кластера, спроектированного в соответствии со следующими принципами: экологически благоприятное местоположение, близость к городам, включение

⁵ Сырямкин М.В. История развития инновационной деятельности в 1989-1992 гг. в Томской области на примере возникновения Томского научно-технологического парка «Технопарк» // Вестник Томского государственного университета, 2011. № 348. С.72-75.

⁶ Там же.

рекреационных зон и учет пешеходной доступности объектов, качественная архитектура и инфраструктура, безопасность, развитая социальная среда.

Индустриальный парк: техническая разработка и массовое производство

Индустриальные парки как промышленные зоны, несмотря на относительно недавнее появление, претерпели значительные изменения в ходе развития и как форма организации производства приобрели большую востребованность. В настоящее время около 87% индустриальных парков расположены в технологически развитых странах, таких как США, Китай, Япония, ОАЭ и в городах Западной Европы [8].

Первый индустриальный парк Траффورد Парк был основан в Великобритании в 1896 году (рис. 3а). Его отличительной особенностью от существовавших на тот момент промышленных комплексов является то, что на территории были выделены участки для строительства производственных объектов и инженерных сетей, предназначенных для аренды и последующей продажи. Это ускорило процесс индустриализации, частично благодаря отсутствию узкой специализации промышленного парка. Территория Траффورد Парка стала привлекательной для сталелитейных предприятий, электротехнической отрасли и машиностроения⁷.

К первой половине XX века, индустриальные парки широко распространились в Европе и Северной Америке [11]. В отличие от существующей практики размещения промышленных предприятий рядом с источниками энергии и последующего стихийного роста, развитие индустриальных парков предусматривало четкую планировочную организацию территории и необходимую инженерную подготовку. Переняв западный опыт индустриальные парки стали активно строиться в азиатских странах в 60-80-х гг. XX века, в частности в Японии и Китае [8] (рис. 3б). Отличительной чертой азиатской модели стала поддержка государства, которая выражается в комплексном подходе при размещении индустриальных парков в территориальной системе расселения страны (например, индустриальный парк Сучжоу)⁸.



а)



б)

Рис. 3. Индустриальные парки. Общий вид: а) индустриальный парк Трффорд Парк 1930-е года; б) индустриальный парк Alibaba DAMO Nanhu

В России с 2000-х годов активно строятся индустриальные парки, и сегодня их насчитывается более 270⁹. Основной целью развития индустриальных парков на территории России является привлечение инвестиций, поддержка производства, создание новой производственной инфраструктуры.

⁷ К примеру, именно на территории Траффорд Парка была открыта самая первая производственная база компании Ford за пределами США, которая обеспечила всю необходимую инфраструктуру для рабочих, включая церковь, школу, столовую и магазины.

⁸ Suzhou Industrial Park SIP (анг.) – индустриальный парк, расположенный в нескольких регионах, а именно Сучжоу, Цзянсу, и находится в совместном управлении Китая и Сингапура.

⁹ Обзор Индустриальных парков России 2024 г. URL: <https://indparks.ru/materials/edition/obzor-industrialnykh-parkov-rossii-2024/> (дата обращения 14.08.2024).

Необходимо обозначить ключевые условия, благодаря которым происходило быстрое развитие и распространение индустриальных парков как в России, так и в различных регионах мира. Эффективное функционирование индустриального парка требует создания основной инфраструктуры, включая инженерные коммуникации, удобный транспортно-логистический узел для сбыта продукции и универсальные производственные здания [11]. Кроме того, важным является наличие соответствующих условий для постоянного или временного проживания профессиональных кадров. Этот перечень представляет собой минимальные условия для привлечения компаний-производителей, которые арендуют помещения и размещают производственные мощности. Таким образом, собственник территории индустриального парка освобождает резидентов от многих задач и обязанностей, связанных с подготовкой и поддержанием инфраструктуры.

Технологические и индустриальные парки в составе НПК, как формы возможной реализации полного инновационного процесса

Сегодня обе формы пространственных образований – индустриальные и технологические парки – требуют от архитектора создание решений не только универсальных, но приспособляющихся к постоянным изменениям, производственных инновационных пространств, предназначенных для последующей сдачи в аренду компаниям, деятельность которых существенно различается по масштабам и характеру [11]. Технологический парк, как правило, ориентирован на развитие прорывных технологий, применяемых в мелкосерийном производстве и исследованиях, тогда как индустриальный парк сосредоточен на массовом производстве товаров различными компаниями и предприятиями. Исходя из этого, технопарки и индустриальные парки могут функционировать в симбиозе, где технопарк обеспечивает переход от инноваций к массовому производству, посредством интеграции в структуру индустриального парка.

