УСТОЙЧИВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

© И. Ш. Баснукаев, А. З. Абуханов, С. А. Алиев
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Строительство – отрасль материального производства, в которой создаются основные фонды производственного и непроизводственного назначения: готовые к эксплуатации здания, строительные конструкции, сооружения и их комплексы. В данной статье исследуются инновационные технологии и устойчивые строительные материалы, производство которых подразумевает минимальный ущерб экологии и здоровью населения.

Ключевые слова: строительство, строительная отрасль, инновации в строительстве, инновационные технологии, инновационные строительные материалы, устойчивые материалы.

Строительная отрасль отличается от других отраслей экономики определенной консервативностью и инерционностью в части внедрения инноваций, что обуславливается длительным сроком эксплуатации конечной продукции, высоким уровнем ответственности за качество конструкций, а также необходимостью длительных испытаний и стандартизации внедряемых технологий и материалов. Между тем на современном этапе особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий и строительных материалов, которые увеличивают сроки эксплуатации здания, снижают его себестоимость и позволяют минимизировать негативное влияние на природную и городскую среду.

В целом все потенциальные инновации, которые могут быть задействованы в строительстве, можно упрощенно разбить на следующие сегменты (рис. 1).

Наиболее активно инновации развиваются и применяются в малоэтажном и индивидуальном строительстве. Интересными инновационными технологиями возведения частных домов сегодня являются каркасное строительство, сооружение дома из СИП-панелей и панелей из термогран (пеностекла), использование лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), технология несъемной опалубки из пенополистирола и переставной модульной опалубки (ТИСЭ) [2]. Характеристика наиболее значимых инновационных

СФЕРЫ ИННОВАЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ				
Производство строительных материалов	Методы соединения материалов	Технологии строительства	Методы внутренней и внешней отделки	Методы ремонта, восстановления и реставрации
Архитектурные решения	Производительность труда	Эксплуатация готовой постройки	Организационная работа	Проектирование

Рис. 1. Сферы инноваций в строительной отрасли [1]

Таблица 1

Инновационные технологии в строительстве

Технология	Суть инновации	Результат	Кто использует
Полносборное крупнопанельное домостроение нового типа	Принцип конструктора LEGO – комбинирование типовых конструкций для создания различных по структуре сооружений	Скорость строительства достигается за счет минимизации сварочных работ и замены их на неразъемные болтовые соединения, а качество и эстетика конструкций позволяют выйти на уровень бизнес-класса	Концерн «КРОСТ», ГУП «НИИМосстрой» и другие
Монолитно-каркасное строительство	Возведение монолитного бетонного каркаса с использованием съемной опалубки – создание единой, целой конструкции	Высокое качество конечного продукта при облегчении веса здания снижает материалоемкость, уменьшает сроки строительства и затраты на предчистовую отделку	Многие строительные компании
Сочетание сборных заводских конструкций с монолитным домостроением	Использование стеновых панелей и других заводских заготовок, опираясь на монолитный каркас	Обеспечение более высокого качества (по сравнению с панельным домостроением) и скорости строительства при снижении затрат (по сравнению с чисто монолитным)	ФСК «Лидер» и другие
Панельно-каркасная технология (сборно-щитовые дома)	В основе конструкции – деревянный каркас, на который крепятся панели, состоящие из OSB-плит с утеплителем и влаго-, парозащитными мембранами	Не всегда менее затратный, но всегда более быстрый и энергоэффективный способ строительства, позволяющий возводить разнообразные и качественные конструкции	Многие строительные компании
Домокомплекты для строительства малоэтажных жилых домов	Полный набор материалов и комплектующих для строительства индивидуальных и многоквартирных жилых домов «под ключ»	Возможность экономичного строительства капитальных жилых домов с хорошей энергоэффективностью в кратчайшие сроки	Ассоциация «ГринСтрой» и другие
Технология ЛСТК (легких стальных тонкостенных конструкций)	Стальной несущий каркас с готовыми стеновыми, перегородочными, кровельными и прочими элементами	Высокоскоростное строительство типовых домов «эконом» и «бизнес» класса с малым удельным весом и термосберегающими свойствами	«Арсенал СТ», ГК «БелДомоКомплект», «Меттэм-ЛСК» и многие другие
Несъемная опалубка	Заливка бетона (пенобетона, пенополистиролбетона) в армированную несъемную опалубку из полистирола или древесины	Экономичность строительства за счет снижения количества и стоимости материалов, высокая прочность и сейсмоустойчивость конструкций, высокие темпы строительства.	Многие предприятия

