

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2022, Том 9, № 4 / 2022, Vol 9, No 4 <https://resources.today/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/25ECOR422.pdf>

DOI: 10.15862/25ECOR422 (<https://doi.org/10.15862/25ECOR422>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гасанов, Т. А. Перспективы и актуальные тенденции использования деревянных конструкций в устойчивом развитии городов / Т. А. Гасанов, А. У.-Б. Пошев, О. А. Казиханов, С. А. Парчиев, С. Татриев // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/25ECOR422.pdf> DOI: 10.15862/25ECOR422

For citation:

Hasanov T.A., Poshev A.U.-B., Kazikhanov O.A., Parchiev S.A., Tatriev S. Perspectives and current trends in the use of wooden structures in sustainable urban development. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2022; 9(4): 25ECOR422. Available at: <https://resources.today/PDF/25ECOR422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/25ECOR422

УДК 624.011.1; 502.504

Гасанов Тимур Абдулмажидович

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Махачкала, Россия
Аспирант кафедры «Строительных конструкций и гидротехнических сооружений»
E-mail: timur.gasanov96@mail.ru

Пошев Азраиль Умар-Бекович

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: azrail.poshev@mail.ru

Казиханов Осман Арсаналиевич

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Махачкала, Россия
Аспирант кафедры «Строительных конструкций и гидротехнических сооружений»
E-mail: kazikhanov.osman@mail.ru

Парчиев Сулейман Ахмедович

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: 06suleym@mail.ru

Татриев Султангири

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: Statриев@gmail.com

Перспективы и актуальные тенденции использования деревянных конструкций в устойчивом развитии городов

Аннотация. При проектировании концепций новых кварталов, районов, городов и реконструкции существующих строительных объектов, одной из основных задач перед сферой градостроительства является формирование комфортной городской среды для проживания, отдыха и работы населения. В условиях плотной застройки многоэтажными и высотными зданиями, наиболее рациональным и инновационным решением по повышению экологичности городской среды становится внедрение принципов устойчивого развития с применением энергосберегающих технологий, природных строительных материалов и инновационных

конструкций. В данной статье рассмотрены состояние, тенденции и проблемы развития деревянных конструкций на примере панелей из перекрестно-слоистой древесины, способствующих снижению негативного влияния строительного сектора на окружающую среду в городских условиях и плотной застройки. Указаны основные причины повышения интереса к строительству многоквартирных деревянных домов. Дано описание характеристик и уникальных свойств, как самой древесины, так и панелей. Приводятся преимущества, которые открывает инновационная система «зеленого» строительства с использованием панелей из перекрестно-слоистой древесины. Авторами представлен анализ конкурентоспособности клееных панелей из древесины, по сравнению с традиционными строительными материалами таких, как бетон, камень и металл. Раскрываются опыт внедрения инновационных и устойчивых строительных систем в зарубежных странах, перспективы и проблемы дальнейшего развития деревянного домостроения в российской строительной отрасли, а также приоритеты и методы для выхода на рынок отечественных производителей клееных панелей, которые позволят обеспечить дополнительные объемы потребления клееной древесины и массового возведение жилых комплексов. Сформулированы дальнейшие направления исследований проблем развития деревянных конструкций.

Ключевые слова: строительство; деревянные конструкции; устойчивое развитие; экология; клееные панели из древесины

Основным критерием экологичности строительной продукции всеобщее принято считать структуру взаимосвязанных процессов, которые учитывают показатель ресурсосбережения на протяжении всего жизненного цикла объекта — от проектирования и до его утилизации, а также позволяют минимизировать отрицательную нагрузку на окружающую среду. Для достижения оптимального уровня экологичности, при проектировании, строительстве и производстве строительной продукции могут применяться вторично переработанные материалы, внедрять меры по: оптимизации расхода энергии и воды, уменьшения шумового и светового загрязнения, минимизации загрязняющих выбросов [1–2].

Экологизация строительных процессов будет способствовать улучшению уровня жизни граждан и условий их трудовой деятельности. Преимуществом объектов с низким уровнем энергопотребления является значительная экономия средств в течении всего жизненного цикла для владельцев «зеленых» зданий [3–4]. Следовательно, проектирование, строительство и производство с внедрением «зеленых» технологий имеет социальное и экономическое значение.

Данная исследовательская работа направлена на анализ и изучение опыта развития деревянных конструкций и строительных технологий, способствующих снижению негативного влияния строительного сектора на окружающую среду в городских условиях и плотной застройки. Рассмотрены инновационные инженерные системы и технологии применения древесины, позволяющие возведение жилых зданий и кварталов с высокой функциональностью и эстетической привлекательностью, а также способствовать улучшению экологической ситуации в быстро растущих городах за счет уникальных свойств деревянных изделий и конструкций.