Выявленная общая функциональная основа в контексте пространственной организации научных, производственных и вспомогательных процессов, на уровне территориального планирования позволяет обеспечить встраивание одного объекта в другой [5] (рис. 4). В связи с этим, возникают вопросы в решениях объемно-планировочной композиции и способах взаимодействия этих двух типов парков для эффективной реализации связи между инновациями и производством. Необходимо рассмотреть механизмы многопланового подхода к организации территорий, которые позволят оптимально использовать потенциал как технологических, так и индустриальных парков для достижения взаимодействия, и координации между различными элементами двух систем, успешного функционирования и устойчивого развития.

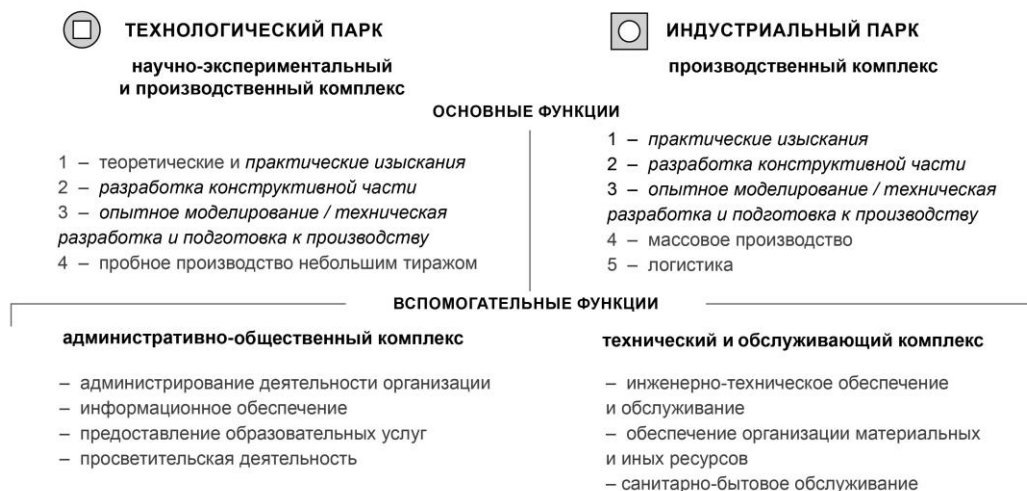


Рис. 4. Функциональная модель технологического и индустриального парка: основные и вспомогательные функциональные составляющие

Использование сборных и функциональных модульных систем в процессе формообразования. Функция–конструкция–форма

Предлагаемая структура парка модульного типа, учитывающая условия для организации инновационных процессов, в которой индустриальные и технологические парки взаимодействуют в симбиотической среде, представляется рациональной. В основе приведенной модели целесообразно принять приём модульных систем¹⁰. Необходимо отметить, что понятие модуля трактуется значительно шире, чем в современном понимании модульной архитектуры, где модуль выражен конструктивной, функциональной, мерной, пропорциональной или пространственной единицей.

История формирования модульных систем в архитектуре тесно связана с производственно-технологическими процессами XX века, когда промышленная архитектура переживала расцвет и являлась движущей силой возникновения и развития многих архитектурных течений, характеризующихся выраженным функционализмом (рационализм, конструктивизм, структурализм и т.д.). Технологические процессы производства систематизировали пространство, подчиняясь формуле проектирования Красовского А.К. – «изнутри наружу» [3, с.114]. Это делало формообразование зависимым от функции, что особенно проявлялось в промышленной архитектуре. Функциональные блок-модули, чаще всего представленные корпусами, в которых был заключен тот или иной технологический этап, выражались в архитектурно-композиционных и конструктивных решениях [3].

Необходимо обратиться к теоретическим изысканиям вопросов тектоники Волчка Ю.П. как способа профессионального мышления архитектора, сочетающего художественность и технологичность в процессе формообразования [3]. Соответственно, можно обозначить, что в данном случае модульные системы будут построены на тектонике «внешнего» и «внутреннего», где первое – комплекс технологических, технических, конструктивных приемов формообразования направлен на реализацию внутреннего – комплекса художественного, концептуального, функционального наполнения архитектуры. В связи с этим, можно утверждать, что проектирование с использованием модульных систем происходит в рамках формулы «функция–конструкция–форма»¹¹ (рис. 5), что совпадает с уровнями проектирования (*градостроительным, планировочным и объемно-композиционным*). В отличие от этапов проектирования, которые являются последовательным завершённым процессом, уровни дают архитектору инструменты для работы в различной последовательности, в зависимости от ситуации.

