

Актуальные направления развития отечественной нормативно-технической документации в области строительства из древесины с учетом зарубежного опыта

Сергей Александрович Агафонов¹, Владимир Алексеевич Волкодав²,
Иван Алексеевич Волкодав², Ирина Дмитриевна Титова²

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ);

г. Санкт-Петербург, Россия;

² Научно-инженерный центр цифровизации и проектирования в строительстве (НИЦ ЦПС);

г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Сосредоточение на территории Российской Федерации огромного объема лесных ресурсов позволяет значительно расширить применение древесины в строительстве как малоэтажных, так и многоэтажных зданий и сооружений. Представлены основные направления развития нормативно-технической документации (НТД) в области деревянного строительства, востребованные профессиональным сообществом.

Материалы и методы. Проведен опрос участников рынка деревянного домостроения для выявления наиболее актуальных проблем в области применения древесины в строительной индустрии. Рассмотрена НТД США, Канады и стран ЕС, регламентирующая применение древесины в области строительного производства. Выявлены лучшие практики, реализованные в зарубежной НТД и способные служить ориентиром в процессе модернизации отечественной нормативной базы в исследуемой предметной области. Рассмотрены вопросы пожарной безопасности, сейсмостойкости, а также современные строительные материалы и изделия на основе древесины, используемые на рынке строительных деревянных конструкций (ДК). Произведен анализ состава и структуры НТД РФ в области строительства из древесины.

Результаты. Анализ отечественной и зарубежной НТД выявил значительный дефицит в части нормативно-методического обеспечения строительства из материалов и изделий на основе древесины. Выработаны рекомендации по актуализации, отмене или доработке отечественных нормативно-технических документов.

Выводы. Сформулирована и обоснована необходимость интенсификации прикладных научных исследований для актуализации НТД, в частности нормативно-методических пособий и рекомендаций. Разработаны предложения по структурированию системы НТД РФ в области строительных ДК. Система государственных стандартов в рассматриваемой области должна охватывать технические условия на отдельные материалы и изделия из древесины, описывающие их физико-механические свойства и расчетные характеристики. Предлагаемая структура НТД в области деревянного строительства имеет возможность динамичного развития с учетом развития номенклатуры материалов, расчетных методов и прикладных технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительство из древесины, деревянное строительство, ДПК (CLT), балки на МЗК, КТП (SIP), сейсмические воздействия, пожарная безопасность, нормативно-техническая документация, стандартизация

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Агафонов С.А., Волкодав В.А., Волкодав И.А., Титова И.Д. Актуальные направления развития отечественной нормативно-технической документации в области строительства из древесины с учетом зарубежного опыта // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 7. С. 1055–1077. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.7.1055-1077

Автор, ответственный за переписку: Иван Алексеевич Волкодав, via@niccps.ru.

Current directions of development of domestic regulatory and technical documentation in the field of timber construction considering foreign experience

Sergei A. Agafonov¹, Vladimir A. Volkodav², Ivan A. Volkodav², Irina D. Titova²

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU); St. Petersburg, Russian Federation;

² Scientific and Engineering Center for Digitalization and Design in Construction;
St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The concentration of a huge amount of forest resources on the territory of the Russian Federation allows to expand significantly the usage of wood in the construction of both low-rise and high-rise buildings and structures. The main

directions of development of normative and technical documentation (NTD) in the field of wooden construction, demanded by the professional community, are presented.

Materials and methods. A survey of wooden house building market participants was conducted to identify the most urgent problems in the field of wood application in the construction industry. The NTD of the USA, Canada and EU countries regulating the usage of wood in the construction industry were reviewed. The best practices implemented in foreign NTD and capable of serving as a reference point in the process of modernization of the domestic regulatory framework in the subject area under study have been identified. The questions of fire safety, earthquake resistance, as well as modern construction materials and products based on wood, used in the market of building wooden structures (WS) are considered. The composition and structure of NTD of the Russian Federation in the field of wood construction have been analyzed.

Results. The analysis of domestic and foreign NTD has revealed a significant deficit in the part of normative and methodological support of construction from materials and products based on wood. Recommendations on updating, cancellation or revision of domestic normative-technical documents have been developed.

Conclusions. The necessity of intensification of applied scientific researches for updating of NTD, in particular normative-methodical manuals and recommendations is formulated and substantiated. Proposals for structuring the system of NTD RF in the field of construction of wooden structures have been developed. The system of state standards in this area should cover technical specifications for individual materials and wood products describing their physical and mechanical properties and design characteristics. The proposed structure of NTD in the field of wooden construction has the possibility of dynamic development taking into account the development of the nomenclature of materials, calculation methods and applied technologies.

KEYWORDS: wooden construction, CLT, POSI-beams, SIP, seismic impacts, fire safety, normative-technical documentation, standardization

FOR CITATION: Agafonov S.A., Volkodav V.A., Volkodav I.A., Titova I.D. Current directions of development of domestic regulatory and technical documentation in the field of timber construction considering foreign experience. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(7):1055-1077. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.7.1055-1077 (rus.).

Corresponding author: Ivan A. Volkodav, via@niccps.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Рост применения деревянных конструкций (ДК) в строительной индустрии РФ, обусловленный в том числе наличием значительного и возобновляемого объема лесных ресурсов на территории нашей страны, требует последовательного обновления и актуализации нормативной базы, регламентирующей использование древесины в строительстве, с учетом появления новых строительных материалов, технологий и методов проектирования. В рамках реализации государственной программы «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации»¹ развитие технологий деревянного домостроения — одна из наиболее перспективных и соответствующих основным заявленным приоритетным направлениям задач.

В настоящее время среди ключевых факторов, сдерживающих развитие деревянного строительства в России, отмечается недостаточное обеспечение строительной отрасли необходимой нормативно-технической документацией (НТД). Все более широкое распространение получает строительство многоэтажных зданий из древесины и материалов на ее основе [1–3], такая тенденция ярко выражена в мире и тесно связана с развитием направления устойчивого проектирования (sustainable engineering) [4–6]. В России из древесины строятся здания малой этажности вследствие традиционных

ограничений, закрепленных в действующих нормативных документах.

Как отмечено в работе [7], прогресс в области использования различных технологий и совершенствование методик расчета строительных элементов и конструкций из древесины обуславливают необходимость коренного пересмотра строительных норм, подобного пересмотру 1930–1955-х гг.

Накопленный сегодня отечественный и мировой опыт строительства большепролетных и многоэтажных зданий из древесины с учетом более глубокого изучения свойств материалов, характера их взаимодействия в композитных строительных конструкциях и элементах; возможности применения современных проектно-вычислительных комплексов для расчета параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных систем как в целом, так и отдельных их элементов; использование современных технологий формирования, в том числе равнопрочных узлов соединения элементов ДК, позволяет реализовывать проекты любой степени сложности. Кроме того, существующие разработки в области оптимизации конструкций на протяжении всего жизненного цикла здания или сооружения дают возможность значительно повысить эффективность применения древесины в строительстве.

Среди наиболее популярных и перспективных строительных материалов и изделий на основе древесины сегодня выделяется древесина перекрестно-клееная (ДПК) (Cross-Laminated Timber — CLT) [8, 9], которую часто сопоставляют с другими видами строительных материалов [10] по техническим характеристикам и влиянию на окружающую среду. Строитель-

¹ Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации»: Постановление Правительства РФ от 30.12.2017 № 1710.

ство зданий из ДПК (CLT) — это высокоэффективное решение, в том числе с точки зрения скорости возведения, восприятия действующих нагрузок, пожарной безопасности, а следовательно, и возможности увеличения этажности застройки [11–14]. В мире уже реализовано или находится на стадии разработки большое количество проектов многоэтажных зданий различного назначения с применением строительных конструкций на основе древесины [15]. В таких зданиях применены разные конструктивные системы — каркасная, стеновая, модульная и комбинированная (включающая элементы балочно-стоечного каркаса и несущих стен), во многих случаях все элементы таких систем выполнены из древесины и ее производных, включая лестнично-лифтовые узлы, выступающие в качестве ядер жесткости.

Большинство действующих сегодня НТД, регламентирующих проектирование и строительство зданий из древесины, например СП 352.1325800.2017 «Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом. Правила проектирования и строительства»², рассматривает здания из древесины ограниченной высотности (не более трех этажей).

В ответ на запрос строительной отрасли в 2020 г. были введены два НТД, регулирующих применение ДК: СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования»³ и СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования»⁴. Указанные документы допускают строительство зданий из древесины высотой до 28 м, однако ограничения, связанные с требованиями пожарной безопасности, в частности к площадям пожарных отсеков, этажности зданий, уменьшают экономическую эффективность такого типа строительства и замедляют развитие рассматриваемого направления строительной индустрии в РФ.

В настоящей статье рассмотрена документация, регулирующая рассматриваемую предметную область в странах ЕС, США и Канаде ввиду наличия на соответствующих рынках значительного опыта успешной реализации проектов строительства зданий и сооружений различной степени сложности с применением ДК. Международное сотрудничество, обмен компетенциями, коммерческие связи формируют необходимость гармонизации подходов к составлению норм проектирования для повыше-

ния взаимопонимания специалистов разных стран с целью обеспечения надежности и эффективности сооружений, возводимых в различных природно-климатических условиях. Анализ зарубежной документации направлен на адаптацию лучших практик нормативно-технического регулирования для отечественного рынка деревянного строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представлен обзор существующих проблем в нормативно-техническом регулировании деревянного домостроения в Российской Федерации и предложены возможные направления их решения с учетом зарубежного опыта. При подготовке статьи использованы материалы, разработанные компанией ООО «НИЦ ЦПС» в рамках реализации научно-исследовательской работы⁵ в 2022 г.

Рынок конструкций из древесины в РФ характеризуется направленностью на малоэтажную застройку, нехваткой кадров в части инженерно-технического обеспечения строительства, большим количеством мелких участников рынка, отсутствием современных отечественных расчетно-вычислительных комплексов для решения сложных инженерных задач в области проектирования ДК, а также проблемами в сфере логистики в части доставки ДК с производств на строительные площадки.

Вопрос подготовки квалифицированных специалистов, способных в достаточной мере использовать актуальные методики расчета и проектирования ДК, применять современные, зачастую зарубежные, непрерывно совершенствуемые проектно-вычислительные комплексы, обозначенный в том числе в труде [7], актуален и сегодня.

Имеющиеся отечественные программные комплексы, реализующие возможности по определению параметров НДС элементов строительных конструкций из древесины, разрабатываемые на принципах общности подходов к расчету таких параметров для всего спектра строительных материалов, не всегда учитывают специфику древесины как строительного материала и часто не успевают за развитием технологий, применяемых в строительстве.

Из-за большого количества относительно мелких разрозненных участников рынка разработка и внедрение общей НТД значительно затруднена. Для решения указанной проблемы участники рынка объединяются в ассоциации в сфере деревянного строительства, примерами таких объединений могут служить Ассоциация деревянного домостро-

² СП 352.1325800.2017. Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом. Правила проектирования и строительства. М. : Стандартинформ, 2018.

³ СП 451.1325800.2019. Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. М. : Стандартинформ, 2020.

⁴ СП 452.1325800.2019. Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования. М. : Стандартинформ, 2020.

⁵ Отчет о научно-исследовательской работе выполнения работ по мониторингу и анализу действующих и разрабатываемых нормативных документов стран ЕС и Северной Америки по деревянным конструкциям и зданиям из деревянных конструкций : отчет о НИР; СПб. : ООО «НИЦ ЦПС», 2022. 227 с.