Традиционную модель строительства жилых, общественных и промышленных объектов в России на сегодняшний день нельзя отнести к модели «зеленого» строительства. Об этом свидетельствуют статистические данные по количеству потребляемой энергии, земельных ресурсов, воды и материалов, выбросов парниковых газов и накапливающихся отходов [4]. Анализ данных позволил выявить неэффективность и нарастающий темп потребления сырья.

Обороту сырья в городской системе уделяется еще не столь значимое внимание, которое необходимо для выстраивания системной переработки городских отходов [5].

Изучив существующие методы строительства зданий и затрачиваемое при этом количество энергии, вырабатываемой посредством невозобновляемых источников сырья [5; 6], то задача по сокращению потребления материальных ресурсов при строительстве объектов становится более приоритетной, чем задача по вторичной переработке уже накопившихся строительных материалов, которое является только последствием неэффективного потребления материальных ресурсов.

Само определение «отходы», то есть сырья пригодного для вторичной переработки, обычно предполагает, что материалы пройдя свой жизненный цикл до стадии утилизации больше не представляют никакой ценности для строительного сектора и единственным решением является вывоз этих «отходов» на полигоны для захоронения. Такие методы строительства не соответствуют принципам устойчивости и основаны на неактуальных, эксплуатационных технологиях.

Однако внедрение регенеративных технологий в стройиндустрию позволяет за счет повторного применения строительных материалов и конструкций снизить объемы накапливающихся отходов, а также перерабатывать и реконструировать объекты в масштабах целого квартала или района, которые частично или полностью утратили свои эксплуатационные характеристики.

Научные исследования, направленные на модернизацию и реконструкцию, существующих зданий и кварталов будут приобретать все большее значение, так как значительную долю выбросов CO₂ и негативное воздействие на окружающую среду оказывают здания, построенные по традиционной модели [6; 7]. Разработка инновационных низкоуглеродных строительных материалов и технологий строительства позволит строительной промышленности снизить процент содержания углеродного следа в жизненном цикле продукта и минимизировать потребление энергоресурсов.

Древесина, являясь универсальным строительным материалом, благодаря своему разнообразию конструктивных и эстетических свойств, остается в строительной индустрии самым востребованным материалом. По сравнению затрачиваемой энергии, при производстве бетона, стали, керамического кирпича относительно переработки древесины, то все они во многом уступают по экологичности технологических процессов и выбросам углекислого газа CO₂ в атмосферу [8–10]. Также преимуществом перед другими видами строительных материалов является то, что древесина — это возобновляемый источник ресурсов.

Древесина за счет своих уникальных эксплуатационных свойств и способности накапливать углерод остается незаменимым современным строительным ресурсом. Учитывая специфичные характеристики древесины, перспективы его применения как устойчивого строительного материала находят все большее применение во всех развивающихся странах.

Одним из таких инновационных практик внедрения являются изготовленные инженерные системы панелей из цельной древесины, как CLT — перекрестно-ламинированная древесина [11]. Строительство зданий из таких деревянных панелей позволяет поглощать углерод в городских условиях и накапливать его в течении длительного времени, тем самым оказывая положительное воздействие на окружающую среду. Такие сборные инженерные системы с использованием цельных древесных плит — CLT уже применяются при строительстве жилых многоэтажных зданий в Европе и Северной Америке [12; 13].

Здания, построенные с применением модульных панелей CLT потребляют, относительно бетонных или металлических зданий, минимум на 25 процентов меньше энергии и имеют низкий потенциал глобального потепления (ПГП) [8; 9; 12].

Также группой исследователей¹ установлено, что в течении всего жизненного цикла (добыча, производство/переработка, эксплуатация и утилизация) изделия и здания из древесины потребляют энергии меньше, чем может быть получено из отходов их производства и переработки, то есть являются энергоположительными, что делает древесину самым энергоэффективным материалом.

Инновационные методы строительства жилых зданий с применением панелей CLT перспективны и востребованы в регионах с развитой лесной промышленностью, в том числе и в России. Активное возведение зданий из панелей CLT уже наблюдается в Канаде, Новой Зеландии и Европе [15]. Технология производства древесных плит происходит путем склеивания конструкционным клеем деревянных досок (лиственница, ель, сосна) с чередованием поперечных и продольных слоев в каждом из слоев CLT панели [16].