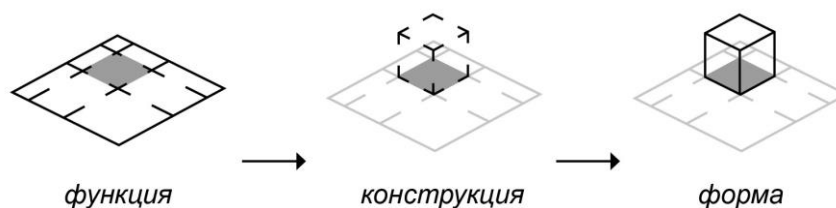


Рис. 5. Схема проектирования с использованием модульных систем в рамках формулы «функция–конструкция–форма»

¹⁰ В рамках работы модульная система рассматривается как структура, характеризующаяся единством множества элементов (модулей). Каждый модуль представляет собой конструктивную, функциональную, метрическую, пропорциональную или пространственную единицу, обеспечивающую целостность и согласованность системы – Шибеева А.И.

¹¹ Приведенная формула встречается в работах многих исследователей (Гутнов А.Э., Глазычев В.Л. и др.). В рамках данной статьи мы обращаемся к уже существующим подходам и результатам, разработанным ранее, и перекладываем на модель взаимодействия индустриального и технологического парка.

Каждый уровень проектирования с использованием модульных систем зависит от первичной функциональной модели объекта, схемы взаимосвязей между функциональными группами помещений, определяющей пространственную организацию, которая отличается масштабируемостью и может применяться как в пределах одного здания, так и комплекса [2, с.104]. На основании сравнительной таблицы (рис. 4) следует отметить, что технологическим и индустриальным паркам присуща единая функциональная модель, которая подразумевает разделение деятельности на основную и вспомогательную, со схожим функциональным наполнением в обоих парках. При этом учитывается специфика деятельности парков, которая определяется степенью их вовлеченности в этапы инновационного процесса: в технологических парках преобладает научно-исследовательская деятельность, тогда как в индустриальных парках основное внимание уделяется производственной деятельности.

Разработка проекта с использованием модульных систем, как комплексный процесс, основана не только на функциональной модели, набора функций, но и на зависимости – преемственности обозначенных уровней друг другу. Подобная преемственность может быть последовательной, когда каждый из уровней является смысловым и пространственным продолжением другого, а может быть и выборочной, когда один или более уровней меняют вид модульной системы или ее основу-модуль (его форму, тип, размер и пр.). Отношения элементов как внутри, так и между модульными системами и уровнями проектирования выражены в придании геометрической формы смысловой группе кварталов, корпусов, зданий и помещений [4, с.57] (рис. 6), которые находятся в метрической, пропорциональной или подобной зависимости.

Использование приведенных систем определяется программой на проектирование, которая охватывает все заинтересованные стороны, в том числе заказчика, администрацию города, городского жителя и другие, что позволяет выявить «...социальные приоритеты в удовлетворении и разрешении конфликтов...» участников [6, с.119]. Другая сторона вопроса, влияющая на компоновку рассматриваемой модели, касается потенциальной инфраструктуры и энергетической автономности, позволяющих перераспределить нагрузку с инженерных и логистических сетей города [12]. Благодаря многофакторному подходу такого рода, соответствующему различным концепциям средового проектирования [6], возможно предположить вектор взаимодействия всех резидентов процесса (рис. 6).

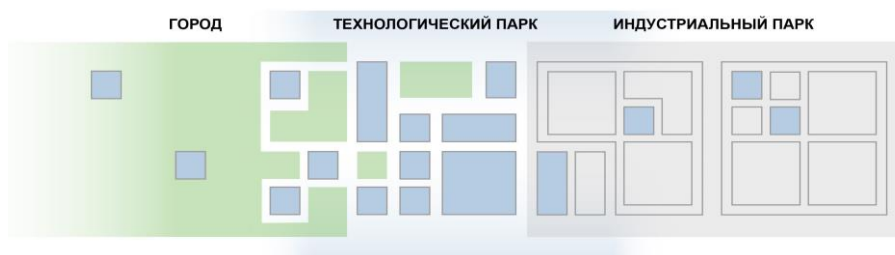


Рис. 6. Принципиальная схема интеграции модулей НПК в городскую структуру

Градостроительный уровень проектирования. В данном случае используется четкое функциональное зонирование территории с применением метрических модульных сеток, которые могут быть производными, как от окружающей застройки, так и от проектируемых объектов [4, с.58-59]. В качестве модуля выбрана адаптивная пространственная ячейка типа «квартал», обладающая потенциалом к организации разнообразной научно-производственной среды и отличающаяся следующими характеристиками (рис. 7а):

- наличие четко определённой функциональной составляющей (производственная, научная, вспомогательная, общественная, рекреационная);
- наличие четкого разделения вспомогательных (сервисных) и пешеходных путей;
- заданная начальная геометрическая и габаритная конфигурация;
- масштабируемость (возможность увеличения площадей резидентов).

