

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ АРХИТЕКТУРНОГО ТВОРЧЕСТВА

Рассматриваются закономерности развития архитектурного творчества, как отраслевой технической системы, с точки зрения общих законов развития технических систем.

Отмечено, что архитектурное творчество, как подчиненная техническая система, должна следовать более общим объективным законам развития технических систем, которые систематизированы в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Особенностью архитектурного творчества является то обстоятельство, что в него вкладываются значительные финансовые и материальные ресурсы и нарушение закономерностей приводит к ошибкам, которые практически невозможно или очень сложно исправить, а в итоге приводят к значительным экономическим издержкам. При этом сами закономерности обозначены в общей формулировке и требуется интерпретации их применительно к отрасли разработки проектов архитектурного творчества. Для конкретизации общих законов требуются комплексные научные исследования, которые в полном необходимом объеме к настоящему моменту не выполнены. Для решения проблемы требуется системный подход. Начинать разрешение возникших противоречий необходимо с подготовки квалифицированных кадров. Эту задачу должны выполнить отечественные высшие учебные заведения через наиболее широкое внедрения ТРИЗ в учебные планы, рабочие программы отдельных дисциплин и др. Дальнейшим шагом должна быть поддержка научных исследований в этом направлении. Актуальность темы повышается в сложившейся политико-экономической обстановке.

Рассмотрены положительные примеры, которые подтверждают закономерное развитие архитектурного творчества. Приведены отрицательные тенденции и их последствия. Отмечено, что для решения поставленных задач необходимо помимо технических противоречий, преодоление административных противоречий.

Цель – обратить внимание научно-образовательного сообщества на проблему изысканий и разработки практических рекомендаций по вопросу развития архитектурного творчества в направлении уже сформулированных в ТРИЗ общих объективных закономерностей развития технических систем.

Ключевые слова: *теория развития технических систем, теория решения изобретательских задач, законы развития технических систем, архитектурные решения, инженерные решения, технические противоречия, административные противоречия.*

APPLICATION OF THE THEORY OF DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEMS FOR THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL PROJECTS

The regularities of the development of architectural creativity as an industrial technical system are considered from the point of view of the general laws of the development of technical systems.

It is noted that architectural creativity, as a subordinate technical system, should follow more general objective laws of the development of technical systems, which are systematized in the theory of solving inventive tasks (TRIZ). A feature of architectural creativity is the fact that significant financial and material resources are invested in it and violation of patterns leads to errors that are almost impossible or very difficult to correct, and eventually lead to significant economic costs. At the same time, the patterns themselves are outlined in a general formulation and require interpretation in relation to the field of architectural creativity project development. To specify the general laws, comprehensive scientific research is required, which has not been completed to the full extent necessary to date. A systematic approach is required to solve the problem. It is necessary to start resolving the contradictions that have arisen with the training of qualified personnel. This task should be fulfilled by domestic higher education institutions through the most widespread implementation of TRIZ in curricula, work programs of individual disciplines, etc. The next step should be to support scientific research in this direction. The relevance of the topic is increasing in the current political and economic environment.

Positive examples are considered, which confirm the legal development of architectural creativity. Negative trends and their consequences are given. It is noted that in order to solve the tasks set, it is necessary, in addition to technical contradictions, to overcome administrative contradictions.

The purpose is to draw the attention of the scientific and educational community to the problem of research and development of practical recommendations on the development of architectural creativity in the direction of the general objective patterns of development of technical systems already formulated in the TRIZ.

Keywords: theory of development of technical systems, theory of solving inventive tasks, laws of development of technical systems, architectural solutions, engineering solutions, technical contradictions, administrative contradictions.