Однако в России, несмотря на положительный опыт зарубежных проектов¹ и очевидный ряд преимуществ, активного роста строительства объектов по инновационной технологии не наблюдается [17; 18]. Причины, сдерживающие внедрение новых технологий деревянного строительства в неконкурентноспособной стоимости деревянных конструкций по сравнению с бетоном. Стоимость деревянных конструкций возрастает за счет технологической обработки на производстве, а также из-за обязательных противопожарных и антисептических мероприятий.

Несмотря на результаты научных исследований и анализа современных технологий в области инноваций деревянного домостроения [8–10], все же имеют место быть ряд консервативных представлений об ограничениях пространственных особенностей зданий из древесины, в том числе — повышенная гигроскопичность и низкая прочность, вследствие чего закладывается большая толщина стен и небольшие пролеты. Актуальны вопросы пожарной безопасности зданий из деревянных конструкций, в сравнении с бетонными, они считаются менее огнестойкими. Также необоснованным мнением является, что санитарногигиенические свойства клееной древесины опасны для здоровья и выделяют токсичные вещества.

Внедрение CLT-панелей в массовое возведение жилых комплексов на российском рынке строительства еще в самом начале своего развития. Перспективы использования перекрестно-клееных панелей в строительстве зданий и сооружений рациональнее развивать поэтапно методом комбинированного внедрения. Особенностью CLT-панелей является их совместимость с традиционными строительными материалами и малый вес. Такие уникальные свойства дают преимущество этим конструкциям, при реконструкции старого жилого фонда и реставрации объектов культурного наследия, где нагрузки на опоры ограничены. Можно предположить, что для производителей клееной древесины поддерживающей силой для выхода на массовый рынок является участие в государственной программе строительства жилых кварталов для расселения ветхого и аварийного жилья, тем самым увеличив за счет государственных заказов объемы выпускаемой продукции [19].

Внедрение системы CLT-панелей в строительство позволяет сократить время возведения здания на 50 процентов относительно традиционных методов. Такие результаты обоснованы возможностью совмещения с цифровым форматом проектирования жилых зданий из сборных панелей, а также методами резки высокой точности на производстве, позволяющая ускорить процесс сборки стен, элементов крыши и дверей непосредственно на самом объекте строительства. Компьютеризированная технология CAD и CNC обеспечивает идеальную точность и позволяет проектировщикам зданий напрямую взаимодействовать с производством,

¹ Woodsloutions. New ECO2 module. Available at: <https://www.woodsolutions.com.au/Blog/AccuRate-ECO2-module> Accessed 10.11.11. — 2011.

что способствует развитию более устойчивых жилых зданий, снижая количество отходов и общую стоимость строительства [11; 15].



Рисунок 1. Сборные поперечно-ламинированные панели. Панели CLT могут быть размером до 16х3.2 м. Тепловые свойства панелей CLT зависят от используемой древесины; плотность обычно составляет около 500 кг/м³ и имеет значение теплопроводности 0.13 Вт/Мк [11]

Исследования практического применения временных конструкций на строительных объектах в Новой Зеландии также выявили, что по окончании срока службы здания, есть возможность применения несущих деревянных панелей повторно, при возведении новых объектов [20].

Аналогичные системы и конструкции из древесины способны положительно влиять на окружающую среду в городах посредством усовершенствования технологии обработки древесины, которая предлагает более экологичные методы строительства. Это позволит строительному сектору преобразовать подход ко всему жизненному циклу здания (проектирование, строительство, эксплуатация и утилизация).

Правительства стран с развитой промышленностью также разрабатывает меры поддержки для производителей строительной продукции по исследованию и разработке высокоэффективных и низкоуглеродных материалов и систем, что позволяет сделать вывод о важности и перспективности исследований в области переработки строительных материалов.

Переход к регенеративным технологиям в строительстве является основополагающей частью преобразования всей отрасли, подразумевающая рациональное потребление ресурсов, более высокую энергоэффективность и возможность накапливать углерод в городской среде. Древесину по праву можно называть полностью устойчивым строительным материалом, поскольку полностью перерабатывается, является возобновляемым сырьем и способен аккумулировать углерод в долгосрочной перспективе.

Внедрение системы панелей CLT, как технология низкоуглеродного и быстрого строительства, может стать эффективным решением в урбанизирующихся и быстро растущих городах, где ежегодно возрастает потребность в доступном и комфортном жилье, в развитии и перепланировке городских районов по принципам устойчивого развития. Инженерные системы CLT являются перспективным решением по экологизации строительного сектора, они способны удерживать рамку принципов устойчивого развития на всех этапах жизненного цикла строительного производства. В городских условиях панели CLT могут преобразовать здания и целые кварталы в «накопители углерода».

