

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский архитектурный институт
(государственная академия)»

На правах рукописи



Дмитриева Алёна Олеговна

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ФАБРИК**

Специальность 2.1.12 – Архитектура зданий и сооружений.
Творческие концепции архитектурной деятельности

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата архитектуры

Москва – 2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» на кафедре «Архитектура промышленных сооружений»

Научный руководитель:

кандидат архитектуры, доцент
Хрусталеv Александр Алексеевич

Официальные оппоненты:

Яковлев Андрей Александрович
доктор архитектуры, профессор,
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), профессор кафедры «Архитектурное проектирование»
(г. Нижний Новгород)

Финогенов Александр Иванович
кандидат архитектуры, доцент,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), доцент кафедры «Архитектура»
(г. Москва)

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ) (г. Санкт-Петербург)

Защита состоится «29» ноября 2022 г. в 11.00 час. на заседании
Диссертационного совета 24.2.329.01 при ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» по адресу: 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корпус 1, строение 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (государственная академия)»

и на сайте: www.marhi.ru

Автореферат разослан «29» октября 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



С. В. Клименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

«Интеллектуальная фабрика» (далее ИФ) – это цифровизированный, гибкий и эффективный производственный объект, выпускающий высоко-технологичную продукцию в областях машиностроения и приборостроения, робототехники и электроники, нанотехнологий, автомобильной и др. Она воплощает современные представления цифрового общества о «производстве нового продукта» и отвечает передовым требованиям эргономики, «устойчивости» и безопасности. Производственная организация и эксплуатация такого предприятия основываются на «прорывных технологиях» и передовых производственных стратегиях. ИФ является качественно новой концепцией производственного объекта будущего, которая нуждается в формировании соответствующих функциональной и структурно-пространственной организации, архитектуры и промышленной среды.

Актуальность исследования основывается на следующих позициях.

1. Потребность в формировании новой архитектуры промышленных предприятий возникает под влиянием ряда явлений:

- неоиндустриализации, сопровождаемой ростом числа производственных объектов в урбанизированной среде; ее центрами выступают крупные города и агломерации – места сосредоточения НИИ, высококвалифицированных рабочих кадров и потребителей инновационной продукции;

- «прорывных технологий», ведущих к стремительному изменению процессов производства; концепции «умной фабрики», определяющей направления функционального и технологического проектирования промышленных объектов – на сегодняшний день уже существуют производственные, экономические и бизнес модели ИФ, но отсутствуют архитектурные концепции их реализации;

- политики импортозамещения, направленной на развитие приоритетных высокотехнологичных отраслей промышленности и реализацию программ Национальной технологической инициативы, Федерального закона «О промышленной политике в Российской Федерации» №488-ФЗ, которые не являются образными без качественно новой архитектуры промпредприятий.

2. Современное цифровое общество, стремительная автоматизация, диджитализация промышленности и повседневной жизни людей формируют новое представление о высокотехнологичной продукции, о ее разработке, производстве, эксплуатации, обслуживании и утилизации. «Прорывные технологии» одновременно с кастомизацией товаров кардинально меняют производственные процессы, и, соответственно, структурно-пространственную организацию современных предприятий.

3. В результате роста цен на энергоносители и постоянное ухудшение экологической обстановки активно развивается направление «устойчивая архитектура». Мероприятия по энергосбережению и минимизации воздействия на экологию становятся обязательными для всех новых промышленных объектов, что ведет к поиску соответствующих архитектурных решений.

4. Как правило, в научных работах, посвященных исследуемой теме, внимание концентрировалось на отдельных ее аспектах, например, на совершенствовании объемно-планировочных или конструктивных решений, или на гуманистических и эстетических критериях. В данной работе представляется необходимым рассмотреть вышеперечисленные позиции в комплексе и взаимосвязи, учесть новейшие тенденции в области архитектуры высокотехнологичных промышленных предприятий.

5. Многие исследования в сфере архитектуры производственных зданий проводились в 1950-х – 2000-х гг. В то время как Индустрия 4.0¹, и современные стратегии организации производства уже успели оказать значительное влияние на принципы формирования промышленной архитектуры настоящего и будущего. В связи с этим, положения существующих научных работ нуждаются в актуализации и дополнении.

6. Современные тенденции по изменению характера труда сотрудников, занятых на «умном» производстве, требуют формирования новой качественной и комфортной рабочей среды, эстетически привлекательного визуального образа промпредприятий.

¹ Индустрия 4.0 (Четвертая промышленная революция) – трансформация всех сфер жизни общества, в первую очередь производственной, под влиянием новейших технологий и развитием цифровых информационных систем.

Это, в свою очередь, увеличивает производительность труда и интерес к выпускаемой продукции, положительно сказывается на имидже компании-владельца.

В настоящее время необходимо определить перспективные приемы организации пространства, отвечающего характеру «умного» производства, средства повышения комфорта, качества и выразительности промышленной архитектуры, а также сформулировать основные принципы ее формирования, в соответствии с перечисленными выше аспектами актуальности.

Степень научной разработанности проблемы

Явление Индустрии 4.0 и «прорывные технологии» описаны в монографиях Ю. Г. Козырева и К. Шваба; технологическое проектирование производственных предприятий – в трудах Г. С. Горшенина, К.-Г. Грудинга, С. Я. Егорова, А. В. Капитанова; экономические аспекты новой индустриализации – в работах С. Ю. Глазьева, С. С. Губанова, О. В. Елисейевой, В. Б. Кондратьева.

Исследованиям в области организации территорий промпредприятий посвящены труды В. В. Алексашиной, К. В. Каркарьяна, Р. М. Лотаревой, О. Р. Мамлеева, Э. Бен-Джозеф, Н. Раппапорт и Т. Хатука. Вопросы оптимизации объемно-планировочных решений промышленных зданий, в том числе высокотехнологичных отраслей производства, решали: А. В. Антонов, Н. С. Булгаков, 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, Е. Б. Морозова, И. С. Николаев, Г. А. Проскурин, М. В. Резникова, А. А. Фисенко, Ю. Н. Хромец, А. А. Хрусталева, Д. А. Хрусталева, Н. П. Шаламов, Н. Гримшоу, А. Кан, Р. Роджерс, В. Хенн и Г. Хенн. Аспекты «устойчивой архитектуры», включая объекты промышленного назначения, затронуты в исследованиях Н. С. Булгакова, В. В. Гранева, В. А. Красильникова, Ю. А. Табуншикова. Задачи повышения качества и гуманизации промышленной среды, проблемы, связанные с архитектурной выразительностью производственных зданий, рассматривали: О. С. Бутаев, Л. А. Викторова, Н. Н. Ким, В. А. Ковалев, О. А. Охлопкова, Г. Н. Черкасов.

На практике вопросами проектирования и строительства современной архитектуры промышленных объектов занимаются такие архитектурные организации как: АО

«ЦНИИПромзданий», АО «Промстройпроект»; архитектурные бюро «Ё-программа», «АТР Architecten», «Bond Bryan Architects», «RMA Architecten» и «Vaíllo+Irigaray Estudio»; архитекторы: Ф. Баркоф, Н. Гримшоу, Р. Либержер, Р. Роджерс, Р. Пиано, Г. Хенн, Г. Эвиа.

Рабочая гипотеза заключается в следующих положениях:

- ряд глобальных и национальных общественных и экономических явлений приводит к изменениям производственной деятельности, что, в свою очередь, формирует новый подход к архитектурным решениям и рабочей среде объектов «интеллектуальных» производств;

- развитие технологий не только ускоряет темпы смены производственных процессов и оборудования, но и форсирует эволюцию выпускаемых продуктов – поэтому, обязательными характеристиками промышленных объектов будущего должны стать адаптивность и многофункциональность;

- формирование архитектуры современных зданий и сооружений любого функционального назначения тесно связано с ценностями устойчивого развития, следовательно, аспекты «устойчивости» окажут значительное влияние и на архитектурные решения ИФ.