технологий в строительстве представлена в таблице 1.

Помимо технологий возведения каркаса и несущих стен, стоит упомянуть наличие инноваций и в отдельных элементах сооружений. Так, безусловно инновационными считаются методы создания инверсионных кровель, выведение коммуникаций в межэтажное пространство, бесшовные методы отделки фасадов и многое другое.

Достоинствами перечисленных инновационных технологий возведения домов являются низкая себестоимость, высокая скорость и простота установки, легкость в подводе коммуникационных сетей, повышенная тепло- и шумоизоляция, огнестойкость, устойчивость к влаге и грибку, возможность сочетания с любым из строительных материалов, долговечность, а также абсолютная экологическая безопасность.

Также в строительной отрасли постоянно появляются новые виды строительных материалов – жидкое дерево, клинкер, теплостен, пеноплекс, линохром, жидкая резина, резиновая черепица и др. В изготовлении строительных материалов находят применение инновационные нанотехнологии. Так, нанодисперсная арматура используется при изготовлении пенобетона. Углеродные нанотрубы применяют

ся при изготовлении цементных пенобетонов, повышает их технические характеристики, улучшает теплофизические свойства. При этом использование нанотехнологий позволяет снизить расход цемента и теплопроводность при неизменной прочности бетона.

Традиционно в строительстве уделяется незначительное внимание экологическим свойствам материалов, приоритет имеют такие факторы, как эксплуатационные свойства, безопасность, эстетика и стоимость. Между тем используемые строительные материалы воздействуют на окружающую среду и здоровье населения во время всего жизненного цикла здания, что требует особого внимания в условиях перехода к стандартам зеленой экономики. Указанные стандарты предполагают сбалансированное сочетание экономического развития, социального прогресса и ответственности за окружающую среду. Строительные материалы, соответствующие принципам защиты экологии и устойчивого развития, получили название устойчивых материалов.

Устойчивые строительные материалы определяются своими основными свойствами: они не истощают природные ресурсы и не оказывают негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека. Устойчивые материалы должны изготавливаться с использова-

нием современных экологических технологий, быть долговечными и пригодными к переработке. Такие материалы должны сохранять свои свойства на протяжении всего жизненного цикла. В перспективе устойчивые материалы могут иметь более низкую экологическую стоимость, чем природные материалы.

Значимыми признаками устойчивых материалов являются ресурсоэффективность и энергоэффективность. Под ресурсоэффективностью понимают использование ограниченных ресурсов самым эффективным способом, позволяющим не ограничивать экономический рост общества. На современном этапе определенные ресурсы становятся редкими и исчезающими, они могут быть заменены возобновляемыми или более массовыми материалами. Экологичные строительные материалы разрабатываются с условием их повышенной прочности, долговечности и невысоких эксплуатационных расходов. Они создаются с учетом их повторного использования или возможности переработки, что является принципиально важным с точки зрения экономии энергии и сохранения природных ресурсов.

Энергоэффективность – параметр, актуальный для изготовления любых материалов, но именно экологичные материалы могут быть лидером в этом вопросе. При производстве строительных материалов использование энергии происходит при регенерации исходного сырья и зависит от применяемых технологий, источников энергии и параметров производственного процесса. Энергия используется не только для производства материалов, но и в процессе их эксплуатации. При производстве экологичных материалов применяются инновационные технологии, которые позволяют оценивать характер энергозатрат при изготовлении и эксплуатации и улучшать производственные процессы, чтобы минимизировать потребление энергии.

