

Academia. Архитектура и строительство, № 4, стр. 34–45.

Academia. Architecture and Construction, no. 4, pp. 34–45.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 72:727

DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-34-45

Некоторые вопросы архитектурного проектирования в аспекте требований трансформируемости зданий научно-инновационного назначения

Дианова-Клокова Инна Владимировна (Москва). Кандидат архитектуры, профессор МААМ (Отделение в Москве). Эл. почта: indianova@mail.ru

Хрусталеv Дмитрий Александрович (Москва). Кандидат архитектуры. (Россия, 107031, Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4. МАРХИ). Эл. почта: promgettista@yandex.ru

Аннотация. Для зданий научно-инновационной направленности актуальна проблема соотношения сроков морального старения к физическому износу архитектурных сооружений, создающая коллизию между развивающейся функцией и отстающим от её развития архитектурным пространством; на этом основаны многие проблемы архитектурного проектирования.

Среди приёмов функционально-пространственной организации таких объектов, направленных на решение этой коллизии: оптимизация архитектурных и инженерных решений, создание системы дополнительных возможностей для трансформации и модернизации комплексов. Один из универсальных принципов обеспечения устойчивости развития и надёжности функционирования научных и инновационных объектов – пространственное и технологическое резервирование (часто именуется гибкостью). Применяются различные приёмы достижения гибкости при проектировании объёмно-пространственных решений, инженерно-технологических устройств и сетей, лабораторной мебели и оборудования. Приведён один из возможных приёмов оценки принятых решений с этой точки зрения.

В качестве основания для всех рассмотренных приёмов подразумеваются такие положения, как социальное взаимодействие, безопасность и модернизация научно-инновационного процесса.

Ключевые слова: трансформация пространства, гибкость решений, оценка недвижимости, научные исследования, архитектура для инновационной деятельности

Для цитирования. Дианова-Клокова И.В., Хрусталеv Д.А. Некоторые вопросы архитектурного проектирования в аспекте требований трансформируемости зданий научно-инновационного назначения // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 4. – С. 34–45. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-34-45.

Some Issues of Architectural Design in Terms of Requirements for the Transformability of Buildings for Scientific and Innovative Purposes

Dianova-Kloкова Inna V. (Moscow). Candidate of Science in Architecture, Professor of the Moscow branch of the International Academy of Architecture. E-mail: indianova@mail.ru

Khrustalev Dmitrii A. (Moscow). Candidate of Science in Architecture. The Department of Industrial Architecture of the Moscow Institute of Architecture (state Academy) (11, Rozhdestvenka st. 11, Moscow 107031. MarchI). Эл. почта: promgettista@yandex.ru

Abstract. For buildings of a scientific and innovative nature, the problem of the relationship between the periods of obsolescence and the physical wear and tear of architectural structures is relevant, creating a conflict between a developing function and an architectural space that lags behind its development; many architectural design problems are based on this.

Among the methods of functional-spatial organization of such objects aimed at solving this conflict: optimization of architectural and engineering solutions, creation of a system of additional opportunities for transformation and modernization of complexes. One of the universal principles for ensuring sustainable development and reliable functioning of scientific and innovative facilities is spatial and technological redundancy (often called flexibility). Various techniques are used to achieve flexibility in the design of volumetric-spatial solutions, engineering and technological devices and networks, laboratory furniture and equipment. One of the possible methods for assessing decisions made from this point of view is presented.

As the basis for all the techniques considered, provisions such as social interaction, safety and modernization of the scientific and innovation process are implied.

Keywords: transformation of space, flexibility of solutions, real estate valuation, scientific research, architecture for innovation

For citation. Dianova-Klokoва I.V., Khrustalev D.A. Some Issues of Architectural Design in Terms of Requirements for the Transformability of Buildings for Scientific and Innovative Purposes. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 4, pp. 34–45, doi: 10.22337/2077-9038-2024-4-34-45.

В определённом смысле основная задача архитектуры сводится к тем или иным способам дифференциации пространства, приспособлению к протекающему в нём функциональному процессу. Способы решения этой задачи различны и претерпевают некую эволюцию в связи с тем, что в ходе научно-технологического прогресса сроки физического и морального износа пространства и оснащения архитектурных сооружений сближаются.

Моральное старение подавляющего большинства архитектурных сооружений стало намного опережать их физический износ, и ныне это опережение приобретает беспрецедентные размеры и последствия. Содержащаяся в каждом архитектурном сооружении та или иная функция непрерывно и во всё возрастающем темпе эволюционирует. Её вновь возникающие требования к пространству всё меньше напоминают первоначальные. В своих новых фазах функция требует либо трансформации заданного пространства, либо его расширения, либо того и другого одновременно. В результате возникает конфликтная ситуация, когда в какой-то момент дальнейшее развитие функции становится невозможным в заранее заготовленных для неё жёстких пространственных формах.

При относительном постоянстве сроков физического износа архитектурных сооружений эволюция сроков их морального старения обусловлена постоянными и всё убыстряющимися процессами появления новых функций, их развития и специализации.

Современный архитектор часто оказывается в сложной ситуации. Он должен предвидеть непредсказуемые изменения содержания, наполняющего создаваемые им пространство и форму, должен разрешать противоречия между развивающейся функцией и отстающим от её развития пространством. В мировой литературе и практике постоянно делались попытки решения этой важной задачи архитектуры.

Чаще всего они связаны с понятиями о так называемом «большом» пространстве и «изменяемом», «гибком», «адап-

тивном» пространстве [1–3]. Эти идеи и связанные с ними методы появились как результат направления в идеологии архитектуры, объявившего войну узко-специализированному взгляду на пространство и нашедшего свое максималистское выражение в следующих словах архитектора Миса Ван дер Роэ: «Мы не можем терпеть положение, при котором функция диктует нам план, – мы должны создавать пространство, приспособленное для любой функции» [4].

Однако архитектурная практика показывает, что ни «большое», ни «гибкое», «изменяемое» пространство, при всех их достоинствах, не решают данную задачу до конца. В пределах «большого» пространства отсутствуют внутренние границы функции, а также не соблюдаются условия внутренней изоляции отдельных её фрагментов.

«Изменяемое», «гибкое» пространство предусматривает создание мобильной системы границ и их технологического наполнения и оснащения, следующих за изменением функции; в процессе перманентной трансформации это может быть неэкономично или сложно решаемо.

В том и другом случае необходимы критерии при выборе условий и границ применения того или иного типа пространства.

Учёт всех факторов трансформации превращается в предмет архитектурного анализа, подразумевающего системный подход к объекту [5; 6]. Выбор того или иного представления объекта как системы определяется исходным расчленением её на элементы проектирования – логический, морфологический и архитектурно-пространственный срезы (рис. 1), являющиеся различными представлениями одного и того же объекта. Их анализ позволяет выявить основные свойства исследуемого объекта и на их базе создать адекватную единую функционально-пространственную конструкцию.

Традиционное представление функции может быть изображено по схеме, где любой функциональный процесс состоит из определённых частей, которые, в свою очередь,

дифференцируются на более мелкие. Вся эта иерархическая система процесса изначально задается лишь в чисто логическом срезе. Принципиально-логический срез объекта (см. рис. 1 А) показывает, как реализуется в нём достижение конечной цели. Затем этот срез трансформируется [1] сначала в вещественно-морфологический (см. рис. 1 Б), а затем в архитектурно-пространственный (см. рис. 1 В). Каждая из этих структур (срезов) – логическая, морфологическая и пространственная – строится, живёт и эволюционирует по своим собственным законам.

Такая коллизия особенно наглядна и важна при проектировании объектов научной и научно-инновационной направленности. В этих сложных по своему составу объектах необходимо создание функционально-пространственной конструкции, в которой требования всех многочисленных элементов структуры могли бы естественным образом существовать на основах определённого взаимного компромисса [7; 8].

Основополагающими позициями для оптимизации функционально-пространственной структуры подразумеваются такие базовые положения, прошедшие всестороннюю апробацию в мировом опыте, как необходимость социально-информационных и профессиональных контактов в научной среде, требования безопасности научно-инновационной деятельности, необходимость трансформации и модернизации исследовательского процесса.

