

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ
(государственная академия)**

Направление подготовки: АРХИТЕКТУРА 07.06.01

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД
об основных результатах
подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)**

На тему ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ФАБРИК

Аспирант: Дмитриева Алёна Олеговна

Научная специальность 05.23.21 – Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности

Научный руководитель: Хрусталев Александр Алексеевич
кандидат архитектуры, профессор

Кафедра подготовки «Архитектура промышленных сооружений»

2019/ 2020 уч.г.

«Интеллектуальная фабрика» (далее ИФ) – это цифровизированный гибкий и эффективный производственный объект, выпускающий высокотехнологичную продукцию. С архитектурной точки зрения ИФ (как и любое «интеллектуальное здание») включает в себя помимо продуманных архитектурных и конструктивных решений, системы автоматизации и управления жизненными и технологическими циклами, коммуникации, трансляции и визуализации информационных потоков, а также решения, отвечающие за безопасность, включая экологическую, энерго- и ресурсоэффективность, функционально-техническое соответствие и гибкость, эргономику и комфорт. На сегодняшний день ИФ являются качественно новой концепцией производства будущего, которая нуждается в формировании соответствующей архитектуры и промышленной среды.

Актуальность исследования основывается на следующих позициях:

1. Потребность в формировании новой архитектуры промышленных предприятий, рассчитанной на соответствие будущим изменениям, возникает под влиянием глобальных и национальных явлений:

- неоиндустриализация становится устойчивой тенденцией наших дней, ее центрами выступают крупные города – места сосредоточения научно-исследовательских институтов, высококвалифицированных рабочих кадров и потребителей инновационной продукции; в урбанизированной среде растет число высокотехнологичных производственных объектов;

- «прорывные технологии» Четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) ведут к стремительному изменению процессов производства; концепция «умной фабрики» определяет направления функционального и технологического проектирования «интеллектуальных» промышленных объектов – ужесегодня существуют производственные, экономические и бизнес модели ИФ, но отсутствуют архитектурные концепции их реализации;

- политика импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности является одной из ключевых составляющих национальной

безопасности; реализация программ Национальной технологической инициативы, Федерального закона «О промышленной политике в Российской Федерации» №488-ФЗ не целесообразна без проектирования и строительства качественно новых предприятий.

2. Современное цифровое общество (общество 5.0), стремительная автоматизация и диджитализация всей повседневной жизни населения развитых стран, формируют новое представление о высокотехнологичных изделиях, обоих разработке, производстве, эксплуатации, обслуживании и утилизации. «Прорывные технологии» наряду с кастомизацией продукции кардинальным образом меняют производственные процессы, которые, в свою очередь, оказывают влияние на структурно-пространственную организацию современных промпредприятий.

3. В ответ на рост цен на энергоносители и постоянное ухудшение экологической обстановки активно развиваются различные направления «зеленой архитектуры». Мероприятия по энергосбережению и минимизации негативного воздействия на экологию становятся обязательными для всех новых промышленных объектов. Внедрение ресурсосберегающих, энергоэффективных и экологичных технологий в архитектурные решения производственных предприятий способствует «возвращению промышленности в город».

4. В ряде научных работ, посвященных промышленной архитектуре, внимание было сконцентрировано на отдельных ее аспектах, например, на совершенствовании объемно-планировочных и конструктивных решений, экологических, гуманистических и эстетических составляющих. В данном исследовании представляется необходимым рассмотреть вышеупомянутые компоненты в комплексе и взаимосвязи, а также учесть новейшие тенденции в области архитектуры высокотехнологичных промышленных предприятий. Помимо этого, многие исследования в сфере архитектуры производственных зданий проводились в 1950-х – 2000-х гг. В то время как «Индустрия 4.0», неоиндустриализация и современные концепции

организации производства уже сегодня оказывают значительное влияние на принципы формирования промышленной архитектуры будущего. В связи с этим, положения уже существующих научных работ нуждаются в актуализации и дополнении.

5. Современные тенденции по изменению характера труда сотрудников, занятых в производственной сфере требуют формирования новой качественной и комфортной рабочей среды, эстетически привлекательного визуального образа промпредприятий. Что, в свою очередь, увеличивает производительность труда и интерес к выпускаемой продукции, формирует положительный имидж компании-владельца. В настоящее время необходимо определить актуальные и эффективные приемы гуманизации производственной среды, повышения качества и выразительности новейшей промышленной архитектуры; и, в соответствии с перечисленными выше аспектами, сформулировать ее основные принципы.

Степень научной разработанности проблемы

Четвертая промышленная революция и ее «прорывные технологии» описаны в монографиях Ю. Г. Козырева и К. Шваба; технологическое проектирование производственных предприятий – в трудах Г. С. Горшенина, С. Я. Егорова, А. В. Капитанова, К.-Г. Грудинга; аспекты процесса новой индустриализации отражены в работах С. Ю. Глазьева, С. С. Губанова, О. В. Елисеевой, В. Б. Кондратьева.

Исследованиям в области размещения и организации промышленных зон и территорий промпредприятий посвящены труды В. В. Алексашиной, Л. И. Аникиной, О. С. Бутаева, Л. А. Волковой, К. В. Каркарьяна, Р. М. Лотаревой, О. Р. Мамлеева, Э. Бен-Джозеф, Н. Раппапорт и Т. Хатука. Вопросы изучения и оптимизации объемно-планировочных решений промышленных зданий, в том числе высокотехнологичных отраслей производства решали: А. В. Атанов, В. Ф. Баранов, Н. С. Булгаков, В. В. Бургман, Р. К. Газарян, И. И. Гохарь-Хармандарян, В. В. Гранев, Т. А. Денисова, И. В. Дианова-Клокова, Г. М. Драбкин, Л. Б. Кологривова,

О. В. Ковтун, В. О. Кулиш, Д. А. Метаньев, Е. Б. Морозова, И. С. Николаев, Г. А. Проскурин, М. В. Резникова, Е. В. Сазыкина, А. А. Фисенко, Ю. Н. Хромец, А. А. Хрусталев. Д. А. Хрусталев, Н. П. Шаламов, Н. Гrimшоу, А. Кан, Р. Роджерс, В. Хенн и Г. Хенн.

