



УДК 69.009

Коклюгина Людмила Алексеевна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: the-lusy@mail.ru

Коклюгин Алексей Викторович

старший преподаватель

Гимранов Линур Рафаэльевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: leenur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Никифоров Григорий Анатольевич

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник

E-mail: ganikiforov@mail.ru

Институт механики и машиностроения Казанского научного центра РАН

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Современные технологии возведения многоэтажных деревянных домов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить возможность строительства многоэтажных жилых домов с применением современных деревянных конструкций, как высокотехнологичных строительных материалов, с учетом внесения изменений в действующее законодательство.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в использовании современных приемов и методов возведения многоэтажных жилых домов с применением инновационных конструктивных решений. Отмечено, что дома из деревянных конструкций благоприятно влияют на состояние здоровья людей, живущих в экологически чистых домах. Проанализированы причины небольшого процента использования дерева в массовом строительстве в стране, являющейся одним из лидеров по запасам леса. Рассмотрены элементы организационно-технологических мероприятий при производстве работ с использованием деревянных конструкций.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности реализации на производстве и поиске направления исследований по разработке отечественных технологических процессов, совершенствованию законодательной базы, возможности финансирования и осуществления инвестиционных строительных проектов многоэтажных деревянных домов.

Ключевые слова: многоэтажные деревянные дома, высокотехнологичные строительные материалы, законодательная база.

Введение

Известно, что каждому периоду времени соответствует определенный уровень развития архитектурных, конструктивных форм и технологий их возведения, заключающийся как в количественном выражении их вариантов, так и в качественном наборе их показателей. Возникает вопрос – каковы причины, побуждающие процесс их развития? Основной движущей силой является неудовлетворенность в качественных показателях существующих архитектурных, конструктивных форм на период реализации планируемого проекта. Данные причины можно отнести к внешним факторам развития.

Однако можно отметить также и возможность улучшения конструктивных решений за счет внутренней потребности в их развитии, как постоянном стремлении к повышению их совершенства.

Внешние и внутренние факторы развития, иначе источники развития или противоречия, можно разделить в целом на три группы:

- противоречия между потребностями и возможностями производства, которые определяют точки приложения и интенсивность движущих сил развития;

- противоречия между потребностями производства и существующей техникой, т.е. потребность в выпуске конструкций стимулирует развитие технологии их изготовления;
- противоречия между потребностью повышения совершенства конструкций и их структурно-функциональными возможностями, разрешение которых идет по пути применения новых схем, материалов, способов соединения и т.п. [1-3].

Опыт строительства многоэтажных деревянных домов за рубежом

В свое время строились экономичные пятиэтажные жилые дома с упрощенными объемно-планировочными решениями, с максимальным использованием сборных конструкций, поставляемых домостроительными комбинатами. Сейчас повсеместно возводятся монолитные дома.

Однако в настоящее время все большую популярность в развитых странах Запада приобретает использование деревянных конструкций для строительства жилых многоэтажных домов. Это связано с неблагоприятной экологической обстановкой, особенно в крупных городах и промышленных центрах.

Интенсивное использование строительных деревянных конструкций в многоэтажном строительстве возможно только в случае, когда будут обеспечены, с одной стороны, потребности производства, а с другой – преимущества дерева, как конструкционного материала. При этом развитие современных деревянных конструкций, как высокотехнологичных строительных материалов, следует понимать как процесс перехода на новый более качественный уровень.

В настоящее время деревянные дома строятся как в городах, так и в сельской местности. Сейчас активно воплощаются в жизнь идеи строительства высотных домов из древесины, в основном, в странах Евросоюза, Канаде, Великобритании, т.е. в странах, обладающих природными ресурсами, мощностями и передовыми технологиями

В Европейском Союзе (ЕС) реализуется программа «Деревянная Европа», целью которой является повышение доли жилой недвижимости до 80 % с применением инновационных конструкций из дерева. Этот проект финансируют государства ЕС. Уже сейчас доля деревянных домов достигает в Финляндии 40 %, в Австрии – 30 %, в Германии – 20 %. Кроме того разрабатываются современные технологии строительства высотных деревянных домов (табл.).

