



М. И. РЫНКОВСКАЯ
Е. Д. ЦУРИН

ПРОЦЕСС АДАПТАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНЦЕПЦИЙ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ

PROCESS OF ADAPTING INTERNATIONAL CONCEPTS
OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION IN RUSSIA

Рассмотрен процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России. Произведен обзор «зеленых» стандартов и экологического подхода к проектированию в рамках российской строительной сферы. Проведен сравнительный анализ российского и зарубежного программного обеспечения на примере Renga, ModelStudioCS и Revit в контексте решения задач по устойчивому проектированию. Была выявлена начальная опытная стадия адаптации экологического строительства в России и приведена связь между нормативно-правовыми документами, региональными условиями применения «зеленых» решений в строительстве и возможностями российских программных комплексов. Сравнительный анализ показал низкую готовность российских программ автоматизированного проектирования к решению конкретных задач анализа энергетической эффективности зданий, освещения, акустики и отходов строительства.

This article discusses the process of adapting international concepts of sustainable construction in Russia. A review of “green” standards and an ecological approach to design within the framework of the Russian construction industry has been made. A comparative analysis of Russian and foreign software was made using the example of Renga, ModelStudioCS and Revit in the context of solving problems of sustainable design. The initial experimental stage of adaptation of ecological construction in Russia was identified and the relationship between legal documents, regional conditions for the use of “green” solutions in construction and the capabilities of Russian software systems was given. A comparative analysis showed the low readiness of Russian computer-aided design programs to solve specific problems of analyzing the energy efficiency of buildings, lighting, acoustics and construction waste.

Ключевые слова: устойчивое строительство, стандарты устойчивого проектирования, «зеленое» строительство, городская среда, информационные технологии в строительстве

Keywords: sustainable construction, sustainable design standards, green building, urban environment, information technology

Введение

15 ноября 2022 г. Фонд ООН в области народонаселения зафиксировал переход численности населения нашей планеты за 8 млрд человек, причем ООН прогнозирует, что следующий рубеж в 9 млрд будет достигнут к 2037 г. [1]. Такой демографический темп прироста населения напрямую сказывается на экологии

нашей планеты, поэтому международное сообщество в сфере экологии, начиная со Стокгольмской конференции ООН 1972 г., на которой была впервые поднята проблема защиты окружающего мира на глобальном уровне, постоянно разрабатывает и совершенствует требования к охране окружающей среды. Причем в 1972 г. население Земли составляло только 3,8 млрд человек [2], что в два раза меньше нынешних показателей.

Нас становится все больше, откуда возникает вопрос осознанного и современного подхода к среде обитания, иными словами, устойчивого развития нашего общества. Оригинальный англоязычный термин *sustainable development* (устойчивое развитие) был определен в 1987 г. Комиссией Брунтланн при ООН: «устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет требованиям настоящего и не подвергает риску возможность будущих поколений удовлетворять свои нужды» [3]. То есть во многом речь идет об обеспечении качества жизни людей как нашего поколения, так и будущего.

В это же время по результатам исследования *Carbon Brief* [4] за 2021 г. Россия входит в первую тройку главных «загрязнителей» планеты, уступая США и Китаю первое и второе место соответственно. В 2015 г. было разработано Парижское соглашение, целью которого является регулировка мер по снижению выбрасываемого в атмосферу количества углекислого газа, а в 2019 г. Россия ратифицировала это соглашение. Это означает, что на данный момент проект снижения эмиссии углекислого газа и других вредных испарений в России имеет юридическую силу, что позволяет регулировать и отслеживать уровень загрязнения окружающей среды [3].

Из термина «устойчивое развитие» произошло понятие «устойчивого строительства» (объект нашего исследования), так как одним из существенных факторов загрязнения окружающей среды является строительная сфера. Но процесс адаптации устойчивого строительства зачастую зависит от региона строительства [5]. Так, контекст региональных, политических и экономических условий не всегда позволяет применять одни и те же архитектурно-инженерные решения, которые были разработаны по принципам «зеленого» строительства.

В связи со сказанным предмет нашего исследования – это вопрос адаптации международных принципов и идей устойчивого строительства в рамках российской строительной сферы. Безусловно, серьезный подход к устойчивому развитию положительно скажется на уровне нашей жизни и экологии России, что подчеркивает актуальность исследований данного вопроса.