Цель исследования – выявить основные направления и сформулировать принципы формирования архитектуры промышленных объектов, предназначенных для размещения «умных» производств и на их основе, при помощи разработанных критериев и методики, построить наиболее рациональные архитектурно-пространственные модели ИФ.

Основные задачи научной работы.

1. Исследование ключевых факторов, вызывающих изменения производственно-технологических процессов, и новых актуальных тенденций организации производства.

2. Ретроспективный анализ архитектуры прогрессивных производственных предприятий. Изучение и обобщение мирового опыта архитектурной организации современных промышленных объектов.

3. Выявление характерных архитектурно-композиционных, объемно-планировочных, конструктивных и других особенностей создания новейших производственных объектов, определение эффективных способов повышения их «устойчивости» и архитектурной выразительности.

4. Определение основных принципов формирования ИФ и современных производственных объектов в соответствии с существующими и перспективными условиями эксплуатации и развития высокотехнологичных отраслей промышленности.

5. Разработка системы критериев оценки качества архитектурных решений и методики поэтапного варибельного проектирования.

6. Верификация результатов исследования путем построения концептуальных архитектурно-пространственных моделей промышленных зданий, отвечающих требованиям размещения высокотехнологичных производств. Апробация результатов в рамках учебного проектирования.

Объектом исследования являются современные и перспективные промышленные предприятия, предназначенные для размещения высокотехнологичных отраслей, объекты научно-производственного и производственно-делового назначения. **Предметом исследования** служат закономерности формирования архитектуры передовых промышленных зданий, отвечающие потребностям современного и будущего развития высокотехнологичных производств; характерные архитектурные решения производственных объектов, направленные на повышение энергоэффективности и улучшение качества производственной среды.

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

В типологические границы исследования входят высокотехнологичные и наукоемкие, экологически нейтральные производства со схожим набором производственных операций, основанных на внедрении современных технологий и принципов производства. Этим критериям удовлетворяют приборостроительные и инструментальные предприятия, объекты прецизионного станкостроения,

радиоэлектронные производства, механосборочные и электромеханические цеха, а также научно-производственные и учебно-производственные центры. Частично рассматриваются научно-исследовательские комплексы и штаб-квартиры. Не рассматриваются объекты с экологически вредными производствами; предприятия, выпускающие крупногабаритную продукцию; промышленные объекты, локация которых «привязана» к сырьевым базам и источникам энергии. Временные границы научной работы включают интервал с 1950-х гг.² по настоящее время. Основное внимание сосредоточено на периоде с начала 2000-х гг. по сегодняшний день.

Научная новизна работы заключается в следующих положениях:

- уточняются и модернизируются результаты предыдущих исследований с учетом всесторонних изменений характера производственной деятельности, тенденций на высокотехнологичность, энергоэффективность и экологическую безопасность, а также нового отношения цифрового общества к производству;

- анализируется и обобщается передовой опыт архитектурной организации новейших промышленных объектов;

- приводится рекомендуемая площадь ИФ, рассчитанная на основе гуманистического подхода к определению наиболее рациональной площади предприятий;

- в область отечественной промышленной архитектуры вводится понятие «осведомленность»;

- определяются новые принципы формирования архитектуры «интеллектуальных» промышленных предприятий; вводится новое понимание гибкости архитектуры производственных объектов;

- предлагаются авторские система критериев оценки качества архитектурных решений и методика определения оптимальной функционально-планировочной организации здания ИФ на концептуальной стадии проектирования;

- разрабатываются обобщенные модели производственных зданий, предназначенных для размещения «умных фабрик».

Методология и методы исследования:

² Время начала НТР и появления первых наукоемких производств.

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

- графоаналитический и сравнительный анализ архитектурно-композиционных и функционально-планировочных решений современных предприятий по количественным и качественным критериям;

- обобщение и интерпретация изученного материала;

- методы научно-технического прогнозирования, в том числе экстраполяция, 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 современных и перспективных производственных зданий;

- внедрение авторских методики концептуального моделирования и критериев оценки в учебное и экспериментальное проектирование.

Теоретическое значение работы заключается в следующем:

- в связи с происходящими и ожидаемыми изменениями технологий и процессов производства актуализированы существующие подходы к формированию архитектуры производственных зданий высокотехнологичных отраслей промышленности;

- 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 научной работы могут стать базой для более углубленных и детальных исследований в области архитектуры промышленных зданий и сооружений.

Практическое значение состоит в том, что:

- определение наиболее рациональной площади предприятия на основе гуманистического подхода и принципы формирования архитектуры ИФ могут быть интерпретированы в качестве составляющей части технических заданий на архитектурное проектирование объектов приоритетных отраслей промышленности;

- разработанные концептуальные архитектурно-планировочные модели ИФ целесообразно применять в качестве «отправной точки» в реальной архитектурно-строительной практике;

- созданные методику поиска оптимального функционально-планировочного решения и критерии оценки качества архитектуры новейших производственных зданий эффективно использовать в ходе учебного проектирования.

На защиту выносятся:

- выявленные наиболее характерные функциональные и объемно-планировочные, архитектурно-композиционные и другие особенности создания новейших производственных объектов; эффективные способы обеспечения их «устойчивости» и повышения архитектурной выразительности;

- принципы формирования архитектуры ИФ;

- система критериев оценки качества архитектурных решений современных промышленных предприятий;

- методика определения оптимального концептуального функционально-планировочного решения новейших производственных объектов;

- разработанные архитектурно-пространственные концепт-модели ИФ.

Степень достоверности и апробация результатов

Основные результаты научной работы опубликованы в 15 статьях, общим объемом 6,02 п.л.; в том числе 3 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в издании, входящем в международную реферативную базу данных Scopus. Выводы и результаты исследования представлены на научных конференциях: «Наука, образование и экспериментальное проектирование» Москва, МАРХИ 2018 – 2021 гг., «Пространства городской цивилизации: идеи, проблемы, концепции» Екатеринбург, УрГАХУ 2017 г., «Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна: теория, практика,

образование» Волгоград, ВолГТУ 2018 г., «Актуальные проблемы современной архитектуры, градостроительства и дизайна» Нижний Новгород ННГАСУ 2019 г.. На основе результатов исследования подготовлена лекция для студентов пятого курса в рамках теоретического курса «Архитектура промышленных сооружений» по теме «Современные высокотехнологичные предприятия». Материалы диссертации были внедрены в НИР «Основные принципы формирования архитектуры "фабрик будущего"» по гранту РФФИ 19-312-90011. Основные положения и выводы исследования были апробированы в процессе курсового и дипломного проектирования студентов кафедры «Архитектура промышленных сооружений» МАРХИ, в сотрудничестве с проф. М.В. Габовой.

Структура работы

Диссертационная работа состоит из двух томов. Том I (171 стр.) включает текстовую часть, состоящую из введения, трех глав, заключения, и библиографии (180 источников). Том II (83 стр.) содержит шесть приложений, в том числе графические листы, полностью иллюстрирующие текст научной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ НА АРХИТЕКТУРНУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассматривается процесс **неоиндустриализации**, в результате которого «промышленность возвращается в город». Определяются основные преимущества локации производственных объектов в урбанизированной среде: наличие высококвалифицированной рабочей силой и рынков сбыта, благоприятные условия для включения дополнительных функций в структуру предприятий (офисных, научно-исследовательских, представительских, сервисных). Одновременно урбанизированная среда формирует следующие требования к производственным объектам:

- компактность объемно-планировочных решений – ограничение общей площади и габаритных размеров, увеличение этажности зданий и максимально эффективное использование выделенной территории;

- экологическая безопасность, внедрение безотходных технологий, интенция к энергосбережению;

- ограничение габаритов выпускаемой продукции и средств логистики;

- необходимость функциональной, социальной и эстетической интеграции производственных зданий в сложившийся контекст.