Характерные черты научной деятельности – быстрая смена направления и тематики исследований, инструментария, состава рабочих коллективов. Сроки обновления технологий и оборудования процессов коротки. Возникает необходимость частой трансформации рабочего пространства, модернизации его инженерного оборудования и обеспечения.

Обеспечение трансформируемости и способности к модернизации достигается:

- оптимизацией архитектурно-планировочных и инженерных показателей, созданием системы дополнительных возможностей для трансформации и модернизации научно-инновационных комплексов;
- способами планировочных решений пространства, расположением коммуникаций;
- системой модульной организации рабочего поля.

При этом есть особенность изменения пространственных параметров рабочих зон по требованиям участников научного процесса. Необходимо, чтобы трансформация среды для исследований не стала помехой рабочему процессу.

Подвижность и многовекторность развития научного процесса достигается различными приёмами, к числу которых относятся планировочные, архитектурные, конструктивные, инженерные.

Возрастают требования к универсальности, гибкости пространства научно-инновационных комплексов, обеспечивающих их трансформируемость. В процессе деятельности отдельные функции могут видоизменяться и дополняться

под влиянием социальных требований, технологии процесса и условий рынка. Возможность быстро реагировать на эти изменения – одно из важнейших условий успеха научно-инновационной деятельности. В связи с короткими (два-три года с тенденцией к сокращению) сроками обновления оборудования необходимы условия для работы часто сменяемых рабочих коллективов и технологий, что требует создания универсальных пространств и обеспечения мер по изменению их параметров (планировки, оборудования и коммуникаций, конструктивных нагрузок). Одним из критериев оценки проектного решения является степень трансформируемости, приспособленности к изменениям, происходящим со временем в эксплуатации объекта в связи с потребностями персонала и технологии, при условии, что трансформация первоначального пространственного решения не повлечёт значительных финансовых затрат.

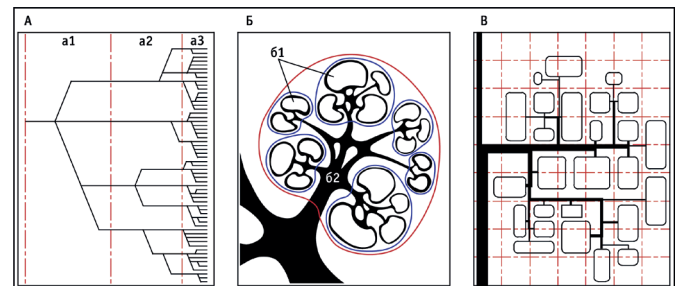
Непредсказуемость научно-инновационного процесса и его результатов предполагает в будущем возможность расширения и изменения его составляющих, что требует наличия резервов: территории, площадей, несущей способности конструкций, инженерно-энергетических мощностей, расширения сервисных возможностей и пр.

В нашей стране соответствующие приёмы применялись и были регламентированы специальными нормативами¹ в период активного строительства объектов науки.

Заложенные в проект резервы обеспечивают устойчивое, бесперебойное, надёжное функционирование объекта. Однако в оценке эффективности проектного решения всегда учитывалось, что изначально заложенные резервы и качества повышенной универсальности и гибкости, снижая впоследствии стоимость работ по перепланировке и трансформации, увеличивают единовременные капиталовложения в строительство.

Анализ мирового опыта проектирования объектов научно-инновационного назначения позволил выделить несколько

¹ Инструкция по проектированию зданий научно-исследовательских учреждений СН 495-77 / Госстрой СССР (Москва : Стройиздат, 1978. – 59 с.); СН-НИИ-68. Указания по проектированию научно-исследовательских институтов и лабораторий (Москва: Наука, 1968. – 121 с.).



А – логический срез: а1...а3 – системные уровни и связи объекта; Б – морфологический срез: б1 – пространства локализуемых полей, б2 – пространства коммуникаций; В – архитектурно-пространственный срез

Рис. 1. Методологическое расчленение проектируемого объекта (источник [1])

типов пространств с группами параметров, универсальными для определённого вида научно-инновационной деятельности [9].

Внутри каждой группы параметров гибкость и трансформируемость пространства достигается с помощью мобильных перегородок, кабин-«боксов», инвентарных стеллажных конструкций и т.п.

Организация инженерных систем и связанных с ними технических пространств должна удовлетворять меняющимся требованиям исследований [9; 10].

Расположение всех видов коммуникаций не должно препятствовать трансформации и модернизации пространства. Возможности технологической модернизации обеспечиваются созданием инженерных решений, позволяющих производить изменения подаваемых по коммуникациям ингредиентов (как их объёме, так и количества и состава).

Важно расположение инженерных коммуникаций по отношению к рабочим площадям (внутри или вне них), под-

ключение коммуникаций к технологическому оборудованию (в любом месте или в заранее определённых местах).

Для обеспечения возможностей наращивания и прокладки дополнительных инженерных коммуникаций существуют несколько основных приёмов проектирования.

Все коммуникации могут располагаться близ наружного ограждения – как снаружи, так и внутри здания (рис. 2).

Инженерно-техническая зона часто организуется в составе наружного технического пространства, где может совмещаться с устройством «отслоенных» и вентилируемых фасадов для улучшения изоляции здания от внешних условий (рис. 3).

При этом достигается возможность перекладки и трансформации сетей одновременно с проведением научных исследований, экономия средств и удобство обслуживания и эксплуатации. Трубопроводы крепятся с внешней стороны к наружной стене лаборатории; солнцезащитные устройства – к стойкам, поддерживающим наружное светопрозрачное ограждение. В этих случаях трансформация сетей может

Таблица 1

Профиль работы в зданиях НИИ	Естественные и технические науки	Общественные науки
Общая площадь на одного штатного сотрудника	30 кв.м (макс.)	20 кв.м (макс.)
Высота этажа лабораторного здания	3,6 м	3,3 м
Ширина коридора	не менее 2 м	
Полезная нагрузка на 1 кв.м перекрытия	400...1000 кг	
Уровень освещённости рабочей поверхности	не менее 500 люкс	

Таблица 2

Типы пространств	Принцип работы	Конструктивная сетка опор, м	Конструктивная высота рабочих зон, м
Для виртуальных процессов (в т.ч. офисного типа)	за компьютером	(6...9)×(6...9)	3,3...3,6
Для процессов общелабораторного типа	на лабораторном оборудовании	(9...12)×(9...12)	3,6...6,0
Для экспериментальных процессов	на крупногабаритном оборудовании	(12...24)×(6...18)	4,8...10,0

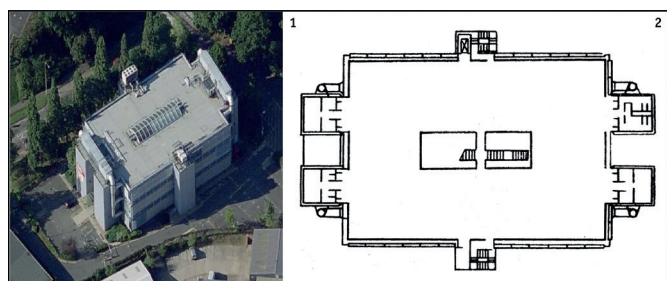
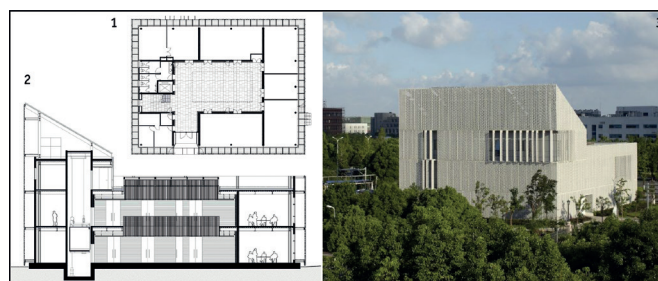


Рис. 2. Расположение инженерно-технических коммуникаций снаружи ограждения здания. Инженерный центр «Рэнк Ксерокс». Архитектор Николас Гримшоу. Уэлвин Гарден Сити, Великобритания (источник:[11]): общий вид; план типового рабочего этажа



1 – план первого этажа здания; 2 – продольный разрез; 3 – внешний вид здания

Рис. 3. Устройство «отслоенных» фасадов в условиях мягкого климата позволяет организовать в их пространстве инженерно-техническую зону. Лабораторное здание «зеленой» энергии в кампусе Миньхан Университета Цзяо Тун. Архитекторы Архея Партнёрс (Флоренция). Город Шанхай, Китай (источник: [12])

производиться без нарушения рабочего процесса. Такое решение также улучшает комфорт и социальный климат в рабочем коллективе.

