

## ОБЗОР РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАНЕЛЕЙ

**А.О. Лысенко**

*Московский архитектурный институт (Государственная академия), г. Москва, Россия*

Рассмотрены многослойные деревянные панели, являющиеся наиболее эффективным строительным материалом, полученным из древесины, благодаря высокой технологичности и отсутствию недостатков, присущих простым деревянным изделиям, например, доске и брусу. Благодаря тому, что ламели в соседних слоях изделия расположены под углом друг к другу – анизотропные свойства древесины нивелируются, что улучшает физико-механические свойства панели, до минимума сводится усушка, увеличиваются несущие способности. Исследуются различные технологии производства многослойной деревянной панели как элемента наружных, внутренних стен и перекрытий для деревянных зданий, а также их экономическая эффективность.

Приведена сравнительная таблица характеристик российских и зарубежных аналогов многослойной клееной деревянной панели. Рассмотрены различные технологии производства исследуемого материала и их экономическая эффективность.

Результаты исследования позволяют сделать вывод о преимуществах и недостатках различных типов многослойной деревянной панели в строительстве зданий и сооружений. Производство массивной деревянной панели «Древоблок» в сравнении с её аналогами показало себя как наиболее экономичное благодаря упрощению конструкции и технологии сборки, повышению коэффициента унификации, повышению производительности при изготовлении блоков зданий за счет облегченного ручного монтажа.

*Ключевые слова: многослойная клееная деревянная панель, массивная деревянная панель, древоблок, панельное домостроение.*

### **Введение**

Древесина – единственный возобновляемый конструкционный материал, применявшийся в строительстве в течение тысячелетий. В настоящее время происходит его возрождение на принципиально новом качественном уровне. Появление нового продукта высоких технологий – многослойных деревянных панелей – сделало экологически чистое дерево реальной альтернативой другим строительным материалам в индустриальном домостроении.

Технология многослойных деревянных панелей имеет ряд преимуществ в сравнении с другими строительными материалами:

– Экологичность. С точки зрения экологии многослойные деревянные панели имеют отличные показатели при производстве, монтаже, эксплуатации и даже утилизации изделий. Теплопроводность деревянных панелей очень низкая, поэтому дома, построенные по этой технологии, являются наилучшим решением для реализации концепции «пассивных домов», которые не требуют внешних источников отопления даже в регионах с холодным климатом.

– Сейсмостойкость. Сейсмические испытания показали, что здания из деревянных панелей могут выдерживать сильнейшие землетрясения без

потери прочности и долговечности. Высокий показатель прочности конструкций по отношению к удельному весу снижает силу сейсмического воздействия на здания и обеспечивает высокий уровень их сейсмической безопасности.

– Огнестойкость. Огнестойкость многослойных клееных деревянных панелей существенно превосходит любые другие виды деревянных конструкций. Этому способствуют многослойность панелей, её высокая плотность, препятствующая распространению огня. Другой важный показатель – низкая теплопроводность панелей, что позволяет материалу сохранять комнатную температуру на одной стороне, когда другая нагрета до температуры 1000 °С.

Физико-механические свойства панелей различаются в зависимости от выбранной технологии производства.

### **История развития технологии**

Одним из самых первых аналогов клееной древесины был лук японских воинов. С XII века в Японии дугу стрелкового лука стали изготавливать путём склеивания составных частей из бамбука и дерева. Это значительно увеличило его упругость, прочность, надёжность, точность и дальность поражения им цели.

Архитектор Филибер Делорм был первым, кто соединил деревянные брусья с помощью клина. В 1548 году он впервые применил этот метод при проектировании и строительстве арочных частей зданий дворцового масштаба.

Зодчие барокко, в том числе мастера деревянного зодчества в России, использовали гнутые, сложенные друг на друга и скрепленные шпонкой или клиньями деревянные несущие детали.

В 1890 году немецкий плотник Отто Хетцер усовершенствовал эту идею. Он первый придумал пространственность и изогнутость массивным конструкциям из отдельных деревянных деталей, соединенных клеем из казеина. 22 июня 1906 года Отто Хетцер получил немецкий государственный патент № 197773 на гнутые клееные фермы, состоящие из двух и более ламелей.