Современные исследования подтверждают, что строительные материалы влияют на качество воздуха в помещениях. Например, выделяющийся из деревосодержащих материалов формальдегид негативно влияет на здоровье и производительность труда человека. Вредные для здоровья материалы могут нега-

тивно воздействовать на человека на протяжении всего срока эксплуатации здания, они окажут негативное воздействие на окружающую среду в процессе эксплуатации и последующей утилизации. Таким образом, экологичные строительные материалы позволяют устранить негативные последствия на окружающую среду и здоровье человека, при их производстве, эксплуатации и утилизации можно добиться экономии энергии и ресурсов. Также это материалы, которые подлежат последующей переработке.

Европейская комиссия в 2003 году разработала экологическую декларацию продукции (EPD), в которой указывается степень воздействия строительных материалов на окружающую среду в ходе всего заявленного срока их эксплуатации. Анализ жизненного цикла материалов позволяет использовать новые технологические решения, снизить негативное воздействие и повысить добавленную стоимость продукта.

Важнейшей технологией, способствующей продвижению экологических материалов в сфере строительства, является BIM – информационная модель зданий и сооружений. Технология состоит в виртуальном построении объекта до начала его физического строительства, при этом учитываются все этапы возведения и эксплуатации здания, вплоть до его реконструкции или сноса. BIM позволяет полностью контролировать проектирование объекта, при добавлении или удалении элементов виртуальная модель пересчитывается с учетом внесенных изменений.

Технология BIM имеет очевидные преимущества:

- отслеживание ошибок уже на стадии проектирования;
- возможность пользоваться моделью субподрядчиками, которые могут проверять соответствие технологий и материалов выбранному проекту;
- расчет полной сметы строительства;
- проверка рисков будущего объекта;
- быстрый пересчет параметров при внесении изменений в проект;
- контроль всех стадий строительства и эксплуатации объекта.

При использовании BIM архитекторы и дизайнеры имеют возможность проанализировать использование экологических материалов и выявить возможные экологические проблемы будущего здания. В целом новая технология способствует адаптации безопасных материалов к требованиям, предъявляемым в сфере современного строительства.

В современном строительстве традиционные материалы приобретают новое значение при использовании инновационных технологий. Дерево – один из наиболее экологических материалов, веками применяемое для малоэтажного строительства, благодаря современным технологиям получает новые характеристики прочности и долговечности. Популярность получила скандинавская технология возведения домов из дерева, в России воплощается идея создания купольных деревянных домов, в которых быстровозводимая конструкция держит нагрузку за счет стыков со специальным замком.

Австрийская компания Naturi создала технологию вертикальной укладки бруса, обеспечивающую отличную термоизоляцию и решающую проблему с усадкой. На основе этой технологии российская компания TWIN BEAM создала многослойный брус, обладающий отличной теплоизоляцией и также решающий проблему усадки деревянного дома. В многоэтажном строительстве применяется CLT-технология, основанная на создании панелей, склеенных из разнонаправленных слоев дерева. Используя эту технологию, можно возводить деревянные здания высотой до 30 метров.

Особенную популярность среди современных строительных материалов приобрел бетон, в отношении которого используется множество технологий. Добавив в бетон ракушечный материал, удалось получить эластичный и одновременно сверхпрочный материал, применяемый для строительства зданий в сейсмических зонах. Канадская CarbonCure Technologies создала уникальную технологию использования создаваемых большими предприятиями выбросов углекислого газа при производстве бетона. Технология основана на связывании диоксида углерода в процессе изготовления бетонных блоков. Технология,

созданная в Университете Суинберн, также основана на экологичном подходе к созданию строительных материалов. Добавив в бетон летучую золу, являющуюся отходом промышленного производства, удалось получить новый материал, имеющий повышенную прочность при высоких показателях гибкости.