Таблица

Строительство домов с применением деревянных конструкций за рубежом

Город	Название объектов	Год возведения	Высота здания	Кол-во этажей	Кол-во квартир	Стоимость, млн. евро
Лондон	STADHAUS	2009	29,75 м	9	29	-
Лондон	BRIDPORT	2011	15,24 м	5-8	41	8,0
Мельбурн	FORTE	2012	32,17 м	10	23	8,3
Милан	VIA CENNI	2013	27,95 м	9	124	17,0
Берген	TREET	2015	49,00 м	14	62	27,5

Проведем обзор объектов, построенных в последнее время с использованием деревянных клееных конструкций. Наиболее часто встречаются такие объекты на севере Западной Европы.

Одним из первых строений такого типа был 9-этажный жилой дом в Лондоне Stadthaus (Великобритания). Строительство осуществлялось в течение 27 дней без отклонений от проектной документации. Дом полностью построен из деревянных конструкций, включая лестницы и лифтовые шахты, с применением CLT-панелей и LVL-бруса.

В городе Берген (Норвегия) введено в эксплуатацию здание 14-ти этажного жилого дома «Treet». Здание отличает тот факт, что все несущие и ограждающие конструкции, согласно проекту, выполнены из клееных деревянных конструкций – вертикальные фермы, колонны (сечение 495×495 мм и 405×650 мм, раскосы – 406×405 мм), лестничные марши и площадки, лифтовые шахты, стены и перекрытия. Использовались LVL-брус и CLT-панели. Следует обратить внимание на огнестойкость этих конструкций. Период огнестойкости основной несущей системы (фермы) составляет 90 мин., а вторичной (CLT-панелей) – 60 мин.

В городе Милан (Италия) построено 9-этажное здание ViaCenni. Основой конструктивного решения является различная толщина стен от 200 мм на первом этаже до 120 на девятом; соответственно толщина перекрытия варьируется от 200 мм до 250 мм в зависимости от длины пролета. Используя подобные технологические решения, построен 18-ти этажный жилой дом в Ванкувере.

Инновационные разработки композитных балок HESS TIMBER позволяют использовать LVL-брус большого сечения, имеющего технологические отверстия для пропуска различных инженерных систем (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, автоматизированные системы обеспечения безопасности). При этом контур отверстия в LVL-брусе не нуждается в усилении.

Во всем мире разрабатываются проекты строительства высотных домов из дерева. Самое высокое здание в 10 этажей (Forte Building) построено в Австралии. Это стало возможным благодаря появлению новых эффективных материалов на основе древесины. Основными конструктивами являются СТЛ-панели (Cross Laminated Timber), которые представляют из себя панели, изготовленные путем перекрестного склеивания дощатых щитов толщиной от 60 до 400 мм. Характеристики: легкость, прочность, пожаробезопасность, тепло- и звукоизоляция. LVL-брус – конструкционная балка из шпона, являющаяся композитным материалом, не подвержена деформации, устойчива к химической агрессии. Размер балок из LVL-бруса достигает 36 м [4-6, 9-11].

Строительство деревянных домов в России

Примеры многоэтажного деревянного домостроения существуют и в России, но все они относятся к разряду «экспериментальных». Для того, чтобы не было противоречия существующим технологическим нормам, использовалась схема комбинирования конструкций из дерева, металла и железобетона.

Россия владеет огромными запасами леса, но строительство домов из древесины было ограничено строгим регламентом – не выше трех этажей и не более 500 м². Попытки решения проблемы предпринимались Ассоциацией Деревянного Домостроения. Были реализованы проекты строительства пятиэтажных жилых домов, выполненных домостроительным комбинатом (ДСК) «Славянский» в 2014 году, который прошел многочисленные согласования проектов, провел испытания материалов и получил разрешение на строительство. После окончания строительства, ДСК «Славянский» прекратил свое существование, т.к. работать в сложившихся условиях стало невозможно по экономическим причинам.