Развитие современного архитектурного творчества идет по пути разрешения и преодоления комплекса противоречий. В процессе этого движения противоречия нарастают, усложняются и требуется все больше усилий интеллектуальных, материальных и финансовых для конкретного решения задач градостроительства. Это вполне понятный процесс диалектического развития технической системы, которой зодчество и является. Но архитектурные проекты имеют одно существенное отличие от многих известных технических систем. Для реализации градостроительных проектов требуется очень большие капитальные затраты и исправление допущенных ошибок и недочетов часто просто невозможно или связано с еще большими затратами, чем сам первоначальный проект. Так, например, проектная ошибка схемотехника связана с перепайкой и заменой электронных компонентов, что не очень существенно для капитальных затрат. Для машиностроителя – это замена детали или узла. Многие отрасли проходят стадии предварительных макетных и опытных образцов с литерами «Э» и «О» перед серийным производством на которых можно исключить

неправильные решения. У архитектурного творчества эти возможности крайне ограничены. Неправильные, нерациональные решения запряганы в проект и становятся очевидными уже при его реализации. Индустрия 4.0 дает неплохие инструменты в руки архитекторов для решения их задач. Это и цифровое моделирование объектов, и системы автоматизированного проектирования (САПР) как отдельных подсистем, так и сооружения в целом, и нейросети с машинным обучением, но обозначенная проблема развития этой отрасли остается.

Современное развитие архитектурного творчества развилось до такого уровня, что в пределах прикладной науки возникающие задачи решить сложно, а часто и невозможно. Необходим фундаментальный, «надприкладной» инструмент разрешения диалектических противоречий. Таким инструментом вполне может оказаться теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), которая была разработана и получила развитие в нашей стране [1-7].

ТРИЗ – универсальный инструмент для разрешения технических противоречий.

Рассмотрим некоторые инструменты

ТРИЗ для решения архитектурных задач. Первоначально ТРИЗ развивался как прикладная наука. ТРИЗ – это область знаний, исследующая механизмы развития технических систем с целью создания практических методов решения изобретательских задач. Цель ТРИЗ это выявление и использование законов, закономерностей и тенденций развития технических систем. В процессе своего развития ТРИЗ перерос рамки прикладных исследований. Постепенно теория становится философией развития технических систем, и не только технических, не теряя при этом своего прикладного значения.

Основной постулат ТРИЗ опирается на фундаментальные положения диалектического материализма:

- технические системы развиваются по объективно существующим диалектическим законам;

- эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для сознательного решения творческих задач.

Несмотря на то, что зодчество продвигают люди, оно развивается по объективным законам. Задачами архитектора, старшего архитектора, главного архитектора и генерального архитектора является следование этим объективным законам. Второй постулат говорит о том, что эти законы познаваемы. Следует при этом понимать, что фундаментальные законы перехода количества в качество, единства и борьбы противоположностей, отрицание отрицания для зодчества следует довести до прикладного уровня. К настоящему времени эта работа не выполнена. Архитекторам следует, освоив ТРИЗ, сформулировать свои прикладные правила для решения архитектурных задач, при этом эти правила не должны противоречить фундаментальным закономерностям более высокого уровня [8-11].

Рассмотрим некоторые законы ТРИЗ и попытаемся определить проявление этих законов в архитектурном творчестве, как технической системе.

Основные законы развития технических систем применительно к задачам архитектурного творчества.

Все существующие в мире технические системы, включая архитектурное творчество, развиваются по определенным законам. Законы эти объективны, но их можно познать и использовать не только для получения новых решений, но и для прогнозирования развития систем. Это, пожалуй, самое ценное, что предоставляет нам знание законов.

Между общими законами и частными

существует диалектическая взаимосвязь: общие законы действуют через частные, а частные – представляют собой конкретные проявления общих. В настоящее время выявлена и описана достаточно большая группа законов развития технических систем [5].

Закон S-образного развития. Этот закон имеет важное прогностическое значение для архитектурного творчества. Суть закона заключается в том, что эволюцию множества систем можно изобразить логистической кривой, по форме напоминающую латинскую букву «S», показывающей, как меняются во времени темпы её развития. На этой кривой можно выделить три наиболее выраженных характерных этапов.

На первом этапе зарождения системы идет изучение системы, поиск лучшей организации взаимодействия частей, выявление ее функциональных возможностей. Экономический эффект наблюдается отрицательный. Характеристики системы растут очень медленно.

На втором этапе начинается промышленный выпуск системы. Характеристики системы нарастают бурно, лавинообразно. Общество осознает необходимость использования системы, которая становится экономически выгодной. Она вытесняет с рынка устаревшие системы. Идет активный рост показателей, тем не менее к концу этапа рост характеристик замедляется и практически все возможные ресурсы, необходимые для развития системы, исчерпываются.