Аспекты «зеленой архитектуры», включая объекты промышленного назначения, затронуты в исследованиях Н. С. Булгакова, Л. А. Волковой, В. В. Гранева, В. А. Красильникова, Ю. А. Табунщикова. Задачи повышения качества и гуманизации промышленной среды, проблемы, связанные с эстетичностью и архитектурной выразительностью производственных зданий и сооружений, рассматривали: О. С. Бутаев, Л. А. Викторова, М. М. Кабаева, Н. Н. Ким, В. А. Ковалев, О. Р. Мунц, О. А. Охлопкова, Г. Н. Черкасов.

На практике вопросами поиска оптимальных архитектурных и объемно-планировочных решений, организации комфортной среды и повышения энергоэффективности, экологической безопасности и архитектурной выразительности промышленных объектов занимаются такие архитектурные организации как: АО «ЦНИИПромзданий», АО «Промстройпроект»; архитектурные и дизайн бюро «Ё-программа», «ATPArchitecten», «BondBryanArchitects», «RMAArchitecten» и «Vaillo+IrigarayEstudio»; архитекторы: Ф. Баркоф, Н. Гrimшоу, Р. Либержер, Р. Роджерс, Р. Пиано, Г. Хенн, Г. Эвиа.

Теоретическую базу исследования составляют труды отечественных и зарубежных ученых по теме диссертаций и смежной архитектурной проблематике. Исследование базируется на всестороннем и многофакторном анализе практики и обобщении мирового опыта концептуального моделирования, проектирования и строительства современных производственных зданий и комплексов.

Рабочая гипотеза заключается в следующих положениях:

- ряд глобальных и национальных явлений вызывают необходимость изменения производственной деятельности, которая определяет новые особенности формирования внутреннего пространства и архитектуры

промышленных объектов, предназначенных для размещения «интеллектуальных производств»;

- эволюция технологий способствует оптимизации параметров производственных процессов в различных отраслях промышленности и созданию комфортных условий микроклимата рабочей среды; тем самым обосновывается возможность применения общих архитектурных решений для более широкого круга производственных зданий; таким образом, характерными чертами промышленных объектов будущего должны стать адаптивность и многофункциональность.

- принципы формирования архитектуры современных зданий и сооружений любого функционального назначения тесно связаны с ценностями устойчивого развития – поэтому, аспекты «устойчивости» окажут значительное влияние и на архитектурные решения ИФ.

Цель исследования – выявить основные направления и синтезировать принципы формирования архитектуры высокотехнологичных промышленных объектов; на их основе разработать и верифицировать методику концептуального проектирования и архитектурно-пространственные модели ИФ.

Основные задачи исследования включают:

- рассмотрение ключевых факторов, вызывающих изменения производственно-технологических процессов, и новых актуальных (не архитектурных) тенденций организации производства, сформировавшихся под влиянием этих факторов;

- анализ и обобщение мирового опыта архитектурной организации новейших промышленных объектов, находящихся в границах исследования, ознакомление с научно-исследовательскими работами по формированию архитектуры производственных предприятий;

- выявление наиболее характерных архитектурно-композиционных, объемно-планировочных, конструктивных и других особенностей создания новейших промышленных объектов, и определение эффективных способов повышения их «устойчивости» и архитектурной выразительности;

- синтез основных принципов проектирования современных и перспективных высокотехнологичных производственных объектов и ИФ;
- разработка авторских системы критериев оценки архитектурных решений и методики постадийного вариабельного проектирования новейших промышленных зданий;
- теоретическая верификация и апробация результатов исследования в рамках учебного и экспериментального проектирования.

Объектом исследования являются современные и перспективные промпредприятия, предназначенные для размещения высокотехнологичных отраслей промышленности, объекты научно-производственного и производственно-делового назначения.

Предметом исследования служат новейшие закономерности формирования архитектуры производственных зданий и комплексов, согласующиеся с потребностями современного и будущего развития высокотехнологичных производств; характерные приемы формирования архитектуры промышленных объектов, направленные на повышение энергоэффективности, гуманизацию и улучшение качества производственной среды.

В границах исследования рассматриваются отечественные и зарубежные производственные предприятия. Акцент делается на изучении объектов представителей в США и странах западной Европы – технологически развитых странах, где концепция «умной фабрики» развивается в форме национальной инициативы.

В типологические границы исследования входят **высокотехнологичные производственные объекты**, то есть, наукоемкие и экологически нейтральные производства со схожим набором производственных операций, основанных на внедрении современных технологий – роботизации, автоматизации и цифровизации. Этим критериям удовлетворяют различные механосборочные и электромеханические цеха, приборостроительные предприятия, объекты прецизионного станкостроения, радиоэлектронные производства, а также научно-производственные и учебно-производственные центры.