22 июня 1941 года в связи с начавшейся войной Московский машиностроительный завод «Вперёд» (АО ММЗ «Вперёд») резко изменил профиль выпускаемой продукции и начал производство моноблочных деревянных винтов и деревянных лопастей к винтам изменяемого шага (ВИШ) к самолётам отечественного и иностранного производства.

Разработки технологий и опытное производство многослойных деревянных панелей (Cross-Laminated Timber) были начаты в середине 1990-х годов в Европе. Было разработано несколько технологий производства стеновых панелей из перекрестно расположенных пиломатериалов по способу их крепления в панели: на алюминиевые гвозди, на металлические скобки, на клей. В 1996 году в Австрии были разработаны первые образцы современных клееных многослойных деревянных панелей (CLT) [1].

Успешная история создания компании Massiv-Holz-Mauer (МНМ) одновременно является историей ее изобретателя Ханса Хундеггера и его старшей сестры. МНМ, основанная в 1978 году в Хавангене, была удостоена правительством Баварии награды «Лучшие 50», что сделало её одной из самых динамичных компаний в Баварии.

В 2005 году технология была запатентована и были построены первые 20 домов. В октябре 2006 года был построен уже 250-й дом. В начале 2011 года МНМ смогли отпраздновать строительство 1800-метрового здания в Германии, и около 3500 зданий имеют статус мирового уровня [2].

Существуют примеры запатентованных технологий производства многослойных деревянных панелей и в России. Известен древоблок для строительства деревянных зданий и сооружений (патент России RU 2144113, 1995 г.). Недостатками данной модели являются трудоемкость изготовления, сложность конструкции, необходимость грузоподъемных механизмов для монтажа, ограниченная унификация. Другая полезная модель была запатентована А.В. Хрипко (патент России RU 92435, 2009 г.). Технический результат от её

использования заключается в упрощении конструкции и технологии сборки, повышении коэффициента унификации, повышении производительности при изготовлении из блоков зданий за счет облегченного ручного монтажа. Ширина «Древоблока Хрипко» установлена в пределах ширины, обеспечивающей максимально допустимый вес панели при условии ручного монтажа, при том что высота блока равна высоте стены одного этажа.

### Технологии

На основании обобщенного обзора мировых и отечественных аналогов многослойной деревянной панели сформирована сравнительная таблица пяти различных технологий производства (табл. 1).

Производство. Основные требования к качеству древесины, закупаемой у поставщиков, либо заготовленной самостоятельно фирмой изготовителем, представлены в таблице (табл. 2).

Процесс производства многослойных деревянных панелей осуществляется следующим образом:

Сушка сырья. Древесина поступает на производство, как правило, 12 % влажности, сохраняемой при транспортировке. Далее она поступает в сушильную камеру, где достигается уровень влажности  $10 \pm 2$  %, позволяющий снизить до минимума усадку здания и исключить применение дополнительных антисептиков. Данный этап проходят все виды панелей [3].

Сортировка пиломатериала, сращивание ламелей. После прохождения этапа сушки пиломатериал подается на разборщик штабеля при помощи погрузчика. Далее доски поштучно поступают в четырехсторонний продольно-фрезерный станок, который позволяет создать технологическую базу для обработки на последующем оборудовании, откалибровать доски по сечению и вскрыть дефекты на их поверхностях. Затем доски поступают в рентгеновский сканер, производящий сортировку по качеству и прочности. После укладки в плотный штабель доски поступают на участок оптимизации, где вакуумный разборщик штабеля послойно выдает доски на линию оптимизации, служащую для поперечного раскроя длинных досок в заданный размер по длине и вырезанию дефектов.

Затем бездефектные заготовки поступают на линию сращивания по длине, где по обоим торцам нарезается зубчатый шип. Далее ламели торцуются на заданную длину для продольных или поперечных слоев панели и подаются на технологическую выдержку для полной полимеризации клея.