ения, Ассоциация деревянного домостроения Вологодской области, Ассоциация домостроительных технологий СИП. Помимо этого, крупные деревообрабатывающие производства также внедряют стандарты организаций для изготовления и использования своей продукции. Например, ООО «Сокол СиЭлТи» (Сегежа Групп) совместно с АО «НИЦ «Строительство»» был разработан стандарт организации СТО 16.23.1-001-6202182–2022 «Конструкции из древесины перекрестно-клееной. Общие технические требования»⁶, регулирующий применение производимых соответствующим предприятием строительных изделий ДПК (CLT) и содержащий основную техническую информацию о характеристиках и правилах использования такого типа изделий в строительстве, а также методах транспортировки, монтажа, хранения и эксплуатации. Однако недостаточно развитая нормативно-техническая база и излишние ограничения в части пожарной безопасности не позволяют экономически эффективно реализовать потенциал предприятий для применения в строительстве ДК высокой степени заводской готовности.

По результатам анализа исследований предыдущих лет выявлено, что большая часть НТД в области строительства, рассмотренной в мониторингах 2015–2018 гг., не актуализирована по состоянию на 2022 г., а предложения к разработке новых СП не были учтены в полном объеме, лишь часть из них реализована в рамках актуализации пунктов СП 64.13330.2017⁷.

Отмеченные в настоящей статье проблемы нормативно-технического и методического регулирования усугубляются противоречивостью обязательности и добровольности применения НТД в проектной и производственной практике строительства, обозначенной в работе [16]. В частности: разделение норм на обязательные и добровольные, статус стандартов на методы испытаний строительных материалов, неопределенный статус большей части нормативных документов, выделение из обязательных документов частей добровольного применения, а также несовершенство процедуры рассмотрения и принятия конкретных нормативно-технических документов.

Авторами статьи поставлена задача придать проводимым исследованиям максимально прикладной характер — выявить и осветить проблемы, существующие в области массового применения конструкций и элементов на основе древесины в строительстве с целью выработки оптимальных путей их решения. Для определения таких «болевых

точек» в рамках мониторинга отечественного рынка строительства из древесины проведен опрос участников рынка деревянного домостроения. В опросе приняли участие 46 респондентов, представляющих 37 организаций и индивидуальных предпринимателей, реализующих свою деятельность в области деревянного домостроения и смежных областях, в том числе производственные и строительные предприятия «Русь», «Виллози Хаус», «Избург», «Велесадом», «Сокол СиЭлТи», «Нодверк», а также представители вузов, ведущих подготовку инженерных кадров для строительной отрасли, — Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, Инженерно-строительного института Вологодского государственного университета.

На рис. 1 представлены результаты распределения участников опроса по функциональным обязанностям в профессиональной деятельности.



Рис. 1. Распределение респондентов по функциональным обязанностям, реализуемым в рамках профессиональной деятельности

Fig. 1. Distribution of respondents by functional responsibilities implemented in the framework of professional activity

Необходимо отметить, что основой фокус-группы стали разработчики проектной документации для строительства из древесины — специалисты, непосредственно сталкивающиеся с использованием НТД, регламентирующей проектирование ДК, и знакомые с наиболее актуальными проблемами в рассматриваемой предметной области.

Респондентами обозначены следующие ключевые проблемы в части нормативно-технического регулирования РФ применения древесины и материалов на ее основе в строительстве:

- недостаток технической информации и расчетных характеристик современных изделий и материалов;
- недостаточное освещение работы большепролетных и гнукклееных деревянных элементов;
- работа стальных соединительных элементов в конструкциях из древесины;
- нехватка методических пособий, учебной литературы и нормативно-методической документации в области строительства из древесины.

Среди проблем, замедляющих развитие деревянного домостроения, указаны:

- дефицит общепринятой номенклатуры изделий из древесины с едиными техническими характеристиками;
- отсутствие единой и удобной системы классификации дефектов, описания их влияния на несущую способность и качественных методик по их устранению;
- отсутствие технологических монтажных карт, а также норм для определения трудоемкости строительства;
- низкое качество нормативной документации, которая содержит «ошибки, опечатки и противоречия», формальный подход при разработке нормативных документов;
- несбалансированность и переизбыток требований нормативной документации к пожарной безопасности ДК, замедляющих развитие многоэтажного деревянного строительства.

На рис. 2 показано распределение ответов участников опроса в части приоритетного рассмотрения зарубежной нормативно-технической базы. При выборе региона мира для заимствования опыта в части нормативно-технического регулирования деревянного строительства большая часть респондентов (56,5 %) отметила страны Скандинавии. По мнению авторов, полученное распределение ответов продиктовано схожестью климатических условий для строительства, территориальной близостью, а также экономическими и технологическими связями участников рынка. Страны Северной Америки были отмечены в основном участниками рынка, работающими с конструкционными теплоизоляционными панелями (КТП) (Structural Insulated Panel — SIP).

Среди предложенных направлений модернизации отечественной нормативно-технической базы

Нормативно-техническую документацию каких зарубежных стран вы считаете наиболее актуальной для частичного внедрения на территории РФ?

Which foreign regulations do you consider most relevant for partial implementation in Russia?

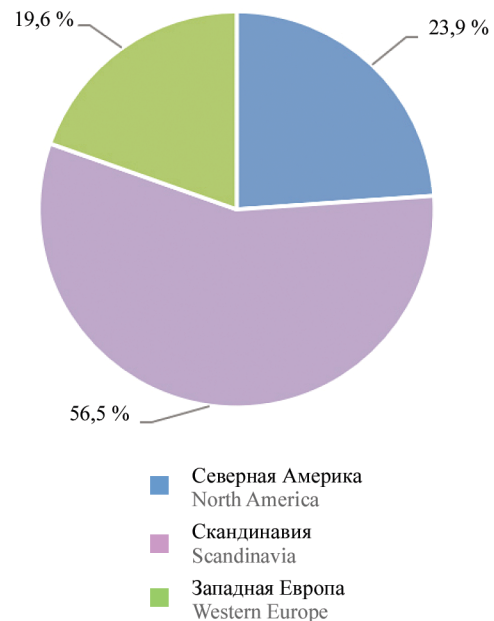


Рис. 2. Регионы мира с наиболее актуальным состоянием нормативно-технической документации в области деревянного домостроения (по мнению участников опроса)

Fig. 2. Regions of the world with the most up-to-date state of regulatory and technical documentation in the field of wooden house construction (according to the survey participants)

для ускорения развития строительства с применением ДК наиболее актуальными отмечены области, представленные в табл. 1.

Самым актуальным направлением участниками опроса названо расширение базы нормативно-методической документации, содержащей рекомендации по применению современных строительных материалов и изделий. Многие из таких строительных изделий сегодня применяются участниками рынка на свой страх и риск без соответствующего нормативного сопровождения. Такой подход к использованию материалов в совокупности с дефицитом инженерно-технических кадров в отдельных случаях приводит к дискредитации древесины как строительного материала на отечественном рынке.

Больше половины опрошенных заинтересованы в изменениях требований пожарной безопасности, предъявляемых к ДК. Существующие ограничения, по мнению участников опроса и авторов статьи, во многом избыточны и замедляют развитие деревянного строительства на территории РФ, особенно в случаях строительства объектов, не связанных с индивидуальным жилищным строительством.

Табл. 1. Основные направления модернизации отечественной нормативно-технической документации

Table 1. The main directions of modernization of domestic regulatory and technical documentation

Направление модернизации отечественной нормативной базы The direction of the modernization of the domestic regulatory framework	Доля ответов, % Response rate, %
Расширение базы документов нормативно-методического характера (пособия, рекомендации и т.д.) по проектированию и расчету отдельных видов изделий и конструкций из древесины Expanding the database of normative and methodological documents (manuals, recommendations, etc.) for the design and calculation of individual types of wood products and structures	80,4
Расширение базы применяемых строительных изделий и материалов на основе древесины Expanding the base of applied wood-based construction products and materials	73,9
Требования к пожарной безопасности конструкций из древесины Fire safety requirements for timber structures	63,0
Требования к потребительским свойствам элементов и изделий из древесины, не влияющих на несущую способность зданий и сооружений Requirements for the application properties of timber elements and products that don't affect the load-bearing capacity of buildings and structures	30,4
Требования к конструкциям, возводимым в условиях сейсмичности Requirements for structures to be erected in seismic environments	19,6

Основными нормативно-техническими документами, требующими переработки для ускорения развития в нашей стране строительства зданий и сооружений с применением ДК, по результатам опроса являются СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции» (73,3 %) и СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции»⁸ (42,2 %). Также респондентами была предложена актуализация СП 352.1325800.2017 «Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом» и СП 31-105–2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом»⁹ и разработка НТД для строительства

зданий с применением КТП (SIP). Стоит уточнить, что СП 352.1325800.2017 фактически является переработанной редакцией ранее выпущенного СП 31-105–2002. Такая тенденция, по мнению авторов настоящей статьи, свидетельствует о потребности профессионального сообщества в актуализации и дополнении рекомендаций по применению строительных изделий и элементов из древесины при строительстве зданий и сооружений с учетом сложившейся на сегодня номенклатуры производимых строительных изделий.

В табл. 2 представлено процентное соотношение ответов участников рынка о наиболее востребованных и актуальных направлениях разработки нормативно-методической документации.

Полученные данные свидетельствуют о существующем дефиците НТД по всем предложенным направлениям. Необходимо отметить, что все перечисленные строительные элементы и изделия сегодня достаточно активно используются на рынке

⁸ СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87 (с Изменениями № 1, 3, 4). М. : Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013.

⁹ СП 31-105–2002. Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом. М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002.

Табл. 2. Приоритетные направления разработки нормативно-методической документации

Table 2. Priority directions for the development of regulatory and methodological documentation

Направление разработки нормативно-методической документации Direction for the development of normative and methodological documentation	Доля ответов, % Response rate, %
Системы соединения элементов из древесины и других материалов в конструкциях зданий и сооружений Systems for connecting wood and other materials in building structures	65,2
Композитные элементы из древесины — двутавровые балки (I-балки), балки на металлических зубчатых кронштейнах (ПОСИ-балки), фермы на металлических зубчатых пластинах (МЗП) и т.д. Composite timber elements — I-beams, beams on metal toothed brackets (POSI-beams), trusses on metal toothed plates (MZP), etc.	54,3
Древесина перекрестноклееная (CLT) / Cross-laminated timber (CLT)	45,7
Композитные конструкции — конструктивные теплоизоляционные панели (SIP-панели) и т.д. Composite structures — structural insulating panels (SIP panels), etc.	21,7

строительства малоэтажных индивидуальных жилых домов и хозяйственных построек, однако, как упоминалось ранее, принятие обоснованных и эффективных решений по их применению значительно затруднено.

Базовым нормативным документом в части требований, предъявляемых к ДК на территории России, является СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции». Кроме того, действуют нормативные документы, уточняющие требования и рекомендации к применяемым в строительстве ДК, в зависимости от категории объекта, среди них:

- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»¹⁰;
- СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»;
- СП 299.1325800.2017 «Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования»¹¹;
- СП 352.1325800.2017 «Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом»;
- СП 382.1325800.2017 «Конструкции деревянные клееные на клеенных стержнях. Методы расчета»¹²;
- СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования»;
- СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования»;
- СП 515.1325800.2022 «Здания из клееного деревянного бруса. Правила проектирования и строительства»¹³;
- СП 516.1325800.2022 «Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства»¹⁴.