Таким образом, неоиндустриализация способствует формированию новых закономерностей проектирования промышленной архитектуры.

Роботизация, гибкие производственные системы, 3D-печать, киберфизические системы, Интернет вещей и Большие данные – это «**прорывные технологии**», которые наиболее существенно влияют на изменения процессов производства. В результате их интеграции в производственные и эксплуатационные системы, предприятия становятся более адаптивными, компактными, безопасными и коммуникативными; в том числе происходит трансформация функционально-планировочных решений промышленных объектов:

- «уплотняется» производственная зона – производительность предприятия возрастает без увеличения соответствующих площадей;

- редуцируются складские объемы различного назначения;

- возникает тенденция к более компактному размещению всех функциональных зон и мобильности ряда функций.

Понятие «**умная фабрика**» обозначает совокупность передовых принципов производственной организации высокотехнологичных предприятий, а «интеллектуальная фабрика» является архитектурным воплощением этого организационного принципа. Концепция «**бережливого производства**» не только оптимизирует технологические процессы, но и является одним из импульсов к гуманизации и демократизации рабочей среды. На предприятиях растет производительность, повышается качество изготавливаемой продукции, увеличивается гибкость производства, снижается количество брака и отходов. Чтобы соответствовать

передовым производственным концепциям объемно-пространственная структура и архитектурные решения ИФ должны формироваться на основе следующих позиций:

- адаптивности и трансформируемости планировочных решений для размещения изменяемого и непрерывно развивающегося производства;
- модульности и расширяемости строительной структуры, упрощающих обслуживание и внесение модификаций в процессы производства;
- высокого качества микроклимата производственной среды, которое диктуется одновременным присутствием на производстве высоко-технологичного оборудования и людей;
- эргономичного и безопасного внутреннего пространства, созданного при помощи архитектурно-строительных решений;
- «прозрачности» и коммуникативности промышленной среды и стимуляции креативности архитектурными средствами.

Последовательный путь развития архитектуры промпредприятий позволяет определить ведущие аспекты формирования этих объектов, характерные для разных этапов их становления (Прил., рис.1). Под воздействием научно-технических достижений промышленная архитектура эволюционировала от экономичных и функциональных, но малокомфортных и невыразительных «коробок», к не менее производительным, но гуманным, ресурсоэффективным, экологически безопасным зданиям, находящимся в гармонии с окружающей средой.

Комплексный анализ современных объектов-представителей позволил при значительном разнообразии их архитектурных решений выявить следующие общие черты:

- размещение в урбанизированной среде, предоставляющее предприятиям инфраструктуру, высококвалифицированные кадры и рынки сбыта;
- лаконичность архитектурно-композиционных решений, обеспечивающая компактность и эффективное использование приема сплошной планировки;
- расширение функциональной программы и изменения в соотношении площадей основных функциональных зон, повышающие рентабельность;

- применение каркасных конструктивных решений (наиболее распространенные сетки колонн – от 10x12 м до 24x18 м, высоты производственных помещений – 5-9 м) и приема подведения отметки верха последних этажей «под одну кровлю» (блокирование объемов разной высоты и этажности);

- внедрение аспектов «устойчивости», обуславливающих гибкость и расширяемость объектов, гуманность производственной среды, повышение экологической безопасности, энергоэффективности и ресурсосбережения;

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

Вместе с тем, архитектурные решения большинства объектов-представителей имеют ряд недостатков, не позволяющих им в полной мере соответствовать требованиям «интеллектуальных» производств:

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

- использование каркасов пролетного типа и дифференцированный подход к выбору сеток колонн снижают адаптивность зоны производства и всего здания;

- часто интеграция приемов «устойчивости» носит «внешний» характер, не затрагивая объемно-планировочные решения и строительную структуру;

- не всегда архитектурно-художественные решения удовлетворяют высоким требованиям к качеству архитектуры и отражают характер современного «интеллектуального» производства.

Принимая во внимание процессы неоиндустриализации, стремительную эволюцию производственных технологий и современное состояние промышленной архитектуры, сделан вывод о том, что проектирование и строительство принципиально новых объектов для размещения передовых производств являются полностью обоснованными и необходимыми.

ГЛАВА 2. ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЕМОВ И ТЕНДЕНЦИЙ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ФАБРИК (ИФ)

Обозначаются основные факторы, определяющие рентабельность локаций ИФ: близость источников инноваций и рост значимости внешней логистики из-за глобализации производственных и бизнес- процессов.

Выделяются три вида размещения ИФ в урбанизированной среде:

- дисперсное размещение в многофункциональной среде экологически безопасных, компактных, сблокированных и многоэтажных предприятий;
- групповое размещение на территориях научных и индустриальных парков, с возможностью коллаборации с «соседями»;
- включение в состав образовательных кампусов, где ИФ позиционируются как центры передачи знаний, генераторы идей и «охотники за талантами».

В современной планировочной организации территорий ИФ наблюдается тенденция к максимальной компактизации и простоте планировочных решений генеральных планов. Ее особенности заключаются в следующих позициях:

- визуальная и физическая «открытость» и «проницаемость» территории;
- блокирование объектов, упрощение конфигурации и уменьшение протяженности транспортных путей;
- высокий уровень гуманизации и благоустройства участка;
- гибкая планировка территории, учитывающая перспективы развития ИФ;
- многоуровневая организация площадки – помещение ряда функций и планировочных зон, традиционно находившихся в уровне земли, под здания или на кровлю.

Новые тенденции в функциональном зонировании ИФ отличают их от традиционных производственных предприятий. Изменяются соотношения основных функциональных зон: площади производственных помещений сокращаются при одновременном увеличении эффективности их использования; непроизводственная составляющая расширяется, а подсобная редуцируется (Прил., рис.2). В структуру ИФ интегрируются новые функциональные зоны: сервисная, представительская, тренинга

и обучения, паркинга, энергетическая. Наблюдаются трансформируемость ряда функций по объему и занимаемому местоположению, а также возникновение мультифункциональных пространств с многоуровневой планировочной организацией.

Функциональное зонирование большинства современных производственных объектов подчинено одной из трех принципиальных схем: линейной, «дискретной», «ядровой» (Прил., рис.3). С увеличением числа функций, наблюдается переход к «ядровому» объемному зонированию – центральному положению основной функциональной зоны и компоновке остальных функций и помещений вокруг нее, распределению функциональных зон в пространстве многоэтажного здания в зависимости от их потребности в коммуникациях с внешней средой.

Расчет наиболее рациональной площади ИФ предлагается вести на основании гуманистического подхода – исходя из оптимального списочного состава сотрудников (200 – 500 человек). На основе усредненных показателей количества кв. м на одного человека для основных функциональных зон, и данных о процентном соотношении этих зон установлено, что 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. Данный подход не является определяющим при проектировании ИФ, однако его необходимо учитывать при составлении ТЗ на проектирование.