Внутри рабочих помещений инженерные коммуникации могут быть организованы открытым способом на кронштейнах, прикреплённых к импостам наружного остекления. На таких же кронштейнах могут крепиться солнцезащитные устройства. Кронштейны в таком случае распределены по вертикали по всей высоте рабочих помещений.

Возможна группировка коммуникаций в компактном ядре (одном или нескольких) внутри здания при сохранении открытого рабочего пространства. Несколько компактных коммуникационных ядер часто входят в состав центральной обслуживающей зоны здания. В этих случаях планировка рабочих этажей позволяет любую трансформацию, зафиксировано лишь положение вертикальных коммуникационных шахт, технических и вспомогательных помещений (рис. 4).

Достаточно чистый приём освобождения рабочего поля от инженерного обеспечения – вертикальные коммуникационные шахты, примыкающие снаружи к фасадам здания. Освобождаемое таким образом рабочее пространство позволяет гибкую перепланировку, а наружные инженерно-коммуникационные шахты образуют мощный рельеф стен.

Инженерные коммуникации могут быть сосредоточены в технических коридорах, верхних и/или нижних технических этажах. В этих случаях достигается высокая степень трансформируемости рабочего пространства (рис. 5).

Одноуровневая лаборатория с верхним и нижним техническими этажами – наиболее гибкое решение с точки зрения организации инженерных подводок. Подача и отвод сред может производиться с нижнего уровня прямо к рабочим местам, верхнее техническое пространство облегчает вентиляцию и кондиционирование, отвод воздуха и газов.

Безопорные универсальные помещения больших габаритов иногда проектируются и в многоэтажных зданиях, где

рабочие этажи перемежаются техническими, ферменными. В Институте космических исследований в Москве гибкая планировка этажа шириной 18 м в шестиэтажном лабораторном здании практически ничем не ограничена (см. рис. 5). Это позволило со временем гибко приспособить пространства технических этажей под использование в качестве дополнительных лабораторных помещений.

Наименее выгодно с позиций трансформируемости расположение коммуникаций по бокам от центрального коридора в отдельных вертикальных нишах при каждом лабораторном помещении. Однако в силу своей экономичности этот приём часто применяется.

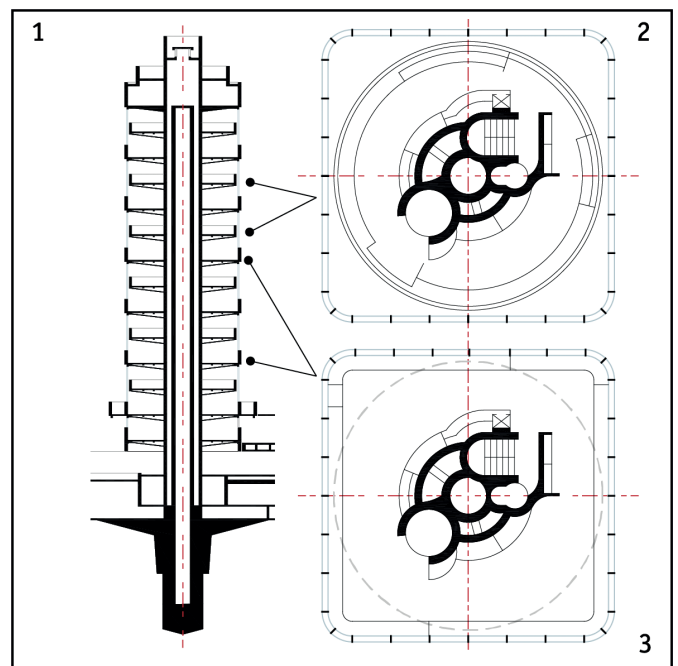
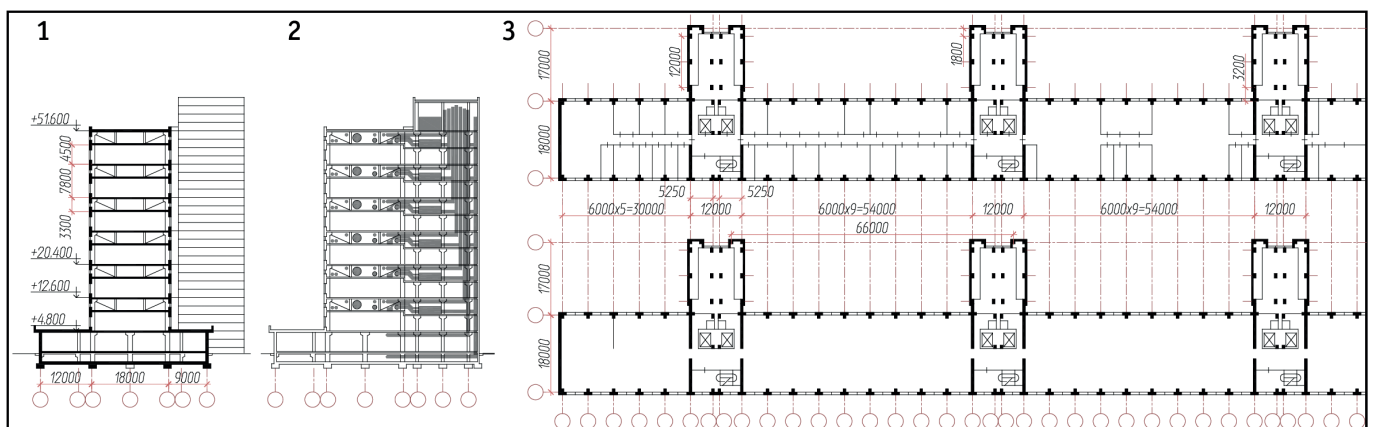


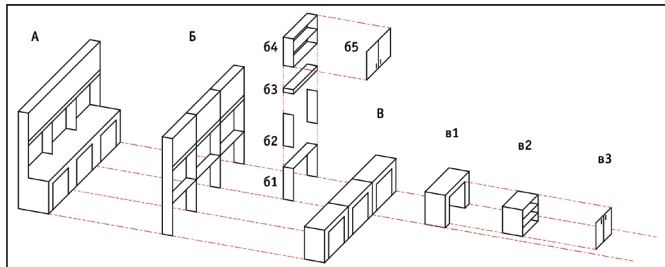
Рис. 4. Пример группировки коммуникаций во внутреннем ядре Лабораторного здания компании «Джонсон и сын». Город Расин, шт. Висконсин, США (источник: [13; 14])



1, 2 – разрезы по рабочей и технической зонам; 3 – планы рабочей и технической этажей

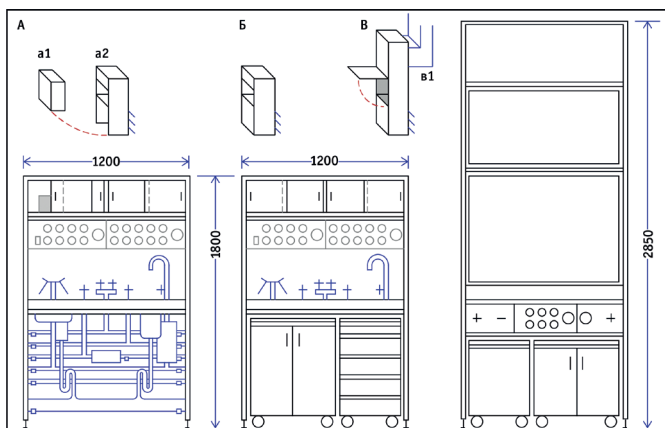
Рис. 5. Пример освобождения рабочего поля путём размещения коммуникаций в наружных вертикальных шахтах и в технических этажах. Институт космических исследований РАН, лабораторный корпус. Архитекторы Ю. Платонов, М. Марковский и др. Москва (источник: [10])

Применение модульного метода проектирования облегчает модернизацию рабочего процесса при минимальных его нарушениях. Общепринятым способом является



А – рабочее место с сборе; Б – пристенный блок оборудования: 61, 62 – места подключения к разводкам сетей, 63 – полки для реагентов, 64, 65 – пристенный стеллаж; В – рабочий блок оборудования: в1 – передвижной рабочий стол; в2, в3 – выкатная тумба

Рис. 6. Элементы модульного секционного установочного лабораторного оборудования и мебели (источник: [15])



А, Б – Стол лабораторный химический пристенный; А – стол без тумбы, а1 – тумба выкатная, а2 – панель коммуникационная односторонняя, Б – стол в рабочем состоянии; В – шкаф вытяжной. Ширина модулей в осях 1200 мм

Рис. 7. Модульное установочное лабораторное оборудование с коммуникациями (источник: [17])

принятие единого модуля для элементов рабочего оборудования.