Временные границы охватывают период развития промышленной архитектуры с 1950-х гг.¹ по настоящее время. Основное внимание сосредоточено на периоде с 2000-х гг. по сегодняшний день. Частично рассматриваются объекты, включающие производственные функции: штаб-квартиры высокотехнологичных компаний (headquarters) и научно-исследовательские комплексы. Не рассматриваются объекты с экологически вредными производствами; промышленные объекты, локация которых «привязана» к сырьевым базам и источникам энергии; предприятия, выпускающие крупногабаритную продукцию.

Новизна НИР заключается в следующих положениях:

- результаты предыдущих исследований уточняются и модернизируются с учетом изменения характера производственной деятельности, и современных тенденций к высокотехнологичности, наукоемкости, «устойчивости», гуманизации производственной среды;
- анализируется и обобщается новейший опыт архитектурного проектирования и строительства высокотехнологичных промышленных зданий и комплексов;
- излагается гуманистический подход к расчету оптимальной общей площади зданий ИФ;
- в отечественную архитектурную практику вводится понятие «осведомленность»;
- синтезируются новые принципы формирования архитектуры «интеллектуальных» промышленных предприятий; вводятся новое понимание гибкости архитектуры производственных объектов;
- предлагаются авторские системы критериев оценки качества архитектурных решений и методика определения оптимальной функционально-планировочной организации промышленного здания на концептуальной стадии проектирования;

¹ Время начала НТР и появления первых наукоемких производств.

- на основе результатов исследования разрабатываются обобщенные модели производственных зданий для размещения «умных фабрик».

Используются следующие **методы и методики** исследования:

- комплексное изучение новейших тенденций технологического развития и факторов, влияющих на размещение и формирование объемно-планировочных решений высокотехнологичных промышленных объектов;

- графоаналитическое исследование и сравнительный анализ архитектурно-композиционных и функционально-планировочных особенностей современных предприятий, с использованием количественных и качественных критериев;

- обобщение и интерпретация изученного материала;

- методы научно-технического прогнозирования, применяемые для определения основных тенденций формирования архитектуры новейших производственных объектов;

- вариантное компьютерное моделирование и экспериментальное проектирование, с последующей оценкой полученных результатов.

Ожидаемые результаты исследования включают:

- обобщение и модернизацию теоретического и практического материала по проектированию высокотехнологичных промышленных объектов;

- раскрытие основных принципов архитектурного формирования новейших производственных зданий и комплексов;

- внедрение авторских методики концептуального моделирования и критериев оценки в учебное проектирование на архитектурных кафедрах и факультетах.

Теоретическое значение работы состоит в следующем:

- в связи с ожидаемыми изменениями технологий и процессов производства актуализированы существующие подходы к формированию архитектуры производственных зданий для высокотехнологичных отраслей промышленности, изложенные в ряде отечественных научных работ;

- полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке рекомендаций и методических пособий по проектированию

новейших промышленных предприятий и объектов с изменяемыми производственно-технологическими системами, а также для модернизации нормативно-технических регламентов;

- основные положения данной научной работы могут стать базой для более углубленных и детальных исследований во многих областях архитектуры промышленных зданий и сооружений.

В качестве долгосрочных результатов можно ожидать рост интереса к изучению современной промышленной архитектуры, как среди студентов-архитекторов, так и вне профессиональной среды.

Практическое значение состоит в том, что:

- комплекс синтезированных принципов формирования архитектуры производственных объектов может быть интерпретирован в качестве составляющей части технических заданий на архитектурное проектирование предприятий приоритетных отраслей промышленности;

- применение разработанных концептуальных архитектурно-планировочных моделей ИФ в качестве «отправной точки» целесообразно в реальной архитектурно-строительной практике;

- синтезированные методику поиска наиболее рационального функционально-планировочного решения и критерии оценки качества архитектуры новейших производственных зданий релевантно использовать в ходе учебного проектирования студентов архитектурных факультетов и кафедр различных ВУЗов.

На защиту выносятся:

- выявленные наиболее актуальные функционально-планировочные, конструктивные и другие приемы создания новейших производственных объектов; эффективные способы обеспечения их «устойчивости» и повышения их архитектурной выразительности;

- принципы формирования архитектуры ИФ;

- система критериев оценки качества архитектурных решений современных промышленных предприятий;

- авторская методика определения оптимального концептуального функционально-планировочного решения новейших промпредприятий;
- разработанные автором архитектурно-пространственные концептуальные модели ИФ.

Степень достоверности и апробация результатов

Основные результаты научной работы опубликованы в 13 статьях, общим объемом 4,97 печатных листа; в том числе 3 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК и Scopus. Выводы и результаты исследования изложены на научных конференциях: «Наука, образование и экспериментальное проектирование» Москва, МАрхИ 2018, 2019, 2020 гг., «Актуальные проблемы современной архитектуры, градостроительства и дизайна» Нижний Новгород ННГАСУ 2019 г., представлены в форме заочных докладов на научных конференциях: «Пространства городской цивилизации: идеи, проблемы, концепции» Екатеринбург, УрГАХУ 2017 г., «Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна: теория, практика, образование» Волгоград, ВолГТУ 2018 г. На основе результатов исследования подготовлена лекция для студентов пятого курса в рамках теоретического курса «Архитектура промышленных сооружений» по теме «Современные высокотехнологичные предприятия». Также основные положения и выводы исследования были апробированы в рамках курсового и дипломного проектирования студентов Московского Архитектурного института (государственной академии), кафедры «Архитектура промышленных сооружений» в сотрудничестве с проф. М. В. Габовой.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из двух томов. Первый том включает текстовую часть, состоящую из введения, трех глав, заключения, и библиографии. Второй том – пять приложений, в том числе графические листы по теме исследования, полностью иллюстрирующие текст научной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1.1. В первой главе **Исследование влияния Четвертой промышленной революции на размещение и архитектурную организацию передовых производственных предприятий** раскрываются преимущества локации производственных объектов в городской среде. Урбанизированная среда обеспечивает их высококвалифицированной рабочей силой и рынками сбыта, создает благоприятные условия для включения дополнительных (административно-офисных, научно-исследовательских, сервисных) функций в структуру промышленных зданий. Одновременно «городские» условия размещения определяют следующие требования к производственным объектам:

- компактность объемно-планировочных решений – ограничение общей площади и габаритных размеров, тенденция к увеличению этажности зданий и максимальное использование выделенной территории;
- экологическая безопасность, внедрение ресурсосберегающих и безотходных технологий; отказ от энерго- и ресурсоемких производств;
- ограничение габаритов выпускаемой продукции и использование необременительных транспортных средств;
- необходимость функциональной, социальной и художественно-эстетической интеграции производственных зданий в сложившуюся среду.

В целом, современные условия размещения предприятий в урбанизированной среде требуют улучшения качества и формирования принципиально новых закономерностей проектирования промышленной архитектуры.

1.2.1.-1.2.2. «Прорывные технологии» Четвертой промышленной революции, такие как роботизация и гибкие производственные системы, аддитивное производство и киберфизические системы, промышленный Интернет и Большие данные, оказывают наиболее существенное влияние на изменения производственных процессов. В эпоху «Индустрии 4.0» высокотехнологичные производства становятся более адаптивными, компактными, коммуникативными и безопасными. В результате интеграции

новейших технологий в производственные и эксплуатационные структуры возникают трансформации функционально-планировочных решений промышленных объектов:

- «уплотняется» производственная зона – возрастает производительность предприятия без увеличения соответствующих площадей;
- редуцируются складские объемы различного назначения;
- создаются предпосылки для более компактного размещения всех функциональных зон, а также повышения мобильности ряда функций.

1.2.3. Понятие «умной фабрики», с организационной точки зрения, обозначает совокупность передовых принципов производственной организации высокотехнологичных предприятий. С точки зрения архитектурных решений ИФ, объемно-пространственная структура таких объектов должна формироваться на основе следующих позиций:

- адаптивность и трансформируемость планировочных решений в соответствии с внутренними и внешними факторами;
- модульность и расширяемость строительной структуры, упрощающая обслуживание и внесение изменений в процессы производства;
- высокое качество микроклимата рабочей среды, продиктованное наличием прецизионного оборудования и роботизированных систем при одновременном присутствии человека;
- создание гуманных и благоприятных психофизиологических параметров внутренней среды, для комфорtnого и безопасного нахождения людей на производстве, в связи с высокой степенью цифровизации, автоматизации и автономности производственных процессов;
- использование архитектурных приемов, формирующих «прозрачность» и коммуникативность промышленной среды для стимуляции креативности.

1.2.4. Благодаря внедрению принципов концепции «бережливого производства», на предприятиях растет производительность, снижаются количества брака и отходов, повышается качество изготавливаемой продукции

и увеличивается гибкость производства. Эта концепция является одним из импульсов к гуманизации и демократизации рабочей среды.

Уже сегодня существуют единичные примеры предприятий, активно использующих достижения «Индустрии 4.0». Можно прогнозировать, что через пару десятилетий проектирование и строительство высокотехнологичных промышленных объектов (ИФ) будут носить массовый характер.

1.3.1. Последовательный путь эволюции архитектуры промпредприятий определил ведущие аспекты формирования этих объектов, характерные для разных этапов их развития. Под воздействием научных и технических достижений, промышленная архитектура эволюционировала от функциональных и экономичных, но малокомфортных и невыразительных «коробок», к не менее эффективным, но гуманным, экологически безопасным и ресурсоэффективным зданиям, находящимся в гармонии с окружающей средой.

1.3.2. Комплексный анализ современных заводов приборостроения и точного машиностроения, сборочных предприятий, фабрик по производству электрооборудования и выпуску других высокотехнологичных изделий, а также объектов опытного производства позволил, помимо значительного разнообразия их архитектурных решений, выявить следующие общие черты:

- размещение в урбанизированной среде, согласуется с процессом неоиндустриализации и предоставляет предприятиям сложившуюся инфраструктуру, высококвалифицированные рабочие кадры и рынки сбыта выпускаемой продукции;

- лаконичность архитектурно-композиционных решений обеспечивает компактность и эффективное использование приема сплошной планировки;

- расширение функциональной программы, вызванное современным пониманием «городского» производственного предприятия, повышает рентабельность и способствуют получению экономической выгоды;

- применение каркасных конструктивных решений (наиболее распространенные сетки колонн – от 10x12 м до 22x22 м, высоты производ-

ственных помещений – 5,0-9 м); блокирование объемовразной этажности– прием подведения отметки верха последних этажей «под одну кровлю»;

- внедрение приемов, обеспечивающих гибкость внутренних пространств и расширяемость объектов; применение средств повышения энергоэффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности, а также аспектов гуманизации рабочей среды;

- достижение эстетической выразительности при помощи ограниченного набора малозатратных и эффективных методов.

Тем не менее, архитектурные решения большинства объектов-представителей обладают рядом недостатков, не позволяющих им в полной мере соответствовать требованиям «интеллектуальных производств» и «умных фабрик». «Слабыми местами» являются следующие пункты:

- расположение производственной зоны преимущественно в одном уровне препятствует компактному размещению гибких производственных процессов и необоснованно увеличивает длину логистических и инженерных сетей;

- каркасыпролетного типа и дифференцированный подход к выбору сеток колонн снижают адаптивность производственной зоны здания в целом;

- часто «внешний» характер интеграции приемов «устойчивой архитектуры» не затрагивает объемно-планировочные решения и строительную структуру (они остаются традиционными);

- в ряде случаев архитектурно-художественные решения не в полной мере удовлетворяют высоким требованиям к качеству архитектуры ИФ, и не отражают характер современного «интеллектуального производства».