Кирпич также стал объектом внимания разработчиков новых экологических материалов. Последнее время широкое применение в жилом и промышленном строительстве малоэтажных и многоэтажных зданий получил керамический блок. При заполнении керамическими блоками каркасных конструкций этажность здания практически не ограничена. Теплая керамика является отличным современным вариантом как для возведения несущих стен, так и межкомнатных перегородок. Отличительной особенностью теплой керамики является система паз-гребень, которая минимизирует количество мостиков холода через вертикальные швы кладки и снижает расходы на раствор. Наиболее эффективной разработкой стали кирпичи Cool Brick, созданные с использованием 3D-печати. Кирпичи Cool Brick имеют собственную систему охлаждения, реализованную за счет придания материалу повышенной пористости. После наполнения кирпича водой воздушный поток проходит сквозь поры и при испарении охлаждает материал. Кирпичи Cool Brick обладают отличной энергоэффективностью при использовании в странах с жарким климатом. Смарт-кирпичи, покрытые специальным полимером, могут использоваться как источники освещения, а разработанные российскими инженерами кирпичи с вертикальными бороздками отражают свет и при разном угле освещения меняют свой цвет. Такие кирпичи не только обладают оригинальным внешним видом, но и имеют высокие эксплуатационные качества.

Одним из самых экологических и теплых строительных материалов признан торфоблок, который может применяться при возведении жилых высотных зданий. Он имеет хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики, позволяет обеспечивать высокую энергоэффективность строения. Значительное распространение постепенно получает микроцемент, который изготавливается на основе цемента с

добавлением полимеров, а также различных по составу и свойствам красителей. Микроцемент отличается простотой в производстве и эксплуатации, при этом он практически водонепроницаем. Стекломагнезитовый лист – универсальный материал для отделки стен, пола и потолков, созданный на основе оксида магния, хлорида магния, перлита и стекловолокна. Технология изготовления и состав придают ему гибкость, прочность, огнеупорность и влагостойкость. За счет армирующей стеклотканной сетки материал может гнуться с радиусом кривизны до 3 м. Это позволяет применять его на неровных поверхностях и снижает возможность перелома листа при монтаже и переносе. Благодаря своей влагостойкости стекломагнезитовый лист используется в помещениях с повышенной влажностью.

Наряду с усовершенствованием традиционных материалов появляются уникальные технологии, в которых соединяются свойства материалов и инновационный подход. Голландская компания Aectual представила полы из биопластика, напечатанные на промышленных 3D-принтерах. Для создания биопластика используются переработанные растения, при этом экологически чистый материал производится без возникновения отходов. Это устойчивый материал, адаптированный к укладке в любых помещениях и допускающий нанесение рисунка. Польская компания Zieta создала технологию производства различного рода объектов из гидроформированного металла. Это так называемый «надувной металл»: между сваренными металлическими листами под давлением заливается жидкость, придающая изделию «надутую» форму. Компания уже представила на рынке коллекцию предметов мебели, в настоящее время идет процесс внедрения новой технологии для создания элементов фасадов зданий. Новый материал подлежит полной переработке.

Сетчатые бетонные панели, разработанные французской компанией Butong, производятся методом прессовки литого вещества между двумя матрицами форм с экструдированными ячейками. В результате получается панель, состоящая из двух сетчатых структур и заполняемая бетоном или стеклом. Также она может оставаться полой – все зависит от условий

применения. В таких панелях используется на 80% меньше бетона по сравнению с традиционными твердыми бетонными панелями, при этом новый материал не уступает по сопротивлению. Панели компании Butong уже применяются в возведении зданий, они востребованы при создании внешней и внутренней отделки.