Процесс сращивания ламелей не производится при длине панели до 6 м, в таком случае установка дорогостоящего оборудования оптимизации и сращивания досок по длине нецелесообразна.

При производстве массивной деревянной панели «Древоблок» допускается применение доски более низкого качества во внутренних слоях, что

Таблица 1

Сравнение характеристик мировых и отечественных технологий производства многослойной деревянной панели

Характеристики	CLT	Massive Holz Mauer	Thoma Holz	Массивная деревянная панель «Древоблок»	«Унипанель»
Страна-производитель	Великобритания	Германия	Австрия	Россия	Россия
Тип древесины	Ель, сосна или лиственница	Сосна, ель	Ель, пихта, сосна, лиственница	Сосна	Хвойные и лиственные породы
Сорт древесины	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3
Толщина доски, мм	20	24	20-80	25	30
Способ скрепления ламелей	Клей полиуретановый PURBOND HB S-line	Алюминиевые рифленые штифты It	Деревянные дюбели (лиственные породы древесины)	Клей KLEIBERIT 303.0 D3/D4	Клей
Наличие пазов в ламелях	-	+	-	-	+
Общая толщина плиты, мм	57-500	115-340	120-400	75-400	30-1000
Минимальный размер плиты, м	2,95×2,95	2×2	3×3	0,9×2,7	1,035×2,8
Максимальный размер плиты, м	2,95×16	3,25×6	3×8	0,9×6	3,3×12
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	500	480	450	570	300
Теплопроводность ( $\lambda$ ), Вт/(м·°C)	0,1-0,14	0,093	0,088	0,1	0,087
Теплоемкость (с), Дж/(кг·°C)	1,60	1,7	1,6	1,6	-
Сопротивление теплопередаче (R), (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт при h = 100 мм	0,87	1,02	0,93	0,87	-
Диффузионное сопротивление ( $\mu$ ), мкм	40/200	65/65	37/37	40/200	-
Шумоизоляция, дБ (h = 205 мм)	60	53	41	60	60
Скорость выгорания, мм/мин	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
Коэффициент излучения в длинноволновом диапазоне ( $\epsilon$ )	0,9	0,9	0,75	0,9	-

Таблица 2

Требования к древесине, используемой при производстве многослойной деревянной панели

Доска строганная калиброванная по толщине	
Толщина, мм	25 +/-0,5
Ширина, мм	85-105
Длина, м	3 или 6
Влажность, %	12
Сучки	Допускаются без ограничения в количестве и диаметре, кроме выпавших
Смоляные кармашки	Допускаются
Небольшие трещины	Допускаются

не влияет на несущую способность панели и на её эксплуатационные характеристики.

Калибровка. После высыхания клея ламели поступают для калибровки по сечению на четырехсторонний станок. Следом за калиброванием, в зависимости от длины ламелей, они раскладываются в два накопителя, где ожидают своей очереди на склейку продольных и поперечных слоев будущей панели.

Отличие технологии МНМ заключается в продольном фрезеровании досок для формирования панелей с вырезкой четверти на кромках и обработкой пазов на верхней плоскости для создания дополнительной воздушной прослойки (рис. 1, б) [2].

Еще более сложная подготовка ламели осуществляется при использовании отечественной технологии изготовления панели «Унипанель». На четырехстороннем станке из обрезной доски за один проход формируется требуемый профиль ламели, состоящей из параллельно расположенных стержней, образованных прорезями. Минимальная ширина прорезей гарантирует выполнение ими функций дилатационного (компенсационного) шва. Их сечения выбираются с учетом физико-механических и реологических свойств древесины и клея, исходя из технологии производства и реальных условий эксплуатации (рис. 1, г) [4].