Рассмотрим использование модульных систем на примере проекта генерального плана Фонда развития знаний в Международном академическом городке Дубая (DIAC), разработанного архитектурным бюро ОМА в 2019 году (рис. 7б). Несмотря на отсутствие четко выраженной производственной функции, проект включает полный комплекс учреждений, направленных на реализацию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Генеральный план представлен чередующимися квадратами, организованными в шахматном порядке, что обеспечивает четкое модульное функциональное зонирование. Площадка разбита на три ряда и шесть столбцов. Каждый «супер-блок» размером 360 на 360 метров основан на радиусе пешеходной доступности в 250 метров¹². Такое расположение способствует формированию рекреационных внутриквартальных групп. Следует отметить, что модуль используется как на градостроительном, так и на объемно-композиционном уровне, что формирует целостный архитектурный образ. В проекте все объекты характеризуются четкой метрической зависимостью в формообразовании, аналогичной градостроительной сетке.

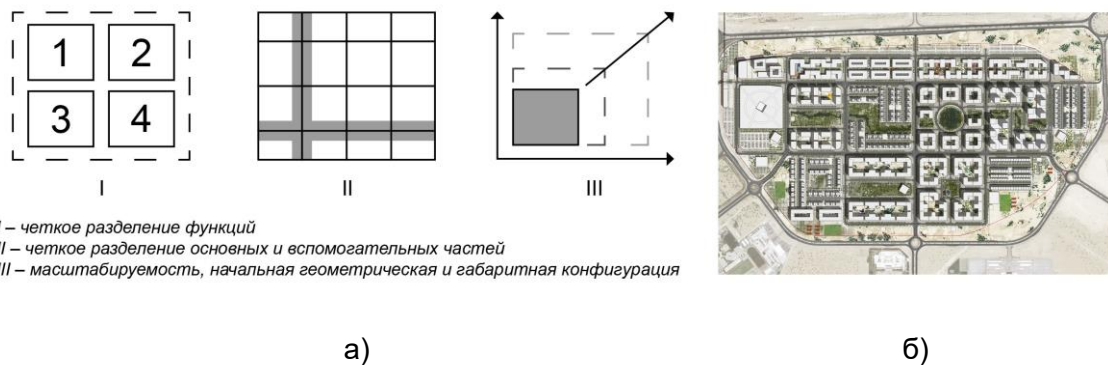


Рис. 7. Градостроительный уровень проектирования: а) концептуальная схема градостроительного этапа проектирования; б) генеральный план Фонда развития знаний в Международном академическом городке Дубая (DIAC), арх. ОМА, 2019 г.

Планировочный уровень проектирования. Функциональный состав выбранной пространственной формы организации инновационного процесса подразделяется в зависимости от направленности деятельности: *основной* – научно-производственной, *вспомогательной* – администрирование и связь. Каждая из них, в свою очередь, представляет собой набор необходимых помещений, сгруппированных в смысловые ячейки, которым придается геометрическая форма. Отличительной особенностью уровня является определение исходного модуля, что допускает следующие варианты (рис. 8а):

- геометрическая форма задаётся всей смысловой группе помещений, при этом внутреннее пространство организуется на основе принципов свободной планировки;
- геометрическая форма задаётся каждому помещению внутри смысловой группы и тогда пространство формируется посредством различных комбинаций данных помещений-модулей.

Первый вариант чаще всего подходит для компоновки модулей в горизонтальной плоскости и организации в них основной – научно-производственной деятельности. Вторым вариантом, напротив, предпочтителен для формирования композиции по вертикали и упорядочивания внутри административной и коммуникативной функций. Тем не менее, возможны и обратные решения, продиктованные, в том числе, географическими особенностями места проектирования. Например, службы обеспечения, необходимые на протяжении всего производственного процесса, могут быть встроены в горизонтальную планировку. В случае, когда деятельность парка сосредоточена на продукции, не требующей крупногабаритного производства, вертикальная планировка может включать

¹² Dubai Knowledge Fund Masterplan // OMA. URL: <https://www.oma.com/projects/dubai-knowledge-fund-masterplan> (дата обращения 14.08.2024).

компоновку процессов сверху вниз, от разработки идеи до производства на нижних наземных и подземных этажах.