В заключение, исследовательские работы по разработке низкоуглеродных строительных материалов и технологий с предотвращением отходов позволят распределять и повторно применять строительные компоненты более эффективно на протяжении всего жизненного цикла здания, что значительно снизит выбросы CO₂ в атмосферу. Устойчивые строительные материалы и технологии будущего стремятся к налаживанию экологичных путей поставок,

усовершенствованию показателя коэффициента конструктивного качества, быть максимально легкими в переработке и повторном применении.

Данная работа рассматривает лишь один из аспектов проблемы развития деревянных конструкций в России и экологичности строительной отрасли в целом. Исследования в этом направлении могут быть продолжены. Это могло бы быть изучение не только проблемы отсутствия регенеративных строительных технологий для многоэтажных жилых зданий в городских условиях, но и разработки системы принципов трансформации традиционной модели строительства, в том числе за счет исследований конструктивных характеристик клееной древесины и совершенствования технологии производства клееных деревянных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alekseeva, I. Greening as an Element of Sustainable Urban Development: Valuation of Economic Feasibility, Policyassessment and Practical Examples / I. Alekseeva, D. Menshikh, O.V. Kudryavtseva // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. — 2016. — No 4. — P. 51–62. — DOI 10.22363/2312-797X-2016-4-51-62.
2. Bobylev S., Perelet R. Sustainable development and the “green economy” in Russia: the current situation, problems and perspectives // Sustainable Russia. Berlin, Saint Petersburg: Russian-German Environmental Information Bureau, 2013 pp. 11–17.
3. Gary Wolff. Beyond payback: A comparison of financial methods for investments in green building. Journal of Green Building. Vol. 1(1): 80–91. DOI: 10.3992/jgb.1.1.80.
4. M. Lindfield and F. Steinberg, Green Cities, Asian Development Bank, Philippines, 2012, pp. 373.
5. Кудрявцева В.А. Анализ природно-ресурсного и экологического аспектов функционирования строительного комплекса региона // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2016. — № 2(17). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prirodno-resursnogo-i-ekologicheskogo-aspektov-funktsionirovaniya-stroitel'nogo-kompleksa-regiona>.
6. Кашина И.В., Левенко А.Д., Самойлова А.Ю. Проблема экологичности строительных материалов. Анализ жизненного цикла зданий и сооружений // Строительство и техногенная безопасность. — 2017. — № 8(60). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-ekologichnosti-stroitelnyh-materialov-analiz-zhiznennogo-tsikla-zdaniy-i-sooruzheniy>.
7. Цховребов Э.С., Величко Е.Г. Теоретические положения формирования методологии создания комплексной системы обращения строительных отходов // Вестник Московского государственного университета. — 2017. — Т. 12, № 1(100). — С. 83–93. DOI 10.22227/1997-0935.2017.1.83-93.
8. Евграфов А.Н., Вавилова Т.Я. Актуальные тенденции использования деревянных конструкций в архитектуре // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы международной научной конференции / Инженерная школа Дальневосточного федерального университета. 2016. С. 153–158.
9. Воякин А.С. Деревянная альтернатива бетону // Лесная Индустрия. 2013. № 4. С. 38–45.