Сращивание полотна. Формирование панели осуществляется на неподвижном столе. На авто-

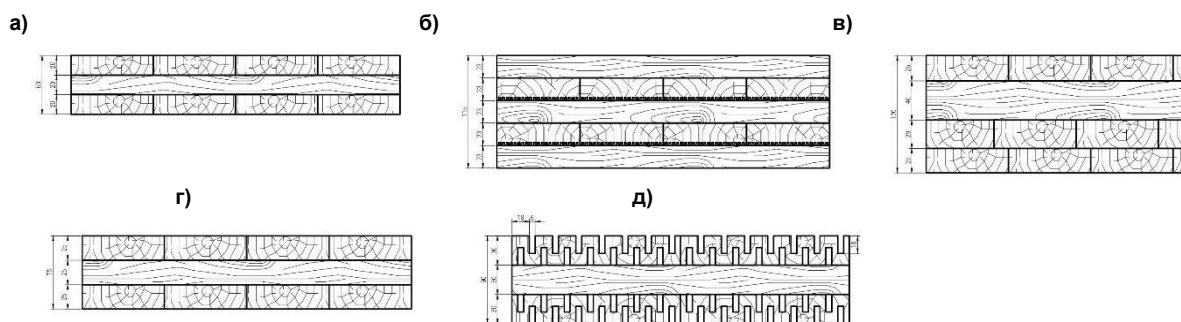


Рис. 1. Сечения панелей, произведенных по различным технологиям: а – CLT; б – Massive Holz Mauer; в – Thoma Holz; г – Массивная деревянная панель «Древоблок»; д – Унипанель

матизированных производствах доски подаются вакуумным укладчиком ламелей, который подает их из накопителя и последовательно выстилает продольные и поперечные слои с нанесением на них полиуретанового клея, за исключением верхнего лицевого слоя ламелей. В случае с массивной деревянной панелью «Древоблок», подача ламелей в матрицу, сваренную из металлических профилей, осуществляется вручную, что снижает затраты на оборудование. Направление ориентации ламелей также различается в разных видах панелей. В массивной деревянной панели «Древоблок» (рис. 1, д), CLT (рис. 1, а), МНМ и «Унипанель» доски укладываются перпендикулярно друг к другу. Единственной технологией, допускающей расположение ламелей под углом, является Thoma Holz (рис. 1, в) [5]. Нанесение клея также может осуществляться как автоматизированным, так и ручным методом, как в случае с Древоблоком. Клей, специально разработанный для деревянных конструкций, сохраняет «дышащие» свойства древесины и обладает прекрасными адгезивными свойствами. В результате необратимой химической реакции полимеризации клей превращается в пористую структуру, которая не препятствует прохождению влаги и газов через материал [6].

Далее происходит прессование панели. Пресс представляет собой жесткую массивную опорную раму и передвижной рабочий стол, смонтированный внутри рамы. Рабочий стол и рама образуют просвет, в который по рельсовым направляющим загрузочный стол подает сформированный пакет панели.

На загруженный пакет опускается верхняя плита прессы, одновременно пакет сжимается с двух сторон продольными вертикальными плитами, либо одной стороной упирается в неподвижную опору. Давление осуществляется на заданное время, зависящее от типа клея. Например, для двухкомпонентного меламинового клея время полной полимеризации составляет 35–40 минут. Давление прессования различается в зависимости от ширины панели. При ширине до 2800 мм – 1,0 Н/мм<sup>2</sup>, до 3500 мм – 0,8 Н/мм<sup>2</sup>. Давление обеспечивается комплектом гидравлических цилиндров [6].