Учитывая аспекты неоиндустриализации и стремительную эволюцию производственных процессов, а также современное состояние промышленной архитектуры, автором сделан вывод о том, что проектирование и строительство принципиально новых промышленных объектов для размещения высокотехнологичных производств являются полностью обоснованными; а поиск перспективных принципов формирования архитектуры ИФ в эпоху «Индустрии 4.0» – своевременным и актуальным.

2.1. Во второй главе **Выявление основных тенденций и приемов архитектурного проектирования ИФ** раскрываются основные факторы, определяющие выбор участка для размещения ИФ (глобализация производственных и бизнес процессов, усложнение конфигурации цепи поставок, близость источников инноваций). Исходя из этих факторов и технологических особенностей производства, наиболее целесообразными локациями ИФ являются окраинные и пригородные зоны крупнейших городов, городские агломерации, срединные и пригородные зоны крупных городов. Выделяется три вида размещения ИФ в урбанизированной среде:

- дисперсное размещение в многофункциональной среде экологически безопасных предприятий с автономными инженерными системами, с увеличением плотности и компактности застройки путем блокировки и многоэтажной компоновки производственных структур;
- групповое размещение на территории научных и индустриальных парков, с возможностью взаимодействия и обмена технологиями и идеями;
- включение в состав образовательных кампусов, где ИФ позиционируются не только как центры передачи знаний и генераторы новых идей, но и как «охотники за талантами».

Определяются и рассматриваются особенности современной планировочной организации территорий ИФ, которые заключаются в следующих позициях:

- визуальная и физическая «открытость» и «проницаемость» территории, взаимосвязь с окружающей средой;
- упрощение схемы движения транспорта и уменьшение протяженности транспортных путей;
- высокий уровень гуманизации и благоустройства участка;
- гибкая планировка территории, учитывающая все перспективы развития предприятия;
- частичная многоуровневая организация площадки – перемещение ряда функций и планировочных зон, традиционно находившихся в уровне земли, под здания или на их кровлю.

В целом наблюдается тенденция к максимальной компактизации простоте планировочных решений генеральных планов ИФ.

2.2.1. Ряд новых тенденций функционального зонирования ИФ отличает их от традиционных производственных предприятий. Изменяются соотношения основных функциональных зон: площади производственных помещений сокращаются, но увеличивается эффективность их использования; непроизводственная составляющая – увеличивается, а подсобная – редуцируется. В структуру ИФ интегрируются новые функциональные зоны: сервисная и представительская, тренинга и обучения, энергетическая. Наблюдаются мобильность и изменяемость ряда функций по площади и местоположению, а также возникновение мультифункциональных пространств с многоуровневой планировочной организацией.

Функциональное зонирование большинства современных производственных объектов подчинено одной из трех принципиальных схем: линейной, «осевой», «ядровой». В целом, с увеличением числа функций, наблюдается переход к «ядровому» объемному зонированию, которым предусматривается распределение функциональных зон в пространстве многоуровневого объекта в зависимости от потребности этих зон в коммуникациях с внешней средой.

Расчет наиболее рациональной площади ИФ предлагаетсявести исходя из гуманистического подхода – оптимального списочного состава сотрудников. Таким образом, при полном списочном составе от 200 до 500 человек, рекомендуемая площадь будет находиться в границах от 9 до 23 тыс. кв. м. Помимо организационных преимуществ, этот подход обладает рядом положительных эксплуатационных, технологических и архитектурно-строительных аспектов.

Неотъемлемым свойством архитектурной организации пространства современных инновационных предприятий является «осведомленность» – вовлечение в производственный процесс и информированность всех сотрудников обо всем, что происходит на предприятии. Она обеспечивается с

помощью компактизации объемно-планировочных решений и таких архитектурных приемов, как:

- формирование пространств с высокой коммуникативностью;
- территориальное сближение основных функциональных зон;
- организация «центров притяжения» и создания визуальных связей.

Компактность, в свою очередь, реализуется путем увеличения этажности и ширины зданий.

2.2.2. Сохраняются традиционные подходы к выбору наиболее рациональной конструктивной системы, места и способа трассировки инженерных сетей, обеспечивающие гибкость архитектурной структуры. В качестве новых черт выделяются: недифференцированный подход к выбору сеток колонн и других конструктивных параметров для различных функциональных зон, встройка сборно-разборных подсистем в основные конструктивные системы, децентрализованное размещение инженерного оборудования и модульное распределение подающих и вытяжных устройств. Высокий уровень цифровизации всех процессов значительно увеличивает объем соответствующих оборудования и сетей, что вызывает необходимость уделять особое внимание местам их размещения.

2.3. Организационные стратегии «умных фабрик» согласуются с положениями «устойчивой архитектуры».

2.3.1. Цифровые технологии изменяют не только производство, но и все этапы жизненного цикла ИФ: от создания концептуальной архитектурной модели до деконструкции объекта. Трансфер цифровых и технологических ноу-хау из областей разработки и создания инновационной продукции, дает высокие результаты на аналогичных этапах жизненного цикла архитектурных объектов.