На третьем этапе исчерпываются все возможности развития системы. После этой точки судьба системы может развиваться двояко: или система существует в таком состоянии неопределенно долго, консервируется, пользуется постоянным спросом, дает постоянный экономический эффект, или эффективность системы падает вместе со спросом на нее, выпуск ее прекращается, заканчивается жизненный цикл системы. Система должна быть заменена новой, которая пройдет все названные циклы развития.

В градостроительстве этот закон проявляется в панельном строительстве [12-15].

Не смотря на активное функционирование предприятий по производству железобетонных панелей, интерес к этому типовому строительству падает. Зодчество постепенно поворачивается к зданиям уникальной формы и дизайна. Соответственно под эти тенденции должно перестраиваться и промышленное производство. Для поддержания постоянного экономического эффекта должна быть поставлена на производство новая

система, которая создает условия для роста прибыли, и она по своим показателям лучше старой. Прибыльное производство требует постоянного обновления выпускаемой продукции. Отслеживая основные параметры системы и нанося их на S-образную кривую, можно своевременно провести разработку и постановку на производство новой системы.

Закон увеличения степени идеальности системы. Этот закон можно сформулировать следующим образом: Любая техническая система, включая архитектурное творчество, развивается в направлении повышения своей идеальности. Этот закон заставляет рационально и разумно использовать имеющиеся в системе ресурсы. Повышение степени идеальности, как правило, осуществляется применением незадействованных ранее ресурсов, имеющихся в зоне самой технической системы. Чем дальше от зоны возникновения конфликта будут взяты ресурсы, тем в меньшей степени удастся продвинуться к идеалу. Одним из путей приближения к идеальности является увеличение количества выполняемых функций.

Одной из тенденций применения этого закона в архитектуре является проектирование энергоэффективных зданий и сооружений, как гражданского, так и промышленного назначения. Появилось понятие не только «пассивного здания», которое полностью обеспечивает себе комфортное теплоснабжение, но и «активного здания», которое может избыток генерируемого тепла отдать в систему теплоснабжения. В эти здания заложены технические системы, которые для климатизации эффективно используют геотермальное тепло земли, солнечное излучение, кадастр ветров, температуру окружающего воздуха, тепловыделение от технического оборудования и даже от персонала. Правильно ориентированное здание может рационально использовать естественное освещение и сократить затраты на обогрев при размещении технических помещений с северной стороны, а офисные подразделения с южной.

В последнее время появились проекты полностью автономных зданий без централизованного снабжения, которые обеспечивают себя водой за счет грунтовых источников, теплом за счет тепловых насосов, электричеством за счет альтернативных источников. Эти проекты не противоречат закону увеличения степени идеальности и могут считаться перспективными.

Закон полноты частей системы. Этот закон имеет следующую формулировку: необходимым условием принципиальной жизне-

способности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы. По определению, система – совокупность множества элементов. Элементы системы могут быть объединены в несколько функциональных групп. Если какой-то элемент системы отсутствует, то система считается не полной и ее развитие идет в направлении создания полной системы.

Если техническая система не полная, то жизнеспособной и полной ее делает человек, соответственно, закон полноты частей системы проявляется в том, что человек постепенно вытесняется и заменяется первоначально автоматизированными, а потом полностью автоматическими системами. Так в зданиях полностью автономно функционирует противопожарное оборудования, охранная система, отопление, кондиционирование, вентиляция. В полуавтоматическом режиме может работать освещение и водообеспечение. К этой тенденции следует отнести также и создание «умных домов».

На стадии проектирования можно наблюдать активное внедрение САПР, как отдельных систем обеспечения, паки комплексных программных средств. Внедрение в систему нейронных сетей и искусственного интеллекта с одной стороны создает киберопасность полного исключения человеческого фактора, с другой стороны соответствует закону полноты частей системы.

Закон полноты частей системы имеет, в основном, аналитическое значение.

Закон увеличения динамичности и управляемости. Надёжность, стабильность и постоянство технической системы в динамичном окружении зависят от её способности изменяться. Развитие, а значит и жизнеспособность системы, определяется степенью динамизации, то есть способностью быть подвижной, гибкой, приспособляемой к внешней среде, меняющей не только свою геометрическую форму, но и форму движения своих частей. Чем выше степень динамизации, тем, в общем случае, шире диапазон условий, при которых система сохраняет свою функцию.