Актуальной является задача по разработке нормативно-методической документации нижнего уровня (пособий и рекомендаций) с детализацией требований, предъявляемых к отдельным видам применяемых изделий и материалов на основе древесины. Значительный дефицит таких документов снижает качество принимаемых проектных решений.

¹⁰ СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84* (с Изменениями № 1–3). М. : ОАО «ЦПП», 2011.

¹¹ СП 299.1325800.2017. Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования (с Изменением № 1). М. : Стандартинформ, 2017.

¹² СП 382.1325800.2017. Конструкции деревянные клееные на клеенных стержнях. Методы расчета (с Изменением № 1). М. : Стандартинформ, 2018.

¹³ СП 515.1325800.2022. Здания из клееного деревянного бруса. Правила проектирования и строительства. М. : ФГБУ «РСТ», 2022.

¹⁴ СП 516.1325800.2022. Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства. М. : ФГБУ «РСТ», 2022.

Возведение новых типов зданий и сооружений с применением ДК связано с необходимостью нормативно-технического и методического регулирования и сопровождения решений, принимаемых при реализации в конкретных проектах, и требований, предъявляемых к надежности и долговечности ДК, эксплуатируемых в условиях сейсмичности. В отечественной НТД, регламентирующей строительство сейсмостойких зданий и сооружений, зафиксированы главным образом ограничения, налагаемые на применение ДК.

Помимо основного документа, регулирующего применение ДК в строительстве, — СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции», строительство в условиях сейсмичности регламентируется следующими нормативными документами:

- СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»¹⁵;
- СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»¹⁶.

Кроме сводов правил для детализации и уточнения требований документов верхнего уровня в некоторых регионах РФ применяются территориальные строительные нормы (например, ТСН 22-302–2000*¹⁷ и БурТСН-4–02¹⁸).

СП 20.13330.2016 относит сейсмические нагрузки к особым и определяет порядок их включения в рассматриваемые сочетания при расчете и проектировании в соответствии с СП 64.13330.2017. В свою очередь, СП 64.13330.2017 устанавливает необходимость учета требований СП 14.13330.2018 при проектировании конструкций из древесины в условиях сейсмичности, определяет расчетные характеристики материала и содержит общие указания по проектированию таких конструкций. В частности, о необходимости преимущественного использования статически определимых конструктивных схем, обеспечении возможности поворота в шарнирных узлах и предотвращении скалывания древесины.

Кроме общих рекомендаций по применению деревянных конструкций в части необходимости

¹⁵ СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81* (с Изменениями № 2, 3). М. : Стандартинформ, 2018.

¹⁶ СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* (с Изменениями № 1–4). Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

¹⁷ ТСН 22-302–2000* Краснодарского края (СНKK 22-301–2000*). Строительство в сейсмических районах Краснодарского края. Департамент строительства Краснодарского края, 2004.

¹⁸ БурТСН-4–02. Указания по антисейсмическим мероприятиям в деревянных конструкциях и зданиях, возводимых в Республике Бурятия. Улан-Удэ : Минстройжилкомхоз Республики Бурятия, 2002.

обеспечения пространственной жесткости конструкций и повышения надежности соединений элементов, СП 14.13330.2018 содержит избыточные, по мнению авторов, ограничения, затрудняющие применение современных конструктивных решений деревянных зданий и сооружений. К таким ограничениям относятся:

- ограничение высоты и этажности деревянных зданий высотой восемь метров и двумя этажами при сейсмичности 7 и 8 баллов, и четырьмя метрами и одним этажом при сейсмичности 9 баллов (п. 6.1.5);
- необходимость усиления перекрытия слоем монолитного железобетона (п. 6.3.5);
- ограничение перекрываемого деревянным перекрытием (покрытием) пролета шестью метрами в условиях сейсмичности 7 и 8 баллов (п. 6.3.6);
- рекомендуемый шаг стоек каркаса не более трех метров (п. 6.15.3).

Перечисленные требования носят избыточный характер, не учитывающий современный уровень развития строительной науки в области применения деревянных конструкций при возведении зданий. Ограничительный характер требований, предъявляемых к рассматриваемому типу конструкций, подчеркивался и более ранними исследованиями, однако выработанные предложения так и не были реализованы в НТД РФ.

Следует отметить значительную ориентированность рекомендаций, содержащихся в СП 14.13330.2018 в части строительства из древесины, на срубные конструкции. В настоящее время такой тип конструктивных решений утрачивает популярность на строительном рынке, уступая место технологиям с применением композитных элементов и большепролетных конструкций, рекомендации к которым в документе отсутствуют.

Таким образом, отечественная нормативно-техническая база, регламентирующая проектирование и строительство объектов капитального строительства (ОКС) с применением ДК, требует доработки с учетом современных тенденций развития строительного рынка в части применения ДК в средне- и многоэтажном строительстве.

Рассматривая опыт зарубежных стран по созданию нормативной документации, регламентирующей деревянное строительство в сейсмических районах, целесообразным видится анализ норм, действующих в странах ЕС и Северной Америки. В странах ЕС проектирование, изготовление, монтаж и оценка технического состояния строительных конструкций осуществляется в соответствии с требованиями европейских стандартов (EN). Основные правила проектирования представлены в рамках системы Еврокодов.

Основными документами являются EN 1995 «Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций»¹⁹ и EN 1998 «Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций»²⁰. Система Еврокодов реализует принципы общего подхода к сотрудничеству на рынке Европы, в частности в области строительной продукции, которая предусматривает локализацию отдельных положений странами-участниками ЕС посредством национальных документов по применению Еврокодов.

Строительные нормы и принципы по проектированию ДК приведены в стандарте EN 1995 «Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций».

Документ содержит требования к обеспечению несущей способности, эксплуатационной пригодности, огнестойкости и долговечности конструкций из древесины при использовании совместно с EN 1990 «Еврокод. Основы проектирования конструкций», EN 1991 «Еврокод 1: Воздействие на конструкции»²¹ и EN 1998 «Еврокод 8. Проектирование сейсмостойких конструкций» (при необходимости в зависимости от условий строительства).

Последний документ содержит требования и рекомендации к проектированию и строительству зданий и сооружений в сейсмических районах для обеспечения высокой вероятности сохранения жизни людей и работоспособности конструкций, а также минимизации материального ущерба при землетрясениях.

Правила, реализация которых обеспечивает надежность работы ДК, возводимых в условиях сейсмичности, приведены в разделе 8 EN 1998 «Особые правила для деревянных сооружений». В разделе указаны применимые концепции проектирования ДК — рассеивающее и слабо рассеивающее структурное поведение, которое используется в зависимости от структурного класса пластичности проектируемой конструкции. Значительное внимание уделено работе механических связей в соединениях элементов ДК. Также представлены требования к свойствам применяемых материалов. Крайне важным аспектом является отсутствие прямых ограничений в выборе объемно-планировочных и конструктивных решений, что позволяет проектировщику принимать и защищать обоснованные решения.

¹⁹ EN 1995-1-1: Eurocode 5: Design of timber structures. URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1995.1.1.2004.pdf>

²⁰ EN 1998-1: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/02/en.1998.1.2004.pdf>

²¹ EN 1991-1-1: Eurocode 1: Actions on structures. URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.1.1.2002.pdf>

Нормативная база США в области деревянного строительства включает в основном национальные нормы по проектированию конструкций (National Design Specification — NDS) и стандарты американского сообщества по испытанию материалов (American Society for Testing and Materials — ASTM). Для проектирования конструкций из древесины и материалов на ее основе используются National Design Specification (NDS) for Wood Construction 2018²², разработанные Американским советом по древесине (American Wood Council).

В нормотворчестве США большую роль играют ассоциации и объединения строителей, проектировщиков и производителей строительных материалов, изделий и конструкций. Такие объединения имеют возможность разрабатывать стандарты, которые не только стимулируют спрос на их продукцию, но и позволяют уточнять и расширять действующую нормативно-техническую базу. Стандарты такого типа могут обладать статусом национальных стандартов и нормативно-методических рекомендаций.

При проектировании конструкций зданий из древесины в условиях сейсмичности национальные правила по проектированию ДК применяются совместно со специальными проектными положениями ANSI/AWC SDPWS–2021²³, содержащими требования и рекомендации по проектированию конструкций, их элементов и соединений для восприятия ветровых и сейсмических нагрузок. Расчет проектируемых конструкций возможен по одному из двух методов: по допустимому расчетному напряжению (ASD) или методу частных коэффициентов для нагрузок и сопротивлений (LRFD). В текущей редакции частично уточнены требования к несущей способности и деформативности элементов ДК и внесены дополнения по работе с конструкциями из ДПК (CLT).

Разработчиками последней редакции рассматриваемого документа проделана значительная работа по анализу изделий и материалов из древесины для получения эквивалентных значений расчетных характеристик конструкций. Многие значения прочностных характеристик строительных элементов, работающих под действием сейсмических нагрузок, синхронизированы с аналогичными характеристиками конструкций, работающих под воздействием ветра. Такая гармонизация позволяет упростить разработку проектной документации, при этом сделать работу конструкций более надежной и прогнозируемой. Норматив содержит рекомендации по проектированию дисков и диафрагм

жесткости из ДПК (CLT), хорошо воспринимающих динамические воздействия. Также в документе представлено большое количество расчетных характеристик и описаний отдельных конструктивных систем для обеспечения эффективности принимаемых решений при безусловном обеспечении надежности возводимых конструкций. Кроме того, уточнены требования и рекомендации по применению механических связей для соединений элементов обшивок в конструкциях, работающих под воздействием ветровых и сейсмических нагрузок. Фактически документ является методическими рекомендациями по применению конкретных конструктивных решений для значительной части объектов строительства.

Проектирование и строительство зданий и сооружений в Канаде осуществляется в соответствии с Национальным строительным кодексом Канады (National Building Code of Canada), требования которого в части применения древесины в строительстве уточняются в стандарте «Проектирование конструкций из древесины» (CSA 086 Engineering design in wood²⁴).

Расчет ДК выполняется с помощью метода предельных состояний (LSD). Стандарт содержит требования, рекомендации и указания по проектированию конструкций из древесины, ее производных и композитов с их применением. Наряду с физико-механическими свойствами древесины, коэффициентами условий работы конструктивных элементов и алгоритмами определения несущей способности соединений таких элементов, в документе приведены рекомендации по использованию строительных изделий, получивших наибольшее распространение на строительном рынке, например двутавровых балок, стропильных панелей, а также систем соединения элементов конструкций. Значительное внимание уделено расчетным характеристикам и методикам определения несущей способности, огнестойкости элементов из ДПК (CLT) и систем их соединения, внесены рекомендации об их применении в качестве несущих стен, диафрагм и дисков жесткости.

Нормативно-техническая документация США и Канады содержит большой объем рекомендаций по использованию конкретных материалов, изделий, конструктивных систем, благодаря чему обеспечивается качество и эффективность применяемых решений на разных стадиях проектирования и строительства конкретных объектов.

По результатам проведенного в рамках исследования опроса (табл. 1) существенная доля респондентов (63 %) отметила необходимость модернизации требований к пожарной безопасности зданий и сооружений из ДК.