2.3.2.-2.3.3. Требование гибкости выходит за пределы производственной зоны и распространяется на всю структуру ИФ. Помимо функциональной адаптивности реализуются социальная и эстетическая гибкости. Архитектурные решения предусматривают возможность двух

противоположных векторов развития: наращивания и убывания элементов структуры. Согласованные модульность и унификация всей пространственно-строительной структуры, ее подсистем и отдельных элементов упрощают технологическую, функциональную и эстетическую изменяемость архитектуры ИФ. Учет всех возможностей трансформируемости приводит к созданию производственных зданий, способных следовать за быстрыми изменениями условий и технологий производства с помощью модульных и расширяемых структур и мобильных компонентов.

2.3.4. Вышеперечисленные тенденции и приемы формирования архитектуры высокотехнологичных производственных объектов создают предпосылки для гармоничной интеграции «устойчивых» решений в структуру этих зданий. Общие архитектурные методы обеспечения энергоэффективности и ресурсосбережения (форма и внутренняя структура объекта) способствуют эффективной организации внутреннего пространства ИФ. Локальные средства энерго- и ресурсосбережения не противоречат основным приемам и методам формирования архитектуры ИФ.

2.3.5. Ввиду непрерывных настоящих и будущих трансформаций производства, роста значимости человеческого капитала, социально-гуманистические и эстетические аспекты формирования архитектуры промышленных предприятий станут особенно важны. Эти факторы улучшат производительность и повысят конкурентоспособность ИФ.

2.4. Архитектурная выразительность ИФ оказывает непосредственное влияние на успешность функционирования предприятия и имидж компании. Применяемые средства эстетизации согласуются с общими тенденциями и аспектами проектирования ИФ, создают их уникальный и атрактивный архитектурный образ. В целом, архитектура ИФ транслирует идеи и особенности «интеллектуального производства». Она рассматривается как одна из важнейших составляющих производственного процесса, способствующая не только высокой эффективности производства, но и межличностному общению, формированию корпоративной идентичности и мотивации сотрудников.

3.1. В третьей главе **Архитектура высокотехнологичных промышленных объектов** синтезированы основные принципы архитектурной организации ИФ, охватывающие все важнейшие направления формирования новейшей промышленной архитектуры.

3.1.1. Принцип функциональной диверсификации, в основе которого лежит общее стремление к многофункциональности архитектурных объектов, состоит в расширении номенклатуры видов деятельности, добавлении новых функциональных зон и помещений, не характерных для традиционных предприятий. Определены три уровня функциональной диверсификации:

- низкий, свойственный традиционным производственным объектам;
- средний, характерный для современных промпредприятий и ряда ИФ;
- высокий, наиболее целесообразный для ИФ ближайшего будущего и других высокотехнологичных производств;

3.1.2. Формулируется новое понимание принципа многофакторной гибкости-адаптивности, состоящее не только в готовности к будущим изменениям производства, но и к трансформации других составляющих архитектуры ИФ. Выделяются следующие его аспекты: технологический, функциональный, экономический, социальный; эстетический. Определяющим критерием всех этих аспектов является скорость внесения изменений – быстрая, легкая и малозатратная трансформируемость архитектурных решений.

3.1.3. Определено два аспекта принципа оптимальной компактности.

- внутренний – состоит в организации кратчайших технологических цепочек и эксплуатационных связей, увеличении числа функциональных коммуникаций, «осведомленности» и максимальном территориальном сближении основных функциональных зон;
- внешний, традиционный, – выражается в стремлении к наиболее высокому коэффициенту компактности (отношению внутреннего объема к площади ограждающих конструкций).

«Оптимальность» этого принципа заключается в поиске компромисса между максимальной компактизацией и соблюдением обязательных эксплуатационных норм и требований, которые, как правило, ее ограничивают.

3.1.4. Цель принципа экологической ответственности состоит в гармоничном сосуществовании ИФ и окружающей среды, а также в обеспечении социально-экологических потребностей человека. Устанавливаются три позиции следования этому принципу:

- превентивная – предотвращающая неблагоприятное влияние;
- компенсационная – восполняющая негативные воздействия;
- стимулирующая – создающая положительный эффект ИФ на окружение.

Он реализуется при помощи «устойчивых» архитектурных решений и баланса между «открытостью» и «замкнутостью» архитектурного объекта.

3.1.5. Принципом социальной экстраверсии предусматривается создание позитивного психофизиологического влияния ИФ на человека и формирование дружелюбного отношения промпредприятия к локальному сообществу и социуму в целом.

3.1.6. Принцип неотъемлемой комплексности заключается в том, что перечисленные выше положения формирования архитектуры ИФ невозможно рассматривать обособлено друг от друга – воплощение одного из них, опосредованно, но неотъемлемо ведет к соблюдению остальных.

3.2.1. Система критериев оценки качества архитектурных решений новейших производственных зданий разрабатывается на основе тенденций и приемов архитектурного проектирования ИФ. Показатели качества разделяются на несколько групп:

- производительность и функциональность;
- экономическая целесообразность и обоснованность;
- комплементарность концепциям «устойчивости»;
- привлекательность;
- скорость внесения изменений;
- соответствие субъективным требованиям и пожеланиям заказчика.

Для количественной оценки характеристик качества вводятся условная система численных показателей(балльная оценка) и процедура проведения комплексной оценки, имеющая поликритериальный и многостадийный характер. Отмечается перспективное ослабление значимости экономического критерия во времени и усиление групп критериев отвечающих за «устойчивость» и архитектурную привлекательность.