При отсутствии законодательной базы многоэтажное деревянное строительство в России экономически нецелесообразно, т.к. не существует стандартных решений согласования проектной документации, прохождения экспертизы и получения разрешения на строительство. Но следует заметить, что на сегодня уже разработано огромное количество проектов, которые ждут своего часа.

Все эти вопросы решаются в индивидуальном порядке и требуют нестандартных путей согласования, что существенно увеличивает сроки осуществления инвестиционного строительного проекта. При этом в результатах проекта заинтересованы все участники: производители, проектные организации, подрядчики, инвесторы, эксплуатирующие организации и муниципальные власти.

Справедливости ради следует отметить, что правительство Российской Федерации рассматривает предложения по стимулированию деревянного домостроения, в частности возможности предоставления субсидий из федерального бюджета (подготовка проекта постановления № 259 с изменениями).

Преимущества деревянного домостроения

Дерево – возобновляемый природный ресурс. При производстве деревянных конструкций может использоваться низкосортная древесина и отходы производства. Обработка и монтаж конструкций значительно дешевле аналогов.

Технические характеристики деревянных конструкций выгодно отличаются от бетона и кирпича, широко используемых в настоящее время. Деревянные конструкции гибко

реагируют на сезонные и климатические изменения температуры и влажности воздуха. Древесина не только пропускает воздух, но и выполняет функции естественного фильтра.

Показатели теплопроводности дерева значительно отличаются от кирпича в лучшую сторону, что позволяет при проектировании наружных стен существенно уменьшить их толщину и массу конструкций, обеспечивая меньшие нагрузки на фундамент.

Здания из деревянных конструкций могут возводиться в сейсмически активных районах и в районах с просадочными грунтами. Деревянные конструкции сохраняют устойчивость к воздействию огня и температуры в течение 45 минут (металл – 15 мин.) в незащищенном состоянии. При обработке антипиренами горючесть сводится к минимуму. Энергосберегающие показатели: дома из СЛТ-панелей и LVL-бруса потребляют 65 кВт на 1 м² в год в отличие от монолитного железобетона (190 кВт).

Рассматривая систематику критериев развития конструкций, таких как: функциональные критерии (надежность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, точность, прочность); технологические критерии (трудоемкость изготовления, членение технического объекта на элементы); экономические критерии (затраты материалов, энергии, габаритные размеры); антропологические (социальные) критерии (эргономичность, красота, безопасность, экологичность), – можно сделать вывод, что, при всей противоречивости данных критериев, современные деревянные конструкции занимают достойное место.

Показатели, характеризующие многоэтажные деревянные здания из клееной древесины

Прочность

LVL-брус и СЛТ-панели значительно превосходят по прочности традиционные строительные материалы, что засвидетельствовано в различных научных исследованиях. Проверка испытания на сейсмические нагрузки также показала отличные результаты. Поэтому использование этих материалов в многоэтажном строительстве лишь вопрос времени, которое потребуется на согласование и утверждение нормативных документов.

Огнестойкость

Показатель горючести и степень огнестойкости являются совершенно разнотипными характеристиками. При воздействии высокой температуры сталь «отжигается», т.е. переходит из упруго-пластической в пластическую, и конструкции из стали теряют несущую способность. Потеря несущей способности обычно происходит при 500 °С, но при этом очень сложно, практически невозможно, определить место, где произойдет обрушение.

Проведенные исследования деревянных конструкций, подвергаемых воздействию высокой температуры, показывают, что они при температуре 500 °С воспламеняются, но скорость горения составляет 0,5 мм/мин, таким образом, потеря несущей способности происходит постепенно и зависит только от геометрических размеров в отличие от металлических конструкций. К тому же характеристики этого процесса можно заранее рассчитать и предвидеть поведение деревянных конструкций во время пожара, т.е. возможно рассчитать различные варианты возникновения пожара и его ликвидации (предсказуемость поведения конструктивных элементов).