Кардинально различается процесс сращивания панели, изготовленной по технологии МНМ. В данном случае доски сбиваются алюминиевыми желобчатыми штифтами послойно по диагонали через каждые 12–20 сантиметров в зависимости от ширины доски и не требуют дополнительного склеивания и прессования. Ручным методом доски подаются на приводные конвейеры, откуда поступают на загрузочные траверсы. На траверсах доски размещаются по одному торцу, а затем послойно укладываются на поверхность стола. При этом на обе наружные поверхности панели укладываются доски лицевой стороной без пазов, соблюдая условие, чтобы доски в одном слое укладывались таким образом, чтобы каждая последующая доска своим фальцем входила бы под предыдущую. Каждый последующий слой досок укладывается перпендикулярно предыдущему. Портал, несущий пневматический гвоздезабивной суппорт, оснащенный двумя гвоздезабивными головками, расположенными относительно сбиваемых кромок досок панели под углом 45 градусов, перемещается по направляющим вдоль стола. Для того чтобы обеспечить наиболее прочное соединение, каждый фрагмент доски, контактирующий с соседней, взаимно перпендикулярной доской, прибивается к ней диагонально двумя гвоздями на максимально большом расстоянии, что возможно благодаря следящему устройству, установленному на суппорте. Также на нём расположены прижимные ролики, подпрессовывающие в зоне гвоздезабивной головки прибиваемую доску к предыдущей для создания плотного контакта двух смежных досок по фальцам. Стол опускается ровно на толщину доски по мере крепления каждого последующего слоя [2].

Компания Thoma Holz осуществляет соединения ламелей в единый монолитный пакет при помощи деревянных дюбелей также без применения клея. Деревянные бруски и доски соединяются под разными углами в единый элемент с помощью сухих буковых нагелей, забиваемых в стеновую панель на всю её толщину. После изготовления панели нагель впитывает влажность из окружающей его древесины и увеличивается в размерах,

чем прочно скрепляет все слои элемента между собой и превращает его в прочную монолитную деревянную конструкцию [5].

Выборка пазов, выпиливание проемов.

После сращивания панели поступают по рольгангам на обрабатывающие центры, где производится обработка поверхности панели торцевой фрезой, выведение в «плоскость» внутренней поверхности стены и калибрование её в заданный размер по толщине. После этого панель отпиливается по требуемому размеру. Далее происходит выпиливание сквозных проемов под двери и окна и выборка четверти вдоль кромки стены под последующую сборку угла дома. Данные действия по вырубке сквозных отверстий также могут проводиться непосредственно на строительной площадке. Также с помощью фрезерного суппорта, несущего концевую фрезу, происходит выборка несквозных пазов в панели под дальнейшую разводку инженерных коммуникаций, что значительно облегчает в дальнейшем процесс сборки дома и его оснащение коммуникациями.

### Экономическая эффективность

Область применения конкретной технологии изготовления многослойных деревянных панелей зависит от габаритов применяемого оборудования. Таким компаниям, как CLT, XLAM, Thoma Holz экономически не выгодно выпускать плиты размером менее 3×3 м из-за габаритов и высокой стоимости используемых прессов и другого оборудования линии производства. Такое оборудование ориентировано на строительство в первую очередь многоквартирных жилых домов повышенной этажности, общественных и промышленных зданий и сооружений и предполагает наличие развитой инфраструктуры, существенной финансово-материальной базы, высокопроизводительного комплексного оборудования, соответствующих площадей для его размещения, стабильной сырьевой базы и, естественно, кадрового потенциала. В общем можно сказать, что такого рода компании являются крупнопанельными производствами в домостроении.

Технология, ориентированная на массовое строительство, по большей части индивидуальных жилых домов и небольших многоквартирных домов, а также общественных зданий различного назначения, является Massive Holz Mauer. Так как состав оборудования небольшой и достаточно гибкий, то производство не требует больших производственных площадей и кадров: линия может обслуживаться одним оператором. Производительность комплектной линии при работе в одну смену составляет порядка 18 тыс. м<sup>2</sup> панелей в год и требует производственной площади всего 45×12 м благодаря высокой степени автоматизации входящих в линию станков.

Самым экономичным, не требующим финансовых вложений является производство массивной деревянной панели по технологии «Древоблок» (РФ). По данной технологии из производст-

венной цепочки изготовления панели исключаются достаточно дорогие виды оборудования – станок для формирования зубчатых шипов (для сращивания ламелей); станция нанесения клея проходного типа, так как клей наносится вручную; типовой портал, несущий пневматический гвоздезабивной суппорт, пресс большого усилия и площади рабочей поверхности. Практически для производства можно использовать типовое оборудование, включая даже пресс. Это значительно снижает финансовые вливания в технологическое оборудование и требует минимальных производственных площадей.