Для стационарных массивных архитектурных объектов этот закон в явном виде не проявляется. Тем не менее известны сооружения солнечной архитектуры, которые поворачивают здание по направлению максимальной солнечной радиации в течении дня [19]. Эту закономерность можно наблюдать в более мелких объектах архитектуры: подвижные жалюзи на окнах, управление

отоплением в зависимости от сезонности и суточного жизненного цикла, переход от централизованного теплоснабжения и кондиционирования к локальному индивидуальному. Гибкие производственные предприятия по индустрии градостроительства тоже подтверждают действия этого закона.

Закон имеет непосредственное практическое применение, так как позволяет реализовать конкретные шаги по динамизации архитектурного творчества, тем самым, повышая его эффективность, идеальность.

Закон «энергетической проводимости» системы. Закон имеет следующую формулировку: «необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем ее частям».

В первую очередь закон затрагивает системы снабжения теплом, электричеством, водой, воздухом. Нарушение проводимости в магистралях этих потоков непосредственно сказывается на климатизации здания.

В самом общем случае можно говорить о проводимости потоков энергии, массы, информации. В такой постановке закон можно использовать, например, в технологических системах архитектурной индустрии, где имеет место поток сырья, заготовок, материалов, но также имеются информационные и энергетические потоки.

Для соблюдения закона главным условием эффективности технической системы с точки зрения энергопроводимости является равенство способностей частей системы по принятию и передаче всех видов энергии.

Закон неравномерности развития частей системы. Формулировка закона: развитие частей и характеристик системы происходит неравномерно. Чем сложнее система, тем неравномернее ее развитие.

В развитии ТС в соответствии с законами диалектики происходит чередование этапов количественного роста и качественных скачков. В процессе количественного роста в результате неравномерного развития характеристик ТС появляются противоречия.

На начальном этапе, когда противоречие обладает большими ресурсами, развитие разрешается путем компромисса. Но количественный рост продолжается, происходит накопление и обострение противоречий. Эти противоречия разрешаются в результате качественных скачков – создания принципиально новых систем и направлений развития.

Этим законом можно объяснить появление солнечной архитектуры [19]. Первоначально на наружных частях зданий исполь-

зовали отдельные фрагменты солнечных панелей, но этого было недостаточно для автономного электроснабжения. При увеличении площади съема и преобразования солнечной энергии возникла необходимость изменение конфигурации и ориентации не только самого здания и комплекса сооружений.

Этот закон помогает заранее обнаруживать противоречия в архитектурных системах. Более очевидными они становятся, например, при структурном анализе систем, когда по линии действия каждой связи записывается положительное и отрицательное действие.

Закон перехода в технической системе в надсистему. Закон формулируется следующим образом: исчерпав ресурсы развития, система объединяется с другой системой, образуя новую, более сложную систему. Механизм такого перехода состоит в объединении систем. Первоначально имеется одна – моносистема. Далее объединяют две исходные системы, при этом получаются бисистема. На следующем этапе объединяют три и более систем, образуется полисистема. Следующий этап развития, когда би- и/или полисистемы образуют новую единую систему, моносистему, которая выполняет все функции, входящих в нее систем. Этот переход – неизбежный этап в развитии всех технических систем.

В архитектуре проявление этого закона достаточно очевидно. Именно в архитектурном творчестве его несоблюдение приводит к тяжелым последствиям. Можно спроектировать отдельные здания с высоким уровнем дизайна, но если они будут иметь разный стиль и располагаться на близком расстоянии, то вместо эстетики можно получить дисгармонию, которую практически невозможно исправить. Частный бизнес внес свою отрицательную роль в архитектурное творчество. Достаточно часто можно видеть построение развлекательных комплексов в непосредственной близости от мемориалов, расположение промышленных производств рядом с местами отдыха и культуры, построение зданий современного типа рядом с историческим наследием зодчества. Роль главного архитектора города в настоящее время сильно ослабла под давлением политических, экономических и других факторов.

