

УДК 69.05

**Мавлюбердинов Азат Рашидович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [mazatr73@mail.ru](mailto:mazatr73@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

**Хоцаян Давид Нверович**

инженер

E-mail: [Khotsanyan1994@mail.ru](mailto:Khotsanyan1994@mail.ru)

**ООО «Антарес»**

Адрес организации: 420059, Россия, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 168

### **Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей**

#### **Аннотация**

*Постановленные задачи.* Цель исследования – выявить достоинства и особенности CLT-панели, как несущего элемента при строительстве многоэтажных жилых зданий. Оценить конкурентоспособность CLT-панели, по отношению к традиционным материалам строительства, как бетон, камень, металл.

*Результат.* Основные результаты исследования состоят в анализе технологических особенностей возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей, как решение проблемы малой автоматизации строительного производства. Был рассмотрен зарубежный и отечественный опыт строительства, а так же способы производства CLT-панелей. Дано краткое описание свойств и характеристик CLT-панелей.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в увеличении скорости возведения здания, экологичности, уменьшении трудоемкости и стоимости возведения здания, за счет использования CLT-панели, как несущих конструкций.

**Ключевые слова:** «Зеленое строительство», CLT-панели, перекрестно-слоенная древесина, строительство из древесины, многоэтажное строительство.

#### **Введение**

Древесина – единственный возобновляемый конструкционный материал, применявшийся в строительстве в течение тысячелетий. Нынешняя тенденция «зеленого строительства» способствует возрождению деревянного строительства на принципиально новом качественном уровне. Появление нового продукта высоких технологий – клееных деревянных панелей сделало экологически чистое дерево реальной альтернативой железобетону в индустриальном домостроении.

Новая европейская технология клееных деревянных панелей, обозначаемая аббревиатурой CLT (Cross-Laminated Timber), совершает революцию на строительном рынке. Эта технология за последние годы охватила страны Европы и начало распространяться в Австралии, США и Канаде [1-4].

Источником сырья для производства CLT-панелей является деревянная доска – материал, применяемый в строительстве человечеством на протяжении всей его истории существования. Технология перекрестной склейки древесных слоев проявила себя в новом качестве, с выгодными и конкурентными преимуществами в сравнении с традиционными строительными материалами.

Множество положительных качеств и успешное практическое использование CLT-панелей в коттеджном строительстве дало понять, что потенциал данной технологии не исчерпывается малоэтажным строительством. В Европе, США, Канаде появились и стали реализовываться проекты 6, 9 и 10-ти этажных зданий, размещаемых в городской застройке. Наряду с этим стали появляться интересные проекты складских, производственных зданий, транспортных объектов, спортивных сооружений. Успешная реализация таких проектов привела архитекторов, инженеров, экологов к постановке более масштабных и амбициозных задач.

На производство железобетона приходится большая доля вредных выбросов в атмосферу. Ввиду этого, технология многослойных деревянных панелей стала рассматриваться, как средство решения экологических проблем глобального масштаба.

В результате современная технология производства многослойных деревянных конструкций стала серьезно рассматриваться как реальная альтернатива железобетону, призванная очистить атмосферу, сократить энергопотребление и создать здоровый микроклимат в помещениях. Для этого в ряде стран стали пересматриваться строительные нормы в сторону увеличения предельной этажности деревянных зданий.

### **Зарубежный и отечественный опыт**

Передовыми производителями CLT-блоков являются Австрия, Швейцария, Швеция, Германия, Норвегия, США и Канада. Спрос на производство панелей в западных странах увеличивается на 20-25 % в год. Потребителей привлекает относительная дешевизна технологии и возможность жить в экологически чистом доме. Первые панели были изготовлены еще в начале 90-х в Швейцарии, однако настоящий прорыв в развитии технологии осуществили австрийские инженеры. Так в 1996 году, был спроектирован первый жилой дом в 8 этажей с использованием CLT-панелей. Британские архитекторы пошли еще дальше и спроектировали девятиэтажный деревянный дом, который считается первым многоэтажным жилым деревянным зданием. Отличными примерами деревянного многоэтажного строительства зданий и сооружений, являются здания, такие как: десятиэтажный дом «Форте» в Мельбурне (Австралия), проект сорока четырехэтажного здания «Big Wood» в Чикаго, жилой дом «Мюррей Гроу» в Лондоне (рис. 1) и еще множество примеров по всей Европе, Австралии и Северной Америки [5-10].