1. Нормативно-правовые документы и экологические стандарты в процессе адаптации

Ведущими международными стандартами, регулирующими устойчивое развитие в строительстве, являются: американский стандарт LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* / Руководство по энергоэффективному

и экологическому проектированию) [6] и британский стандарт BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method* / Метод экологической оценки эффективности зданий) [7]. Данные нормы по своей структуре являются добровольными, но использование которых поддерживается на государственном уровне других стран, что дает положительный результат применения такой сертификации устойчивого строительства. Опираясь на LEED, BREEAM и другие ведущие международные стандарты, регламентирующие устойчивое строительство, А.С. Шульц выделил 7 наиболее часто встречающихся рекомендаций по созданию устойчивой городской среды, которые в первую очередь определяют процесс адаптации [3]:

- 1) использование локальных натуральных материалов при строительстве;
- 2) снижение эксплуатационных расходов здания за счет продуманного внешнего контура;
- 3) повторная застройка бывшей в употреблении земли;
- 4) создание городских пространств, стимулирующих социальное взаимодействие;
- 5) поощрение физической активности граждан (создание пешеходной и велосипедной инфраструктуры);
- 6) формирование озелененных зон как внутри здания, так и снаружи;
- 7) обеспечение благоприятных видов изнутри здания и создание видовых точек.

Проецируя международные принципы на российскую строительную сферу, можно отметить, что возникает зависимость от географического положения объекта строительства и регионального развития субъекта РФ в вопросах экономики и технологий строительства, что приводит к сложностям при оценивании решений по абсолютной шкале.

Проблема адаптации усугубляется уровнем подготовки профессиональных кадров в области экологии и устойчивого строительства в различных субъектах РФ. Э.Р. Низамиева [8] выделяет основные сложности подготовки российских специалистов: обязательное знание английского языка на предметном уровне, отсутствие четкой методологии и описания применения «зеленых» стандартов российскими архитекторами, инженерами и проектировщиками, высокая частота актуализации международных «зеленых» стандартов и отсутствие в открытом доступе актуальных выпусков на русском языке.

Помимо этого, особенность внедрения и адаптации международных стандартов устойчивого строительства заключается еще в том,

что нормативы, на которые ссылаются российские «зеленые» стандарты (ГОСТ Р 54964–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», 2012 г. [9]; GREEN ZOOM «Новое строительство», 2019 г. [10]; ПНСТ 352-2019 «Зеленые» стандарты», 2019 г. [11]) на данный момент не имеют единой методической основы и комплексного подхода к безопасному и экологическому проектированию согласно общемировым целям устойчивого развития. Причем если рассматривать сертификацию объектов жилой недвижимости, то оно носит больше рекомендательный характер, зачастую для увеличения конкурентоспособности жилых зданий [12].

Для решения данных вопросов при инициативе Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) был образован Технический комитет по стандартизации «Зеленые технологии среды жизнедеятельности» (ТК 366). На данный момент ТК 366 ведет активную деятельность по разработке усовершенствования действующих государственных стандартов и адаптации межгосударственных [13,14].

Самым актуальным нормативно-правовым документом на данный момент является стандарт «зеленого» строительства многоквартирных жилых домов ГОСТ Р 70346–2022 «Зеленые стандарты» [15], который разработан ДОМ.РФ совместно с Минстроем России и утвержден Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) 9 сентября 2022 г. ГОСТ Р 70346–2022 разработан с учетом опыта ведущих международных систем LEED, BREEAM, DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen / Совет устойчивого строительства Германии). Стандарт включает 81 критерий, достижение минимум 16 из которых станет обязательным для признания здания «зеленым». Стандарт вводит количественные и качественные характеристики оценки многоквартирных жилых зданий в России по «зеленым» критериям, охватывающим весь жизненный цикл строительного объекта. Формирование «зеленых» критериев оценки многоквартирных жилых зданий основано на стремлении к достижению целей устойчивого развития [15].

Для получения «зеленой» сертификации здание должно соответствовать критериям из 10 категорий оценки, включающих архитектуру и планировку участка, организацию и управление строительством, комфорт и качество внутренней среды, энергоэффективность и атмосферу, рациональное водопользование, материалы и ресурсоэффективность, отходы производства и потребления, экологическую

безопасность территории и безопасность эксплуатации здания, а также инновации устойчивого развития. По результатам оценки здания могут набрать максимум 163 балла, для получения «зеленого» сертификата нужно набрать более половины – 81 балл [16].

Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации по новому национальному стандарту начала свое действие по всей стране 1 ноября 2022 г., что в последующем поможет вывести строительную отрасль на новый уровень качества.

В целом нормативно-правовые документы напрямую регулируют процесс адаптации экологического проектирования и строительства в России, поэтому для повсеместного внедрения устойчивого строительства необходимо продолжать процесс адаптации, следить за динамикой устойчивого строительства в международной практике. Так как применение принципов устойчивого проектирования зачастую увеличивает стоимость строительства, что не всегда входит в планы российских девелоперов, особенно в сегменте жилой недвижимости, где приоритет поставлен на количественные показатели, то еще одним важным фактором является поддержка таких решений на государственном уровне.