Все эти факторы позволяют запроектировать как пассивные технологии защиты от воздействия огня и температуры (антипиренты), так и активные технологии (спринклерные системы)

Экологичность

Древесина – экологический ресурс, который быстро возобновляется и медленно расходуется. Уничтожение древесины происходит только при горении, гниении или разложении. При этом выделяется углекислый газ, который поглощается самими же деревьями. По сравнению с железобетоном, металлом, кирпичом (самые энергозатратные материалы) древесина даже в конце технологической цепочки эксплуатации (дрова, щепа, компост) не оказывает пагубного влияния на окружающую среду.

Учитывая особенности многовекового опыта строительства из древесины человечеством, можно сделать следующие выводы:

- деревянные дома комфортны для проживания;

- достаточные качества несущих и ограждающих конструкций;
- возможность комбинирования конструкций из древесины для достижения требуемых параметров с помощью современных технологий;
- простота в обработке и возможность простых технологических решений стыков и крепления;
- наличие современных антипиреновых и биозащитных составов значительно упрощает эксплуатацию деревянных зданий;
- развитие международного экологического туризма приводит к большому спросу по осуществлению инвестиционных проектов строительства. В некоторых случаях возможно строить в экологически чистых зонах (заказниках, национальных парках) [7, 8].

Организация стройплощадки

При всех достоинствах дерева следует учитывать, что организация строительной площадки для деревянного домостроения имеет свои особенности и требует детальной проработки. Необходимо подготовить открытые и закрытые склады для разгрузки и хранения комплектующих, исключая замачивание. Хранение деревянных строительных материалов требует более внимательного отношения по сравнению с бетоном и кирпичом. Однако при монтаже конструкций не требуется мощных грузоподъемных механизмов. Основным достоинством дерева при возведении дома является простота монтажа, крепления, небольшой вес конструкций (рис.).

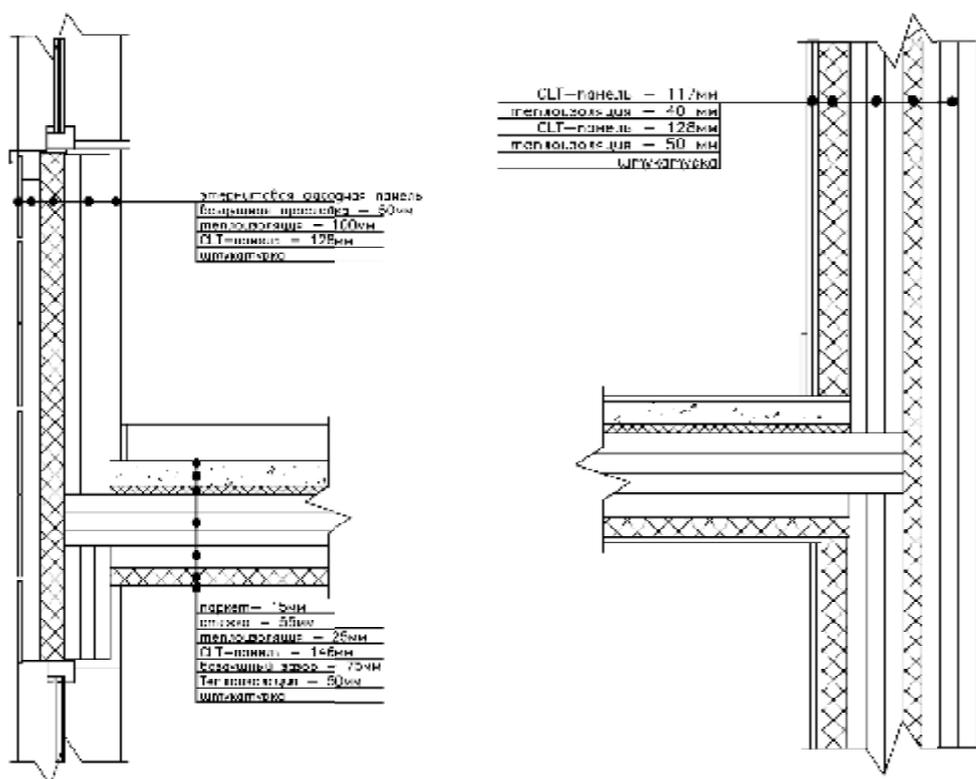


Рис. Типовое решение внутренних и наружных несущих стен многоэтажных зданий из древесины (иллюстрация авторов)