Люблинский научно-технологический парк отличается стратегическим расположением вблизи промышленных объектов и наличием особой экономической зоны площадью 10 гектаров¹³. Уникальность комплекса заключается в его структуре, состоящей из пяти модулей, что позволило реализовать поэтапное строительство (рис. 8б). Здание, в плане симметричное относительно продольной и поперечной осей, имеет три основных модуля прямоугольной конфигурации и один модуль, выполняющий функцию связующего элемента. Модули 1,4 и 5 объединены единым функциональным назначением, а именно включают лаборатории и учебные помещения свободные для использования, в том числе высшими учебными заведениями Люблина. Модуль 2 содержит три многофункциональных зала, каждый из которых рассчитан на 140 человек. Они трансформируемые и могут быть объединены, создавая единое пространство вместимостью 420 человек. Основным не по площади, но по смыслу является модуль 3, которые является связующим пространственным звеном комплекса и представляет собой двухэтажное экспозиционное пространство с вестибюлем, где расположен информационный центр. Комплекс организован вокруг внутренних садов-патио, которые функционируют как внутренние проходы, соединяющие различные помещения.

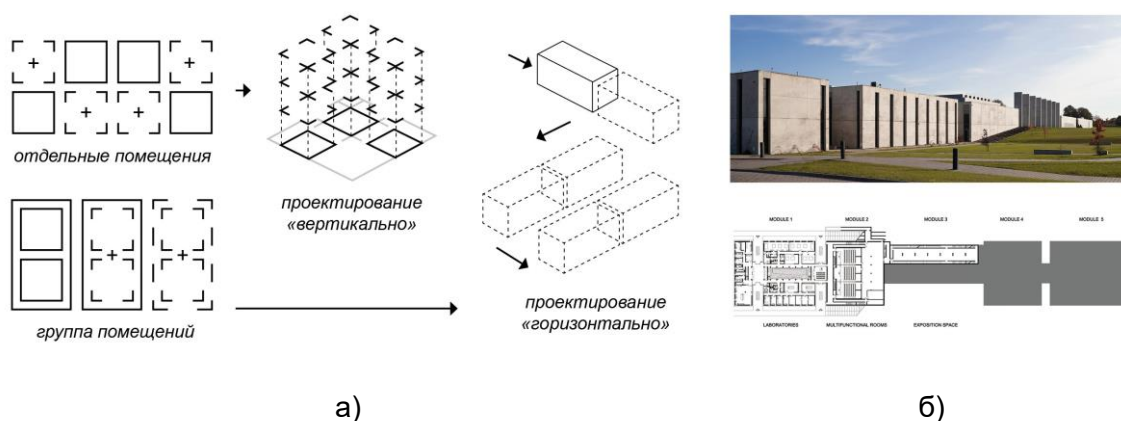


Рис. 8. Планировочный уровень проектирования: а) концептуальная схема планировочного этапа проектирования; б) Люблинский научно-технологический парк, арх. Stelmach I Partnerzy Biuro Architektoniczne, 2013 г.

Отличительной чертой *объемно-композиционного уровня проектирования* является отчетливая выраженность модульности при формировании фасадов или пластики объемов в пространстве. В связи с этим, проектирование на указанном этапе можно классифицировать по трем категориям (рис. 9а):

- полностью поддерживает геометрическую модульную преемственность с первыми двумя рассмотренным уровням за счет взаимодействия трехмерных форм, тождественных плоскостным модулям планировочного уровня;
- не поддерживает геометрическую преемственность, но сохраняет модульную, путем изменения формообразующего модуля, что характерно для уникальных архитектурных решений;
- частично поддерживает геометрическую модульную преемственность через использование сборных модульных систем в случае «плоского» фасада, что преимущественно относится к типовым решениям.

¹³ Lublin Science and Technology Park / Stelmach I Partnerzy Biuro Architektoniczne // ArcDaily. URL: <https://www.archdaily.com/614651/lublin-science-and-technology-park-stelmach-i-partnerzy-biuro-architektoniczne> (дата обращения 20.08.2024).

Использование каждого конкретного случая всегда направлено на выявление функциональных групп или отдельных помещений, а также на обобщение сложных композиционных форм в зависимости от масштаба, контекста и поставленных задач. Важно учитывать необходимость последовательной реализации инфраструктуры с определенной архитектурной завершенностью на каждом этапе строительства [4, с.62].

Рассмотрим применение модульных систем на градостроительном и объемно-композиционном уровнях. Комплекс зданий индустриального парка Alibaba DAMO Nanhu, занимающий 23 гектара, организован с использованием модульной системы, основанной на органической форме генерального плана. Архитекторы бюро Aedas взяли за основу структуру листа дерева Бодхи¹⁴, что определило сетку улиц и разделило территорию на кварталы (рис. 9б). Это позволило создать набор типовых зданий сложной формы, таких как однородно малоэтажные здания в форме «У», объединяющие функции офисов и лабораторий, поддерживающие экспериментальные исследования. Модульная сетка колонн обеспечивает максимальную гибкость здания, позволяя трансформировать внутренние пространства в пределах от 2000 до 4000 м кв¹⁵. Заложенная в проекте гибкость планировочных решений имеет ключевое значение, т.к. учитывает постоянно меняющийся характер работы. На центральной оси генерального плана индустриального парка разместились центры для посетителей, выставочные залы и другие объекты общественного назначения, отличающиеся уникальной архитектурой. В настоящий момент промышленная деятельность не занимает центрального положения в индустриальном парке, который в основном ориентирован на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.