Технология возведения домов из поперечно-клееной древесины в России появилась сравнительно недавно. Из-за запрета на строительство деревянных домов выше 3-х этажей, CLT-панели используются для проектов коттеджей и малоэтажных зданий. Однако, в 2017 году подведомственные организации Минстроя России и ТК 465 «Строительство» начали разработку двух сводов правил для проектирования жилых и общественных зданий этажностью более трех этажей, которые строятся с применением материалов на основе древесины. По данным Минстроя, документы устанавливают нормы проектирования и строительства вновь строящихся и реконструируемых зданий, а также требования к их безопасности и эксплуатационной пригодности.

Будущие СП «Дома жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования и строительства» и «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования и строительства» регламентируют строительство жилых и административных зданий, зданий общественного назначения, кроме зальных помещений с большим пролетом, где основным материалом несущей конструкции будет древесина.

НИЦ «Строительство» при разработке СП, будут руководствоваться зарубежным опытом, методикой расчета огнестойкости объектов домостроения с конструкцией из древесины, разрабатываемых МЧС России, а так же научно-исследовательскими испытаниями [7].



Рис. 1. Stadthaus (Murray Grove), Лондон, Великобритания

### Технология производства CLT-панелей

Технологическая цепочка начинается с разборки штабеля и подачи ламелей на линию оптимизации и затем на фрезерно-калибровочный строгальный станок Rotoles. Затем обработанные ламели сортируются по размерам определенных панелей для стен, перекрытий, кровли и подаются на линию сращивания. После чего ламели укладываются в многоэтажный накопитель на атмосферную сушку. Затем комплект заготовок для определенной панели подается вакуумными подъемниками на второй строгальный станок Rotoles. После чего осуществляется сборка панелей.

В первую очередь на рабочий стол в поперечном направлении укладывается слой ламелей длиной до 3500 мм. Он выравнивается, и на его поверхность наносится клей. Затем сверху размещаются заготовки в продольном направлении. Таким образом, меняя направление, укладывается до 7 слоев. Собранная панель подается в пресс длиной 4 м, в котором в течение 7 минут происходит ее сжатие. После прессования транспортер передвигал панель на промежуточный склад, и дальше – на калибровку, которую осуществляла продольно-фрезерная установка Superles с шириной строгания 3,5 метра. Это уникальный станок компании Ledinek, на котором используется схема из двух верхних и двух нижних строгальных головок шириной по 1,6 м. Если панели были небольшими, то для их калибровки и профилирования применялся станок Ledinek Superles 1300. После этого клееная конструкция направлялась на специальный домостроительный обрабатывающий центр с ЧПУ, который вырезал в ней окна и двери, фрезеровал пазы под розетки и т. д.

И сегодня такое оборудование уже поставляется на рынок России. Создание специализированной линии оптимизации X-CUT и инновационного пресса X-PRESS позволяет полностью и самостоятельно изготавливать линии по производству панелей методом послойного склеивания сушеных досок, располагаемых крест-накрест.

Линия оптимизации X-CUT представляет собой автоматическую торцовочную установку, предназначенную для резки в размер и вырезания дефектных участков и сучков со встроенным устройством стягивания заготовок. В системах подачи пиломатериала и вылета пилы применены современные серводвигатели и эффективная система управления.

Пресс X-PRESS предназначен для прессования по пласти панелей CLT (BSP, KLH, X-Lam). Состоит из тяжелой опорной рамы с передвижным столом и подвижным укладочным столом, который может въезжать в пресс и выезжать из него. В свою очередь, укладочный стол состоит из направляющих рельсов и рабочего стола. Возможны опции: второй укладочный стол и рельсы на входе для разгрузки.

Высота прессования регулируется с помощью приводов шпинделей. Прессование выполняется с помощью сжатого воздуха, подаваемого в специальных напорных шлангах, установленных в балках.

Минимальное время нахождения клея в открытом состоянии – 15 мин, время отверждения – 40 мин. Температура окружающей среды  $20 \pm 2$  °C. Производительность при автоматической загрузке – до 8 запрессовок в смену, при ручной загрузке – до 6 запрессовок.