С другой стороны, архитектурное творчество имеет много положительных примеров в этом плане. Когда строительный комплекс формируется с нуля, легче преодолеть противоречия и конфликты и комплексно решить все проблемы архитектурного творчества, включая эстетику комплекса зданий, ланд-

шафтный дизайн, культурную стилистику и комфорт [16-18, 20].

ТРИЗ содержит в себе еще ряд общих объективных законов развития технических систем, таких как:

- закон согласования ритмики частей системы;
- закон перехода с макроуровня на микроуровень;
- закон развертывания свертывания систем;
- закон опережающего развития рабочего органа и другие.

Все эти законы действуют в архитектурном творчестве в той или иной степени, поскольку это общие законы развития технических систем, которой является архитектурное творчество. В статье они упомянуты в обзорном формате без раскрытия и анализа. В большей степени эти законы затрагивают развитие отдельных частей технической системы. Их нарушение так же отрицательно сказывается на развитии архитектуры, и наоборот, следование этим закономерностям позволяет достаточно быстро достичь высоких результатов и технических, и эстетических в градостроительном творчестве.

Особенность совместного применения законов развития технических систем в архитектурном творчестве.

Главной особенностью применения законов развития технических систем в архитектуре является то, что их свод также представляет собой систему и пользоваться ими необходимо как системой. Применение закономерностей разрозненно без взаимного влияния друг на друга помимо того, что не даст нужный результат, может привести к серьезным ошибкам, которые, как отмечалось, в архитектурном творчестве имеют тяжелые последствия. Ситуация осложняется тем, что эти законы имеют общий характер и для конкретных технических отраслей они должны быть применены с учетом их специфики. Для этого необходима большая научная аналитическая работа. Это работа, несомненно, проводится, но необходимые масштабы и глубина научного исследования не достаточны. Они не соответствуют вызовам современного индустриального общества. Именно в нашей стране ТРИЗ возникла и получила мощное и динамичное развитие, но в настоящее время этой технической философии уделяется недостаточно внимания. В стране существует Российская ассоциация ТРИЗ в которую входят профессионалы высокого уровня. Кроме этого, существуют представительства краснодарской, крас-

ноярской, ленинградской, новосибирской, норильской, петрозаводской региональных школ. В 80 университетах России в учебный план включены курсы по ТРИЗ, но стоящие задачи в условиях сложившейся политико-экономической обстановки гораздо шире ресурсов, которые существуют. Особенно не хватает научных изысканий. В этой части мы имеем цепочку противоречий: недостаточный уровень и масштаб подготовки, далее недостаточное количество профессионалов, недостаточный уровень, масштаб и глубина научных исследований по отраслям. Одно из противоречий сложившейся ситуации – административное, связанное с формированием учебных планов, рабочих программ отдельных дисциплин и др. ТРИЗ в высших заведениях при подготовке инженера должна быть введена обязательным предметом на второй уровень, после философии, наряду с математикой, физикой, сопротивлением материалов, теоретическими основами электротехники и другими базовыми предметами, и только после этого необходимо переходить на третий профильный уровень подготовки.

Если упустить имеющиеся возможности, то инициативу перехватят наши экономические, научные, технические и др. оппоненты, что нельзя допустить в сложившейся социально-экономической обстановке.

Заключение

Архитектурное творчество, как отраслевая техническая система в своем развитии должна соответствовать общим объективным законам развития технических систем. Наиболее полно и последовательно эти законы сформулированы и представлены в ТРИЗ. В силу специфики архитектуры как технической системы эти законы должны быть из общих закономерностей переведены в конкретные правила и рекомендации. Нарушение этих правил именно в архитектуре приводит к тяжелым последствиям, так как в этой отрасли ошибки сложно, а иногда невозможно исправить. Для этого необходимы отраслевые научные исследования, которые ведутся, но их явно недостаточно для решения современных задач архитектурного творчества. В связи с этим возникает вопрос подготовки профессиональных кадров. Решение этих задач в основном ложится на плечи университетов, которые должны расширить учебную базу по освоению ТРИЗ. Научные исследования по развитию архитектурного творчества в этом направлении должны получать государственную поддержку. Недооценка развития архитектурного творчества может

привести к отставанию. России в одной из наиболее важных отраслей, что нельзя допустить в сложившейся социально-экономической обстановке. Экономические, научные, технические и др. конкуренты могут перехва-

тить эту инициативу, если не предпринять активных действий, касающихся в основном высшей школы. Большую роль в решении проблем архитектурного творчества должно сыграть отраслевое научное сообщество.