Утверждение национального стандарта «Зеленые стандарты» 9 сентября 2022 г. является своевременным и важным документом по адаптации экологического проектирования в России, а хорошим примером стимуляции застройщиков является проект «зеленой» ипотеки на льготных условиях от института развития «Дом.рф» [16]. При дальнейшем развитии стандартов и аналогичных проектов по поддержанию устойчивого строительства можно ожидать повышение качества жизни людей и естественный переход на экологическое строительство.

2. Особенности применения устойчивых принципов проектирования в России

Применение международных принципов устойчивого строительства в российских реалиях стимулирует документ «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» [17], который включает в себя идеи «зеленого» строительства. Этот документ регламентирует уменьшение негативного влияния процессов урбанизации на окружающую среду, увеличение объемов энергии, произведенной с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии, увеличение доли общественного транспорта в общей

структуре транспорта, а также повышение показателей озеленения территорий населенных пунктов и многое другое [18]. Причем эволюционный путь решения проблем энергосбережения, решения проблем бытовых отходов, разумное использование природных зон на сегодняшний день являются приоритетными шагами России в направлении экологизации процессов застройки территорий и развития экономики [19].

Еще одним фактором адаптации является стоимость энергоносителей в России. Приспособление международных принципов «зеленого» строительства замедляется экономической целесообразностью введения таковых. Россия является страной экспортером нефти и газа, что обеспечивает относительно низкую цену для потребителя энергии в самой России. В таком случае использование возобновляемых источников энергии может только увеличить стоимость строительства во многих регионах и на этапе эксплуатации не приведет к существенным выгодам в силу климатических условий.

Например, при использовании солнечных панелей часто возникают трудности с одной из основных опорных точек адаптации международной «зеленой» сертификации зданий – с использованием возобновляемой энергии. Предполагается, что здания должны иметь солнечные батареи на крыше, что в России нецелесообразно, так как солнечных дней в году в среднем бывает около ста, а уровень солнечной радиации изменяется от 810 кВт·ч/м² в год в северных районах страны до 1400 в южных районах. Данный вопрос усложняется высокой ценой установки самих солнечных панелей [19].

Региональные условия и особенности каждого субъекта РФ также непосредственно влияют на сам процесс адаптации. Тем не менее оценка энергетического потенциала возобновляемых источников энергии на территории России отражает необходимость широкомасштабного трансфера технологий возобновляемых источников энергии в градостроительное и территориальное проектирование [20].

3. Оценка BIM возможностей программных комплексов для устойчивого проектирования

В России было разработано Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 о формировании и ведении информационной модели объекта капитального строительства. На основании этого постановления застройщик обязан обеспечивать формирование и ведение информационной модели объекта капитально-

го строительства в случае объекта капитального строительства, финансируемого с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации [21].

Это требование обязывает проектировщиков к использованию программ по автоматизированному проектированию в подавляющем числе случаев, что в свою очередь увеличивает производительность труда (проектирования) (рис. 1) и создает условия для разработки более устойчивых проектов [22, 23].

Теоретически технологии BIM (Building Information Model/информационная модель зданий и сооружений) и OpenBIM (Open Building Information Model/открытая информационная модель зданий и сооружений) могут позволить оценить энергетическую эффективность зданий, освещение, акустику, количество зеленых насаждений, а также могут позволить контролировать выбросы углекислого газа (CO²) и отходы строительства за счет консолидированных моделей, включающих проектные решения всех участников проекта. BIM-проектирование играет одну из существенных ролей в адаптации концепций устойчивого строительства.

При решении практических задач возникает вопрос о том, а какие возможности российские производители программного обеспечения (ПО) заложили в свои автоматизированные комплексы для проектирования устойчивых проектов строительства.

Произведем сравнительный анализ возможностей применения принципов устойчивого строительства на основе трех программ по автоматизированному проектированию: Revit (Autodesk, зарубежное ПО) [24], Renga (Renga Software, российское ПО) [25] и ModelStudioCS (CSoft, российское ПО) [26]. В качестве критериев оценки рассмотрим следующие: 1) самодостаточность ПО для решения задач устойчивого строительства; 2) поддержка технологии OpenBIM для решения задач устойчивого строительства и IFC формат; 3) ландшафтная архитектура (элементы благоустройства и озеленения); 4) энергетическое моделирование зданий; 5) моделирование освещения; 6) акустическое моделирование; 7) анализ выбросов CO²; 8) аэродинамическое моделирование зданий и кварталов; 9) анализ жизненного цикла. При полноценном удовлетворении критерия присуждаем 1 балл, частичном – 0,5 и 0 баллов при полном неудовлетворении. Результат анализа представлен в таблице.