Это материал для внутренней отделки, полностью созданный в рамках биологического замкнутого цикла: его производство, эксплуатация и утилизация не представляют никакой опасности для окружающей среды. Новейший материал – эковата, которая представляет собой целлюлозный утеплитель, на 81% состоящий из вторично переработанных материалов. Достоинства эковаты: экономичность, биостойкость (эковата исключает появление грибка, плесени, грызунов и насекомых), экологичность (не содержит и не выделяет в процессе эксплуатации веществ, вредных для здоровья). Архитекторы также обратили внимание на акустические панели Indigo, разработанные немецким архитектурным бюро Studio Flaeet. Панели обеспечивают отличную звукоизоляцию помещений, они изготовлены из органических волокон бананов и шелковицы и окрашены экстрактом индиго.

Экологические характеристики строительных материалов принято оценивать в соответствии с требованиями международного стандарта EcoMaterial по критериям трех категорий:

А – санитарно-гигиенический аспект (оценка воздействия строительных материалов на состояние здоровья людей на основании результатов лабораторных исследований, физико-химических измерений и токсикологических экспертиз);

В – воздействие материала на окружающую среду (оценка комплекса характеристик на всех этапах жизненного цикла строительных материалов от производства до утилизации);

С – ответственность производителя (оценка экологической политики строительной корпорации, использования зеленых технологий, участия в экологических проектах) [3].

Российская строительная отрасль существенно отстает от мировых лидеров как в практике внедрения инновационных техно-

логий, так и в разработке устойчивых, безопасных и энергоэффективных материалов. Необходимость комплексной трансформации строительной отрасли как значимого сегмента национальной экономики в условиях глобального энергетического перехода требует принятия следующих мер по стимулированию инновационной активности в данной сфере:

- внедрение ESG-инвестирования, то есть модели финансовой поддержки строительных корпораций, которые ведут бизнес на принципах экологичности, социальной ответственности и высокого качества корпоративного управления;

- развитие «зеленых технологий», которые обеспечивают более рациональное использование природных ресурсов, наращивают природный капитал, используют в качестве основы альтернативную энергетику и способствуют повышению качества жизни людей;

- повсеместное внедрение корпоративной социальной ответственности как ресурсной базы глобального энергоперехода.

Реализация указанных мероприятий будет способствовать активизации инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Оборин М. С.* Инновации как фактор развития строительства / М. С. Оборин // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 1 (74). С. 56-63.
2. *Шаповалова А. И.* Малоэтажное строительство: разумный подход к внедрению инноваций // Научно-практические исследования. 2020. № 1-3 (24). С. 265-270.
3. Экологически чистые и безопасные строительные материалы // Строительный эксперт. URL: <https://ardexpert.ru/> (дата обращения: 27.09.2021).

SUSTAINABLE MATERIALS AND INNOVATIONS IN CONSTRUCTION

© I. Sh. Basnukaev, A. Z. Abukhanov, S. A. Aliev

GSOTU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

Construction is a branch of material production in which fixed assets of industrial and non-industrial purposes are created: ready-to-use buildings, building structures, structures and their complexes. This article examines innovative technologies and sustainable building materials, the production of which implies minimal damage to the environment and public health.

Keywords: construction, construction industry, innovations in construction, innovative technologies, innovative building materials, sustainable materials.

REFERENCES

1. *Oborin, M. S.* (2020) 'Innovatsii kak faktor razvitiya stroitel'stva'. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*. [Innovations as a factor of construction development. Economics of construction and environmental management]. № 1 (74). P. 56-63.
2. *Shapovalova, A. I.* (2020) 'Maloetazhnoe stroitel'stvo: razumnyi podkhod k vnedreniyu innovatsii'. *Nauchno-prakticheskie issledovaniya*. [Low-rise construction: a reasonable approach to innovation. Scientific and practical research]. № 1-3 (24). Pp. 265-270.
3. *Ekologicheski chistye i bezopasnye stroitel'nye materialy. Stroitel'nyi ekspert*. [Environmentally friendly and safe building materials. Construction Expert]. Available at: <https://ardexpert.ru/> (accessed: 27.09.2021).