Литература

1. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. 2 изд., дополн. – Петрозаводск: Скандинавия, 2004. – 208 с.
2. Альтшуллер Г.С. Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи / Г.С. Альтшуллер, А.Б. Селюцкий // Петрозаводск «Карелия», 1980. – С. 198-199.
3. Альтшуллер Г.С. Найти идею. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1986. – 209 с.
4. Цуриков В.М. Принципы создания математического обеспечения теории решения изобретательских задач. – В кн.: Проблемы развития и повышения эффективности научного и технического творчества трудящихся: Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции, М., 1979. – ч.1. – С. 130-131.
5. Газизов Т.Р. Основы теории решения изобретательских задач – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2018. – 108 с.
6. Альтшуллер Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). / Г.С. Альтшуллер, Б.Л. Злотин, А.В.Зусман, В.И. Филатов // Кишинёв: Картя Молдовенска, 1989. – 381 с.
7. Дерзкие формулы творчества. Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 269 с.
8. Ганджа С.А. Концепция «Умного здания» в архитектуре промышленных и гражданских сооружений / С.А. Ганджа, С.Г. Шабиев // Архитектура, градостроительство и дизайн, 2021. – № 2 (28). – С. 19-27.
9. Ганджа С.А. Разработка системы проектирования энергоэффективных жилых комплексов для экологических поселений Южного-Уральской зоны России. / С.А. Ганджа, С.Г. Шабиев // Архитектура, градостроительство и дизайн, 2021. – № 1 (27). – С. 28-37.
10. Ганджа С.А. Энергоэффективные здания, как синтез архитектурного и инженерного искусства / С.А. Ганджа, С.Г. Шабиев // Архитектура, градостроительство и дизайн, 2022. – № 3 (33). – С. 3-11.
11. Ганджа С.А. «Умные» здания станут основой градостроения будущего. / С.А. Ганджа, С.Г. Шабиев // Архитектура, градостроительство и дизайн, 2022. – № 2 (32). – С. 24-31.
12. Бродач М. М. Многоэтажное энергоэффективное жилое здание в Нью-Йорке / М.М. Бородач, Н.В. Шилкин // АВОК, – 2003. – № 4. – 38 с.
13. Бродач М. М. Оптимизация тепловой эффективности зданий // Сборник докладов восьмой научно-практической конференции (академические чтения) «Стены и фасады» / М.М. Бородач, Н.В. Шилкин // Актуальные проблемы теплофизики. – М.: НИИСФ, 2003. – С. 191-196.
14. Васильев Г. П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 // АВОК, – 2002. – № 4. – С. 10-18.
15. Гранев В. В., Табунщиков Ю. А., Наумов А. Л. Рейтинговая система оценки качества зданий // АВОК, 2010. – №6. – 16 с.
16. Молодкин С.А. Принципы формирования архитектуры энергоэффективных высотных зданий. Дис. канд.арх. Москва, 2007. – 142 с.
17. Молчанов В.М. Теоретические основы проектирования жилых зданий: Учеб пособие. 2-е изд., перераб. и доп. // Ростов н-Д: «Феникс», 2003. – 240 с.
18. Нурмиев Г.Н. Москва-энергоэффективный город // Жилищное строительство, 2002. – №4. – С. 26-28.
19. Оболенский Н.В. Архитектура и солнце. // М.: Стройиздат., 1988. – 207 с.
20. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин // М.: АВОК-Прес, 2003. – 200 с.