Одной из особенностей монтажа деревянных конструкций является удачное технологическое решение установки крепежных элементов, позволяющих получить высокую точность (2 мм) по сравнению с монтажом ж/б конструкций (10 мм). Учитывая небольшой вес конструкций и простоту монтажных операций, не требующих специальных механизмов и оборудования, нужно отметить достижение высокой производительности труда и обеспечение безопасности производства работ.

Следует также помнить, что антипиреновая защита наносится на заводе-изготовителе, а, значит, конструкции требуют особой осторожности при хранении и производстве работ.

Причины, ограничивающие развитие высотного деревянного домостроения

Причинами, ограничивающими развитие высотного деревянного домостроения в России, являются:

- несовершенство законодательства;
- отсутствие технического регламента для деревянного домостроения выше 3-х этажей;
- элементарная нехватка кадров проектировщиков и строителей;
- отсутствие специальных сортов на деревянные конструкции, в связи с чем проектировщики должны производить индивидуальные расчеты для каждого элемента;
- существующие в России предприятия по выпуску СТЛ-панелей и LVL-бруса до 90 % продукции поставляют в страны ЕС и даже в Австралию в связи с низким спросом в РФ;
- низкая заинтересованность возможных заказчиков, отсутствие должной рекламы.

Существующие отдельные примеры удачного завершения проектов деревянного домостроения лишь подчеркивают актуальность проблемы. Сложившаяся сейчас практика строительства монолитного железобетонного жилья давно решила все вопросы, возникающие при введении новых технологий. К тому же для строительства из монолитного железобетона требуется гораздо меньше земельных участков для многоэтажек. Появившиеся успешные примеры строительства многоэтажных деревянных домов в России и странах ЕС неизменно свидетельствуют о резком повышении интереса потенциальных потребителей.

Заключение

Существующие в настоящее время проблемы, ограничивающие развитие многоэтажного деревянного домостроения в России, не являются критическими. Поэтапное решение задач, поставленных в майских указах президента России, таких как: улучшение жилищных условий 5 млн семей ежегодно, обеспечение семьи со средним уровнем достатка доступным жильем, увеличение объема жилищного строительства до 120 млн м²/год, несомненно приведет к широкому распространению инновационных методов деревянного многоэтажного домостроения, особенно в регионах, богатых лесом.

Устранение пробелов в законодательной базе даст мощный толчок к разработке новых решений деревянных конструкций, увеличит шансы переналадке отечественного производства.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов И. Л., Коклюгина Л. А. Проблема выбора оптимального конструктивного решения : мат. международной научно-технической конференции. Волгоград, 1998. С. 59–61.
2. Имайкин Д. Г., Ибрагимов Р. А. Исследование факторов, влияющих на срок службы тентовых строительных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 120–123.
3. Мельников Н. П. Металлические конструкции. Современное состояние и перспективы развития. М. : Стройиздат, 1983. 542 с.
4. Khumpaisal S., Chen Z. Risk assessment in real estate development: an application of analytic network process // Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 2010. № 7 (1). P. 103–116.
5. Murray S. L., Grantham K. Development of a Generic Risk Matrix to Manage Project Risks // Journal of Industrial and Systems Engineering. 2011. № 5 (1). P. 35–51.
6. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 7–8.
7. Повышение эффективности строительного производства в монолитном домостроении на основе оценки организационно-технологических решений //