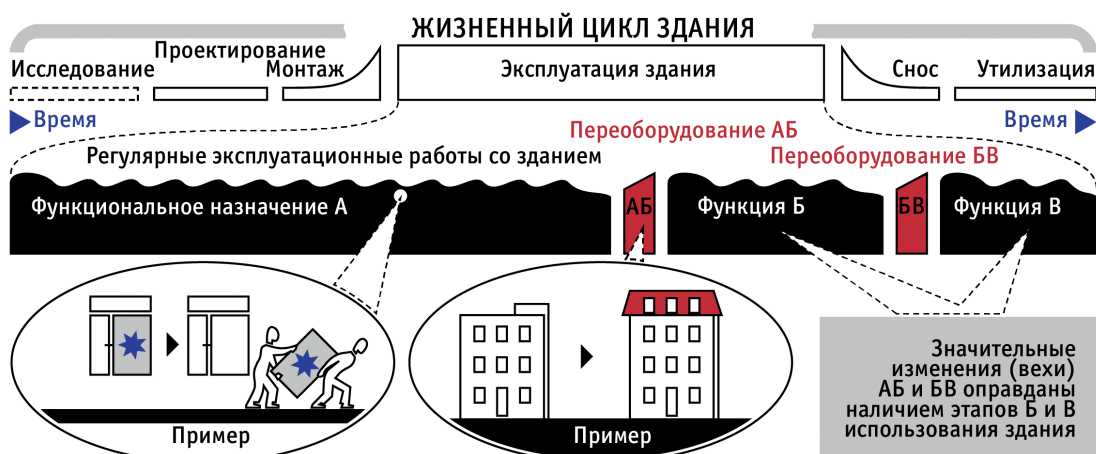
В качестве первичного модуля используется понятие «рабочего поста» [1; 15]. В частности, на основе антропометрических и эргонометрических данных была определена первичная пространственная единица – рабочий пост 1,8×1,8 м, функциональный и планировочный модуль [5]. Рабочий пост включает в себя пространство для учёного-экспериментатора и его рабочего стола, а также примыкающей к нему коммуникационной панели и локальных коммуникаций – общих и инженерно-технологических.

При проектировании из технологически специализированных постов набираются более крупные многофункциональные единицы – рабочие места, из них – рабочие ячейки, различные по составу, габаритам и конфигурации. Смена элементов оборудования рабочего места в этом случае может вестись без помехи работе сотрудников соседних зон.

При этом чрезвычайно важна вариабельность и возможность модернизации инженерно-технологического оборудования. Обусловленная модульными размерами возможность поэлементной модернизации оборудования может рассматриваться как один из критериев пространственной изменчивости.

Инженерные коммуникации, не привязанные к строительным конструкциям, закрепляются в структуре оборудования [15–17] (рис. 6, 7).

Предвидеть изменения в зависимости от функционального профиля, иметь представление о сложностях проведения тех или иных изменений и возможности максимально легко осуществить переделки – ресурсосберегающая установка. Существуют принципиальные подходы к оценке готовности к изменениям в жизненном цикле зданий [20]. При рассмотрении всего жизненного цикла здания любое видоизменение после ввода в эксплуатацию является в той или иной степени реконструкцией [21]. Условия реконструкции естественным



Чёрные зоны представляют время обычного функционирования здания. Волны в верхней части этих этапов отражают необходимость в эксплуатации и периодическом обслуживании. Показанные абстрактно вехи – редкие значительные изменения в зданиях в соответствии с потребностями функциональных изменений от А к Б и от Б к В. Представлены примеры масштаба изменений в зданиях (внизу)

Рис. 8. Схематичный вид полного жизненного цикла здания (сверху) и этапа функционирования (средняя часть) (источник: [29])

образом лимитированы из-за существующих пространственных и конструктивных решений.

Если рассматривать модификации в здании, то уместно их делить на сравнительно мелкие и значительные. Мелкие эксплуатационные действия продлевают жизнь здания, слабо, но позитивно отражаясь на его жизненном цикле (рис. 8).

Для проведения значительных изменений в здании (к примеру – пристройка, надстройка, замена изношенных элементов конструкции) требуется обследование с целью выявления конструктивной прочности, определения степени износа, расчёта параметра усталости конструкций. В какой-то момент результат обследований может привести к принятию решения о капитальном ремонте или даже о сносе. Капремонт и достройка очень существенно влияют на жизнь здания, это «веха» в его жизненном цикле.

В аспекте экологичности и эффективности на этапе проектирования и эксплуатации желательно:

- упростить и минимизировать малые изменения, в идеале – упразднить совсем;
- отдалить значительные изменения, удлинив этап эффективного функционирования;
- иметь решения, которые позволят с наименьшей сложностью исправить проблемные места, где бы они не были;
- провести обновление как можно быстрее.

Вне зависимости от типологии здания, от места его размещения, от размера и прогнозируемого жизненного цикла здания, цель авторов на ранних этапах проектирования – упростить задачи эксплуатации, предусмотрев перспективную трансформацию здания. Это включает в себя необходимость:

- на этапе проектирования заложить возможность изменения функционального профиля;
- на этапе строительства использовать решения с более совершенными характеристиками, нежели минимально необходимыми (своего рода резервирование);
- на этапе функционирования – регулярно отслеживать состояние основных и второстепенных элементов конструкций;
- на этапе необходимости отреагировать на какие-либо изменения в функциональном профиле – иметь возможность внесения изменений без значительного влияния на остальное в здании.

В этом случае здание будет в большей мере соответствовать принципам устойчивого развития [22].

Целесообразно предметно рассмотреть посильные мероприятия по изменению профиля функционирования с целью сокращения сроков и затрат на трансформацию здания. Для продления расчётного срока службы основных строительных материалов и конструкций необходимо обеспечить доступность проведения операций по уходу за ними. При этом ряд процессов, происходящих в здании, может блокировать возможность проведения эксплуатационного ухода. Важен также аспект экономической целесообразности проведения тех или иных изменений. Все эксплуатационные и реконструктивные мероприятия, каков бы ни был их масштаб, должны соответствовать стратегическим планам по эффективной работе здания в целом.

А масштаб изменений различен. Уже век назад появились технологии передвижки здания целиком. Это дорогостоящее мероприятие – тоже «веха», и очень крупная. Она до сих пор уникальна. Много чаще приходится иметь дело с рядовыми изменениями – устранение поломок, замена оборудования, устройство новой инженерно-технической системы. Когда экономический расчёт показывает, что тактические затраты на изменение уступают стратегической выгоде, в здании производят изменения – «вехи». Спрогнозировать и упростить проблемы, уменьшить временные и экономические затраты, удлинить временные промежутки между вехами – эта проблема актуальна в проектировании и строительстве.

В арсенале архитектора существует ряд приёмов решения некоторых вопросов трансформируемости пространства.