Неотъемлемым свойством архитектурной организации пространства современных инновационных предприятий является «осведомленность» – стимуляция коммуникаций, максимальное вовлечение всех сотрудников в производственный процесс и их информированность обо всем, что происходит на предприятии. Она создается следующими архитектурными приемами:

- компактизацией объемно-планировочных решений, реализуемой путем рационального увеличения этажности (2-6 этажей) и ширины зданий (48-72 м);
- формированием пространств с высокой коммуникативностью;
- территориальным сближением основных функциональных зон;
- организацией «центров притяжения» и созданием визуальных связей.

На современных производственных объектах сохраняются традиционные подходы к выбору наиболее целесообразной конструктивной системы, места и способа трассировки инженерных сетей. В качестве рационализирующих решений, повышающих гибкость промышленных зданий, можно выделить недифференцированный подход к выбору сеток колонн и других конструктивных параметров для различных функциональных зон, встраивание сборно-разборных подсистем в основные конструктивные системы, децентрализованное размещение инженерного оборудования и модульное распределение подающих и заборных устройств.

Высокий уровень диджитализации современных процессов значительно увеличивает объем цифрового оборудования и сетей, что вызывает необходимость уделять особое внимание местам их размещения.

Объемно-планировочные решения ИФ согласуются с основными аспектами **«устойчивой архитектуры»**.

Информационное моделирование зданий изменяет все этапы жизненного цикла ИФ: от создания цифровой концепт-модели до деконструкции объекта.

Требование гибкости выходит за пределы производственной зоны и распространяется на всю архитектурную структуру ИФ. Традиционные и новые приемы создания гибкости симбиотично дополняют друг друга. Архитектурные решения предусматривают возможность двух противоположных векторов развития: наращивания и сокращения объемов. Согласованность модульности и унификация всей архитектурно-строительной структуры, ее подсистем и отдельных элементов упрощают трансформируемость архитектуры ИФ – новейшие промышленные здания получают возможность следовать за быстрыми изменениями условий и технологий производства.

Приемы повышения энергоэффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности становятся обязательной составляющей производственного здания. Общие архитектурные методы обеспечения энергоэффективности и ресурсосбережения (пространственная ориентация, форма и внутренняя организации объекта) согласуются с функциональным зонированием и объемно-планировочными

решениями ИФ. Комплексное внедрение локальных архитектурных средств (устройство эффективной инсоляции и солнцезащиты, локальная терморегуляция, интеграция природных элементов) и технических приемов (альтернативная и низкопотенциальная энергетика, рекуперация ресурсов, интеллектуальная эксплуатация) создает эффект эмерджентности.

Ввиду роста значимости человеческого ресурса, гуманистические и социальные аспекты формирования архитектуры промышленных предприятий приобретают особую актуальность, создавая демократичную рабочую среду, повышают производительность и конкурентоспособность ИФ.

Архитектурная выразительность ИФ оказывает непосредственное влияние на успешность функционирования предприятия и имидж компании. Для создания уникального и аттрактивного визуального образа новых производственных предприятий выбираются простые и экономичные приемы, сочетающие в себе и эстетические и утилитарные функции. Архитектура ИФ, транслирующая идеи и особенности «интеллектуального» предприятия, способствует формированию корпоративной идентичности и мотивации сотрудников и рассматривается как одна из важных составляющих производственного процесса.

ГЛАВА 3. АРХИТЕКТУРА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Принципы архитектурной организации ИФ охватывают все основные направления формирования новейшей промышленной архитектуры (Прил., рис.4-5).

В основе **принципа функциональной диверсификации** лежит стремление к многофункциональности архитектурных объектов, осуществляемое путем расширения номенклатуры видов деятельности, добавления новых функциональных зон и площадей. Определено 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 передовых производств;

Новая трактовка **принципа многофакторной гибкости-адаптивности** предполагает не только готовность к будущим изменениям производства, но и к возможным трансформациям других составляющих архитектуры ИФ. Выделяются следующие его компоненты: технологический, функциональный, экономический, социальный, эстетический. Критерием для всех этих составляющих является скорость внесения изменений – быстрая, легкая и малозатратная трансформируемость архитектурных решений.

Установлены два аспекта **принципа необходимой и достаточной компактности**:

- внутренний – состоит в организации кратчайших технологических и эксплуатационных связей, «осведомленности», увеличении числа коммуникаций и территориальном сближении основных функциональных зон;

- внешний, традиционный, – выражается в стремлении к наиболее высокому коэффициенту компактности³.

Необходимость и достаточность заключаются в поиске компромисса между максимально возможной компактизацией, обеспечением комфорта и соблюдением обязательных эксплуатационных норм, ограничивающих компактность.

Принцип экологической ответственности состоит в гармоничном сосуществовании ИФ и окружающей среды, в реализации социально-экологических потребностей человека. Он базируется на «устойчивых» архитектурных решениях и балансе между «открытостью» и «замкнутостью» объекта. Устанавливаются три позиции следования этому принципу:

- превентивная – предотвращающая неблагоприятное влияние;
- компенсационная – устраняющая последствия негативных воздействий;
- стимулирующая – создающая положительный эффект на окружение.

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

³ Коэффициент компактности – отношение внутреннего объема объекта к площади ограждающих конструкций без учета площади основания

Принцип неотъемлемой комплексности заключается в том, что перечисленные выше положения формирования архитектуры ИФ невозможно рассматривать обособлено друг от друга – следование им носит обязательно интегративный характер, воплощение одного принципа, опосредованно, но неотъемлемо ведет к соблюдению остальных.

На основе приемов и тенденций архитектурного формирования ИФ создается **система критериев оценки качества архитектурных решений новейших производственных зданий**, включающая несколько групп показателей:

- 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 критериям присваивается условная система численных показателей (баллы), с их помощью проводится поликритериальная комплексная оценка качества архитектурных решений разных стадий жизненного цикла объекта. В перспективе можно спрогнозировать ослабление роли экономического критерия и усиление значения показателей, отвечающих за «устойчивость» и архитектурную привлекательность.

Разработанная **методика поэтапного варибельного поиска оптимального концептуального решения ИФ** представляет собой ряд последовательных этапов и циклических операций по формированию функционально-планировочной структуры объекта на начальной стадии проектирования. Четыре ступени процесса поиска состоят в поэтапной детализации нескольких вариантов компоновок функционально-планировочных моделей и отборе, на основе установленных критериев, наиболее успешных вариаций для каждой последующей ступени. В результате создается качественная и содержательная база для последующих этапов проектирования ИФ. Эффективность методики обусловлена потенциальным улучшением ряда функционально-эксплуатационных и объемно-планировочных показателей.

Графическая прямоугольная матрица концептуальных архитектурно-пространственных моделей ИФ включает 11 модификаций, представляющих собой наиболее целесообразные решения для различных комбинаций трех базовых параметров: степени функциональной диверсификации, этажности производственной зоны и схемы функционального зонирования (Прил., рис.6). Анализ полученных моделей позволил сделать следующие выводы:

- компоновка зоны производства в несколько уровней положительно отражается на компактности объектов;
- включение «дискретных» (атриумных) пространств повышает «осведомленность» и инсоляцию, но в определенной мере негативно сказывается на компактизации объемов, следовательно, необходим поиск компромиссного решения;
- «дискретная» и «ядровая» функционально-планировочные схемы положительно влияют на «осведомленность» и коммуникативность;
- модели симметричных композиций наиболее рациональны для размещения нескольких автономных производств.

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

Апробация основных разработок (принципов, критериев оценки и методики проектирования) проводилась в рамках проектирования студентов кафедры «Архитектура промышленных сооружений» МАРХИ. Высокая оценка учебных проектов свидетельствует о рациональности применения результатов исследования в архитектурном проектировании промышленных объектов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный комплекс исследований (поиск и изучение предпосылок становления архитектуры ИФ, анализ новейших промышленных объектов, систематизация и

обобщение данных анализа, выявление актуальных архитектурных приемов построения современных промпредприятий) позволил определить основные направления формирования архитектуры ИФ.