Рис. 9. Объемно-композиционный уровень проектирования: а) концептуальная схема объемно-композиционного этапа проектирования; б) индустриальный парк Alibaba DAMO Nanhu, арх. Aedas, 2023 г.

Проследить взаимодействие планировочного и объемно-композиционного уровня можно в проекте эко-индустриального парка Integral в Китае. С самого начала проектирования была предусмотрена реализация парка общей площадью 51 гектар в два этапа¹⁶. В процессе разработки генерального плана учитывалось не только четкое зонирование территории на промышленную и общественную зоны, но и восстановление природной экосистемы. Комплекс объектов строится вокруг системы озер, что позволяет гармонично интегрировать как природные, так и антропогенные элементы. Модульность проявляется не только в конфигурации планов объектов, где преобладают прямоугольные формы, но и

¹⁴ Форма была выбрана неслучайно, т.к. дерево Бодхи в культуре азиатских стран занимает сакральное место.

¹⁵ Hangzhou Alibaba DAMO Nanhu Industry Park / Aedas // ArcDaily. URL: <https://www.archdaily.com/1014961/hangzhou-alibaba-damo-nanhu-industry-park-aedas> (дата обращения: 20.08.2024).

¹⁶ Integral Eco-Industrial Campus / Ronald Lu & Partners // ArcDaily. URL: https://www.archdaily.com/941325/integral-ronald-lu-and-partners?ad_medium=office_landing&ad_name=article (дата обращения: 20.08.2024).

в объемной композиции всей группы объектов. Внутреннее пространство организуется на основе принципов свободной планировки. Промышленные здания состоят из крупноблочных модулей, тогда как общественные – из отдельных, более мелких модулей. Модульность реализована также на объемно-композиционном уровне с использованием плоских фасадов и различного членения, что позволяет четко различать производственные и общественные зоны. Промышленные здания характеризуются большими поверхностями, масштаб которых смягчается благодаря фасадной системе из местного материала – бамбука, что делает их облик более соразмерным человеку и гармоничным с окружающей природной средой.

В рассматриваемых проектах, таких как Фонд развития знаний в Международном академическом городке Дубая (DIAC), Alibaba DAMO Nanhu и Integral, присутствует одна общая характеристика: главным структурным элементом, своего рода «позвоночником», является единая продольная рекреационная зона, к которой обращены все объекты с административной и общественной функцией. Это свидетельствует о том, что, несмотря на повторение элементов, подобных друг другу, композиция строится вокруг ядра, обеспечивающего целостность и функциональную связанность всей структуры.

Примером реализации модульных систем на всех трех уровнях является наукоград Пущино, который изначально создавался как объект комплексной модульной архитектуры в самом широком понимании. Преемственность систем на рассматриваемых уровнях отчетливо выражена в архитектурно-пространственном и территориальном решении. Архитекторами было предусмотрено четкое функциональное деление на научно-технологическое ядро, жилые зоны и рекреационные пространства, с использованием единой модульной сетки и адаптацией к существующему природному каркасу. При этом главные здания научного комплекса также подчиняются модульным системам более мелкого масштаба, затрагивающие планировочные и объемно-композиционные решения. Преемственность уровней в геометрических и размерных аспектах сохраняется и при переходе с градостроительного на планировочный, и с планировочного на объемно-композиционный уровни. Такой системный подход позволил оптимизировать процессы проектирования и создать универсальные инструменты, которые обеспечивали скорость и качество в решениях проектных задач. В планах было создание тесной взаимосвязи между Специальным конструкторским бюро и опытным заводом Биологического приборостроения. Частично завод был реализован к 1987 году, но так и не начал функционировать.

Заключение

Вызовы современного мира обязывают искать новые подходы в совершенствовании видов научно-производственного комплекса, предусматривающего реализацию полного инновационного цикла, с целью обеспечения автономности, производительности и адаптивности. НПК модульного типа, включающий индустриальные и технологические парки, являются одной из перспективных форм организации инновационного процесса: от зарождения идеи до создания готового продукта производства. Для такой модели характерна развитая инфраструктура, способная активизировать социально-экономическое развитие территорий.