Приём 1. Ведение проектирования с учётом возможных изменений. На начальном этапе архитектор и служба заказчика составляют достаточное по своему составу задание на проектирование. Это задание призвано отражать запрос завтрашнего дня (по рис. 8 – время по Функциональной зоне А). Но архитектор также должен предполагать, что будет и следующий этап (Функциональная зона Б), и веха АБ. Пример – трубы, замонарированные в глубине стен жилых домов середины XX века. Эстетически эффектное решение целесообразным оказалось лишь в первые годы эксплуатации. Через 50 лет эксплуатации трубы износились, при проведении капитального ремонта здания пришлось их исключить из работы и сделать дублирующие, уже в пространстве помещений. В результате – перерасход материала, многодельный ремонт. В целом получился возврат к утилитарному решению по размещению труб с возможностью их замены. Приём 1 активно оперирует понятиями «ремонтпригодность» и «доступность», пассивно – с понятием «эстетика».

Приём 2. Использование избыточных решений, создание резервов на тех участках, где дальнейшее изменение невозможно или затруднительно. Тут речь идёт и о пространственном запасе, и об использовании более прочных конструктивных решений, и о качестве используемых материалов, и об избыточной расчётной схеме здания [24]. Пространственный запас, к примеру, эффективен для проведения новых инженерно-технических каналов и трубопроводов. Избыточная расчётная схема здания спасительна при неожиданностях в гидрогеологических процессах на участке, а они могут измениться с течением времени, и по мероприятиям на соседних территориях. Приём 2 активно оперирует понятиями «надёжность» и «наличие запаса».

Приём 3. Применение ремонтпригодных решений с обеспечением доступа к соответствующим местам ревизии. Например, отремонтировать электропроводку, замонарированную в конструкцию пола, сложно. Много проще, если она проведена в кабель-каналах у плинтусов или под потолком с возможностью локальных подводов к местам применения. Использование модульной мебели, мобильных перегородок, локализация технических служб в коридорах и специально выделенных этажах – такие архитектурные решения увеличивают возможности по обслуживанию и ремонту [24–26]. Этот

приём активно оперирует понятиями «ремонтпригодность» и «доступность», пассивно – с понятием «надёжность».

Приём 4. Определение критически важных мест, в которых изменения нежелательны, и сохранение их (по возможности) неизменными. Размещение ревизионного люка – самый удобный пример. Люк устраивается в зоне прокладки сетей для обеспечения возможности проведения инспекционных проверок и выполнения определённых техническим регламентом работ. Присутствие люка предполагает также и наличие зоны работы специалиста непосредственно с проводкой. Чем меньше помех будет в этой зоне работ, тем лучше решение. Так, если в помещении офиса есть в полу ревизионный люк, то установка перегородки или громоздкой мебели над ним – недальновидное решение. Наилучший вариант – устройство люка с рабочей зоной в непроходном, редко используемом участке (например, в тупике или «кармане» прохода) [27]. Приём 4 активно оперирует понятием «наличие запаса» и «удобство», пассивно – с понятием «эстетика».

Каждый из перечисленных четырёх приёмов показывает, что решения разнятся по удобству, эффективности, экономи-

ческой целесообразности, сложности. Если рассмотреть комплексно, то любая из этих характеристик может быть оценена.

Основные категории для предлагаемой оценки решений (рис. 9):

- А – надёжность (долговечность решения);
- Б – наличие резерва (способность в перспективе вместить дополнительную задачу);
- В – ремонтпригодность (приспособленность к восстановлению при отказе или повреждении);
- Г – доступность (возможность беспрепятственного пользования);
- Д – удобство (благоустроенность решения и окружения);
- Е – эстетика (органичность решения в комплексе с окружением).

Для оценки достаточно использовать значения, соответствующие вероятным (или уже выполненным) решениям:

- 1) чрезвычайно сложное или уникальное решение (такие решения нами выносятся за скобки);
- 2) проблемное решение;
- 3) затруднительное, но возможное решение;
- 4) решение, не вызывающее особых сложностей;
- 5) нет сложностей в решениях.

Использовать оценочный аппарат удобнее всего в формате диаграммы типа «Радар» в сочетании с линейчатой диаграммой [26]. Чем меньше цифра, тем больше сложность по соответствующему вектору рассмотрения, а в итоге – чем больше и правильнее шестигранник, тем лучше или проще решение в целом.

Пример оценки 1: люк в полу офисного помещения. Диаграммы на рисунке 10 представляют абстрактные варианты размещения люка в помещении (в продолжение Приёма 4).

В диаграмме (рис. 10) заметна разница между фигурами разных цветов. Зелёная фигура явно больше и гармоничнее других. По результатам подсчёта каждое из решений получило оценку: красный вариант – 2, синий – 3, фиолетовый – 4, зелёный – 5. Согласно линейчатым диаграммам, зелёный вариант предпочтительнее.

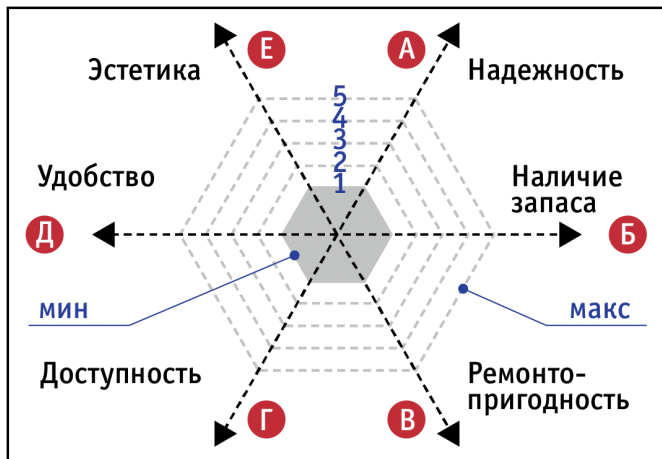
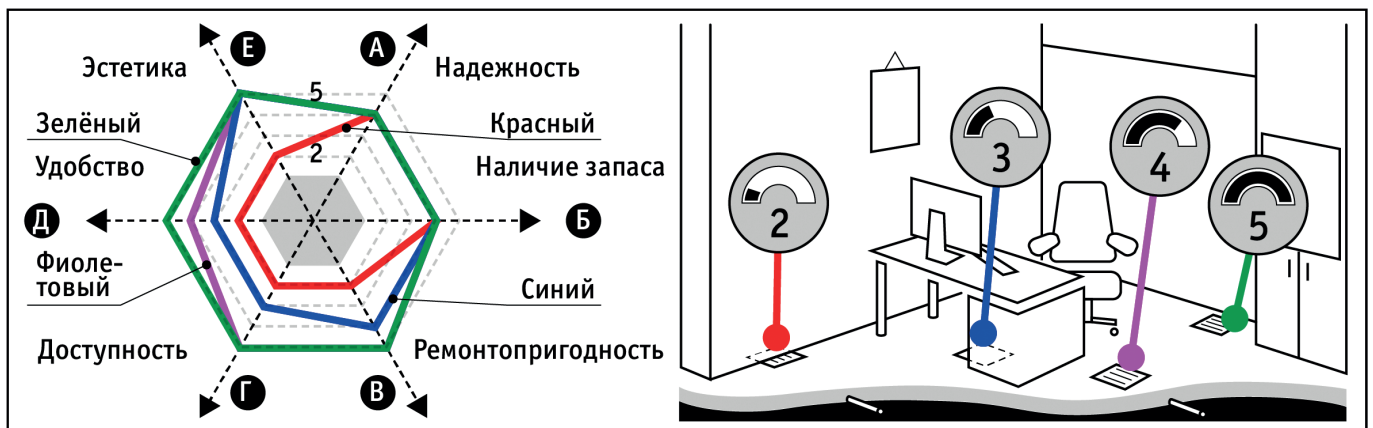


Рис. 9. Основная диаграмма оценочного аппарата (источник: [29])



- размещение люка под перегородкой
- люк в свободном доступе, но на проходе

- решение в зоне размещения мебели
- люк в тупике

Рис. 10. Диаграмма оценки решения с люком в офисном помещении (источник: [29])

Пример оценки 2: техническая шахта в лабораторном помещении [28]. На рисунке 11 показаны варианты организации шахты в помещении. Красный вариант с отсутствующей шахтой; синий вариант – с наличием шахты, устроенной под актуальную технологическую задачу и зелёный вариант с шахтой, несколько большей, с запасом «на перспективу».