1. Установлено, что урбанизированная среда и ряд социальных изменений определяют особые требования к промышленным объектам. Эти требования полностью соответствуют ведущим тенденциям организации современных передовых предприятий, сформировавшимся под влиянием Индустрии 4.0, и состоят в компактизации, трансформируемости, всесторонней безопасности, «устойчивости», «открытости» и коммуникативности.

2. Изучена эволюция архитектуры производственных объектов от момента возникновения наукоемких отраслей промышленности до современного уровня их развития. Выявлено расширение номенклатуры основных направлений деятельности и последовательная гуманизация объектов; отмечено решающее воздействие научно-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 черты: интегрированность в урбанизированную среду, архитектурно-композиционная лаконичность, расширенный состав функциональных зон, каркасная конструктивная система и блокирование объемов разной этажности, внедрение аспектов «устойчивости».

4. Обозначены основные варианты размещения современных производственных объектов в урбанизированной среде (автономное, в границах индустриального или научного парка, в составе производственного или образовательного кампуса), обуславливающие особенности их функционирования. Сформулирован ряд новых аспектов планировочной организации генеральных планов современных промпредприятий: «открытость» и «проницаемость», упрощение транспортной схемы, высокий уровень благоустройства, гибкая и многоуровневая планировка территорий.

5. Определены особенности функционально-планировочной организации ИФ: изменение соотношений площадей основных функциональных зон (сокращение производственных площадей, увеличение непромышленных, редукция подсобных),

интеграция новых компонентов (представительских, сервисных, тренинга и обучения, паркинга, энергетических), мульти-функциональность пространств и мобильность функций, эффективность «дискретной» и «ядровой» схем функционального зонирования. Сформулированы актуальные для ИФ приемы объемно-планировочных решений: компактизация, рациональное увеличение этажности и ширины корпуса, «осведомленность».

6. 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.

7. Раскрыты позиции «устойчивой архитектуры», комплементарные организационным и объемно-планировочным решениям ИФ: внедрение цифровых технологий, увеличение гибкости пространства, стратегии расширения структуры, повышение энергоэффективности и экологической безопасности зданий, гуманизация рабочей среды. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода к интеграции аспектов «устойчивости» в архитектуру ИФ.

8. Установлено, что 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. Спрогнозировано, что наиболее актуальными станут решения, реализующие мобильность и адаптивность архитектурного образа. Они определяют поиск новых эстетических и художественных концепций промышленной архитектуры.

9. Синтезированы основные принципы архитектурного формирования ИФ: функциональная диверсификация, целесообразная гибкость-адаптивность, необходимая и достаточная компактность, экологическая ответственность, социальная экстраверсия, неотъемлемая комплексность. Установлена возможность их применения к промышленным зданиям различной типологии.

10. Разработана система критериев оценки качества архитектурных решений новейших производственных зданий, позволяющая произвести их комплексную поликритериальную объективную оценку.

10. Создана методика поэтапного переменного поиска оптимальных концептуальных функционально-планировочных решений, которая ускоряет и повышает результативность начальных стадий архитектурного проектирования. Применение данной методики формирует высокую эффективность будущего проекта, так как позволяет определить и выбрать наиболее обоснованное и рациональное решение уже на первых этапах проектирования.

11. Построена графическая матрица концептуальных архитектурно-пространственных моделей, по результатам анализа которых были сделаны выводы, подтверждающие выявленные закономерности, приемы и тенденции архитектурного проектирования ИФ. Отмечено, 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 обучения студентов кафедры «Архитектура промышленных сооружений» МАРХИ, показала целесообразность внедрения положений научной работы в проектирование производственных объектов.

Во многих аспектах формирования архитектуры ИФ прослеживается уход от «промышленного начала» и приближение к объектам гражданской архитектуры. Тем не менее, говоря словами знаменитого промышленного архитектора 20-го века Альберта Кана, «форма следует за производительностью». Рациональные архитектурные решения положительно сказываются на высокой эффективности предприятий, сокращении эксплуатационных расходов и на формировании среды, отвечающей всем технологическим и социальным требованиям; создают корпоративную идентичность и уникальный образ архитектуры ИФ.

Автор исследования видит необходимость в изменении современной отечественной практики проектирования производственных зданий в соответствии с основными

результатами работы с целью роста производительности и улучшения условий труда, снижения затрат на эксплуатацию и создания привлекательности профессий, связанных с производством.

Рекомендации

Основные положения диссертации могут быть применены при актуализации нормативно-технических регламентов и составлении методических пособий по проектированию производственных зданий для ряда высокотехнологичных отраслей промышленности. Принципы архитектурного формирования ИФ целесообразно учитывать при составлении технических заданий на архитектурное проектирование производственных объектов. Обобщенные объемно-планировочные модели ИФ могут стать основой для разработки архитектурных решений новых промпредприятий. Методику поиска наиболее рационального функционально-планировочного решения производственных зданий желательно применять в ходе учебного и экспериментального проектирования для достижения объективных и рациональных результатов.

К перспективам разработки темы можно отнести:

- распространение ряда тенденций и принципов формирования архитектуры ИФ на другие функциональные типы современных промышленных объектов;
- исследование трансформации основных положений и выводов научной работы в более отдаленной перспективе.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

1. Принципы объемно-планировочной организации новейших производственных объектов / А. О. Дмитриева – Текст : электронный // Architecture and Modern Information Technologies = Архитектура и современные информационные технологии : международный электронный научно-образовательный журнал : [сайт]. – 2019. – №2 (47). – С. 135-149. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/09_dmitrieva.pdf

2. Функциональное зонирование и архитектурные решения современных производственных предприятий / А. О. Дмитриева, А. А. Хрусталева // Системные технологии. – 2019. – №2 (31). – С. 103-111 (№2120 по перечню ВАК от 31.01.2022 г.).

3. Эстетическая привлекательность архитектуры высокотехнологичных промышленных предприятий / А. О. Дмитриева // Строительство и архитектура : [сайт]. – 2022. – Т. 10. – №1. – С. 56-60. – URL: <https://riorpub.com/ru/nauka/article/49018/view> (№2224 по перечню ВАК от 31.01.2022 г.).

б) в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus

4. Архитектура «интеллектуальных фабрик» / А. О. Дмитриева // Проект Байкал. – 2020. – №65. – С. 132-139. (SCOPUS).

в) в других изданиях

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

6. Цвет как средство повышения архитектурной выразительности промышленных объектов / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование-2018. Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции 2-6 апреля 2018 г. – Москва : МАРХИ, 2018. – С. 288-291.

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

8. Некоторые особенности планировочной и архитектурной организации новых промышленных предприятий в городской среде / А. О. Дмитриева // Актуальные проблемы архитектуры, градостроительства и дизайна: теория, практика, образование : Материалы международной научной конференции. – Волгоград: Волгоградский гос. технический ун-т, 2018. – 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. – Москва : МАРХИ, 2019. – С. 464-465.

10. 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. — Москва : МАРХИ, 2019. — С. 175-178.

11. 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.): сборник трудов. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2019. – С. 125-129.

12. 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. – Москва : МАРХИ, 2020. – С. 530-532.

13. Влияние «прорывных технологий» на архитектуру высокотехнологичных производственных объектов / А. О. Дмитриева // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2020. – № 34 (61). – С. 4-6.

14. Многоаспектная гибкость архитектуры современных производственных предприятий / А. О. Дмитриева // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : Материалы международной научно-практической конференции 5-9 апреля 2021 г. — Москва : МАРХИ, 2021. – С. 211-214.