3.2.2. Синтезируется методика постадийного вариабельного поиска оптимального концептуального решения ИФ, представляющая собой последовательность наиболее эффективных и рациональных действий по разработке функционально-планировочного решения объекта на начальной стадии проектирования. Четыре стадии ведения поиска состоят в поэтапной детализации нескольких вариантовкомпоновок функционально-планировочных моделей и отборе, на основе установленных критериев, наиболее успешных вариаций для каждой последующей стадии. Эффективность методики выражается в подготовке качественной и содержательной базы для последующих этапов проектирования ИФ, в потенциальном улучшении ряда объемно-планировочных и функционально-эксплуатационных показателей.

3.3.1. Графическая прямоугольная матрица концептуальных архитектурно-пространственных моделей ИФ включает 11 модификаций, представляющих собой наиболее целесообразные решения различных комбинаций следующих параметров: степени функциональной диверсификации, принципиальной схемы функционального зонирования и этажности производственной зоны. На основании анализа этих моделей, сделаны следующие основные выводы:

- компоновка зоны производства в несколько уровней положительно сказывается на компактности объектов;
- атриумные пространства повышают потенциалы «осведомленности» и инсоляции, но негативно сказываются на рациональном функциональном использовании объемов и их компактизации – необходим поиск баланса;
- «осевая» и «ядровая» схемы функционального зонирования также положительно влияют на «осведомленность» и коммуникативность;

- симметричные композиции моделей наиболее рациональны для размещения нескольких автономных производств;

В целом, ввиду взаимоисключающего характера ряда показателей, «оптимальное» решение архитектурно-пространственных моделей ИФ труднодостижимо. Поэтому необходимо субъективное определение приоритетных аспектов формирования архитектуры ИФ для каждого конкретного случая и первоочередной положительный вектор к их реализации.

3.3.2. Апробация основных авторских разработок (принципов, критериев оценки и методики проектирования) проводилась в рамках педагогической практики, учебного проектирования студентов кафедры «Архитектура промышленных сооружений» МАРХИ. Высокая оценка этих проектов свидетельствует о рациональности применения авторских разработок в архитектурном проектировании ряда промышленных объектов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный автором комплекс исследований, включающий в себя поиск и изучение предпосылок становления архитектуры ИФ, многофакторный анализ современных предприятий, систематизацию и обобщение результатов анализа, определение архитектурных приемов, позволил автору определить основные направления формирования архитектуры «интеллектуальных фабрик».

1. Установлено, что процесс неоиндустриализации и ряд социальных изменений определяют условия и требования к размещению промышленных объектов в урбанизированной среде, которые полностью соответствуют основным тенденциям организации современных высокотехнологичных предприятий, сформировавшимся под влиянием «Индустрии 4.0»: многоаспектной трансформируемости, всесторонней безопасности, «устойчивости», «открытости» и коммуникативности.

2. Изучен последовательный путь эволюции архитектуры производственных объектов от момента возникновения научноемких отраслей промышленности до современного уровня их развития. В результате исторического анализа отмечено

расширение номенклатуры основных направлений деятельности и последовательная гуманизация объектов, а также решающее воздействие научных и технических достижений на формирование актуальных тенденций и черт промышленной архитектуры на всех этапах ее становления.

3. По итогам комплексного многофакторного анализа объектов-представителей установлены их характерные общие черты: интегрированность в урбанизированную среду, архитектурно-композиционная лаконичность, расширение состава функциональных зон, применение каркасной конструктивной системы и приема блокировки объемов разной этажности, внедрение приемов «устойчивости».

4. Найдены основные варианты размещения современных производственных объектов в урбанизированной среде (автономное; в границах индустриального или научного парка; в составе образовательного кампуса или крупного производственного комплекса), обуславливающие особенности функционально-планировочного решения их территорий. Сформулирован ряд аспектов планировочной организации генеральных планов новейших промпредприятий: визуальная и физическая «открытость» и «проницаемость»; упрощение транспортной схемы; высокий уровень благоустройства участка; гибкая и многоуровневая планировка территорий.

5. Определены и проанализированы особенности функционального зонирования ИФ: изменение процентных соотношений площадей основных функциональных зон (сокращение производственных площадей, при увеличении эффективности их использования; увеличение непроизводственных составляющих; редукция подсобных), интеграция новых компонентов (представительских и сервисных, тренинга и обучения, паркинга и энергетического), мультифункциональность пространств и мобильность функций, многоуровневость функционального зонирования. Рассмотрены актуальные для ИФ приемы объемно-планировочного решения: компактизация, увеличение этажности и тенденция к ширококорпусности, «осведомленность»— повышенная коммуникативность и информативность пространств.

Описаны наиболее целесообразные конструктивные и инженерные решения и строительные параметры ИФ. В целом, отмечено сохранение традиционных подходов к выбору конструктивной системы, места и способа трассировки инженерных сетей.

6. Раскрыты позиции «устойчивой архитектуры», наиболее эффективные для ИФ: пути интеграции цифровых технологий; способы увеличения гибкости пространства; варианты расширения структуры; методы повышения энергоэффективности и экологической безопасности зданий; приемы гуманизации рабочей среды. Сделан вывод о том, что проектирование ИФ в соответствии с концепцией устойчивого развития и комплексная интеграция аспектов «устойчивости» в архитектуру ИФ являются строго необходимыми.

7. Установлено, что эстетизация и формирование привлекательного образа ИФ имеют ряд функционально-эксплуатационных преимуществ, и достигаются ограниченным набором эффективных средств. Отмечено, что эстетическая составляющая архитектуры ИФ также испытывает на себе влияние технологических, производственных и социальных изменений. По средствам интеграции решений реализующих мобильность, изменяемость и адаптивность архитектурного образа ИФ, обеспечивается поиск новых эстетических и художественных концепций промышленной архитектуры.