В диаграмме на рисунке 11 также заметна разница между фигурами. Фигура зелёного цвета снова больше других и лучше сбалансирована. В числовом значении результаты следующие:

- зелёный вариант: $(4+4+5+4+5+5)/6 = 27/6 = 4,5$ балла;
- синий вариант: $(3+2+2+2+4+5)/6 = 18/6 = 3,0$ балла;
- красный вариант: $(4+5+5+5+2+2)/6 = 23/6 = \sim 3,8$ балла.

И в этом примере вариант зелёного цвета предпочтительнее с точки зрения эксплуатации и перспективных изменений как по цифрам, так и по линейчатым диаграммам. Представленный способ наглядно показывает принцип оценки решений. Рассмотрены лишь две из многочисленных точек помещения, но смысл передаётся верно. Пример его использования может быть полезен для анализа недвижимости для аренды или для её продажи.

Рано или поздно зданиям или их частям требуются изменения для большего соответствия задачам, актуальным на тот момент. Заранее никто не в состоянии предугадать все эти изменения. Но понимать, что принятые решения потребуются модифицировать, архитектору вполне по силам. Тем более, возможно оценить уже принятые решения, чтобы информировать людей, мало разбирающихся в архитектурно-планировочных решениях. Показанный принцип оценки на упрощённых примерах даёт удобный и всем

понятный результат – число, в привычных каждому мерах «отлично–хорошо–плохо» характеризующее готовность помещения к изменениям. При увеличении количества точек рассмотрения зданий и их частей важно составление классификационных признаков, мер их весомости, а также ремонтпригодность материалов с измерением универсальности решений.

Соотношение сроков морального старения к физическому износу архитектурных сооружений: относительное постоянство сроков физического износа и в то же время – эволюция сроков морального старения сооружений, прогрессивное сокращение продолжительности которых обусловлено процессами развития, специализации, появления новых функций, – всё это создаёт коллизию между развивающейся функцией и отстающим от её развития архитектурным пространством. Эта проблема особенно остра для объектов научной и научно-инновационной направленности.

Среди приёмов функционально-пространственной организации этих объектов: оптимизация архитектурных и инженерных решений, создание системы дополнительных возможностей для трансформации и модернизации комплексов. В качестве основания для этих приёмов подразумеваются такие положения, как социальное взаимодействие, безопасность и модернизация научно-инновационного процесса.

Резервирование – один из универсальных принципов обеспечения надёжности и работоспособности объектов, заключающийся в обеспечении надёжности объекта за счёт использования дополнительных средств и (или) возможно-

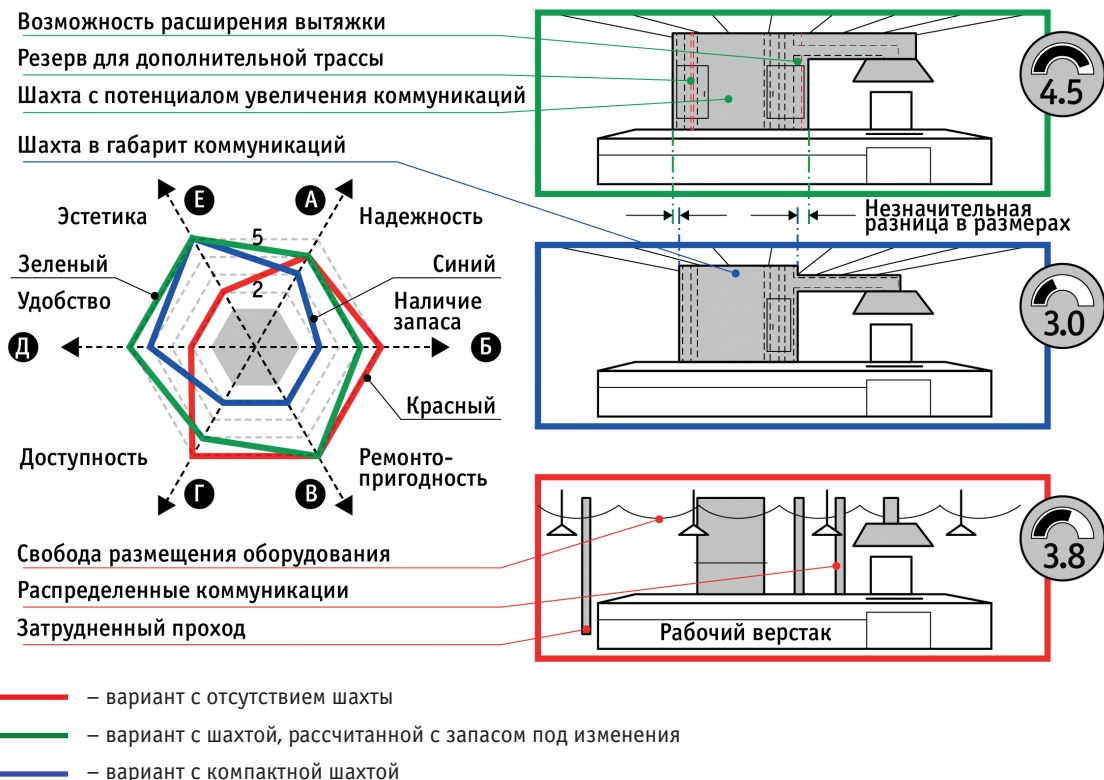


Рис. 11. Диаграмма оценки решения с шахтой в лаборатории (источник: [29])

стей, избыточных по отношению к минимально необходимым, для выполнения требуемых функций с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких элементов. Резервирование, универсальность, гибкость – приёмы достижения этих свойств лежат в сфере организации генерального плана комплекса, его объёмно-пространственных решений, инженерно-технологических устройств и сетей, лабораторной мебели и оборудования.

Вопросы архитектурно-пространственной трансформации, неизбежной в процессе эксплуатации и модернизации, требуют аналитического и оценочного подхода с позиций технико-экономических и эстетических. Здесь приводится один из возможных принципов оценки принятых решений с этой точки зрения.

Можно предполагать, что перечисленные приёмы и принципы будут эффективны и в условиях вызовов настоящего времени – таких как изменение климата, истощение природных ресурсов, проблемы развития искусственного интеллекта.

Список источников

1. *Метаньев, Д.А.* Задача современной архитектуры и её возможное решение / Д.А. Метаньев, А.И. Томский, С.И. Хмелевский. Текст : непосредственный // Проблемы пространственной организации научных учреждений. НИЦ, НИИ, НИЛ. – Москва : Наука, 1974. – С. 7–25.
2. *Ракитов, А.И.* Как проектируются НИЦ / А.И. Ракитов, А.И. Томский. – Текст : непосредственный // Декоративное искусство. – 1971. – № 1.
3. *Щедровицкий Г.П.* Проблемы методологии системного исследования / Г.П. Щедровицкий. – Москва : Знание, 1964. – 48 с. – Текст : непосредственный.
4. *Мачульский Г.К.* Мис Ван дер Роз. – Москва : Стройиздат, 1969. – 256 с. – Текст : непосредственный.
5. О математическом моделировании оптимальной пространственной организации управленческого аппарата НИИ / Д.А. Метаньев, Ю.В. Куликов, А.И. Томский, С.И. Хмелевский // НИЦ, НИИ, НИЛ : Сборник». – Москва : Стройиздат, 1971. – Текст : непосредственный.
6. *Метаньев, Д.А.* Модульная координация элементов и регулирование застройки / Д.А. Метаньев, Ю.П. Платонов, А.И. Томский. – Текст : непосредственный // Научный центр. Модели развития. НИЦ, НИИ, НИЛ. – Москва : Наука, 1977. – С. 30–42.
7. *Шилкова, А.О.* Приёмы и средства трансформации в архитектуре / А.О. Шилкова. – Текст : электронный // Адаптивная архитектура. Современные тенденции в архитектурном проектировании. 8 апреля 2014 г. – URL: https://cont-trend-arch-proect.blogspot.com/2014/04/blog-post_1370.html (дата обращения 03.02.2024).
8. *Дианова-Клокова, И.В.* Методические аспекты архитектурного проектирования комплексов науки и инноваций / И.В. Дианова-Клокова, Д.А. Метаньев. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2020. – № 1. – С. 49–58.
9. *Дианова-Клокова, И.В.* Инновационные научно-производственные комплексы / И.В. Дианова-Клокова, Д.А.