Предлагаемая модель, подразумевающая симбиоз индустриальных и технологических парков, построена на приеме адаптивности к «внешним» (контекст, потребностям города, а именно запросы местного управления и жителей) и «внутренним» условиям (необходимому технологически-функциональному наполнению, инфраструктурной и логистической поддержке). Такой подход предлагает обеспечить не только качественную координацию между формами инновационного процесса, но и вариативность в использовании архитектором универсальных приемов формообразования на каждом из уровней, которые будут оптимизировать процессы, но не исключать уникальных архитектурных решений, отвечающих средовому проектированию.

В свою очередь высокая степень адаптивности обеспечивается за счет системного подхода в проектировании – использовании модульных систем (*сборных и функциональных*) как приема на каждом из уровней (*градостроительном, планировочном и объемно-композиционном*). Гибкость связи между уровнями системы является одним из способов такого проектирования и определяется конкретной ситуацией. Возможны следующие виды связи: последовательная, соответствующая этапам процесса; параллельная, не зависящая от этапов; и нелинейная, отражающая более сложные взаимосвязи. Другим способом является использование определённого модуля – адаптивной пространственной ячейки, которая на каждом уровне изменяется в зависимости от таких факторов, как геометрическая форма, функциональная группа или метрические размеры. Эти параметры могут применяться как в совокупности, так и отдельно. Сопутствующим способом является комбинаторика модулей, которая может реализовываться как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении на каждом уровне.

Таким образом, сегодня архитектура промышленных и технологических парков учитывает социальные, экономические и эстетические аспекты, требуя всестороннего подхода к проектированию в условиях ограниченных ресурсов и коротких временных промежутков.

Источники иллюстраций

Рис. 1. Иллюстрация составлена авторами, на основе материала [5].

Рис. 2 а) Автор фотографии Ouuups. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sophia_Antipolis (дата обращения: 14.08.2024); б) Автор фотографии Paul Dingman.

URL: https://www.archdaily.com/952315/nanjing-eco-hi-tech-island-xin-wei-yi-technology-park-nbbj?ad_medium=gallery (дата обращения 14.08.2024).

Рис. 3 а) URL: <https://manchesterhistory.net/manchester/gone/metrovicks.html> (дата обращения: 14.08.2024); б) URL: <https://www.archdaily.com/1014961/hangzhou-alibaba-damo-nanhu-industry-park-aedas> (дата обращения: 14.08.2024).

Рис. 4-6. Иллюстрация составлена авторами.

Рис. 7 а) Иллюстрация составлена авторами; б) URL: <https://www.oma.com/projects/dubai-knowledge-fund-masterplan> (дата обращения: 14.08.2024).

Рис. 8 а) Иллюстрация составлена авторами; б) автор фотографии Marcin Czechowicz. URL: <https://www.archdaily.com/614651/lublin-science-and-technology-park-stelmach-i-partnerzy-biuro-architektoniczne> (в авторской обработке) (дата обращения: 14.08.2024).

Рис. 9 а) Иллюстрация составлена авторами; б) URL: <https://www.archdaily.com/1014961/hangzhou-alibaba-damo-nanhu-industry-park-aedas> (в авторской обработке) (дата обращения: 14.08.2024).

Рис. 9 а) Иллюстрация составлена авторами; б) URL:

<https://www.archdaily.com/1014961/hangzhou-alibaba-damo-nanhu-industry-park-aedas> (в авторской обработке) (дата обращения: 14.08.2024).

Список источников

1. Александр К.М. Язык шаблонов. Города. Здания. Строительство / К.М. Александер [и др.]; пер. с англ. И. Сыровой. Москва: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2014. 1096 с.
2. Белаш Е.А. Особенности построения функциональных концептов в современной архитектуре // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. № 1(54) С. 103-113. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/06_belash.pdf (дата обращения: 10.07.2024). DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-103-113
3. Волчок Ю.П. Здесь и везде. Теперь и всегда. В 2 кн. Книга первая. Тектонический подход в зодчестве / сост. Л.И. Коряковцева. Екатеринбург: TATLIN, 2023. 464 с.
4. Архитектурное проектирование промышленных предприятий / С.В. Демидов, А.С. Фисенко, В.А. Мыслин и др.; под ред. С.В. Демидова, А.А. Хрусталева. Москва: Стройиздат, 1984. 391 с.