10. Стоянов В.В. Современные строительные конструкции из металла, дерева и пластмасс / В.В. Стоянов // Одесса: ООО «Внешреклам-сервис», 2007. — 74 с.
11. Косов, И.И. Деревянные панели CLT в строительстве общественных зданий / И.И. Косов // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. — 2019. — № 2–1. — С. 19.
12. Хрулев В.М. Долговечность клееной древесины / В.М. Хрулев // М.: Стройиздат, 1971. — 160 с.
13. Lehmann, S. The principles of green urbanism. London: Earthscan., 2010, pp. 324–349.
14. Инжутов И.С. Конструкции из дерева и пластмасс / И.С. Инжутов, В.И. Жаданов, И.П. Пинайкин // — Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. — 292 с.
15. Многоэтажное деревянное строительство // [www.maestro.ru](http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo): интернет-изд. URL: http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo.
16. Комплексные линии Ledinek для производства CLT-панелей // www.derevo.info: информационный-портал. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451>.
17. Гасанов, Т.А. Анализ отечественного опыта развития технологии производства композиционных деревянных конструкций и изделий из дерева / Т.А. Гасанов, Д.М. Ельшаева, М.С. Самофалова // Молодая наука — 2021: Архитектура. Строительство. Дизайн. Филология: Сборник статей VIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Москва, 24 апреля 2021 года / Отв. редактор С.А. Забелина. — Москва: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский информационно-технологический университет — Московский архитектурно-строительный институт», 2021. — С. 159–161.
18. Вавилова, Т.Я. Проблемы применения массивных клеёных деревянных конструкций в современной архитектуре / Т.Я. Вавилова, А.Н. Евграфов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей / Самарский государственный технический университет. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. — С. 15–19.
19. Никольская В.Н. Перспективы CLT-панелей на российском рынке // ЛесПромИнформ. 2018. № 8 С. 138. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5195>.
20. John, S., Nebel, B., Perez, N., Buchanan A.H. Environmental Impacts of Multi-Storey Buildings Using Different Construction Materials. Ministry of Agriculture and Forestry — 2009. — P. 159.
21. Устарханов, О.М. Анализ возможностей применения композитных волокон для армирования напряженных зон деревянных балок / О.М. Устарханов, Г.Г. Ирзаев // Неделя науки-2017: сборник материалов XXXVIII итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов Дагестанского государственного технического университета, Махачкала, 17–22 апреля 2017 года / Под редакцией Т.А. Исмаилова. — Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2017. — С. 284–287.
22. Параничева Н.В., Назмеева Т.В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 19–22.

23. Ирзаев, Г.Г. Анализ возможностей применения углеродного волокна для армирования напряженных зон деревянных клееных балок / Г.Г. Ирзаев // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: Сборник статей XVII Международной научно-технической конференции, Пенза, 27–28 апреля 2017 года. — Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2017. — С. 44–48.
24. Журавлева Т.П. Влияние трещин на напряженно-деформированное состояние клееных деревянных балок / Т.П. Журавлева, А.В. Карельский, Б.В. Лабудин, В.И. Мелехов // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений. — Курск, 2015. — С. 153–158.
25. Журавлева Т.П. Особенности конструирования многоэтажных деревянных зданий / Т.П. Журавлева, К.А. Батманова // Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых-2017. — Архангельск, 2017. — С. 199–203.
26. Журавлева Т.П. Углеродное волокно: состав, структура, свойства / Т.П. Журавлева // Строительная наука-2014: теория, образование, практика, инновации: сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. — Архангельск, 2014. — С. 146–155.
27. Лукин М.В. К вопросу повышения надежности несущих армированных деревянных конструкций / М.В. Лукин, С.И. Рощина, В.А. Репин // Деревообрабатывающая промышленность — 2008. — № 4. — с. 58–59.

Hasanov Timur Abdulmagidovich

Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia
E-mail: timur.gasanov96@mail.ru

Poshev Azrail Umar-Bekovich

National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia
E-mail: azrail.poshev@mail.ru

Kazikhanov Osman Arsanalievich

Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia
E-mail: kazikhanov.osman@mail.ru

Parchiev Suleyman Akhmedovich

National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia
E-mail: 06suleym@mail.ru

Tatriev Sultangiri

National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia
E-mail: Tatriev@gmail.com

Perspectives and current trends in the use of wooden structures in sustainable urban development

Abstract. When designing the concepts of new neighborhoods, districts, cities and reconstruction of existing construction sites, one of the main tasks before the sphere of urban planning is the formation of a comfortable urban environment for living, leisure and work of the population. In the conditions of dense building with high-rise and multi-storey buildings, the most rational and innovative solution to improve the environmental friendliness of the urban environment is the introduction of the principles of sustainable development with energy-saving technologies, natural building materials and innovative designs. This article considers the status, trends and problems of development of wooden structures on the example of cross-laminated wood panels that help to reduce the negative impact of the construction sector on the environment in urban areas and dense development. The main reasons for the increased interest in the construction of multi-family wooden houses are indicated. The characteristics and unique properties of both the wood itself and the panels are described. The advantages offered by the innovative system of "green" construction with the use of cross-laminated wood panels are described. The authors analyze the competitiveness of laminated wood panels compared to traditional building materials such as concrete, stone and metal. The article describes the experience of implementation of innovative and sustainable building systems in foreign countries, the prospects and problems of further development of wooden house-building in the Russian construction industry, and also the priorities and methods of domestic manufacturers of laminated panels which will allow to provide additional volumes of consumption of laminated wood and mass construction of residential complexes. Further directions of research problems in the development of wooden structures are formulated.

Keywords: construction; wooden structures; sustainable development; ecology; laminated wood panels