1. *Самодостаточность программного обеспечения для решения задач устойчивого строительства.*

Данный критерий отражает самодостаточность автоматизированного комплекса, т. е. воз-



Рис. 1. Увеличение производительности труда при внедрении BIM проектирования [22]

возможность его использования для решения основных задач проектирования без другого ПО. Этот критерий является опорной точкой, так как неспособность к полноценному независимому функционированию ведет к сложностям в использовании самого комплекса, что будет проявляться в трудностях при разработке плагинов или утилит для решения задач устойчивого проектирования, в сложном интерфейсе и в излишней зависимости от совершенно другого продукта и разработчика.

Так, Revit и Renga являются независимыми программами, что значительно упрощает их использование в проектных целях, в то время как ModelStudioCS является неким расширением для 2D-проектирования на основании NanoCad (Нанософт разработка, российское ПО) [27] или AutoCad (Autodesk, зарубежное ПО) [28]. Более того, ModelStudioCS не предоставляет единого ПО для решения всех задач проектирования, а включает в себя 16 отдельных продуктов, которые только вместе образуют комплексную систему 3D-проектирования.

2. *Поддержка технологии OpenBIM и IFC формат.*

Технология OpenBIM и поддержка импорта и экспорта проекта в формате IFC (Industry Foundation Classes) является следующим важным критерием для сравнения. Унификация информационной модели (ИМ) создает возможность взаимодействия с ней в других программах, что обеспечивается посредством формата с определенной структурой и свойствами, с расширением файла в формате *.ifc. Технология OpenBIM в свою очередь – это уникальная возможность совместить различные проекты или разделы проектов в единую консолидированную модель для последующего обзора, контроля или оценки проектных решений. Такая технология способствует устойчивому проектированию, так как позволяет всем группам

специалистов работать над одним проектом в режиме реального времени.

Выбранные программы автоматизированного 3D-проектирования соответствуют поставленным критериям, так как Revit, Renga и ModelStudioCS поддерживают формат IFC и развиваются в технологии OpenBIM. Так, Renga позволяет вести совместную одновременную работу над проектом, исключая возможные коллизии или конфликтные ситуации между специалистами при внесении изменений в проект. В Revit также возможна совместная работа, а собрать воедино все модели, планы и документы в единой консолидированной модели помогает BIM360 (Autodesk, зарубежное ПО) [29]. Комплексное решение ModelStudioCS обеспечивает возможность совместной работы проектировщиков различных областей и других специалистов, а информационной системой для реализации технологии OpenBIM выступает CADLib Модель и Архив (разработчик CSoft, российское ПО) [30].

3. *Ландшафтная архитектура (элементы благоустройства и озеленения).*

В этом критерии отражена возможность формирования озелененных зон как внутри здания, так и снаружи, доступные инструменты и BIM-каталоги элементов благоустройства и озеленения.

В целом в библиотеках Revit располагается большое количество семейств, которые могут быть напрямую использованы в разработке устойчивого проекта. Из-за всемирного признания Revit в вопросах проектирования существует большое количество платформ (Revit City [31], bimlib [32], bimobject [33] и др.), на которых в открытом доступе размещают дополнительные семейства. Сравнивая Revit с Renga и ModelStudioCS в данном вопросе, становится очевидно, что BIM-каталоги Renga и ModelStudioCS ограничены

существующими моделями благоустройства и озеленения и нуждаются в пополнении.

4. Энергетическое моделирование зданий.

Под энергетическим моделированием зданий понимается возможность создания аналитической модели энергопотребления, на основе которой возможно произвести системный анализ и оптимизировать потери тепла. Такое моделирование обеспечивает проектирование пассивных зданий и объектов с пониженным потреблением энергии.

Renga и ModelStudioCS не предоставляют таких возможностей для пользователей, в то время как в Revit предусмотрена поддержка энергетического моделирования (рис. 2) через облачный сервис Autodesk Insight. Оптимизация энергопотребления осуществляется за счет определения географического положения объекта и задания параметров, используемых для создания аналитической модели энергопотребления.

5. Моделирование освещения.

В данный критерий входит поддержка проектирования систем освещения и осветительных установок (ОУ), моделирование кривой силы света (КСС), моделирование траектории Солнца (рис. 3), расчет средней предполагаемой освещенности и визуализация искусственного и естественного освещения. Перечисленные возможности важны для решения светотехнических задач по повышению эффективности использования электроэнергии и ее экономии.