²⁴ CSA 086–19. Engineering design in wood. URL: <https://www.csagroup.org/store/product/2702965/>

²² National Design Specification for Wood Construction 2018. URL: <http://www.plib.org/staging/wp-content/uploads/2020/09/AWC-NDS2018.pdf>

²³ Special Design Provisions for Wind and Seismic with Commentary (SDPWS). 2021. URL: <https://awc.org/publications/2021-sdpws/>

Насущная необходимость актуализации действующей НТД в области пожарной безопасности строительных конструкций из древесины отражена в современных научных публикациях. Многие исследователи [17] обращают внимание на актуальность задачи по разработке новых подходов к оценке показателей эффективности огнезащитных материалов и учета количественных характеристик потери несущей способности при воздействии огня на древесину, рекомендуя проведение необходимых НИ-ОКР с созданием профильных исследовательских групп. Другие авторы [18] упоминают об отсутствии нормативных требований в части пожарной безопасности для объектов минерально-сырьевого комплекса, в частности угольных шахт.

Базовый раздел, содержащий указания по обеспечению пожарной безопасности ДК, приведен в СП 64.13330.2017. Содержание доработанного раздела 10 «Пожарно-технические требования к конструкциям из древесины» действующей редакции указанного СП дает возможность проектировщикам проводить аналитические расчеты скорости обугливания древесины в условиях пожара, обосновывая остаточную несущую способность строительных элементов, что позволяет более эффективно обеспечивать выполнение требований в части предела огнестойкости конструкций из древесины, пожарной опасности конструкций и реализовывать рекомендации по применению огнезащитных составов.

Предел огнестойкости определяется по ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834-75)²⁵ и ГОСТ 30247.1–94²⁶, с учетом таких факторов как температура обугливания древесины, время для достижения температуры обугливания древесины, условная скорость обугливания, «снижение температуры древесины по гиперболическому закону за фронтом обугливания». Огнестойкость узловых соединений и деревянных элементов, выполненных с применением других материалов, должна быть выше или равна требуемому пределу всей рассматриваемой конструкции. Для соединений элементов ДК на клеенных стержнях в п. 10.11 СП 64.13330.2017 содержится требование расчетного обоснования расстояния от границы обугливания до клевого шва, а в п. 8.36 СП 64.13330.2017 установлена необходимость обеспечения повышенной огнестойкости соединения.

Несмотря на совершенствование нормативной базы в области пожарной безопасности строительных конструкций с применением древесины в нашей стране по-прежнему существует дефицит

методик определения соответствующих характеристик для скрытых соединений с использованием механических связей.

Положения отечественных НТД сосредоточены на реализации мер пассивной огнезащиты (химической и конструкционной). При этом активным мерам защиты конструкций (например, автоматическим системам сигнализации и пожаротушения) должного внимания не уделено. Применение таких систем получило широкое распространение в зарубежных странах, на территории которых ведется активное строительство, в том числе многоэтажных деревянных зданий. Использование таких систем позволяет в значительной степени сократить риски, возникающие в части пожарной опасности при эксплуатации таких конструкций.

Нормативное применение активных систем противопожарной защиты в России регулируется согласно СП 485.1311500.2020²⁷ и ГОСТ Р 50680–94²⁸, предъявляющим общие требования для установки систем пожаротушения без дополнительных сведений о влиянии их применения на требуемые характеристики конструкций.

Конкретные требования к пожарной безопасности объектов из древесины отражены в СП 2.13130.2020. В разделе 6.1 «Производственные здания и здания сельскохозяйственного назначения» приведена табл. 6.1, содержащая сведения для определения допустимой высоты зданий и площадей этажа в пределах пожарного отсека по степени огнестойкости, классу конструктивной пожарной опасности и этажности здания. Площади этажей в пределах пожарного отсека зданий для деревообрабатывающих производств и лесопильных цехов, выполненных из древесины, существенно меньше аналогичных значений для зданий из других материалов.

Нормы европейских стран предоставляют проектировщику определенный спектр методов определения горючести строительных материалов, часть из которых являются обязательными. Такой подход дает возможность повысить эффективность принятия решения по установлению класса пожарной опасности, что отражено в некоторых публикациях [19].

В мире получило широкое распространение применение комбинированных конструктивных систем при строительстве зданий с применением древесины. Такие методики, по мнению авторов настоящей статьи, заслуживают пристального изучения с последующей имплементацией в отечественную нормативно-техническую и методическую документацию.

²⁵ ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834-75). Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. М. : ИПК Издательство стандартов, 2003.

²⁶ ГОСТ 30247.1–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. М. : ИПК Издательство стандартов, 1995.

²⁷ СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. М. : Стандартинформ, 2020.

²⁸ ГОСТ Р 50680–94. Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний. М. : Издательство стандартов, 1994.

Применение в зарубежной строительной практике комбинированных конструктивных систем позволяет не только повышать пожарную безопасность ОКС, но и более эффективно использовать физико-механические свойства различных строительных материалов для обеспечения надежности и долговечности строительных конструкций зданий и сооружений. При реализации многоэтажных зданий с использованием древесины разрабатываются и применяются комбинированные (гибридные) конструктивные системы, позволяющие повышать надежность и эффективность строительных конструкций [20]. Примерами таких систем могут служить технология CREE SYSTEM (разработанная компанией Cree GmbH, Австрия), система Finding Forest Through Trees (FFTT) (предложенная канадским архитектором Майклом Грином), предлагающие использовать комбинации традиционных для многоэтажного строительства материалов (сталь и бетон) совместно с современными строительными изделиями на основе древесины. Среди таких систем можно выделить древесно-стальные композиты (TSC) [21], наиболее распространенные в РФ, за рубежом конструкции такого типа используются при строительстве мостов^{29, 30}. Помимо этого, применяются древесно-бетонные композиты (TCC)³¹ [22] и древесно-древесные композиты (TTC) [23], представляющие собой сочетание ДПК (CLT) и клееного бруса.

Строительство высокоэтажных зданий из древесины во многом стало возможным благодаря обеспечению требуемого уровня пожарной безопасности конструкций из древесины за счет применения систем пожаротушения. При строительстве Mjøstårnet в Норвегии^{32, 33, 34} использовались спринклерные системы внутри и снаружи здания, включающие независимую подачу воды с дополнительной системой контроля. При строительстве многоэтажного здания из древесины HoHo Wien [24] в Вене также

были применены спринклерные системы пожаротушения. В зарубежной НТД можно выделить стандарт NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems³⁵, содержащий методику установки спринклерных систем. Положения указанного документа при соответствующем обосновании могут служить примером при актуализации требований НТД РФ в части применения активных систем огнезащиты.

Основной канадский документ National Fire Code of Canada³⁶, регламентирующий требования по обеспечению пожарной безопасности строительных конструкций, содержит положения, применяемые к деревянным элементам и конструкциям на основе древесины, с точки зрения достаточности остаточного сечения элемента в условиях пожара в течение нормированного промежутка времени. В п. 3.1.4.5 указанного документа закреплено требование по пассивной защите конструкций из древесины, представляющей собой пропитку древесины специальными огнезащитными составами (антипиренами) под давлением, согласно CAN/CSA-080 Series Wood Preservation, для обеспечения показателя распространения огня не более 25 единиц. Такой подход схож с подходом, применяемым в отечественной НТД, согласно СП 64.13330.2017, и странах ЕС, в которых пассивные методы пожарной защиты регулируются Еврокодом EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5: Part 1–2³⁷.

Канадский стандарт Fire Safety Design in Buildings³⁸, разработанный Canadian Wood Council (Канадским советом по древесине), обозначает необходимость использования комбинированных систем огнезащиты, представляющих собой совокупность мер пассивной защиты — химической и конструкционной, наряду с активными — спринклерных систем с пожарной сигнализацией.

Одним из наиболее ответственных этапов проектирования и строительства ДК является организация соединений их элементов посредством механических связей, чаще всего — металлических. Это требует реализации специальных мероприятий по защите таких крепежных элементов. Один из способов повышения огнестойкости таких

²⁹ Almere. URL: <https://www.schaffitzel.de/holzbrueckenbau/referenzen/almere>

³⁰ Drachenschwanz in Gera. URL: <https://www.schaffitzel.de/holzbrueckenbau/referenzen/drachenschwanz-in-gera>

³¹ Vancouver's top planner, Gil Kelley, wants council to amend building code to allow 12-storey mass-timber buildings. URL: <https://www.straight.com/news/vancouvers-top-planner-gil-kelley-wants-council-to-amend-building-code-to-allow-12-storey-mass>

³² Ensuring fire safety at world's tallest timber building Mjøstårnet. URL: <https://www.timbermedia.co.uk/ensuring-fire-safety-at-worlds-tallest-timber-building-mjostarnet/>

³³ Mjøstårnet Brumunddal. URL: <https://www.sweco.no/show-room/mjostarnet-brumunddal/>

³⁴ The world's tallest and safest timber building. URL: <https://brandogsikring.dk/en/news/2019/the-worlds-tallest-and-safest-timber-building/>

³⁵ NFPA 13. Standard for the Installation of Sprinkler Systems. URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

³⁶ National Fire Code of Canada 2020 — National Research Council Canada. URL: <https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/codes-canada-publications/national-fire-code-canada-2020>

³⁷ EN 1995-1-2:2004. Eurocode 5: Design of timber structures — Part 1–2: General — Structural fire design. URL: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1995.1.2.2004.pdf>

³⁸ Fire Safety Design in Buildings // Canadian Wood Council. URL: <https://cwc.ca/wp-content/uploads/publications-FireSafetyDesign-s.pdf>

соединений, реализуемых в зарубежной практике, — использование скрытых соединений, в которых металлические детали погружены в древесину и не находятся под прямым воздействием огня в условиях пожара определенное время. Пример такого соединения приведен на рис. 3³⁹.

Представленное на рис. 3, а соединение, выполненное посредством открытых металлических крепежных элементов, обладает пределом огнестойкости R15. При такой организации соединения в условиях огневого воздействия происходит уменьшение глубины погружения крепежа в древесину вследствие обугливания. На рис. 3, б элемент крепления является скрытым, т.е. погружен в древесину полностью и изолирован от воздействия от прямого пламени, что позволяет сохранить не-

сущую способность соединения в три раза дольше по сравнению с открытым соединением.

Аналогичный способ соединения деревянных элементов показан на рис. 4, 5^{40, 41}.