Метаньев, Д.А. Хрусталёв. – Текст : непосредственный // Вопросы архитектурного проектирования. – Москва : УРСС (ЛЕНАНД), 2012. – 186 с.

10. Пространственные решения систем инженерно-технических коммуникаций в лабораторных зданиях / Д.А. Метаньев, Ю.П. Платонов, М.М. Рачек, М.Ф. Суслин. – Текст : непосредственный // Научно-исследовательские центры, институты, лаборатории. Исследования, проектирование, строительство. НИЦ, НИИ, НИЛ. Вып.1. – Москва : Наука, 1970. – С. 94–103.

11. *Дианова-Клокова, И.В.* Архитектурные решения инновационных научно-производственных комплексов. Обзор мировой практики / И.В. Дианова-Клокова, Д.А. Метаньев, Д.А. Хрусталев. – Москва : УРСС (ЛЕНАНД). 2012. – 365 с.

12. Green Energy Laboratory / Archea // ArchDaily. – URL: <https://www.archdaily.com/383210/green-energy-laboratory-archea> (дата обращения 03.02.2024).

13. Wright Frank Lloyd. – Nurnberg : Benedikt Taschen, 1994. – 175 p.

14. Frank Lloyd Wright. Johnson Wax Headquarters. 1936–1939 / Текст : электронный // orthoslogos. – URL: <https://www.atlasofplaces.com/architecture/johnson-wax-headquarters/> (дата обращения 26.01.2024).

15. *Griffin, B.* Laboratory Design Guide / Brian Griffin ; 3-rd Edition. – Elsevier Architectural Press, 2005. ISBN: 0750660899. – Текст : непосредственный.

16. Принципы проектирования лабораторной мебели / Д.А. Метаньев, В.Н. Шихеев, П.Г. Демчев, М.Ф. Суслин. – Текст : непосредственный // Проблемы пространственной организации научных учреждений. НИЦ, НИИ, НИЛ. – Москва : Наука, 1974. – С. 101–114.

17. Установочное лабораторное оборудование. Лабораторная мебель. НИЦ, НИИ, НИЛ. – Москва : Наука, 1981. – Текст : непосредственный.

18. *Guirgola, R.* Louis I. Kahn / Guirgola R., Mehta J. – Colorado : Boulder, Westview Press, 1975. – Текст : непосредственный.

19. *Панькова, Е.И.* Трансформируемые модульные сетки в архитектуре / Е.И. Панькова. – Текст : электронный // Трансформация и адаптация в архитектуре. Архитектурные концепции. 9 апреля 2013 г. – URL: https://arch-con.blogspot.com/2013/04/blog-post_2233.html (дата обращения 03.02.2024).

20. *Хрусталев, Д.А.* Изменения и принцип оценки готовности к изменениям в жизненном цикле зданий / Д.А. Хрусталев. – DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1211. – Текст : электронный // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, Вып. 8. – С. 1201–1211. – URL: <https://www.vestnikmgisu.ru/jour/article/view/13> (дата обращения 06.02.2024).

21. *Даняева, Л.Н.* Архитектурно-типологическая классификация в реконструкции гражданских зданий / Л.Н. Даняева. – Текст : электронный // Приволжский научный журнал. – 2020. – №3 (55). – С. 120–126. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43970416> (дата обращения 15.04.2023).

22. Хрусталеv, Д.А. Приёмы и способы для соответствия принципам устойчивой архитектуры студенческих проектов по темам архитектурного проектирования в МАРХИ / Д.А. Хрусталеv. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тезисы доклада научно-практической конференции. – Москва : МАРХИ, 2022. – Т. 1. – С. 533–534.

23. Хрусталеv, Д.А. Резервирование пространства для развития систем инженерного обеспечения научно-производственных зданий с инновационной деятельностью / Д.А. Хрусталеv. – DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.063.127-128. – Текст : электронный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Т. 5 (47), Ч. 2. – С. 127–128. – URL: <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/5-2-47-.pdf> (дата обращения 07.02.2024).

24. Systematic Approach to Generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in Architectural Restoration Project / J. Moyano, E. Carreño, J.E. Nieto-Julían [и др.]. – DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104551. – Текст : электронный // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 143. – P. 104551. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522004216> (дата обращения: 13.04.2023).

25. Pei, P. One-Step Look-Ahead Policy for Active Learning Reliability Analysis / P. Pei, T. Zhou. – DOI: 10.1016/j.res.2023.109312. – Текст : электронный // Reliability Engineering & System Safety. – 2023. – Vol. 236. – P. 109312. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832023002260> (дата обращения: 12.04.2023).

26. Колоколов, А. Заставьте данные говорить. Как сделать бизнес-дашборд в Excel. Руководство по визуализации данных / А. Колоколов // Москва : Альпина-Про, 2023. – 244 с. – Текст : непосредственный.

27. Хрусталеv, Д.А. Резервирование пространства для развития систем инженерного обеспечения научно-производственных зданий с инновационной деятельностью / Д.А. Хрусталеv. – DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.063.127-128. – Текст : электронный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5 (47), ч. 2. – С. 127–128. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezervirovanie-prostranstva-dlya-razvitiya-sistem-inzhenernogo-obespecheniya-nauchno-proizvodstvennyh-zdaniy-c-innovatsionnoy/viewer> (дата обращения 03.04.2023)

28. Лаборатория фармакологического профиля в г. Сан-Антонио, Техас / Текст : электронный // Worldwide Clinical Trials. – URL: <https://www.worldwide.com/solutions/early-phase-development/clinical-pharmacology-unit-san-antonio-tx/san-antonio-tx-clinical-pharmacology-unit-virtual-tour/processing-laboratory/> (дата обращения 25.02.2023).

29. Хрусталеv, Д.А. Изменения и принцип оценки готовности к изменениям в жизненном цикле зданий / Д.А. Хрусталеv. – DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1211. – Текст : электронный // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, Вып. 8. – С. 1201–1211. URL: <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/13> (дата обращения 25.02.2023).

References

1. Metan'ev D.A., Tomskii A.I., Khmelevskii S.I. Kardinal'naya zadacha sovremennoi arkhitektury i ee vozmozhnoe reshenie [The Cardinal Task of Modern Architecture and Its Possible Solution]. In: *Problemy prostranstvennoi organizatsii nauchnykh uchrezhdenii. NITs, NII, NIL [Problems of Spatial Organization of Scientific Institutions. Research Centers, Scientific Research Institutes, Research Labs]*. Moscow, Nauka Publ., 1974, pp. 7–25. (In Russ.)

2. Rakitov A.I., Tomskii A.I. Kak proektiruyutsya NITs [How Research Centers Are Designed]. In: *Dekorativnoe iskusstvo*, 1971, no. 1. (In Russ.)

3. Shchedrovitskii G.P. Problema metodologii sistemno-strukturnykh issledovaniy [The Problem of Methodology of System-Structural Research]. Moscow, Znanie Publ., 1964. (In Russ.)

4. Machul'skii G.K. Mis Van der Roe. Moscow, Stroizdat Publ., 1969, 256 p. (In Russ.)

5. Metan'ev D.A., Kulikov Yu.V., Tomskii A.I., Khmelevskii S.I. O matematicheskom modelirovanii optimal'noi prostranstvennoi organizatsii upravlencheskogo apparata NII [Mathematical Modeling of Optimal Spatial Organization of the Management Apparatus of a Research Institute.]. In: *NITs, NII, NIL, Collection*. Moscow, Stroizdat Publ., 1971. (In Russ.)

6. Metan'ev D.A., Platonov Yu.P., Tomskii A.I. Modul'naya koordinatsiya elementov i regulirovanie zastroiki [Modular Coordination of Elements and Regulation of Development]. In: *Nauchnyi tsentr. Modeli razvitiya. NITs, NII, NIL [Scientific Center. Development Models. NITs, NII, NIL]*. Moscow, Nauka Publ., 1977, pp. 30–42. (In Russ.)