Revit широко поддерживает проектирование систем освещения, создание расчета инсоля-



Рис. 2. Аналитическая модель энергопотребления в облачном сервисе Autodesk Insight (шаблон Revit)

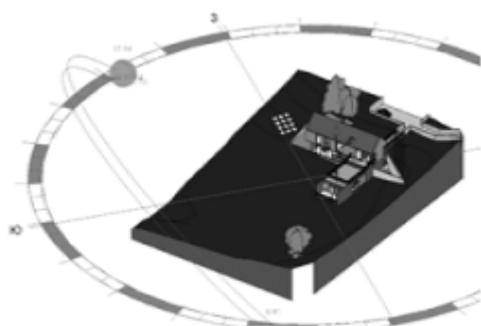


Рис. 3. Моделирование солнечной радиации в Revit (шаблон Revit)

ции и дает возможность визуализации освещения. Большим преимуществом к использованию Revit является гибкая среда визуального программирования Dynamo, которая обеспечивает мощные дополнительные возможности для BIM. Так, контекстное программирование, в частности, помогает в вопросах моделирования освещения.

Renga и ModelStudioCS поддерживают моделирование элементов освещения и включают в себя ограниченный функционал возможностей.

6. Акустическое моделирование.

Акустическое моделирование в контексте устойчивого проектирования является еще одним важным критерием. Уровень шумового загрязнения в основном создается плотным дорожным движением или железнодорожным сообщением, что следует учитывать при проектировании объектов в городской среде.

Тем не менее выбранные средства автоматизированного проектирования Revit, Renga и ModelStudioCS не поддерживают акустического моделирования. Для решения данной задачи для Revit существует сторонний плагин Werner & Balci's EXNO [34].

7. Анализ выбросов CO²

Системы автоматизированного проектирования могут позволить отслеживать выбросы углекислого газа в атмосферу, проводить комплексный анализ и способствовать оптимизации выбросов CO². Информационная составляющая BIM модели может включать в себя параметр, который будет содержать значения по вредным выбросам в атмосферу.

Представленный подход может расширить функционал Revit, Renga и ModelStudioCS в будущем, но на данный момент они не поддерживают практических моделей анализа выбросов CO² от разрабатываемого объекта строительства, за исключением дополнительного плагина Carbo Life Calculator [35] для Revit.

8. Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов.

Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов во многом определяет проектные и инженерные решения, а с точки зрения устойчивого строительства обеспечивает минимизацию потери тепла, рассеивание вредных выбросов CO², продуманное расположение пешеходных зон, моделирование образования снеготаносов и др.

Revit, Renga и ModelStudioCS не предоставляют возможности к аэродинамическому моделированию зданий. Отдельным продуктом Autodesk для аэродинамического моделирования зданий может служить Autodesk Simulation CFD (Autodesk, зарубежное ПО) [36], в котором возможно воссоздать точную картину воздуш-

ных потоков для решения задач устойчивого проектирования.

9. Анализ жизненного цикла.

Все вышеуказанные критерии образуют один общий – это анализ жизненного цикла здания, который помогает сформировать комплексную оценку экологической эффективности проекта. Произведение анализа полного жизненного цикла здания ведет к разработке более устойчивой продукции строительства.

Revit, Renga и ModelStudioCS не поддерживают такой анализ. Для решения данной задачи существует плагин Tally Project Life Cycle

Assessment [37] и программное обеспечение One Click LCA (One Click LCA Ltd., зарубежное ПО) [38], которые используют информацию из модели Revit.

В результате анализа по 9 критериям становится очевидно, что конкурентным преимуществом Revit в вопросах устойчивого проектирования является поддержка энергетического моделирования зданий, моделирование освещения, существующие плагины для ситуационного использования и визуальное программирование Dynamo, которое не требует знания определенного языка программирования.

Сравнительный анализ возможностей программного обеспечения

Программа	Revit	Renga	ModelStudioCS
Производитель	Autodesk (зарубежное ПО)	АСКОН (российское ПО)	Csoft (российское ПО)
1. Самодостаточность ПО	Независимая программа	Независимая программа	Работает только на графической платформе nanoCAD или AutoCAD
2. OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC	Поддерживает OpenBIM и IFC
3. Ландшафтная архитектура	Поддерживает	Ограниченное число семейств, библиотек и платформ	Ограниченное число семейств, библиотек и платформ
4. Энергетическое моделирование зданий	Поддерживает	Отсутствует	Отсутствует
5. Моделирование освещения	Поддерживает	Поддерживает моделирование элементов освещения, ограниченный функционал	Поддерживает моделирование элементов освещения, ограниченный функционал
6. Акустическое моделирование	Отсутствует, существует плагин Werner & Balci's EXNO	Отсутствует	Отсутствует
7. Анализ выбросов CO ²	Отсутствует, существует плагин Carbo Life Calculator	Отсутствует	Отсутствует
8. Аэродинамическое моделирование зданий и кварталов	Отсутствует, существует отдельное ПО Autodesk Simulation CFD	Отсутствует	Отсутствует
9. Анализ жизненного цикла	Отсутствует, существуют дополнительные плагины Tally Project Life Cycle Assessment, One Click LCA	Отсутствует	Отсутствует
Оценка готовности	7/9	3/9	2.5/9