References

1. Altshuller G. S. Creativity as an exact science. 2nd ed., supplement – Petrozavodsk: Scandinavia, 2004. – 208 p.
2. Altshuller G.S. Wings for Icarus: How to solve inventive tasks / G.S. Altshuller, A.B. Selutsky // Petrozavodsk «Karelia», 1980. – pp. 198-199.
3. Altshuller G.S. To find an idea. – Novosibirsk: Nauka, Siberian Department, 1986. – 209 p.
4. Tsurikov V.M. Principles of creating mathematical support for the theory of solving inventive tasks. – In the book: Problems of development and improvement of the effectiveness of scientific and technical creativity of workers: Abstracts of the All-Union Scientific and Practical Conference, Moscow, 1979. – № 1. – pp. 130-131.
5. Gazizov T.R. Fundamentals of the theory of solving inventive tasks – Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 2018. – 108 p.
6. Altshuller G.S. Search for new ideas: from insight to technology (Theory and practice of solving inventive tasks) / G.S. Altshuller, B.L. Zlotin, A.V.Zusman, V.I.Filatov // Chisinau: Kartya Moldovenska, 1989. – 381 p.
7. Daring formulas of creativity. Comp. A.B. Selutsky. – Petrozavodsk: Karelia, 1987. – 269 p.
8. Ganja S.A. The concept of a “smart building” in the architecture of industrial and civil structures / S.A. Ganja, S.G. Shabiev // Architecture, urban construction and design, 2021. – № 2 (28). – pp. 19-27.
9. Ganzha S.A. Development of a design system for energy-efficient residential complexes for ecological settlements of the South Ural zone of Russia. / S.A. Ganzha, S.G. Shabiev // Architecture, urban planning and design, 2021. – № 1 (27). – pp. 28-37.
10. Ganja S.A. Energy-efficient buildings as a synthesis of architectural and engineering art. / S.A. Ganja, S.G. Shabiev // Architecture, urban development and design, 2022. – № 3 (33). – pp. 3-11.
11. Ganja S.A. “Smart” buildings will become the basis of urban planning of the future. / S.A. Ganja, S.G. Shabiev // Architecture, urban planning and design, 2022. – № 2 (32). – pp. 24-31.
12. Brodach M. M. Multi-storey energy-efficient residential building in New York / M.M. Borodach, N.V. Shilkin // AVOK, – 2003. – № 4. – 38 p.
13. Brodach M. M. Optimization of thermal efficiency of buildings // Collection of reports of the eighth scientific and practical conference (academic readings) «Walls and facades» / M.M. Borodach, N.V. Shilkin // Actual problems of thermophysics – M.: NIISF, 2003. – pp. 191-196.
14. Vasiliev G. P. Energy-efficient experimental residential building in the Nikulino-2 microdistrict // AVOK, 2002. – №. 4. – pp. 10-18.
15. Granev V. V., Tabunshchikov Yu. A., Naumov A. L. Rating system for assessing the quality of buildings // AVOK, 2010. – №. 6. – 16 p.
16. Molodkin S.A. Principles of formation of architecture of energy-efficient high-rise buildings. Dis. candidate of Architecture. Moscow, 2007. – 142 p.
17. Molchanov V.M. Theoretical foundations of the design of residential buildings: Textbook. 2nd ed., reprint. and additional // Rostov n-D: “Phoenix”, 2003. – 240 p.
18. Nurmiev G.N. Moscow-an energy efficient city // Housing construction, 2002. – №. 4. – pp. 26-28.
19. Obolensky N.V. Architecture and the sun // M.: Stroyizdat., 1988. – 207 p.
20. Tabunshchikov Y. A. Energy-efficient buildings / Y. A. Tabunshchikov, M.M. Brodach, N.V. Shilkin // M.: AVOK–Press, 2003. – 200 p.

Ганджа С.А.,

Профессор кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика», Энергетического направления Политехнического института, Южно-Уральского государственного университета, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии электротехнических наук Российской Федерации, Челябинск, Россия. E-mail: gandzhasa@susu.ru

Gandzha S. A.,

professor of the Department of Electric Drive, Mechatronics and Electromechanics, Energy Department of the Polytechnic Institute, South Ural State University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Academy of Electrotechnical Sciences of the Russian Federation, Chelyabinsk, Russia. E-mail: gandzhasa@susu.ru

Шабиев С.Г.,

заведующий кафедрой «Архитектура», доктор архитектуры, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, почетный архитектор России, Челябинск, Россия. E-mail: shabievsg@susu.ru

Shabiev S.G.,

head of the Department of Architecture, Doctor of Architecture, Professor, honored worker of the Higher School of the Russian Federation, Honorary Architect of Russia, Chelyabinsk, Russia. E-mail: shabievsg@susu.ru

Поступила в редакцию 01.09.2024