7. Shilkova A.O. Priemy i sredstva transformatsii v arkhitekture [Techniques and Means of Transformation in Architecture]. In: *Adaptivnaya arkhitektura. Sovremennye tendentsii v arkhitekturnom proektirovanii [Adaptive Architecture. Modern Trends in Architectural Design]*, April 8, 2014. URL: https://content-trend-arch-proect.blogspot.com/2014/04/blog-post_1370.html (Accessed 02/03/2024). (In Russ.)

8. Dianova-Klokoval I.V., Metan'ev D.A. Metodicheskie aspekty arkhitekturnogo proektirovaniya kompleksov nauki i innovatsii [Methodological Aspects of the Architectural Design of Science and Innovation Complexes]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction]*, 2020, no. 1, pp. 49–58. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Dianova-Klokoval I.V., Metan'ev D.A., Khrustalev D.A. Innovatsionnye nauchno-proizvodstvennye komplekсы. Voprosy arkhitekturnogo proektirovaniya [Innovative Research and Production Complexes]. In: *Voprosy arkhitekturnogo proektirovaniya [Issues of Architectural Design]*. Moscow, URSS (LENAND) Publ., 2012, 186 p. (In Russ.)

10. Metan'ev D.A., Platonov Yu.P., Rachek M.M., Suslin M.F. Prostranstvennye resheniya sistem inzhenerno-tekhnicheskikh kommunikatsii v laboratornykh zdaniyakh [Spatial Solutions for Engineering and Technical Communications Systems in Laboratory Buildings]. In: *Nauchno-issledovatel'skie tsentry, instituty, laboratorii. Issledovaniya, proektirovanie, stroitel'stvo*.

NITs, NII, NIL [Research centers, institutes, laboratories. Research, design, construction. *NITs, NII, NIL*], Iss.1. Moscow, Nauka Publ., 1970, pp. 94–103. (In Russ.)

11. Dianova-Klokova I.V., Metan'ev D.A., Khrustalev D.A. Arkhitekturnye resheniya innovatsionnykh nauchno-proizvodstvennykh kompleksov. Obzor mirovoi praktiki [Architectural Solutions for Innovative Research and Production Complexes. Review of World Practice]. Moscow, URSS (LENAND) Publ., 2012, 365 p. (In Russ.)

12. Green Energy Laboratory / Archea // ArchDaily. – URL: <https://www.archdaily.com/383210/green-energy-laboratory-archea> (Accessed 02/03/2024). (In Engl.)

13. Wright Frank Lloyd. Nurnberg, Benedikt Taschen, 1994. (In Engl.)

14. Frank Lloyd Wright. Johnson Wax Headquarters. 1936–1939. *orthos logos*. URL: <https://www.atlasofplaces.com/architecture/johnson-wax-headquarters/> (Accessed 01/26/2024).

15. Griffin Brian. Laboratory Design Guide. Elsevier Architectural Press, 2005. ISBN: 0 7506 6089 9 (In Engl.)

16. Metan'ev D.A., Shikheev V.N., Demchev P.G., Suslin M.F. Printsipy proektirovaniya laboratornoi mebeli [Principles of Designing Laboratory Furniture]. In: *Problemy prostranstvennoi organizatsii nauchnykh uchrezhdenii. NITs, NII, NIL* [Problems of Spatial Organization of Scientific Institutions. Research Centers, Scientific Research Institutes, Research Labs]. Moscow, Nauka Publ., 1974, pp. 101–114. (In Russ.)

17. Ustanovochnoelaboratornoe oborudovanie. Laboratornaya mebel' [Installation Laboratory Equipment. Laboratory furniture]. In: *NITs, NII, NIL*. Moscow, Nauka Publ., 1981. (In Russ.)

18. Guirgola R., Mehta J. Louis I. Kahn. Colorado, Boulder, Westview Press, 1975. (In Engl.)

19. Pan'kova E.I. Transformiruemye modul'nye setki v arkhitekture [Transformable modular grids in architecture]. In: *Transformatsiya i adaptatsiya v arkhitekture. Arkhitekturnye kontseptsii* [Transformation and Adaptation in Architecture. Architectural Concepts], April 9, 2013]. URL: https://arch-con.blogspot.com/2013/04/blog-post_2233.html (In Russ.)

20. Khrustalev D.A. Izmeneniya i printsip otsenki gotovnosti k izmeneniyam v zhiznennom tsikle zdaniy [Changes and the Principle of Assessing Readiness for Changes in the Life Cycle of Buildings]. In: *Vestnik MGSU*, 2023, Vol. 18, Iss. 8, pp. 1201–1211. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1211. URL: <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/13>. (In Russ., abstr. in Engl.)

21. Danyaeva L.N. Arkhitekturno-tipologicheskaya klassifikatsiya v rekonstruktsii grazhdanskikh zdaniy [Architectural and Typological Classification in the Reconstruction of Civil Buildings]. In: *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2020, no. 3 (55), pp. 120–126. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43970416> (Accessed 04/15/2023). (In Russ., abstr. in Engl.)

22. Khrustalev D.A. Priemy i sposoby dlya sootvetstviya printsipam ustoychivoi arkhitektury studencheskikh proektov po

temam arkhitekturnogo proektirovaniya v MARKhI [Techniques and Methods for Compliance with the Principles of Sustainable Architecture of Student Projects on Architectural Design Topics at MARHI]. In: *Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie* [Science, Education and Experimental Design], Abstract of the report of the scientific and practical conference. Moscow, MARHI Publ., 2022, Vol. 1, pp. 533–534. (In Russ.)

23. Khrustalev D.A. Rezervirovanie prostranstva dlya razvitiya sistem inzhenernogo obespecheniya nauchno-proizvodstvennykh zdaniy s innovatsionnoi deyatel'nost'yu [Space Reservation for Engineering Systems Flexibility in Research-and-Development Buildings]. In: *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 2016, no. 5 (47), P. 2, pp. 127–128. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.063.127–128. URL: <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/5-2-47-.pdf> (Accessed 04/15/2024). (In Russ., abstr. in Engl.)

24. Moyano J., Carreño E., Nieto-Julián J.E., GilArizón I., Bruno S. Systematic Approach to Generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in Architectural Restoration Project. In: *Automation in Construction*, 2022, Vol. 143, p. 104551. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104551. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522004216> (Accessed 04/13/2023). (In Engl.)

25. Pei P., Zhou T. One-Step Look-Ahead Policy for active Learning Reliability Analysis. In: *Reliability Engineering & System Safety*, 2023, Vol. 236, p. 109312. DOI: 10.1016/j.res.2023.109312. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832023002260> (Accessed 04/12/2023). (In Engl.)

26. Kolokolov A. Zastav'te dannye govorit'. Kak sdelat' biznes-dashbord v Excel. Rukovodstvo po vizualizatsii dannykh [Make the Data Talk. How to Make a Business Dashboard in Excel. Guide to Data Visualization]. Moscow, Al'pina-Pro Publ., 2023, 244 p. (In Russ.)

27. Khrustalev D.A. Rezervirovanie prostranstva dlya razvitiya sistem inzhenernogo obespecheniya nauchno-proizvodstvennykh zdaniy s innovatsionnoi deyatel'nost'yu [Space Reservation for Engineering Systems Flexibility]. In: *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 2016, no. 5 (47), P. 2, pp. 127–128. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.063.127-128. URL: <http://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/5-2-47-.pdf>. ISSN 2303-9868. (In Russ., abstr. in Engl.)

28. Laboratoriya farmakologicheskogo profilya v g. San-Antonio, Tekhas. [Elektronnyi resurs] URL: <https://www.worldwide.com/solutions/early-phase-development/clinical-pharmacology-unit-san-antonio-tx/san-antonio-tx-clinical-pharmacology-unit-virtual-tour/processing-laboratory/> (Accessed 02/25/2023).

29. Khrustalev D.A. Izmeneniya i printsip otsenki gotovnosti k izmeneniyam v zhiznennom tsikle zdaniy [Changes and the principle of assessment of readiness for changes in the life cycle of buildings]. In: *Vestnik MGSU*, Vol. 18, Iss. 8, pp. 1201–1211. URL: <https://www.vestnikmgsu.ru/jour/article/view/13> (Accessed 02/25/2023) (In Russ., abstr. In Engl.)