В зарубежной строительной практике также используются меры пассивной конструкционной защиты, аналогичные применяемым в нашей стране. Так, например, согласно Fire Design Specification for Wood Construction⁴², разработанному AWC, рекомендуются такие варианты противопожарной за-

⁴⁰ Simpson Strong-Tie. Wood Construction Connectors. Mass Timber Connectors. URL: <https://embed.widenet.net/pdf/plus/ssttoolbox/8shmjexat9/C-C-2021-p189-191.pdf>

⁴¹ Simpson Strong-Tie. CBH Concealed Beam Hanger Minimum Fire Char and Fastener Edge Distances. URL: <https://ssttoolbox.widenet.net/view/pdf/nuhgzo0fsuy/L-C-CBHCHAR22.pdf?t.download=true&u=cjmyin>

⁴² Fire Design Specification for Wood Construction. 2021. URL: <https://awc.org/wp-content/uploads/2021/12/2022-FDS-FINAL-09.13.22.pdf>

³⁹ Пластины и соединительные элементы для дерева. Строения, конструкции и террасы. URL: <https://www.rothoblaas.ru.com/katalogi-rothoblaas>

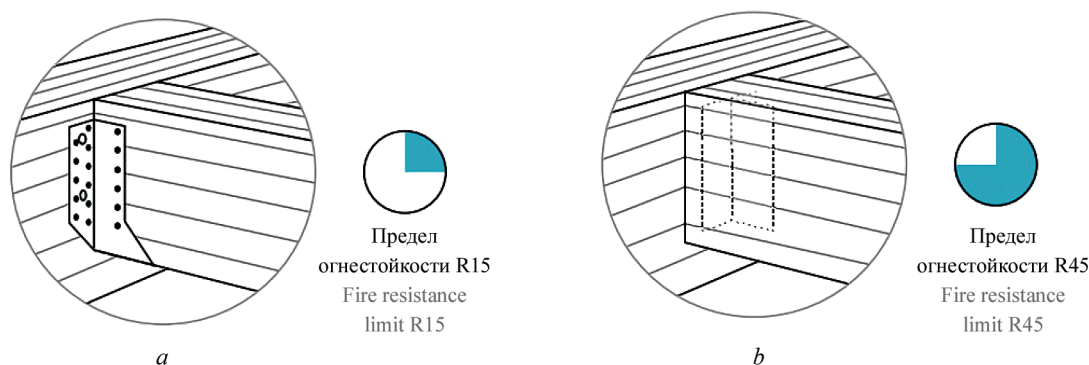


Рис. 3. Пример открытого (а) и скрытого (б) соединений от Rothoblaas

Fig. 3. Example of open (a) and hidden (b) connections from Rothoblaas

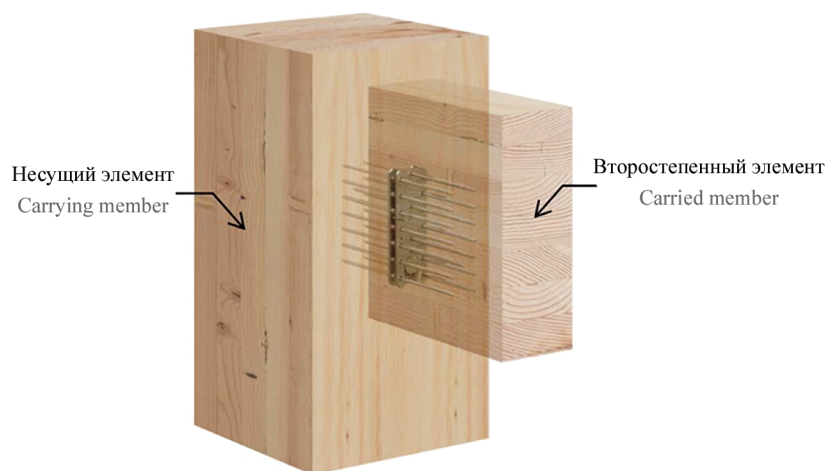


Рис. 4. Внешний вид скрытого соединения от Simpson Strong-Tie

Fig. 4. Appearance of the hidden connection from Simpson Strong-Tie



Проверка не проведена
Untested assembly



Проверка проведена
Tested assembly

Рис. 5. Внешний вид при воздействии огня на скрытое соединение

Fig. 5. Appearance when exposed to fire on a concealed joint

щиты при помощи огнеупорных изделий из гипсокартона; древесины; изоляции из минеральной ваты и стекловолокна.

Отечественная НТД слабо регулирует устройство скрытых соединений, а также степень их влияния на пожарную безопасность.

Рынок индивидуального жилищного строительства на территории РФ применяет многие виды современных строительных материалов и изделий из древесины без проведения экспертизы проектных решений, однако для строительства более ответственных объектов использование подобных строительных элементов затруднено нехваткой соответствующей технической информации в НТД РФ. Согласно результатам проведенного опроса более 70 % респондентов отмечают необходимость расширения базы используемых материалов и изделий на основе древесины, а также проблему дефицита нормативно-методической документации в области деревянного строительства.

В настоящее время активно развивается производство и применение клееных плит из пиломатериалов с перекрестным расположением слоев. Производством занимаются, например, АО «Ладожский домостроительный комбинат» (Волховский район Ленинградской области) и ООО «Сокол СиЭлТи», работающее на площадке Сокольского деревообрабатывающего комбината (г. Сокол, Вологодская область) и ведущее активную работу по продвижению материала на отечественном строительном рынке совместно с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Разрабатывается и актуализируется документация для применения строительных изделий из ДПК (CLT), например СТО 16.23.1-001-6202182–2022 «Конструкции из древесины перекрестноклееной. Общие технические требования».

Основной документ, устанавливающий требования к плитам ДПК (CLT) в РФ, — ГОСТ Р

56706–2015⁴³, регламентирующий требования, правила приемки и методы испытаний к ним. Однако в указанном стандарте отсутствует исчерпывающая информация о физико-механических характеристиках материала, необходимая для эффективного применения строительных элементов на его основе.

В последнюю редакцию СП 64.13330.2017 были включены требования и рекомендации для расчета строительных элементов из ДПК (CLT). Например, Требования к свойствам таких строительных изделий (Приложение Г) включены в п. 6.14, закрепляющий алгоритм определения нормативных сопротивлений для ДПК (CLT).

Методика, используемая в настоящее время для расчета данных строительных элементов, предполагает значительный запас из-за исключения из работы (в рамках расчета) условно «неработающих» слоев многослойной конструкции. Согласно п. 7.9 СП 64.13330.2017, расчетный момент инерции устанавливается без учета слоев, которые расположены перпендикулярно направлению нормальных напряжений. Дальнейшие исследования материала в направлении актуализации методик расчета и определения огнестойкости строительного элемента помогут в значительной степени раскрыть потенциал строительных элементов и конструкций на его основе.

В США ДПК (CLT) используется довольно давно, термин в 2015 г. был включен в Международный строительный код (International Building Code — IBC)⁴⁴. Также применение ДПК (CLT) регламентируется в 2018 Edition of the National Design Specification (NDS) for Wood Construction.

⁴³ ГОСТ Р 56706–2015. Плиты клееные из пиломатериалов с перекрестным расположением слоев. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016.

⁴⁴ 2021 International Building Code®. URL: <https://shop.iccsafe.org/2021-international-building-coder.html>

В ЕС регулирование применения указанного материала в строительстве закреплено в Еврокодах EN 1995-1-1: Eurocode 5: Part 1–1 и EN 1995-1-2:2004: Eurocode 5: Part 1–2, вместе с которыми некоторые страны используют собственные национальные приложения. Германия использует DIN EN 1995-1-1/NA (DIN 2013)⁴⁵, который не содержит специальных рекомендаций по применению ДПК (CLT) в строительстве, но в немецкие национальные технические сертификаты (German National Technical Approvals — NTAs) производителей ДПК (CLT) они включены. Австрия использует национальное приложение ÖNORM B 1995-1-1 (ASI 2015)⁴⁶, в котором приведены основные характеристики для ДПК (CLT).

В Канаде регулирование использования ДПК (CLT) как строительного материала осуществляется документом CSA 086 Engineering design in wood, в текущей редакции которого была обновлена терминология и исключен из списка форм-фактор сдвига для такого типа изделий.

Применение ДПК (CLT) также широко распространено в модульном строительстве [25], активно развивающемся как на мировых рынках, так и в нашей стране.

Еще одним широко используемым изделием на отечественном строительном рынке являются двутавровые деревянные балки со стенкой из древесной плиты с ориентированной стружкой (ОСП) (Oriented strand board — OSB), применяемые в основном для организации междуэтажных перекрытий. Такие деревянные элементы способны перекрывать значительные пролеты благодаря оптимизации геометрических характеристик сечения, возможной при комбинировании материалов внутри сечения.

Методика расчетов подобных строительных элементов на территории РФ закреплена СП 64.13330.2017 и выполняется по методу приведенного поперечного сечения с проверкой несущей способности поясов, стенки и клееного шва. Однако в документе приведен алгоритм расчета для стенки, выполненной из фанеры, в свою очередь ОСП по своим физико-механическим свойствам имеет значительные отличия. Также в документе отсутствуют общие рекомендации по конструированию, например правила расстановки ребер жесткости или способы соединения стенки по длине.

Технические условия, предъявляемые к ОСП в РФ, сформулированы в ГОСТ Р 56309–2014⁴⁷. Документ прямо указывает: «Применение плит для конкретных видов продукции и в строительстве устанавливается соответствующими нормативны-

ми документами и технической документацией...» и не содержит в полной мере характеристик материалов, необходимых для выполнения расчета двутавровых деревянных балок со стенкой из ОСП по методике, закрепленной СП 64.13330.2017.

Зарубежная нормативно-техническая база содержит более полное описание физико-механических свойств ОСП как строительного материала, что позволяет выполнять расчет составного сечения рассматриваемых строительных элементов. Для регулирования использования указанного материала и изделий из него в США используется документ 2021 International Building Code (IBC), в Канаде — CSA 086 Engineering design in wood, в Евросоюзе BS EN 300:2006⁴⁸. Во многих странах проектирование строительных конструкций с применением двутавровых балок со стенкой из ОСП осуществляется в соответствии с пособиями и рекомендациями от производителей таких элементов. Выполнение таких рекомендаций обеспечивает соответствие принимаемых решений действующим нормативным документам. Например, новозеландская компания NZWOOD разработала руководство Design and Installation Guide⁴⁹, основанное на стандартах NZS 3604:2011⁵⁰, NZS 3603:1993⁵¹, AS 1720.1–2010⁵², AS/NZS 1170.0:2002⁵³ и содержащее информацию о конструкции строительных изделий, способах их соединения и расчетных характеристиках. В Швеции разработано руководство Masonite Beams Technical Guide for Floor Applications⁵⁴, содержащее рекомендации по применению двутавровых балок с ОСП стенкой в качестве несущей основы конструкций перекрытия. Руководство Georgia-Pacific

⁴⁸ BS EN 300:2006. Oriented strand boards (OSB). Definitions, classification and specifications. URL: <https://www.en-standard.eu/bs-en-300-2006-oriented-strand-boards-osb-definitions-classification-and-specifications/>

⁴⁹ NZWOOD. Design and Installation Guide. URL: <https://nzwoodproducts.co.nz/media/products/brands/resources/2015/ibuilt-design-installation-guide.2c5be2a4adbc.pdf>

⁵⁰ NZS 3604:2011. Timber-framed buildings. URL: <https://www.standards.govt.nz/shop/nzs-36042011/>

⁵¹ NZS 3603:1993. Timber Structures Standard. URL: <https://www.standards.govt.nz/shop/nzs-36031993/>

⁵² AS 1720.1–2010. Timber Structures. Part 1: Design Methods. URL: <https://www.studocu.com/en-au/document/university-of-tasmania/steel-and-timber-structures/as-17201-2010-timber-structures-part-1-design-methods/6797417>

⁵³ AS/NZS 1170.0:2002. Structural design actions — Part 0: General principles. URL: <https://www.standards.govt.nz/shop/asnzs-1170-02002/>

⁵⁴ Sodra. Masonite Beams Technical Guide for Floor Applications. 2021. 20 p. URL: https://www.sodra.com/_download/sp/masonite-beams-technical-guide-for-floors

Wood Products⁵⁵, выпущенное в США, содержит рекомендации по применению таких строительных элементов, описание их характеристик и типовых узлов соединения.