В целом же линия по производству панелей методом послойного склеивания сушеных досок, располагаемых крест-накрест, работает с пакетами досок сечением  $1200 \times 1200$  мм и длиной 2,5-6 м. Сечение заготовок в пакете при этом должно составлять  $85-300 \times 22-50$  мм при соотношении ширины и толщины не менее 2. В качестве заготовок рекомендуется использовать обрезной материал игольчатых пород древесины влажностью 10-15 %, плотностью не более  $480 \text{ кг/м}^3$  (до 95 %) и соответствующий немецкому промышленному стандарту DIN 4074 S7, S10, S13. И еще два важных составляющих элемента линии.

Система вакуумной подачи заготовок. Длина заготовок 2500-6000 мм. Производительность – 3 слоя в минуту, объем партии – 20 штук в минуту.

У панелей высокие огнестойкие характеристики. Во время проведения испытаний на одном из европейских предприятий стена толщиной 180 мм нагрелась с наружной стороны всего на 10 °C в течение часа, при этом с ее внутренней стороны располагался очаг горения с температурой 1200 °C [2].

### Монтаж зданий из CLT-панелей

Для монтажа здания из CLT-панели необходима лишь группа рабочих, имеющие плотницкие навыки и знания электроинструментов, легкие электроприборы и подъемный кран. Монтаж одной панели занимает около 20 минут, в зависимости от сложности монтажного узла. Поскольку большая часть работ производится на заводе, процесс возведения здания становится более безопасным. Там же, на фабрике, в панелях вырезаются дверные и оконные проемы, каналы для инженерных коммуникаций. Так как панели приходят на стройку уже пронумерованные и доставляются в соответствии с планом монтажа здания, сборка происходит в рекордные сроки. Сам процесс возведения здания, напоминает сборку конструктора [9-11] (рис. 2).

CLT-панели не подвержены усадке, не растрескиваются и не деформируются. Склеенная в заводских условиях из высушенной древесины, деревянная монолитная панель, не требует штукатурки, что сокращает период отделочных работ и сроки ввода здания в эксплуатацию.



Рис. 2. Процесс монтажа CLT-панели

### Особенности и преимущества CLT-панелей

Плита CLT относится к категории конструкционных строительных материалов, таких как бетон, сборный железобетон, металлический каркас и им подобным.

Существующие нормы и требования в строительстве позволяют применять плита CLT в строительстве малоэтажных и среднеэтажных жилых зданий и сооружений (1-10 этажей), строительных объектов социального назначения (школы, больницы, магазины и иные административные здания), спортивных сооружений, производственных корпусов, особенно связанных с химическим, пищевым, кожевенно-текстильным производством, в сельском хозяйстве, при возведении мостов и иных строений, требующих применение длинномерных конструкционных материалов.

В настоящее время в мире реализуется несколько амбициозных проектов, на примере которых производители плит демонстрируют возможности, технические характеристики и параметры конструкционного материала – плита НЭК в многоэтажных зданиях более 30 этаже.

– CLT-панель и вся продукция на ее основе относится к зеленым технологиям, зеленому строительству. Главная идея зеленого строительства состоит в том, чтобы создавать качественную, безопасную для людей и природы недвижимость. Основной задачей зеленого строительства является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка, проектирования и строительных работ до эксплуатации, ремонта и сноса. Отрасль, включающая в себя строительство и эксплуатацию зданий с минимальным воздействием на окружающую среду.

– CLT-панель обладает, как материал, высокой стабильностью, что позволяет соблюдать геометрические размеры до одной десятой миллиметра при заводском исполнении конструкционных материалов, а это, в свою очередь, сокращает до

минимума использование квалифицированной рабочей силы при выполнении монтажных и сборочных работ на строительной площадке. Плита принципиально отличается от клееного и массивного бруса, а так же иных изделий из древесины меняющих геометрию в прямой зависимости от влажности и атмосферных осадков.

– Высокие теплозащитные характеристики определили применение древесины как материала с давних пор в качестве надежной защиты не только от холода, но и от жары, позволяя значительно экономить на энергоносителях в процессе эксплуатации строений, сделанных с применением дерева. Плита CLT, благодаря технологии перекрестной склейки, отсутствия мостиков холода и мест утечек тепла, обладают минимум на 35 % лучшими теплозащитными характеристиками, чем бревно и брус, в том числе клееный брус аналогичных размеров.

– CLT-панель является массивным материалом, что при возгорании затрудняет поступление кислорода к горящей поверхности. Это кардинально отличает плита от каркасных технологий, страдающих низкой пожарной безопасностью. Термостойкость плиты характеризуется скоростью горения 0,6-0,7 мм в минуту при температуре 1200 градусов с уменьшением этого показателя в процессе образования углеродного защитного слоя при горении.