15. «Осведомленность» как важная составляющая архитектуры «фабрик будущего» / А. О. Дмитриева // Национальная ассоциация ученых (НАУ). – 2021. – № 69. – С. 6-9.

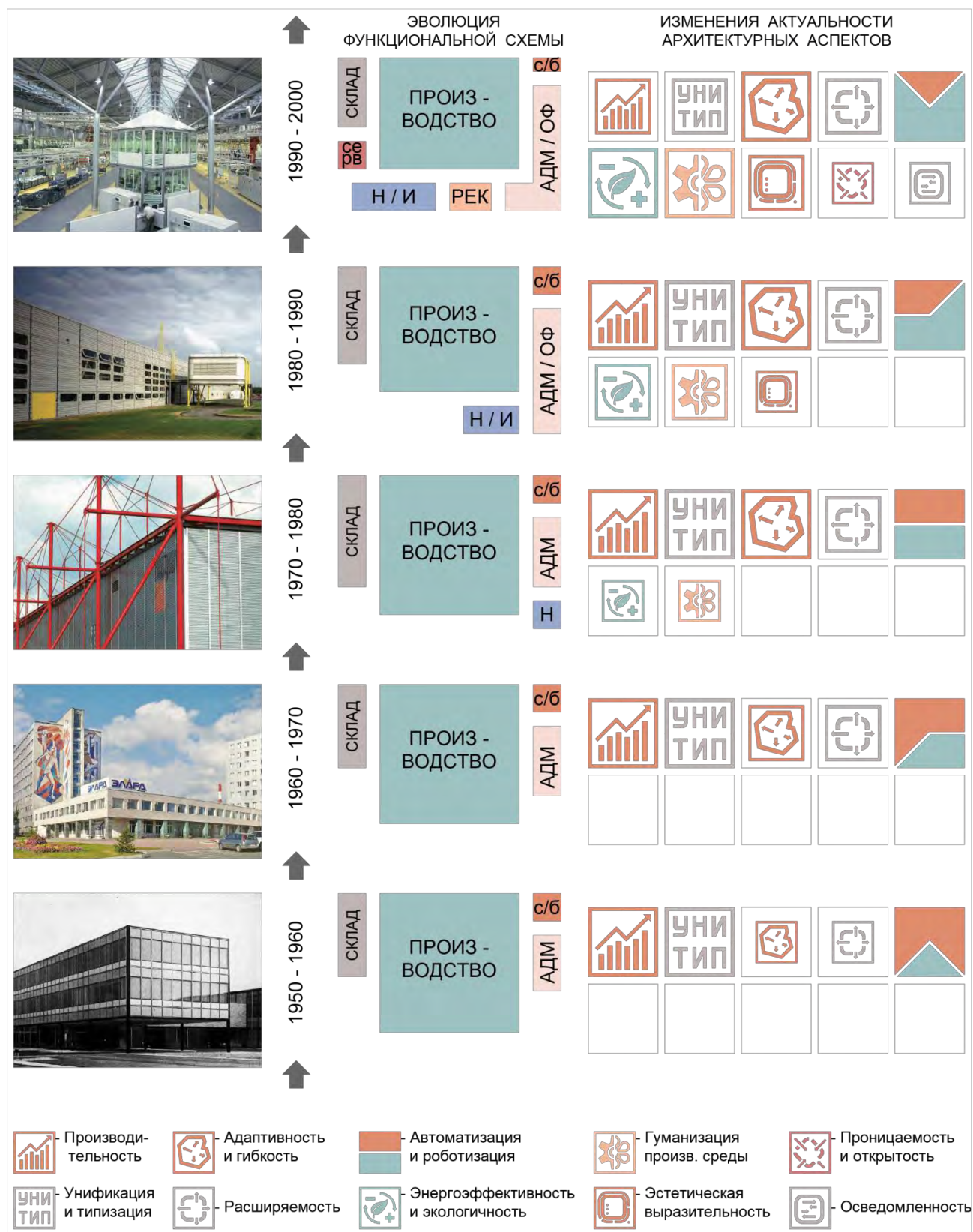


Рис. 1. Исторический обзор эволюции архитектуры предприятий

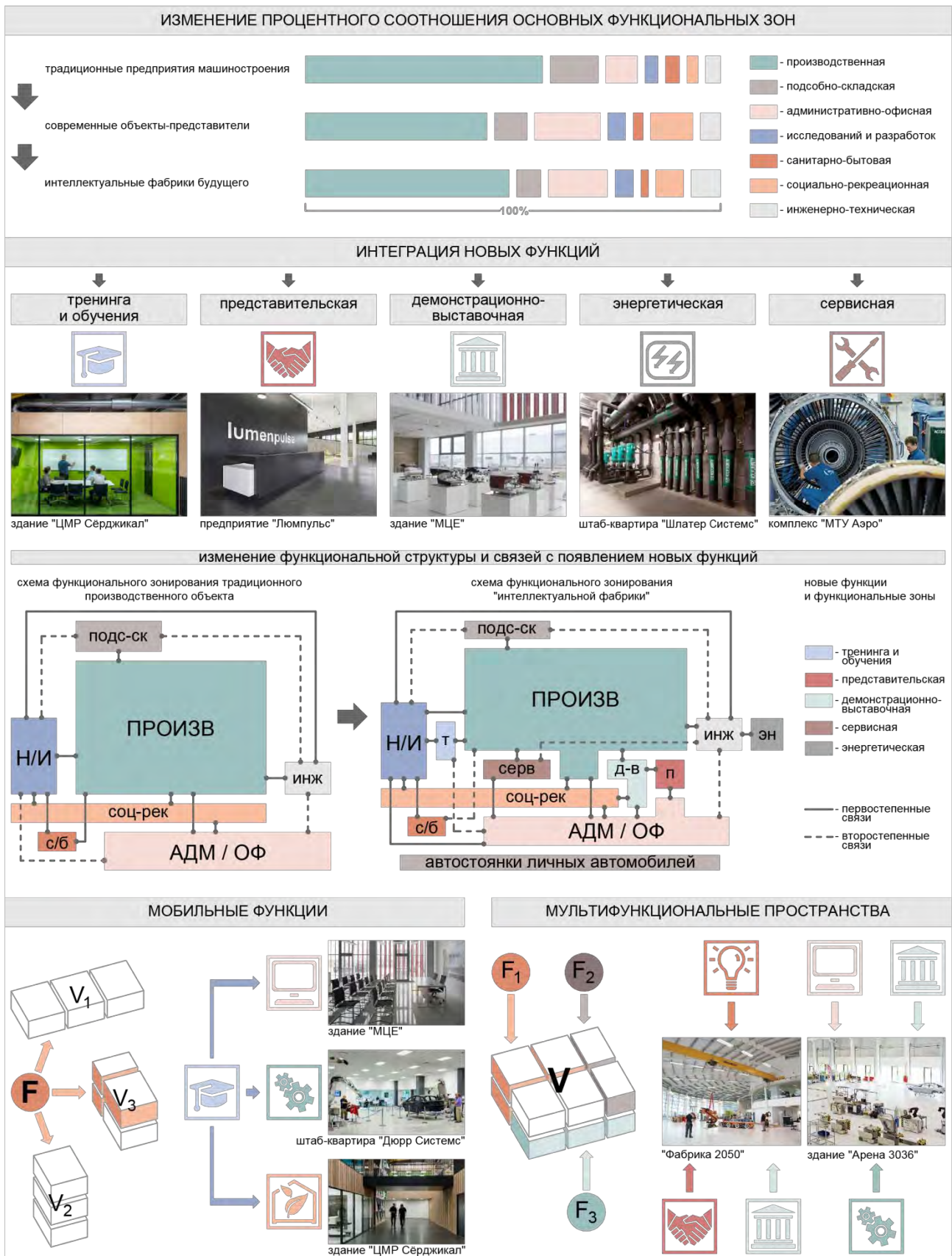


Рис. 2. Изменения в функциональном зонировании производственных предприятий

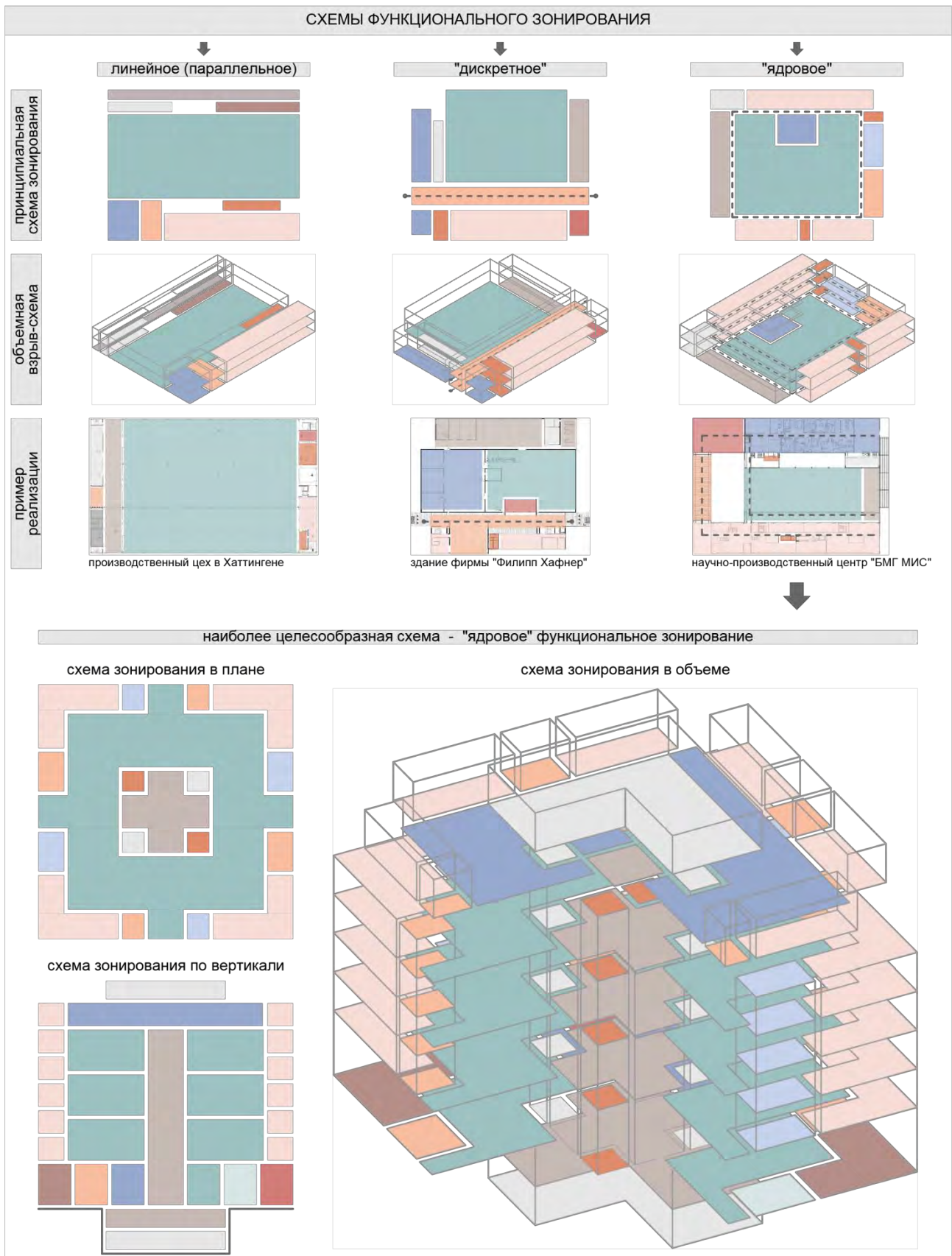


Рис.3. Функционально-планировочные решения современных производственных предприятий

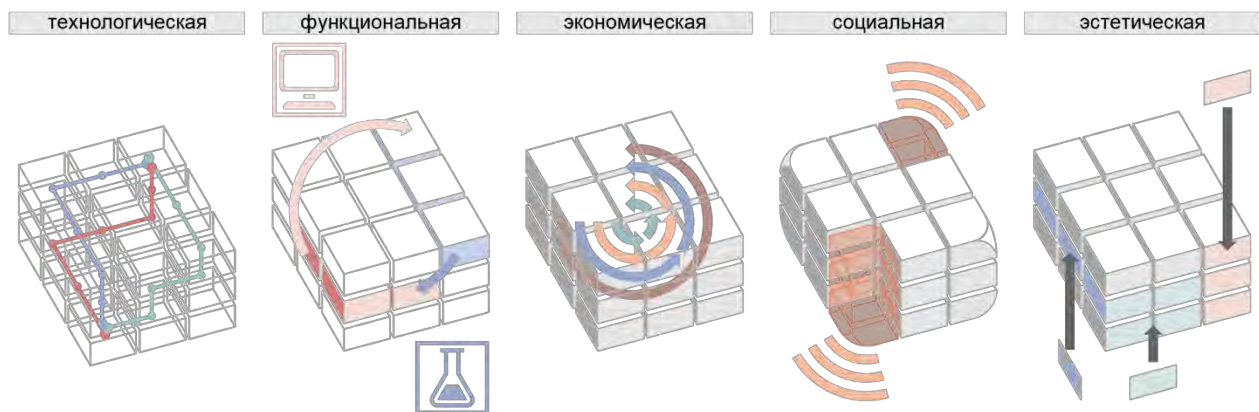
3.1.1. Принцип функциональной диверсификации

расширение номенклатуры видов деятельности, включенных в архитектурный объект, привнесение новых функций, не свойственных традиционным промышленным зданиям, с целью повышения эффективности и рентабельности



3.1.2. Принцип многофакторной гибкости - адаптивности

многофакторная гибкость и адаптивность - это готовность к будущим изменениям производства и к трансформации других важных факторов и составляющих архитектуры ИФ; она имеет более широкие границы (пространственные и временные), а также выходит за пределы конкретных функциональных зон и строительных объемов, стадий и сроков эксплуатации.