Также широкое распространение на отечественном строительном рынке получили балки на металлических зубчатых кронштейнах (МЗК), представляющие собой балки-фермы с параллельными поясами, выполненными из пиломатериалов, совместность работы которых обеспечивают запрессованные в них штампованные металлические зубчатые кронштейны (в редакции СП 516.1325800.2022 «Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства» термин заменен на «металлические зубчатые косяки»). Балки на МЗК используются в конструкциях из смешанных материалов, а не только при строительстве полностью деревянных зданий.

Рекомендации по применению таких строительных изделий в НТД на территории РФ практически отсутствует. Краткая справочная информация о балках-фермах на МЗК приведена в СП 516.1325800.2022, где зафиксирована возможность применения таких строительных элементов для организации перекрытий и дано описание некоторых особенностей таких конструктивных решений. Необходимо отметить, что применение балок на МЗК на отечественном рынке малоэтажного строительства зачастую ведется на основании различных рекомендаций, например от ООО «МиТек Индастрис Ру»⁵⁶, представляющих собой во многом маркетинговые издания, содержащие ссылки на зарубежные нормативные документы и не позволяющие проверить расчетом многие предлагаемые решения. В настоящее время на базе СПбГАСУ ведется активная исследовательская работа по изучению технических характеристик строительных элементов с применением МЗК, результаты которой, в том числе, могут быть использованы в дальнейшей работе по модернизации НТД РФ в области деревянного строительства.

В зарубежной практике применение подобных строительных элементов осуществляется в соответствии с методическими указаниями производителей, следование которым обеспечивает соответствие принимаемых решений требованиям действующих НТД. Примером могут служить рекомендации от MiTek⁵⁷ по проектированию с применением выпускаемой этой компанией продукции.

⁵⁵ Wood I Beam. Joists Georgia-Pacific Wood Products. URL: <https://sherwoodlumber.com/wp-content/uploads/pdf/Wood-Beam-Joists-Specs.pdf>

⁵⁶ The World of Posi Technology. MiTek, 2019. 31 p.

⁵⁷ MiTek. The Posi-Joist Technical Handbook. Issue 7. URL: <https://irp-cdn.multiscreensite.com/b9e44cf6/files/uploaded/Posi%20Joist%20-%20Technical%20Handbook%20%28Issue%207%29.pdf>

Компанией разработана номенклатура балок в зависимости от типа их применения в качестве несущих элементов перекрытий, покрытий и стен. Британская компания DWB разработала руководство Posi-Joist Standard Installation Details⁵⁸, содержащее основные сведения по применению POSI-балок (балок на МЗК) с типовыми узлами и решениями, а также пояснительной частью.

В нашей стране сформирован значительный в масштабах малоэтажного строительства рынок использования КТП (СИП) в качестве несущей основы индивидуальных жилых домов. Технология позволяет значительно экономить время монтажа конструкций на строительной площадке благодаря небольшому весу элементов и упрощенной схеме организации узлов их соединения. Также применение таких строительных изделий дает возможность сократить энергопотребление при эксплуатации объекта [26]. Участники рынка, применяющие рассматриваемую технологию, объединены в Ассоциацию домостроительных технологий СИП, ведущую разработку нормативно-технической и методической документации для строительства. Кроме того, отдельными производителями разрабатываются собственные технические условия и руководства, например «Как собрать СИП дом самому? Руководство по строительству домов по технологии SIP» [27], от компании «Виллози Хаус».

Предприятиям, работающим с КТП (СИП) в строительстве, необходим нормативно-методический документ, закрепляющий физико-механические свойства и алгоритмы применения таких панелей — определения несущей способности комpositного сечения, требования к клеям, способам соединения элементов, определение пределов огнестойкости конструкций. На территории РФ таких стандартов не существует, применяются лишь документы, регламентирующие технические условия отдельных компонентов.

Конструктивные теплоизоляционные панели (СИП) являются одним из довольно популярных строительных изделий за рубежом. Технология применяется в Северной Америке со второй половины XX в., постоянно развиваясь. Включение раздела R610 в International Residential Code (IRC) в 2018 г. позволило использовать КТП без проведения дополнительных работ по экспертизе и проектированию.

Активным развитием нормативно-технической и методической базы США в рассматриваемой области занимается Ассоциация конструктивных теплоизоляционных панелей (Structural Insulated Panel Association), разрабатывая пособия и рекомендации по применению указанных изделий в строительстве, содержащие как типовые решения, так и алгоритмы расчета и проектирования в конкрет-

⁵⁸ Posi-Joist Standard Installation Details. URL: <https://dwbgroupp.co.uk/wp-content/uploads/2018/07/Standard-Installations-Detail-V0.9.2.pdf>

ных условиях. Так, в разделе⁵⁹, посвященном сейсмичности, определено, что стены из КТП работают таким же образом, как и обычные стены из легкого каркаса. Для установления огнестойкости в работе⁶⁰ зафиксированы требования, которые могут меняться в зависимости от производителя. Также в США разработано руководство Structural Insulated Panels Product Guide⁶¹, содержащее рекомендации по применению КТП в строительстве.

Среди зарубежных стандартов необходимо выделить ANSI/APA PRS 610.1–2018 «Standard for Performance-Rated Structural Insulated Panels in Wall Applications»⁶², содержащий рекомендации по применению и технические характеристики стен из КТП, методы их сертификации, маркировки и номенклатуру изделий. Разработка новых и актуализация действующих НТД в рассматриваемых регионах ведется постоянно. Примером этого процесса может служить разработка стандартов подкомитетом ISO/TC 165.

Разрабатываемый стандарт ISO/AWI 16229 «Timber structures — Laminated strand lumber and oriented strand lumber — Structural properties»⁶³ в перспективе будет представлять определенный интерес в части применяемых в строительстве изделий из древесины ввиду определения в нем характеристик строительных изделий из конструктивных композитных материалов (Structural Composite Lumber — SCL) — элементов из плоских древесных стружек (Laminated Strand Lumber — LSL) и ориентированных древесных стружек (Oriented Strand Lumber — OSL), которые пока практически не представлены на отечественном строительном рынке.

Наибольшее внимание для рассмотрения в ближайшем будущем заслуживают разрабаты-

ваемые стандарты ISO/DIS 24322 «Timber structures — Methods of test for evaluation of long-term performance — Part 1: wood-based products in bending»⁶⁴ и ISO/DIS 24323 «Timber structures — Design methods for vibrational serviceability of timber floors»⁶⁵. Первый документ установит требования к методикам испытаний для оценки долговечности деревянных изделий при изгибе, второй — должен описать методики расчета виброустойчивости деревянных полов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках исследования проанализирована НТД, действующая в РФ и на территориях США, Канады и стран ЕС. Стоит отметить развитую структуру руководств и пособий по конструкциям и изделиям из древесины в зарубежных странах, обеспечивающую применение эффективных решений при проектировании, производстве и строительстве зданий и сооружений с использованием ДК. Совершенствование аналогичной нормативно-методической базы в РФ способно стимулировать развитие деревянного строительства и компенсировать сложности актуализации и введения дополнительных документов верхнего уровня (ГОСТ, СП). При разработке подобной отечественной документации целесообразно обратить внимание на такие зарубежные пособия и сборники рекомендаций, как Design for Code Acceptance (DCA), Wood Construction Data (WCD), Design Aid (DA) Series, выпущенные на территории США.

В области пожарной безопасности ДК в нормативно-технической базе зарубежных стран, по мнению авторов статьи, применяется более взвешенный комбинированный подход, позволяющий учитывать как пассивные, так и активные методы защиты конструкций от огня, что в свою очередь дает возможность использовать древесину при возведении ответственных ОКС. Действующая в России НТД в этом вопросе нуждается в модернизации, в частности, в области применения активных систем противопожарной защиты и их влияния на пожарную безопасность зданий и сооружений.

Отсутствие пособий и рекомендаций в сфере применения современных строительных изделий и материалов на основе древесины значительно снижает темпы развития деревянного строитель-

⁵⁹ SIPA TECHNICAL BULLETIN NO. 11. Equivalency of SIP Walls to Light Frame Wood Construction Subjected to Seismic Loading. URL: https://www.sips.org/documents/SIPA_Technical_Bulletin_No.11_Equivalency_of_SIP_Walls_to_Light_Frame_Wood_Construction_Subjected_to_Seismic>Loading_012021.pdf

⁶⁰ SIPA TECHNICAL BULLETIN NO. 02. Fire Safety with Structural Insulated Panel Construction. URL: https://www.sips.org/documents/SIPA_TB_02_Fire-Safety-with-SIP-Construction.pdf

⁶¹ APA Structural Insulated Panels Product Guide, APA, The Engineered Wood Association. URL: <https://www.sips.org/store/product-guide-to-structural-insulated-panels>

⁶² ANSI/APA PRS 610.1–2018. Standard for Performance-Rated Structural Insulated Panels in Wall Applications. URL: <https://www.sips.org/documents/ANSI-Standard-for-SIPs-in-Wall-Applications.pdf>

⁶³ ISO/AWI 16229. Timber structures — Laminated strand lumber and oriented strand lumber — Structural properties. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/84526.html>

⁶⁴ ISO/DIS 24322. Timber structures — Methods of test for evaluation of long-term performance — Part 1: wood-based products in bending. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/78429.html>

⁶⁵ ISO/DIS 24323. Timber structures — Design methods for vibrational serviceability of timber floors. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/78430.html>

ства и заставляет использовать устаревшие технологии либо применять современные решения при невозможности их нормативного обоснования. Сочетание этого факта с дефицитом квалифицированных инженерно-технических кадров приводит к уменьшению доверия потребителя к объектам, возведенным с применением ДК.

Строительная отрасль остро нуждается во внедрении НТД с конкретными требованиями и рекомендациями по обеспечению надежности, пожарной безопасности и сейсмостойкости зданий и сооружений с использованием новых материалов и изделий на основе древесины. Для упрощения взаимодействия органов экспертизы и организаций, занимающихся производством, проектированием и строительством зданий и элементов зданий из древесины, рекомендуется разработать документы прикладного характера (пособия, руководства, рекомендации и др.). В настоящее время информация прикладного характера распределена в НТД неоднородно. Например, указания

об особенностях применения конструкций на МЗП и МЗК находятся в своде правил, посвященном срубным конструкциям.

Также в отечественной НТД отсутствуют документы, регламентирующие проектирование и использование древесных композитов. В связи с этим рекомендуется внести ряд терминов и определений в СП 64.13330.2017 с учетом необходимости последующей разработки стандартов, регулирующих технические условия на древесно-стальные, древесно-бетонные и древесно-деревянные композиты.

По результатам исследования выявлены положения ряда отечественных нормативных документов, требующие доработки в части снятия неактуальных ограничений, накладываемых на ДК (табл. 3).

Доработка и актуализация НТД, указанных в пп. 4–6 табл. 3, может быть проведена в рамках мероприятий по развитию деревянного домостроения совместно с Минстроем и МЧС РФ с привлечением участников рынка деревянного домостроения.