8. Синтезированы основные принципы архитектурного формирования ИФ: функциональная диверсификация, целесообразная гибкость-адаптивность, оптимальная компактность, экологическая ответственность, социальная экстраверсия, неотъемлемая комплексность. Установлена возможность применения этих принципов к широкому спектру типов производственных объектов – их достаточная универсальность.

9. Автором разработана система критериев оценки качества архитектурных решений новейших производственных зданий, позволяющая произвести их комплексную поликритериальную объективную оценку.

10. Создана авторская методика постадийного вариабельного поиска оптимальных концептуальных функционально-планировочных решений,

которая ускоряет и повышает результативность начальных стадий архитектурного проектирования, позволяя принять наиболее обоснованное решение. Применение данной методики имеет существенное значение, так как выбор наиболее рационального решения на начальном этапе проектирования формирует высокую эффективность всего будущего проекта.

11. Построена авторская графическая матрица концептуальных архитектурно-пространственных моделей, по результатам анализа которых были сделаны выводы, подтверждающие выявленные закономерности, тенденции и приемы архитектурного проектирования ИФ. Установлено, что «оптимальный» результат достижим только в случае субъективного определения приоритетных качеств для конкретной разрабатываемой модели.

12. Апробация основных положений и результатов исследования, проведенная в рамках курсового и дипломного проектирования студентов кафедры «Архитектура промышленных сооружений» МАрхИ, показала целесообразность внедрения большинства положений данной научной работы в проектирование современных производственных объектов.

Во многих аспектах формирования архитектуры ИФ прослеживается уход от «промышленного начала» и приближение к объектам гражданской архитектуры. Тем не менее, говоря словами Альберта Кана, «форма следует за производительностью» – способствует высокой эффективности предприятий, сокращению эксплуатационных затрат и формированию среды, отвечающей всем технологическим и социальным требованиям, создавая корпоративную идентичность и уникальный образ архитектуры ИФ.

Автор видит необходимость в изменении современной отечественной практики проектирования производственных зданий в соответствии с основными результатами исследования с целью роста производства высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции, увеличения ВНП, улучшения условий труда и создания привлекательности профессий, связанных с материальным производством.

К перспективам разработки темы можно отнести:

- распространение ряда тенденций и принципов формирования архитектуры ИФ на другие функциональные типы современных промышленных объектов;
- более подробное изучение отдельных аспектов научной работы (например, вопросов функционального зонирования и объемно-планировочных решений);
- исследование трансформации основных положений и выводов научной работы в более отдаленной перспективе.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

1. Принципы объемно-планировочной организации новейших производственных объектов / А. О. Дмитриева // Международный электронный научно-образовательный журнал

"ArchitectureandModernInformationTechnologies" = "Архитектура и современные информационные технологии" – 2019. – №2 (47). – С. 135-149. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/09_dmitrieva.pdf

2. Функциональное зонирование и архитектурные решения современных производственных предприятий / А. О. Дмитриева, А. А. Хрусталев // Системные технологии. – 2019. – №2 (31). – С. 103-111.

3. Архитектура «интеллектуальных фабрик» / А. О. Дмитриева // Проект Байкал. – 2020. – №65. – С. 68-75. (SCOPUS).

б) публикации в других изданиях

4. Дмитриева, А. О. Архитектор Гильермо Эвия. Авторские приемы проектирования промышленной архитектуры / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. Том 1 – М: МАРХИ, 2017. – С. 482.

5. Локальные приемы повышения энергоэффективности и экологической безопасности при проектировании промышленных объектов [Статья] / А. О. Дмитриева // Пространства городской цивилизации: идеи, проблемы, концепции. Материалы международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет». – 2017. – Екатеринбург : Уральский государственный архитектурно-художественный университет. – С. 148-152.

6. Цвет как средство повышения архитектурной выразительности промышленных объектов [Статья] / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование-2018. Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции 2-6 апреля 2018 г. – М: Московский архитектурный институт (государственная академия). – С. 288-291.

7. Влияние философских и научных течений второй половины XX века на формирование промышленной архитектуры [Статья] / А. О. Дмитриева // Socio-humanitarianreview = Социально-гуманитарное обозрение. – 2018. – №3 (18) – С. 83-85.

8. Некоторые особенности планировочной и архитектурной организации новых промышленных предприятий в городской среде [Статья] / А. О. Дмитриева // Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна: теория, практика, образование. Материалы Международной научной конференции. – 2018. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет. – С. 148-152.

9. Архитектурные приемы повышения энергоэффективности и энергосбережения современных производственных зданий / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – Т. 2. – М. : МАРХИ, 2019. – С. 464-465.

10. Производственно-выставочные здания как прототипы промышленной архитектуры Индустрия 4.0 / А. О. Дмитриева // Наука, образование и

экспериментальное проектирование. Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – Т. 1. – М. : МАРХИ, 2019. – С. 548-549.

11. Производственно-выставочные здания как прототипы промышленной архитектуры Индустрия 4.0 / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : Материалы международной научно-практической конференции 8–12 апреля 2019 г. — М. : МАРХИ, 2019. – С. 175-178.

12. Архитектурные аспекты проектирования «фабрик будущего» / А. О. Дмитриева // Материалы научной конференции «Актуальные проблемы современной архитектуры, градостроительства и дизайна» в рамках XXVIII международного смотра-конкурса лучших выпускных квалификационных работ по архитектуре, дизайну и искусству» (06 – 13 октября 2019 г.) [Электронный ресурс]: сборник трудов. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2019. – С. 125-129.

13. Влияние социальных аспектов на архитектуру производственной среды новейших промышленных предприятий / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – Т. 1. – М. : МАРХИ, 2020. – С. 530-532.