Результаты и выводы

Процесс адаптации устойчивого строительства в России находится на ранней опытной стадии внедрения. Важной датой для перехода от обычного строительства к устойчивому является 1 ноября 2022 г., так как вступил в действие национальный «зеленый стандарт» на многоквартирные жилые здания. Опытный период адаптации будет подвергаться изменениям в силу региональных особенностей и возможностей российских программных комплексов к решению задач устойчивого проектирования. Результаты проведенного сравнительного анализа ПО показывают низкую готовность российских программ автоматизированного проектирования Renga и ModelStudioCS к решению задач устойчивого развития в строительстве, но стоит отметить, что сам процесс автоматизированного проектирования ведет к разработке более устойчивых проектов, что обеспечено совместной работой специалистов в режиме реального времени и сведением до минимума возможных проектных ошибок.

В России постепенно происходит формирование собственной продукции устойчивого строительства. Актуальность данной темы поддерживается на федеральном уровне.

Перспективными предметами дальнейших исследований являются особенности внедрения экологического проектирования в отдельных субъектах РФ, уровень подготовки инженерно-профессиональных кадров к решению вопросов устойчивого проектирования, спрос на готовые решения для задач устойчивого проектирования на российском рынке ПО, готовность строительных компаний к бережливому строительству (Lean Construction) и ведение цифрового двойника здания на протяжении всего жизненного цикла. Данные исследования способствуют формированию «зеленого» подхода в строительной сфере в России, что положительно скажется на уровне жизни граждан и экологии страны.

Актуализация возможностей российских программных комплексов и разработка дополнительных плагинов для анализа энергетической эффективности зданий, освещения, акустики и выбросов CO₂ в Renga и ModelStudioCS на основании российских норм будут способствовать дальнейшей адаптации концепции устойчивого проектирования в России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фонд Организации Объединенных Наций в области народонаселения [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.unfpa.org/8billion> (дата обращения: 02.12.2022).
2. Data Commons [Электронный ресурс] Режим доступа: https://datacommons.org/place/Earth?utm_medium=explore&mpop=count&popt=Person&hl=ru (дата обращения: 02.12.2022).
3. Шульц А.С. Экологические подходы к проектированию устойчивой городской среды // Архитектура и современные информационные технологии. 2021. № 1(54). С. 227–235. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235.
4. Carbonbrief [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.carbonbrief.org/> (дата обращения: 02.12.2022).
5. Иовлев В.И. Экологические основы формирования архитектурного пространства (на примере Урала): автореф. ... дис. д. арх. М.: МАрХИ, 2008. 48 с.
6. Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_07.25.19_current.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
7. Метод экологической оценки эффективности зданий [Электронный ресурс] Режим доступа: https://files.bregroup.com/breeam/technicalmanuals/BREEAM_INC-Manual-English.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
8. Низамиева Э.Р. Подготовка российских специалистов к применению «зеленых» стандартов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 77–85. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85.
9. ГОСТ Р 54964–2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095015> (дата обращения: 02.12.2022).
10. Практические рекомендации по снижению энергоёмкости и повышению экологичности объектов гражданского строительства, GREEN ZOOM «Новое строительство» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://greenzoom.ru/upload/green-zoom_book1v2_web.pdf (дата обращения: 02.12.2022).
11. ПНСТ 352–2019. «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732488.pdf> (дата обращения: 02.12.2022).
12. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Сухинина Е.А. Межгосударственные «зеленые» стандарты для формирования экологически безопасной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 4. С. 438–462. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.4.438-462.
13. Теличенко В.И. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 4 (103). С. 364–372. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.364-372.
14. Теличенко В.И., Бенуж А.А. Состояние и развитие системы технического регулирования в области зеленых технологий // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 1. С. 118–121.
15. ГОСТ Р 70346–2022. Национальный стандарт Российской Федерации «Зеленые» стандарты здания

многоквартирные жилые «зеленые». Методика оценки и критерии проектирования, строительства и эксплуатации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (дата обращения: 02.12.2022).

16. АО «Дом.рф» – финансовый институт развития в жилищной сфере России [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/> (дата обращения: 02.12.2022).

17. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (дата обращения: 02.12.2022).

18. Якович О.Н., Хохлова А.С. Внедрение экологии в строительство: сравнение зарубежного опыта и отечественного // Системные технологии. 2021. № 38. С. 71–76.

19. Силка Д.Н., Коконова А.А. Анализ и особенности применения стандартов энергоэффективного экологического строительства в российских условиях // Вестник Евразийской науки. 2019. Т.11. № 1. С. 1–7.

20. Дуничкин И.В., Ковалева А.С., Ташлыкова Ю.А. Подходы к оценке энергопотенциала возобновляемых источников энергии на территории России // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2018. Т. 1. Вып. 1. С. 15–27. DOI: 10.32464/2618-8716-2018-1-1-15-27.