Табл. 3. Выявленные требования, предлагаемые к разработке, переработке или отмене в отечественной НТД

Table 3. Identified requirements proposed for the development, processing or cancellation in the domestic regulatory and technical documentation

Наименование НТД Name of technical regulations	Тип замечания Type of comment	Примечание Notes
СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 (с Изменениями № 1–3)» SR 64.13330.2017 "Timber structures. Updated edition of SNiP II-25-80 (as amended No. 1–3)"	Доработка Improvement	В области сейсмических воздействий: Раздел 9 In the area of seismic effects: Section 9 p. 9.13
	Доработка Improvement	В области пожарной безопасности: 4.1. Термины и определения Раздел 8 Раздел 10 In the field of fire safety: 4.1 Terms and definitions Section 8 Section 10
	Доработка Improvement	В области расширения номенклатуры материалов и изделий: Раздел 5–9 In the area of expanding the range of materials and products: Section 5–9
СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*» SR 14.13330.2018 "Seismic building design code. Updated edition SNiP II-7-81*"	Доработка Improvement Отмена Cancellation Отмена Cancellation Доработка Improvement	В области сейсмических воздействий: п. 6.1.5 п. 6.3.5 п. 6.3.6 п. 6.15.3 In the area of seismic effects: p. 6.1.5 p. 6.3.5 p. 6.3.6 p. 6.15.3

Наименование НТД Name of technical regulations	Тип замечания Type of comment	Примечание Notes
Пособие по проектированию и строительству деревянных конструкций в сейсмических районах Manual for the design and construction of timber structures in seismic areas	Разработка Development	В области сейсмических воздействий: с учетом различных типов применяемых строительных изделий и конструктивных систем (каркасно-панельная технология, ДПК, КТП и т.д. (см. п. 4.3.3)) In the area of seismic effects: considering the different types of applied building products and construction systems (frame and panel technology, CLT, SIP, etc. (see point 4.3.3))
СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» SR 2.13130.2020 "Systems of fire protection. Fire-resistance security of protecting units"	Доработка Improvement	В области пожарной безопасности: Табл. 6.1 п. 6.5.2 п. 6.6.2 п. 6.7.9 п. 6.7.11 п. 6.7.19 In the area of fire safety: Table 6.1 p. 6.5.2 p. 6.6.2 p. 6.7.9 p. 6.7.11 p. 6.7.1
СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с Изменениями № 1, 2)» SR 4.13130.2013 "Systems of fire protection. Restriction of fire spread at object of defense. Requirements to special layout and structural decisions (as amended No. 1, 2)"	Доработка Improvement	В области пожарной безопасности: Разделы 4–6 In the area of fire safety: Section 4–6
Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (последняя редакция) Federal Law "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" of 07.22.2008 No. 123-FZ (latest revision)	Доработка Improvement	В области пожарной безопасности: Статьи 87–89 In the area of fire safety: Article 87–89
Пособие к СНиП II-25–80 Handbook for Building codes and regulations II-25–80	Доработка Improvement	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Древесина перекрестноклееная (ДПК). Технические условия» GOST "Cross laminated timber (CLT). Technical conditions"	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Двухтавровые балки (I-балки) с ОСП стенкой. Технические условия» GOST "I-beams with OSB wall. Technical conditions"	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Балки на металлических зубчатых кронштейнах (ПОСИ-балки). Технические условия» GOST "Beams on metallic toothed brackets (POSI-beams). Technical conditions"	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products

Окончание табл. 3 / End of the Table 3

Наименование НТД Name of technical regulations	Тип замечания Type of comment	Примечание Notes
ГОСТ «Конструктивные теплоизоляционные панели (КТП). Технические условия» GOST “Structural insulating panels (SIP). Technical conditions”	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Древесно-стальные композиты. Технические условия» GOST “Timber-steel composites. Technical conditions”	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Древесно-бетонные композиты. Технические условия» GOST “Timber-concrete composites. Technical specifications”	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products
ГОСТ «Древесно-деревянные композиты. Технические условия» GOST “Timber wood composites. Technical specifications”	Разработка Development	В области расширения номенклатуры материалов и изделий In the area of expanding the range of materials and products

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на значительные преимущества отечественных НТД по целому ряду направлений применения деревянных конструкций при строительстве уникальных зданий и сооружений, например в части использования клеенных стержней в узлах соединения элементов деревянных конструкций, в области массового строительства из древесины, сегодня ощущается значительный дефицит нормативно-технического обеспечения. В рамках проведенного исследования ставилась максимально прикладная задача — обозначение актуальных проблем в области нормативно-технического обеспечения массового применения конструкций и элементов на основе древесины в строительстве. Сегодня на отечественном рынке деревянного домостроения сложилась ситуация, предполагающая использование рассматриваемых материалов и изделий главным образом в малоэтажном домостроении. При этом на мировом рынке существует тенденция к повышению этажности возводимых с применением древесины зданий. Запрос на расширение возможностей применения деревянных конструкций в более сложных и современных конструктивных системах сформирован и в нашей стране как со стороны профессионального сообщества, так и частично со стороны потребителя. Однако избыточные нормативные ограничения и пробелы не только затрудняют перспективное развитие индустрии, но и вызывают сложности в малоэтажном домостроении. Таким образом, представляется необходимым определение «болевых точек» в рассматриваемом секторе отечественного строительного рынка для их исключения и придания дополнительного импульса развития в русле обозначенных мировых трендов.

По результатам исследования сформулированы варианты развития НТД в области деревянного строительства на территории РФ. Результаты анализа отечественной и зарубежной документации, а также участники рынка подтверждают необходимость актуализации и модернизации НТД на территории РФ в части пожарной безопасности, сейсмостойкости и возможности обоснованного применения строительных элементов из древесины и ее производных для развития деревянного строительства, включая многоэтажное. Следует отметить дефицит нормативно-методической документации с конкретными указаниями и рекомендациями по применению строительных материалов и изделий на основе древесины с учетом требований действующей НТД. Толчком к развитию многоэтажного строительства из древесины будет являться актуализация и создание новых нормативно-методических пособий по существующим и уже широко применяемым в малоэтажном строительстве материалам и изделиям на основе древесины, таким как ДПК (CLT), балки на МЗК, КТП (SIP).

Рассмотренные в настоящей статье зарубежные источники не подлежат дословному переводу и имплементации в отечественную нормативную базу, но рекомендуются в качестве ориентиров для ее перспективного развития. В любом случае внедрение новых стандартов, актуализация существующих документов, в том числе через их гармонизацию с зарубежными аналогами, может происходить исключительно через проведение соответствующих НИОКР с учетом текущей конъюнктуры рынка строительных конструкций, состояния нормативно-правовой системы и технологических возможностей индустрии. Авторы настоящей статьи полностью разделяют представленный в работе [7] тезис о необходимости обеспечения преемственности

нововведений при разработке норм проектирования во избежание потери колоссального багажа знаний и опыта, накопленного предшественниками при разработке действующей НТД.

По мнению авторов статьи, оптимальная структура НТД в области деревянного строительства может быть достигнута при ее реализации на нескольких уровнях. Основной нормативный документ в области деревянного строительства СП 64.13330 должен включать обязательные требования к проектированию и строительству зданий и сооружений с применением древесины и изделий из нее. Следующий детализирующий уровень должен включать

методические документы, содержащие технические требования и рекомендации по применению конкретных видов деревянных конструкций, таких как срубные, каркасно-панельные, конструкции с применением ДПК (CLT) и др. Система государственных стандартов в рассматриваемой области должна охватывать технические условия на отдельные материалы и изделия из древесины, описывающие их физико-механические свойства и расчетные характеристики. Предлагаемая структура НТД в области деревянного строительства имеет возможность динамичного развития с учетом развития номенклатуры материалов, расчетных методик и прикладных технологий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Коновалов М.А., Козинец Г.Л. Алгоритм разработки расчетной модели деревянного многоэтажного здания // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 4. С. 463–475. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.4.463-475
2. Fragiaco M., Dujic B., Sustersic I. Elastic and ductile design of multi-storey crosslam massive wooden buildings under seismic actions // Engineering Structures. 2011. Vol. 33. Issue 11. Pp. 3043–3053. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.05.020
3. Bruno R., Bevilacqua P., Cuconati T., Arcuri N. Energy evaluations of an innovative multi-storey wooden near Zero Energy Building designed for Mediterranean areas // Applied Energy. 2019. Vol. 238. Pp. 929–941. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.12.035
4. Jithin K.F., Thankachan T.P., Mathew J., Mervin J.T., Kurian J. Investigations on mechanical properties of wood composite for sustainable manufacturing // Materials Today: Proceedings. 2023. Vol. 72. Pp. 3111–3115. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.09.428
5. Bello-Bravo J., Lutomia A.N. Sustainable development or developmental sustainability: Two cases of indigenous knowledge and practices for sustainable sourcing for wood-based design-solutions // Trees, Forests and People. 2022. Vol. 8. P. 100253. DOI: 10.1016/j.tfp.2022.100253
6. Pelli P. Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects // Cleaner Engineering and Technology. 2021. Vol. 2. P. 100061. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100061
7. Погорельцев А.А., Пятикрестовский К.П. Дальнейшее развитие и совершенствование норм проектирования конструкций из древесины // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 35–41. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.03.35-41 EDN ZAHMEX.
8. Абдрахманова Л.А., Хантимиров А.Г., Нисамов Р.К., Хозин В.Г. Древесно-полимерные наномодифицированные поливинилхлоридные строительные композиты // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 4 (115). С. 426–434.
9. Филимонов М.А., Смирнов П.Н. Исследования прочностных и упругих характеристик плит из древесины перекрестно-клееной (ДПК/CLT) российского производства // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2022. № 2. С. 81–97. DOI: 10.37153/2618-9283-2022-2-81-97 EDN JEVVCF.
10. Balasbaneh A.T., Sher W. Comparative sustainability evaluation of two engineered wood-based construction materials: Life cycle analysis of CLT versus GLT // Building and Environment. 2021. Vol. 204. P. 108112. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108112
11. Бубис А.А., Гизятуллин И.Р., Хворова А.Н., Петров И.Ю. Особенности поведения древесины перекрестно-клееной (ДПК/CLT) при статических и динамических нагрузках, моделирующих сейсмические воздействия // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2022. № 2. С. 62–80. DOI: 10.37153/2618-9283-2022-2-62-80
12. Погорельцев А.А., Турковский С.Б. Особенности применения клееных деревянных конструкций в сейсмических районах // Строительная механика и расчет сооружений. 2022. № 2 (301). С. 31–38. DOI: 10.37538/0039-2383.2022.2.31.38
13. Арзуманов А.А., Сушкова Е.Е., Жукова Е.В. Анализ технологических параметров возведения объектов многоэтажного строительства с применением деревянных конструкций // Строительство и недвижимость. 2022. № 1 (10). С. 26–33. EDN FVQMME.
14. Салимуллин А.Р., Смирнов П.Н. Разработка и исследование узловых соединений древесины перекрестно-клееной на винтах, в том числе для многоэтажных зданий // Вестник НИЦ Строительство. 2022. № 1 (32). С. 53–64. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-53-64
15. Герасимович А.А., Агафонов С.А. Обзор мирового опыта проектирования и строительства многоэтажных зданий на основе клееных деревянных

конструкций // Вестник магистратуры. 2020. № 5–3 (104). С. 70–77. EDN SLJLCL.

16. Траевуи В.И., Шарипов Р.Ш., Волков Ю.С. Вопросы совершенствования строительных норм // Бетон и железобетон. 2021. № 4 (606). С. 3–7. EDN OOKDBU.

17. Федотов И.О., Сивенков А.Б. Проблемы и перспективы применения огнезащитных средств для деревянных конструкций // Проблемы технологической безопасности : мат. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. 2021. № 10. С. 65–69. EDN TVLHUQ.