– Масса CLT-панели в 4-5 раз меньше массы железобетонного элемента, что позволяет экономить на подъемных механизмах, фундаменте и транспортировке.

– Так как, при монтаже окружающая температура не играет никакой роли, здания из CLT-панелей возможно возводить круглый год.

– CLT-панель за счет перекрестной склейки обладает более высокими звукоизоляционными характеристиками не только в сравнении с деревянным домостроением, но и выгодно конкурирует по данному техническому параметру со многими другими традиционными материалами.

– CLT-панель при испытаниях выдерживала сейсмическую активность в 7,5 баллов, тем самым обеспечивая большую защиту в сейсмоопасных зонах строительства.

– Большая вариация размеров CLT-панелей позволяет реализовывать самые разные архитектурные решения.

– CLT-панель устойчива к электромагнитным излучениям, обладает абсорбирующими свойствами, устойчива к агрессивным средам, например, химическим удобрениям. Применяемые клеи в CLT-панелях, практически не содержат формальдегиды, и отвечает самым высоким экологическим требованиям.

– CLT-панель рассчитаны на длительный срок эксплуатации. Отдельные европейские производители плиты дают гарантийный срок ее использования до 200 лет, что ставит ее выше бетона на уровень таких конструкционных материалов, как камень и кирпич.

– CLT-панель делают из древесины. 20 % всех запасов древесины сосредоточены в России.

Современное производство позволяет выпускать комбинированные панель с использованием разных сортов древесины, таких как лиственница, для наружной отделки домов, с целью их защиты от природных погодных условий и таких как дуб, тик, палисандр, ольха, для внутренней отделки помещений. Для эстетики и дизайнерских решений практически нет ограничений. Панель, обладая качественной поверхностью, легко штукатурится и отделяется различными материалами [1, 3].

### **Заключение**

Широкий зарубежный опыт применения CLT-панелей в области строительства показывает высокую конструктивно-технологическую эффективность возведения различных жилых и гражданских зданий, а также инженерных решений.

В процессе исследования проведен анализ современного домостроения, который указывает на определенный ряд факторов, сдерживающих широкое применение CLT-панелей, как несущую конструкцию при строительстве высотных зданий различного технологического назначения. Широкое применение и внедрение деревянных конструкций в России сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и существующий запрет на возведение зданий выше 3 этажей. На данный момент, в России разрабатывается 2 новых свода правил по возведению

многоэтажных деревянных зданий, что делает строительство многоэтажных зданий из CLT-панелей очень актуальным в будущем.

Успешное развитие строительства многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей требует комплексных исследований, направленных на нахождение оптимальных решений для структуры несущей конструкции высотного здания, где будут использоваться лучшие свойства материалов (бетон, металл, древесина), а так же оптимальные стыки, узлы и сочленения несущих конструкций между собой.

### Список библиографических ссылок

1. CLT-панели // [www.whatwood.ru](http://www.whatwood.ru): еженедельник, интернет-изд. URL: <http://whatwood.ru/news/weekly-journal> (дата обращения: 20.01.2018).
2. Комплексные линии Ledinek для производства CLT-панелей // [www.derevo.info](http://www.derevo.info): информационный-портал. 2011. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451> (дата обращения: 19.01.2018).
3. Воякин А. С. Деревянная альтернатива бетону // Лесная Индустрия. 2013. № 4. С. 38–45.
4. Жигач А. Будущие дома из европейского настоящего // [www.dp.ru](http://www.dp.ru): интернет-изд. 2014. URL: [http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie\\_doma\\_iz\\_evropejsk/](http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/) (дата обращения 04.01.2018).
5. Многоэтажное деревянное строительство // [www.maestro.ru](http://www.maestro.ru): интернет-изд. URL: [http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe\\_derevyannoe\\_stroitelstvo](http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo) (дата обращения: 28.01.2018).
6. Минстрой России расширяет условия для проектирования деревянных объектов выше трех этажей // MINSTROYRF.RU. 2017. URL: [http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy\\_rossii\\_rasshiryae\\_usloviya\\_dlya\\_proektirovaniya\\_derevyannykh\\_obektov\\_vysh\\_e\\_trekh\\_etazhey](http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy_rossii_rasshiryae_usloviya_dlya_proektirovaniya_derevyannykh_obektov_vysh_e_trekh_etazhey) (дата обращения: 24.01.2018).
7. Polastri Andrea Инновационные узлы соединения CLT-панелей для быстровозводимых домов // Оборудование и инструмент для профессионалов. 2015.
8. Ибрагимов Р. А., Салимова Г. Р. Анализ и оптимизация нормирования продолжительности строительства крупнопанельных жилых зданий в г. Казань // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 422–427.
9. Gerhard Schickhofer CLT – European experiences // Institute for timber engineering and wood technology. 2011.
10. Cross Laminated Timber – CLT // [structurecraft.com](http://structurecraft.com): интернет-изд. 2016. URL: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/cross-laminated-timber> (дата обращения: 01.02.2018).
11. CLT Houses // [www.multicomphort.ee](http://www.multicomphort.ee). 2013. URL: <http://www.multicomfort.pl/en/prefabricated-houses/technology/> (дата обращения: 03.02.2018).