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/133174> (дата обращения: 02.12.2022).

22. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 2010, № 1(10) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/kozlov/abstract.php> (дата обращения: 02.12.2022).

23. Юшкин И.И., Аламиди Ш.Г.Х., Сташевская Н.А. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. Т. 18. № 2. С. 172–181. DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181.

24. Revit (Autodesk) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата обращения: 02.12.2022).

25. Renga (АСКОН) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1301/review> (дата обращения: 02.12.2022).

26. ModelStudioCS (CSoft) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.csoft.ru/soft/mscad/mscad-cs.html> (дата обращения: 02.12.2022).

27. NanoCad [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.nanocad.ru> (дата обращения: 02.12.2022).

28. AutoCad [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com> (дата обращения: 02.12.2022).

29. BIM360 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/bim-360> (дата обращения: 02.12.2022).

30. CADLib Модель и Архив [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.mscad.ru/programs/cadlib-model-archive> (дата обращения: 02.12.2022).

31. Revit City [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.revitcity.com/index.php> (дата обращения: 02.12.2022).

32. Bimlib [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bimlib.pro> (дата обращения: 02.12.2022).

33. Bimobject [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.bimobject.com/ru> (дата обращения: 02.12.2022).

34. Werner & Balci's EXNO [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://apps.autodesk.com/en/Publisher/PublisherHomepage?ID=BAQHRK2K498W> (дата обращения: 02.12.2022).

35. Carbo Life Calculator [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5134144936403749174&appLang=en&os=Win64> (дата обращения: 02.12.2022).

36. Autodesk Simulation CFD [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview> (дата обращения: 02.12.2022).

37. Tally Project Life Cycle Assessment [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://choosetally.com> (дата обращения: 02.12.2022).

38. One Click LCA [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.oneclicklca.com> (дата обращения: 02.12.2022).

REFERENCES

1. United Nations Population Fund. Available at: <https://www.unfpa.org/8billion> (accessed 2 December 2022).

2. Data Commons. Available at: https://datacommons.org/place/Earth?utm_medium=explore&mprop=count&popt=Person&hl=ru (accessed 2 December 2022).

3. Schulz A.S. Ecological approaches in sustainable urban planning. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Modern Information Technologies], 2021, no. 54. pp. 227–235. (in Russian) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-227-235

4. Carbonbrief. Available at: <https://www.carbonbrief.org/> (accessed 2 December 2022).

5. Iovlev V.I. *Ekologicheskie osnovy formirovaniya arhitekturnogo prostranstva (na primere Urala)* Dokt, Diss

[Ecological foundations for the formation of architectural space (on the example of the Urals), Doct. Diss]. Moscow. MARHI, 2008. 48 p.

6. Leadership in Energy and Environmental Design. Available at: https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_07.25.19_current.pdf (accessed 2 December 2022).

7. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Available at: https://files.bregroup.com/breeam/technicalmanuals/BREEAM_INC-Manual-English.pdf (accessed 2 December 2022).

8. Nizamieva E.R. Training Russian specialists to apply green standards. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova* [Bulletin of V.G. Shukhova BSTU], 2021, no. 8, pp. 77–85. (in Russian) DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-77-85

9. GOST R 54964-2012. Conformity assessment. Environmental Requirements for Real Estate. (In Russian) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200095015> (accessed 2 December 2022).

10. Practical Recommendations for Reducing Energy Intensity and Improving Environmental Friendliness of Civil Engineering Facilities, GREEN ZOOM “New Construction”. Available at: https://greenzoom.ru/upload/green-zoom_book1v2_web.pdf (accessed 2 December 2022).

11. PNST 352-2019. “Green” standards. Green Life Environment Technologies. (In Russian) Available at: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732488.pdf> (accessed 2 December 2022).

12. Telichenko V.I., Benuzh A.A., Sukhinina E.A. Interstate “green” standards for the formation of an environmentally safe life environment. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2021, Vol. 16, Iss. 4, pp. 438–462. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2021.4.438-462

13. Telichenko V.I. “Green” technologies of the living environment: concepts, terms, standards. *Vestnik MGSU* [MGSU Bulletin], 2017, Vol. 12, Iss. 4(103), pp. 364–372. (in Russian) DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.364-372

14. Telichenko V.I., Benuzh A.A. State and development of the technical regulation system in the field of green technologies. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2016, no. 1, pp. 118–121. (in Russian)

15. GOST R 70346-2022. The national standard of the Russian Federation “Green” building standards are multi-apartment residential “green.” Evaluation Methodology and Design, Construction and Operation Criteria. (In Russian) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200193111> (accessed 2 December 2022).

16. Дом.пф JSC – Financial Institute for Housing Development in Russia. Available at: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/> (accessed 2 December 2022).