18. Ключ В.В., Косенко Д.В., Бондаренко Д.С. О пассивной огнезащите на подземных объектах минерально-сырьевого комплекса // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 3 (35). С. 26–29. EDN HJDSGK.

19. Гравит М.В., Юминова М.О., Симоненко Я.Б. Метод SBI для определения пожарно-технических характеристик деревянных конструкций с огнезащитными лаками // Пожарная и аварийная безопасность : сб. мат. XIV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 370-й годовщине образования пожарной охраны России. 2019. С. 25–31. EDN PWPGRP.

20. Герасимович А.А., Агафонов С.А. Конструктивные системы многоэтажных зданий на основе клееных деревянных конструкций // Вестник магистратуры. 2020. № 5–5 (104). С. 30–40. EDN QNEUMV.

21. Le T.D.H., Tsai M.-T. Experimental Assessment of the Fire Resistance Mechanisms of Timber-

Steel Composites // Materials. 2019. Vol. 12. Issue 23. P. 4003. DOI: 10.3390/ma12234003

22. Auclair S.C., Sorelli L., Salenikov A. Simplified nonlinear model for timber-concrete composite beams // International Journal of Mechanical Sciences. 2016. Vol. 117. Pp. 30–42. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2016.07.019

23. Shahnewaz M., Dickof C., Tannert T. Bending performance of timber-timber composite floors // Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Pp. 511–517. DOI: 10.1007/978-981-19-0656-5_43

24. Gower P. Timber towers. URL: <https://www3.rics.org/uk/en/modus/built-environment/construction/timber-towers.html>

25. Bhandari S., Jahedi S., Riggio M., Muszynski L., Luo Z., Polastri A. CLT modular low-rise buildings: a DFMA approach for deployable structures using low-grade timber // World Conference in Timber Engineering: conference. 2021.

26. Курманов А.С., Курманов К.С., Курманова Е.В. Руководство по строительству домов по технологии SIP. СПб., 2020. 184 с.

27. Король Е.А., Журавлева А.А. Влияние работы энергопотребителей при возведении малоэтажных жилых зданий на состояние окружающей среды // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 3. С. 108–114. DOI: 10.22337/2077-9038-2021-3-108-114 EDN LBPFCI.

Поступила в редакцию 9 марта 2023 г.

Принята в доработанном виде 26 апреля 2023 г.

Одобрена для публикации 6 июня 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: Сергей Александрович Агафонов — ассистент ВШГиЭС; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ); 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; SPIN-код: 7944-9351, ResearcherID: NHM-5486-2022, ORCID: 0000-0001-5742-8532, Scholar ID: sBe_I2AAAAAJ; agafonov_sa@spbstu.ru;

Владимир Алексеевич Волкодав — генеральный директор; Научно-инженерный центр цифровизации и проектирования в строительстве (НИЦ ЦПС); 190020, г. Санкт-Петербург, Рижский пр-т, д. 58, кор. 2 литер А, офис 4.24; РИНЦ ID: 7902-1318; vva@niccps.ru;

Иван Алексеевич Волкодав — кандидат технических наук, директор по науке; Научно-инженерный центр цифровизации и проектирования в строительстве (НИЦ ЦПС); 190020, г. Санкт-Петербург, Рижский пр-т, д. 58, кор. 2 литер А, офис 4.24; РИНЦ ID: 1140-1800; via@niccps.ru;

Ирина Дмитриевна Титова — инженер-проектировщик; Научно-инженерный центр цифровизации и проектирования в строительстве (НИЦ ЦПС); 190020, г. Санкт-Петербург, Рижский пр-т, д. 58, кор. 2 литер А, офис 4.24; SPIN-код: 8288-6627; tid@niccps.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Konovalov M.A., Kozinets G.L. Algorithm for developing a computational model of a wooden multi-storey building. *Vestnik MGSU* [Monthly

Journal on Construction and Architecture]. 2022; 17(4):463-475. DOI: 10.22227/19970935.2022.4. 463-475 (rus.).

2. Fragiaco M., Dujic B., Sustersic I. Elastic and ductile design of multi-storey crosslam massive wooden buildings under seismic actions. *Engineering Structures*. 2011; 33(11):3043-3053. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.05.020
3. Bruno R., Bevilacqua P., Cuconati T., Arcuri N. Energy evaluations of an innovative multi-storey wooden near Zero Energy Building designed for Mediterranean areas. *Applied Energy*. 2019; 238:929-941. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.12.035
4. Jithin K.F., Thankachan T.P., Mathew J., Mervin J.T., Kurian J. Investigations on mechanical properties of wood composite for sustainable manufacturing. *Materials Today: Proceedings*. 2023; 72:3111-3115 DOI: 10.1016/j.matpr.2022.09.428
5. Bello-Bravo J., Lutomia A.N. Sustainable development or developmental sustainability: Two cases of indigenous knowledge and practices for sustainable sourcing for wood-based design-solutions. *Trees, Forests and People*. 2022; 8:100253. DOI: 10.1016/j.tfp.2022.100253
6. Pelli P. Service innovation and sustainable construction: Analyses of wood vis-à-vis other construction projects. *Cleaner Engineering and Technology*. 2021; 2:100061. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100061
7. Pogoreltsev A.A., Pyatikrestovskiy K.P. Issues of further development and improvement of design standards for wood structures. *Industrial and Civil Engineering*. 2019; 3:35-41. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.03.35-41 EDN ZAHMEX. (rus.).
8. Abdrakhmanova L.A., Khantimirov A.G., Nizamov R.K., Khozin V.G. Wood-polymer nano-modified polyvinylchloride composite building materials. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2018; 13(4):426-434. (rus.).
9. Filimonov M.A., Smirnov P.N. Research of strength and elastic characteristics of russian-made cross laminated timber slabs. *Earthquake Engineering. Constructions Safety*. 2022; 2:81-97. DOI: 10.37153/2618-9283-2022-2-81-97 EDN JEVVCF. (rus.).
10. Balasbanch A.T., Sher W. Comparative sustainability evaluation of two engineered wood-based construction materials: Life cycle analysis of CLT versus GLT. *Building and Environment*. 2021; 204:108112. DOI: 10.1016/j.buildenv.2021.108112
11. Bubis A.A., Gizyatullin I.R., Khvorova A.N., Petrov I.Yu. Peculiarities of behavior of cross-laminated timber (CLT) under static and dynamic loads simulating seismic impacts. *Earthquake Engineering. Constructions Safety*. 2022; 2:62-80. DOI: 10.37153/2618-9283-2022-2-62-80 (rus.).
12. Pogoreltsev A.A., Turkovskiy S.B. Features of application of glulam structures in seismic areas. *Structural Mechanics and Analysis of Constructions*. 2022; 2(301):31-38. DOI: 10.37538/0039-2383.2022.2.31.38 (rus.).
13. Arzumano A.A., Sushkova E.E., Zhukova E.V. Analysis of technological parameters of construction of objects of multi-storey construction using wooden structures. *Construction and Property*. 2022; 1(10):26-33. EDN FVQMME. (rus.).
14. Salimullin A.R., Smirnov P.N. Development and research of screwed cross-laminated timber nodal joints for multi-storey buildings. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2022; 32(1):53-64. DOI: 10.37538/2224-9494-2022-1(32)-53-64 (rus.).
15. Gerasimovich A.A., Agafonov S.A. Review of international experience in the design and construction of multi-storey buildings based on glulam timber structures. *Master's Bulletin*. 2020; 5-3(104):70-77. EDN SLJLCL. (rus.).
16. Travush V.I., Sharipov R.Sh., Volkov Yu.S. On the technical regulation of the construction process. *Concrete and Reinforced Concrete*. 2021; 4(606):3-7. EDN OOKDBU. (rus.).
17. Fedotov I.O., Sivenkov A.B. Problems and prospects of using flame retardants for wooden structures. *Problems of Technosphere Safety : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists*. 2021; 10:65-69. EDN TVLHUQ. (rus.).
18. Kluy V.V., Kosenko D.V., Bondarenko D.S. About passive fire protection at underground facilities of the mineral resource complex. *Natural and Technogenic Risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2020; 3(35):26-29. EDN HJDSGK. (rus.).
19. Gravit M.V., Yuminova M.O., Simonenko Ya.B. SBI method for determining fire-technical characteristics of wooden constructions with fireproof varnishes. *Fire and Emergency Safety : proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 370th anniversary of the Russian Fire Service*. 2019; 25-31. EDN PWP GPK. (rus.).
20. Gerasimovich A.A., Agafonov S.A. Structural systems of multi-storey buildings based on glued wooden structures. *Master's Herald*. 2020; 5-5:30. EDN QNEUMV. (rus.).
21. Le T.D.H., Tsai M.-T. Experimental assessment of the fire resistance mechanisms of timber-steel composites. *Materials*. 2019; 12(23):4003. DOI: 10.3390/ma12234003
22. Auclair S.C., Sorelli L., Salenikovich A. Simplified nonlinear model for timber-concrete composite beams. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2016; 117:30-42. DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2016.07.019
23. Shahnewaz M., Dickof C., Tannert T. Bending performance of timber-timber composite floors. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022; 511-517. DOI: 10.1007/978-981-19-0656-5_43

24. Gower P. *Timber towers*. URL: <https://www3.rics.org/uk/en/modus/built-environment/construction/timber-towers.html>

25. Bhandari S., Jahedi S., Riggio M., Muszynski L., Luo Z., Polastri A. CLT modular low-rise buildings: a DFMA approach for deployable structures using low-grade timber. *World Conference in Timber Engineering : conference*. 2021.

26. Kurmanov A.S., Kurmanov K.S., Kurmanova E.V. *Guide to building houses using SIP technology*. St. Petersburg, 2020; 184. (rus.).

27. Korol' E.A., Zhuravleva A.A. Influence of energy consumers' work during the construction of low-rise residential buildings on the environment. *Academia. Architecture and Construction*. 2021; 3:108-114. DOI: 10.22337/2077-9038-2021-3-108-114. EDN LBPFCL. (rus.).

Received March 9, 2023.

Adopted in revised form on April 26, 2023.

Approved for publication on June 6, 2023.

B I O N O T E S : **Sergei A. Agafonov** — Assistant of the Higher School of Hydrotechnical and Energy Construction; **Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU)**; 29 Politechnicheskaya st., St. Petersburg, 195251, Russian Federation; SPIN-code: 7944-9351, ResearcherID: HHM-5486-2022, ORCID: 0000-0001-5742-8532, ScholarID: sBe_I2AAAAAJ; agafonov_sa@spbstu.ru;

Vladimir A. Volkodav — General Director; **Scientific and Engineering Center for Digitalization and Design in Construction**; office 4.24 build. 2A, 58 Riga prospect, St. Petersburg, 190020, Russian Federation; ID RSCI: 7902-1318; vva@niccps.ru;

Ivan A. Volkodav — Candidate of Technical Sciences, Science Director; **Scientific and Engineering Center for Digitalization and Design in Construction**; office 4.24 build. 2A, 58 Riga prospect, St. Petersburg, 190020, Russian Federation; ID RSCI: 1140-1800; via@niccps.ru;

Irina D. Titova — engineer-designer; **Scientific and Engineering Center for Digitalization and Design in Construction**; office 4.24 build. 2A, 58 Riga prospect, St. Petersburg, 190020, Russian Federation; SPIN-code: 8288-6627; tid@niccps.ru.

Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the publication.

The authors declare no conflict of interest.