#### **Mavlyuberdinov Azat Rashidovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [mazatr73@mail.ru](mailto:mazatr73@mail.ru)

#### **Kazan State University of Architecture and Engineering**

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

#### **Khotsanian David Nverovich**

engineer

E-mail: [Khotsanyan1994@mail.ru](mailto:Khotsanyan1994@mail.ru)

#### **LTD «Antares»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Orenburgskiy trakt st., 168

### Technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels

#### **Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to reveal the advantages and characteristics of the CLT-panel as a bearing element in the construction of multi-storey

residential buildings. Assess the competitiveness of the CLT-panel, in relation to traditional building materials, like concrete, stone, metal.

*Results.* The main results of the research consist in analyzing the technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels, as a solution to the problem of small automation of construction. The foreign and domestic experience of construction, as well as the production methods of CLT-panels was considered. A brief description of the properties and characteristics of the CLT-panels is given.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is to increase the speed of erection of the building, its environmental friendliness, to reduce the labor intensity and cost of erecting the building, through the use of the CLT-panel, as a bearing structure.

**Keywords:** «Green building», CLT-panels, cross-ply wood, construction from wood, multi-storey construction.

## References

1. CLT-panels // [www.whatwood.ru](http://www.whatwood.ru): weekly, internet-edit. URL: <http://whatwood.ru/news/weekly-journal> (reference date: 20.01.2017).
2. Complex lines Ledinek for the production of CLT-panels // [www.derevo.info](http://www.derevo.info): information portal. 2011. URL: <https://www.derevo.info/content/detail/5451> (reference date: 19.01.2018).
3. Voyakin A. S. Wooden alternative to concrete // *Lesnaya Industriya*. 2013. № 4. P. 38–45.
4. Zhigach A. Future homes from the European present // [www.dp.ru](http://www.dp.ru): internet-edit. 2014. URL: [http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie\\_doma\\_iz\\_evropejsk/](http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/) (reference date 04.01.2018).
5. Multi-storey wooden construction // [www.maestro.ru](http://www.maestro.ru): internet-edit. URL: [http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe\\_derevyannoe\\_stroitelstvo](http://maestro.ru/articles/building/mnogoetazhnoe_derevyannoe_stroitelstvo) (reference date: 28.01.2018).
6. Ministry of construction of Russia extends the conditions for the design of wooden objects above three floors // *MINSTROYRF.RU*. 2017. URL: [http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy\\_rossii\\_rasshiryae\\_usloviya\\_dlya\\_proektirovaniya\\_derevyannykh\\_obektov\\_vyshe\\_trekh\\_etazhey](http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy_rossii_rasshiryae_usloviya_dlya_proektirovaniya_derevyannykh_obektov_vyshe_trekh_etazhey) (reference date: 24.01.2013).
7. Polastri Andrea Innovative nodes for connecting CLT panels for prefabricated houses // *Equipment and tools for professionals*. 2015.
8. Ibragimov R. A., Salimova G. R. Analysis and optimization of the normalization of the duration of construction of large-panel residential buildings in Kazan // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 422–427.
9. Gerhard Schickhofer CLT – European experiences // *Institute for timber engineering and wood technology*. 2011.
10. Cross Laminated Timber – CLT // [structurecraft.com](http://structurecraft.com): internet-edit. 2016. URL: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/cross-laminated-timber> (reference date: 02.01.2018).
11. CLT Houses // [www.multicomphort.ee](http://www.multicomphort.ee). 2013. URL: <http://www.multicomfort.pl/en/prefabricated-houses/technology/> (reference date: 03.02.2018).