- www.DisserCat.com : Научная библиотека диссертаций и авторефератов. 2004. URL: <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-stroitel'nogo-proizvodstva-v-monolitnom-domostroenii-na-osnove-otsen#ixzz5VLE2ST10> (дата обращения: 06.10.2018).
8. Перспективы развития многоэтажного деревянного домостроения в России // <https://scienceforum.ru> : Студенческий научный форум. 2018 URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006156> (дата обращения: 10.10.2018).
 9. Malo K. A., Abrahamsen R. B., Bjertnæs M. A. Europe Journal of Wood and Wood Production. 2016. Vol. 74. Iss. 3. P. 407–424.
 10. Chapman John, Reynolds Thomas, Harris Richard. A 30 Level Cross Laminated Timber Building System And Analysis Of The Eurocode Dynamic Wind Loads // World Conference on Timber Engineering 15-19 July 2012, Auckland New Zealand. P. 49–57.
 11. Van J. W. G., DeKuilen, Ceccottib A., Zhouyan Xia, Minjuan He. Very Tall Wooden Buildings with Cross Laminated Timber // Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. P. 1621–1628.

Koklyugina Lyudmila Alekseyevna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: the-lusy@mail.ru

Koklyugin Aleksey Viktorovich

associate professor

Gimranov Linur Rafael'yevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: leenur@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Nikiforov Grigoriy Anatol'yevich

candidate of physical and mathematical sciences

E-mail: ganikiforov@mail.ru

Institute of Mechanics and Engineering, Kazan Science Center, RAS

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/31

Modern technology of construction of multi-storey wooden houses

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to identify the possibility of construction of multi-storey residential buildings with the use of modern wooden structures as high-tech building materials, taking into account possible introduction of changes in the current legislation

Results. The main results of a research consist of modern receptions and methods of multistoried construction houses with use of innovative constructive solutions. It is noted that the houses made of wooden structures have a positive impact on the health of people living in environmentally friendly homes. The reasons for a small percentage of the use of wood in mass construction in the country, which is one of the leaders in forest reserves, are analyzed. The elements of organizational and technological measures in the production of works using wooden structures.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the possibility of implementation in the production and search for the direction of research on the development of domestic technological processes, improvement of the legislative framework, the possibility of financing and implementation of investment construction projects of multi-storey wooden houses.

Keywords: multi-storey wooden houses, high-tech building materials, legislative framework.

References

1. Kuznetsov I. L., Kokliugina L. A. The Problem of choosing the optimal constructive solution : mat. of international scientific and technical conference. Volgograd, 1998. P. 59–61.

2. Imaikin D. G., Ibragimov R. A. Study of factors influencing the service life of the awning of building materials // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. Vol. 18. № 14. P. 120–123.
3. Melnikov N. P. Metal structures. Current state and development prospects. M. : Stroyizdat, 1983. 542 p.
4. Khumpaisal S., Chen Z. Risk assessment in real estate development: an application of analytic network process // Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 2010. № 7 (1). P. 103–116.
5. Murray S. L., Grantham K. Development of a Generic Risk Matrix to Manage Project Risks // Journal of Industrial and Systems Engineering. 2011. № 5 (1). P. 35–51.
6. Sormunen P. Energy efficiency of buildings. The situation in Finland // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2010. № 1. P. 7–8.
7. Improving the efficiency of construction production in monolithic housing construction based on the assessment of organizational and technological solutions // www.DisserCat.com : Scientific library of dissertations and abstracts. 2004. URL: <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-stroitel'nogo-proizvodstva-v-monolitnom-domostroenii-na-osnove-otsen#ixzz5VLE2ST1O> (reference date: 06.10.2018).
8. Prospects of development of multi-storey wooden house building in Russia // <https://scienceforum.ru>: Student Scientific Forum. 2018 URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006156> (reference date: 10.10.2018).
9. Malo K. A., Abrahamsen R. B., Bjertnæs M. A. Europe Journal of Wood and Wood Production. 2016. Vol. 74. Iss. 3. P. 407–424.
10. Chapman John, Reynolds Thomas, Harris Richard. A 30 Level Cross Laminated Timber Building System And Analysis Of The Eurocode Dynamic Wind Loads // World Conference on Timber Engineering 15-19 july 2012, Auckland New Zeland. P. 49–57.
11. Van J. W. G., DeKuilen, Ceccottib A., Zhouyan Xia, Minjuan He. Very Tall Wooden Buildings with Cross Laminated Timber // Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. P. 1621–1628.