5. Дианова-Клокова И.В. Инновационные научно-производственные комплексы: вопросы архитектурного проектирования / И.В. Дианова-Клокова, Д.А. Метаньев, Д.А. Хрусталеv. Москва: ЛЕНАНД, 2012. 186 с.
6. Кияненко К.В. Общество, среда, архитектура: социальные основы архитектурного формирования жилой среды: учеб. пособие / К.В. Кияненко. Вологда: ВоГУ, 2015. 284 с.
7. Любовный В.Я. Города России: альтернативы развития и управления / В.Я. Любовный. Москва: Эконом-информ, 2013. 614 с.
8. Миронов Д.С. Индустриальные парки России: проблемы, перспективы, модели и стратегии развития / Д.С. Миронов. Москва: ИНФРА-М, 2017. 284 с.
9. Пономарев М.В. Университетские технопарки: универсальная модель и инструменты цифрового проектирования / М.В. Пономарев, Л.В. Савельева // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021. № 4(57). С. 377-393.
URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/23_ponomarev.pdf (дата обращения: 10.07.2024). DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-377-393
10. Сазыкина Е.В. Архитектурно-планировочные решения современных производственных предприятий в городской среде: дис. ... канд. архитектуры: 2.1.12 / Сазыкина Елена Викторовна. Москва, 2023. 280 с.
11. Хрусталеv Д.А. Архитектурная организация зданий для рискованных направлений исследований в инновационных парках Великобритании // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2010. № 4(13). С. 1-15. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/4kvart10/khrustalev/khrustalev.pdf> (дата обращения: 10.07.2024).
12. Николаева И.О. Особенности интеграции фотоэлектрических установок в архитектуру зданий (на примере научно-производственных комплексов) // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023. №2(63). С. 115-129. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/07_nikolaeva.pdf (дата обращения 10.08.2024).

References

1. Aleksandr K., Isikava S., Silverstajn M. *Jazyk shablonov. Goroda. Zdanija. Stroitel'stvo* [The template language. Cities. Building. Construction]. Moscow, 2014, 1096 p.
2. Belash E. Formation of Functional Concepts in Modern Architecture. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2021, no. 1(54), pp. 103-113. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/06_belash.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-103-113
3. Volchok Iu.P. *Zdes i vezde. Teper i vseгда. Tektonicheskii podkhod v zodchestve* [Here and everywhere. Now and always. Tectonic approach in architecture]. Ekaterinburg, 2023, 464 p.
4. Demidov S.V., Hrustalev A.A. *Arhitekturnoe proektirovanie promyshlennykh predpriyatij* [The architectural design of industrial facilities]. Moscow, 1984, 391 p.
5. Dianova-Kloкова I.V. *Innovatsionnye nauchno-proizvodstvennye kompleksy: voprosy arkhitekturnogo proektirovaniia* [Innovative research and production complexes: issues of architectural design]. Moscow, 2012, 186 p.

6. Kijanenko K.V. *Obshhestvo, sreda, arhitektura: social'nye osnovy arhitekturnogo formirovaniya zhiloy sredy* [Society, environment, and architecture: the social foundations of the architectural formation of residential environments]. Vologda, 2015, 284 p.
7. Ljubovnyj V. Ja. *Goroda Rossii: al'ternativy razvitiya i upravleniya* [Cities of Russia: development and management alternatives]. Moscow, 2013, 614 p.
8. Mironov D.S. *Industrialnye parki Rossii: problemy, perspektivy, modeli i strategii razvitiia* [Industrial parks of Russia: problems, prospects, models and development strategies]. Moscow, 2017, 284 p.
9. Ponomarev M., Savelieva L. University technology park: universal model and digital design tools. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2021, no. 4(57), pp. 377-393. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/23_ponomarev.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-377-393
10. Sazykina E.V. *Arhitekturno-planirovochnye reshenija sovremennykh proizvodstvennykh predpriyatij v gorodskoj srede (kand. dis.)* [Architectural and planning solutions of modern industrial enterprises in an urban environment (Cand. Dis)]. Moscow, 2023, 280 p.
11. Khrustalev D.A. The architectural structure of venture research technology buildings in innovation parks of the Great Britain. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2010, no. 4(13), pp. 1-15. Available at: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/4kvart10/khrustalev/khrustalev.pdf>
12. Nikolaeva I.O. Features of the integration of photovoltaic systems into the architecture of buildings (on the example of research, development, and production facilities). *Architecture and Modern Information Technologies*, 2023, no. 2(63), pp. 115-129. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/07_nikolaeva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-115-129

ОБ АВТОРАХ

Николаева Ирина Олеговна

Аспирант кафедры «Информационные технологии в архитектуре», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
i.nikolaeva@markhi.ru

Шибеева Александра Игоревна

Лаборант кафедры «Архитектура промышленных сооружений», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
sasha.shibaeva@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Nikolaeva Irina O.

Postgraduate Student of the Department «Information Technologies in Architecture», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia
i.nikolaeva@markhi.ru

Shibaeva Alexandra I.

Assistant of the Department «Architecture of Industrial Buildings», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia
sasha.shibaeva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.07.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024; принята к публикации 10.09.2024.