3.1.3. Принцип необходимой и достаточной компактности

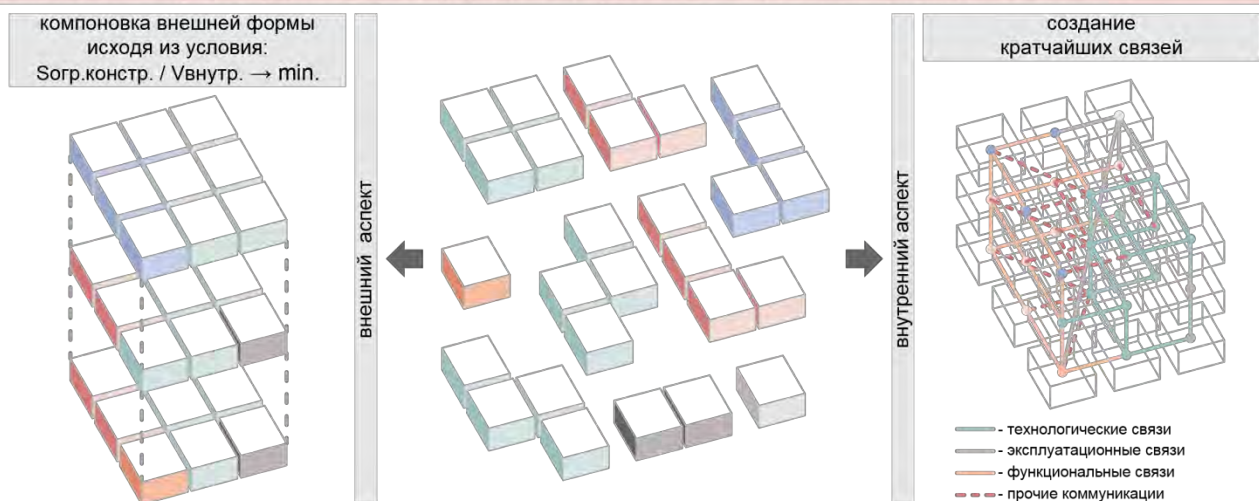
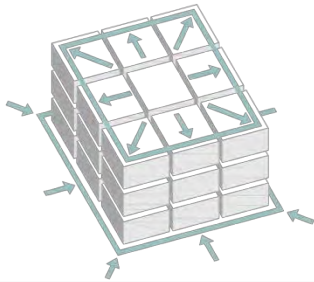


Рис.4. Принципы архитектурного формирования ИФ (часть 1)

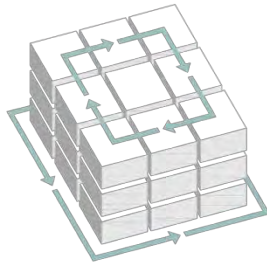
Принцип экологической ответственности

превентивная составляющая



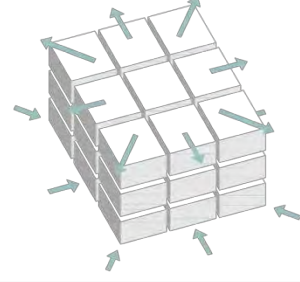
фабрика "Фабра"

компенсационная составляющая



комплекс переработки Вальес-Оксиденталь

стимулирующая составляющая



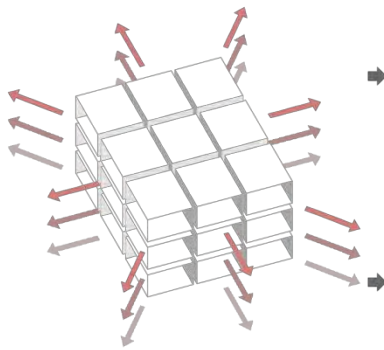
фабрика "Канес Фудс"

Принцип социальной экстраверсии

внешняя социальная экстраверсия

"осведомленность" + демократизация среды + гуманизация архитектуры ИФ + повышение эстетической выразительности

примеры реализации



производственно-офисное здание "МЦЕ"



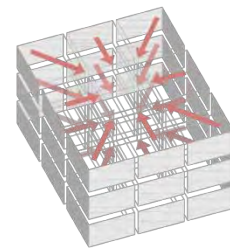
завод «Хевел солар»



"Центр новейшего производства"



"Хюттингер Электроник"



внутренняя социальная экстраверсия

Принцип неотъемлемой комплексности



фабрика "Сирона"

функциональная диверсификация



фабрика "Виттенштайн"

многофакторная гибкость и адаптивность



производственный цех в Грюше

экологическая ответственность



здание фирмы "Филипп-Хафнер"

оптимальная компактность

социальная дружелюбность

Рис.5. Принципы архитектурного формирования ИФ (часть 2)

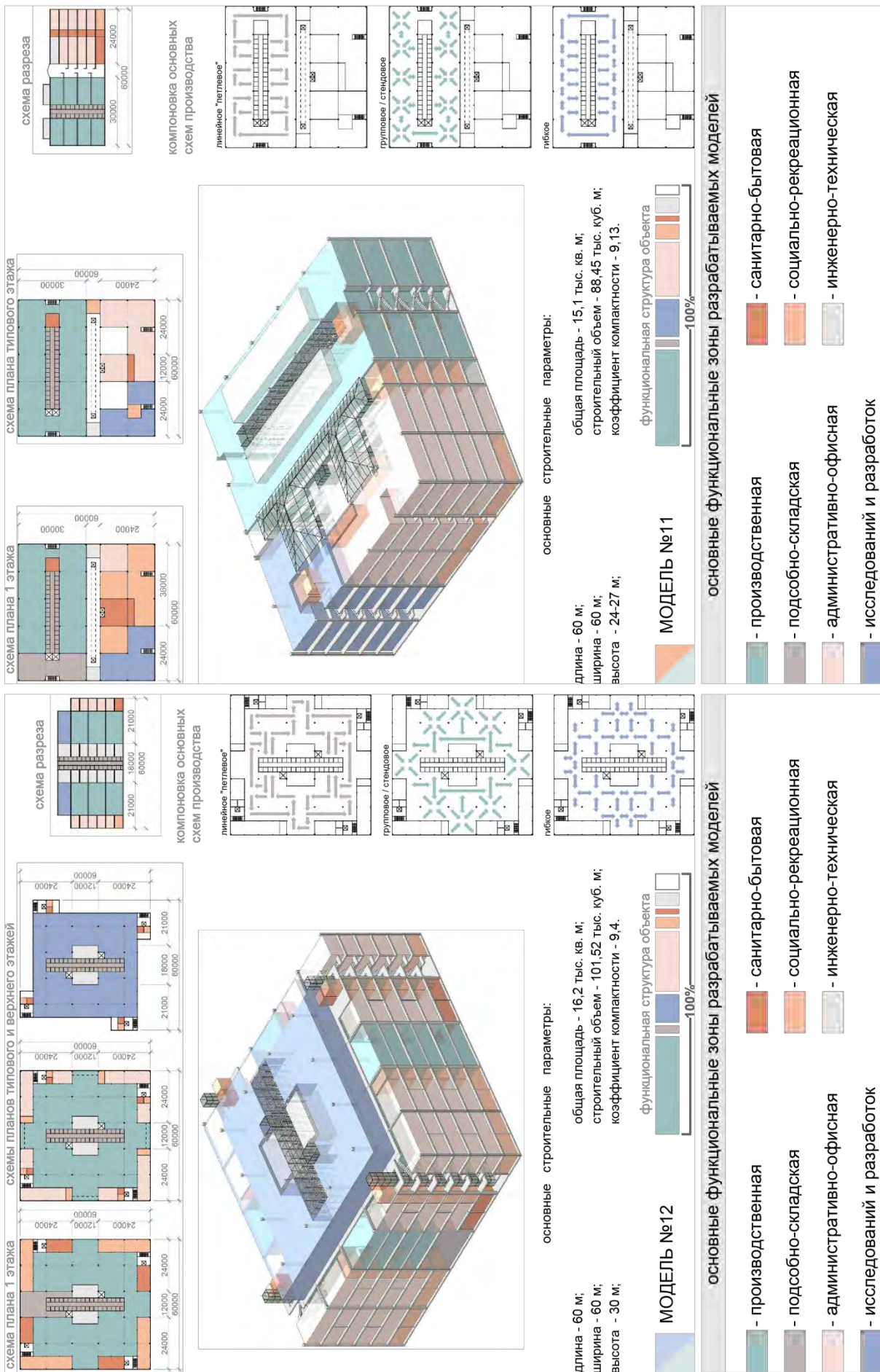


Рис.6. Концептуальные архитектурно-пространственные модели ИФ