17. Fundamentals of the state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by President of the Russian Federation 30.04.2012). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902369004> (accessed 2 December 2022).

18. Yakovchits O.N., Khokhlova A.S. Introduction of ecology in construction: comparison of foreign experience and domestic experience. *Sistemnye tehnologii* [System technologies], 2021, no. 38, pp. 71–76. (in Russian)

19. Silka D.N., Kokonova A.A. Analysis and peculiarities of application of energy-efficient environmental construction standards in Russian conditions. *Vestnik Evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 1–7. (in Russian)

20. Dunichkin I.V., Kovaleva A.S., Tashlykova Yu.A. Approaches to assessing the energy potential of renewable energy sources in Russia. *Silovoe i jenergeticheskoe oborudovanie. Avtonomnye sistemy* [Power and power equipment. Autonomous systems], 2018, Vol. 1, Iss. 1, pp. 15–27. (in Russian) DOI:10.32464/2618-8716-2018-1-15-27

21. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 331 dated 05.03.2021 “On the Establishment of a Case in which the Developer, Technical Customer, the Person Providing or Preparing the Justification for Investments and (or) the Person Responsible for the Operation of the Capital Construction Facility Shall Ensure the Formation and Maintenance of the Information Model of the Capital Construction Facility”. Available at: <http://government.ru/docs/all/133174> (accessed 2 December 2022).

22. Kozlov I.M. Assessment of Economic Efficiency of Implementation of Information Modeling of Buildings. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii* [Architecture and Advanced Information Technology], 2010, no. 1(10). Available at: <https://marhi.ru/AM-IT/2010/1kvar10/kozlov/abstract.php> (accessed 2 December 2022).

23. Yushkin I.I., Alamidi S.G.Kh., Stashevskaya N.A. Problems and advantages of BIM implementation at construction industry enterprises. *Stroitel'naja mehanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij* [Construction mechanics of engineering structures and structures], 2022, Vol.18, no. 2, pp. 172–181. (in Russian) DOI: 10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181

24. Revit (Autodesk). Available at: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (accessed 2 December 2022).

25. Renga (ACKOH). Available at: <https://ascon.ru/products/1301/review> (accessed 2 December 2022).

26. ModelStudioCS (CSoft). Available at: <https://www.csoft.ru/soft/mscad/mscad-cs.html> (accessed 2 December 2022).

27. NanoCad. Available at: <https://www.nanocad.ru> (accessed 2 December 2022).

28. AutoCad. Available at: <https://www.autodesk.com> (accessed 2 December 2022).

29. BIM360. Available at: <https://www.autodesk.com/bim-360> (accessed 2 December 2022).

30. CADLib. Model and Archive. Available at: <https://www.mscad.ru/programs/cadlib-model-archive> (accessed 2 December 2022).

31. Revit City. Available at: <https://www.revitcity.com/index.php> (accessed 2 December 2022).

32. Bimlib. Available at: <https://bimlib.pro> (accessed 2 December 2022).

33. Bimobject. Available at: <https://www.bimobject.com/ru> (accessed 2 December 2022).

34. Werner & Balci's EXNO. Available at: <https://apps.autodesk.com/en/Publisher/PublisherHomepage?ID=BAQHRK2K498W> (accessed 2 December 2022).

35. Carbo Life Calculator. Available at: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=5134144936403749174&appLang=en&os=Win64> (accessed 2 December 2022).

36. Autodesk Simulation CFD. Available at: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview> (accessed 2 December 2022).

37. Tally Project Life Cycle Assessment. Available at: <https://choosetally.com> (accessed 2 December 2022).

38. One Click LCA. Available at: <https://www.oneclicklca.com> (accessed 2 December 2022).

Об авторах:

РЫНКОВСКАЯ Марина Игоревна

кандидат технических наук, доцент
Департамента строительства
Российский университет дружбы народов
Инженерная академия
117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
E-mail: rynkovskaya-mi@rudn.ru

RYNKOVSKAYA Marina I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
of the Civil Engineering Department
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN
University)
Academy of Engineering
117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6
E-mail: rynkovskaya-mi@rudn.ru

ЦУРИН Егор Дмитриевич

студент Департамента строительства
Российский университет дружбы народов
Инженерная академия
117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
E-mail: 1032192619@rudn.ru

TCURIN Egor D.

Student of the Civil Engineering Department
Peoples' Friendship University of Russia (RUDN
University)
Academy of Engineering
117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6
E-mail: 1032192619@rudn.ru

Для цитирования: Рынковская М.И., Цурин Е.Д. Процесс адаптации международных концепций устойчивого строительства в России // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 166–176. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.

For citation: Rynkovskaya M.I., Tcurin E.D. Process of Adapting International Concepts of Sustainable Construction in Russia. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 166–176. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.21.