### Применение многослойных клееных панелей в строительстве зданий и сооружений

Примером здания, возведенного из панелей, изготовленных по технологии Massiv-Holz-Mauer, может служить винодельческий завод. Йоханеса Б. по проекту Dengler Katzenwald Zischler Architekten в Фелльбахе. Он имеет отличные от типичных заводов габариты 40×33 м. Помимо стандартных производственных помещений, этот завод имеет в своем составе залы дегустации, винный бутик, гостиничные номера и ресторан (рис. 2).

Существует много примеров зданий, возведенных из многослойных деревянных панелей, изготовленных по технологии CLT. Одним из таких является модульная система элементов компании StoraEnso, которая применяется для строительства деревянных многоэтажных зданий. Стандартная схема расположения модулей предполагает застройку от 3 до 8 этажей (рис. 3) [1].

Технология XLAM также нашла применение во многих объектах, одним из которых является девятиэтажный дом на Виа Кенни, штат Милано. Новаторским решением данного проекта является размер и контекст использования многослойных деревянных панелей. Изготовленные по технологии XLAM, они показывают более хорошие технические характеристики, чем любые другие материалы из древесины. Это позволяет зданиям, построенным по данной технологии, выходить за рамки стандартного понимания о деревянном домостроении. Ключевой аспект применения панелей заключается в практически бесшовном их соединении, обеспечивающем цельную структуру здания, что позволяет размещать объекты в сейсмически активных районах (рис. 4).

Brette haus – это сборный дом из многослойных клееных деревянных панелей, изготовленных по технологии Древоблок. Дом изготавливается на заводе, затем транспортируется, разворачивается на месте и подключается к муниципальным сетям. Все коммуникации монтируются на этапе производства. Сборка осуществляется в течение нескольких часов. Мобильность дома позволяет транспортировать его не только в пределах одного города, а даже страны (рис. 5).



Рис. 2. Винодельческий завод. Йоханеса Б., возведенный по технологии Massiv-Holz-Mauer, арх. Dengler Katzenwald Zischler Architekten, Фелльбах

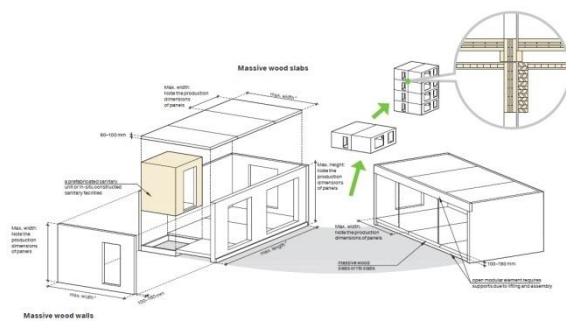
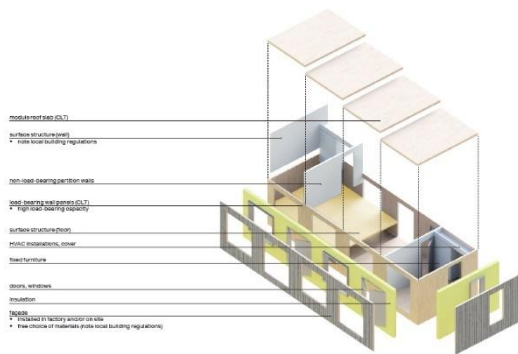
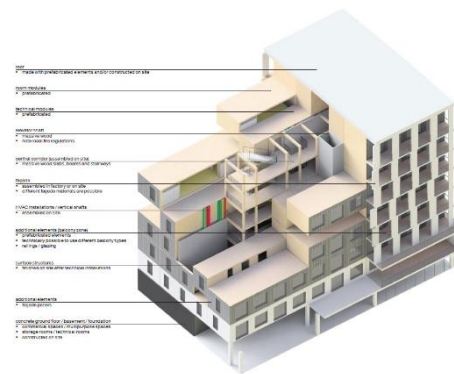


Рис. 3. Строительная система компании StoryEnso из панелей CLT

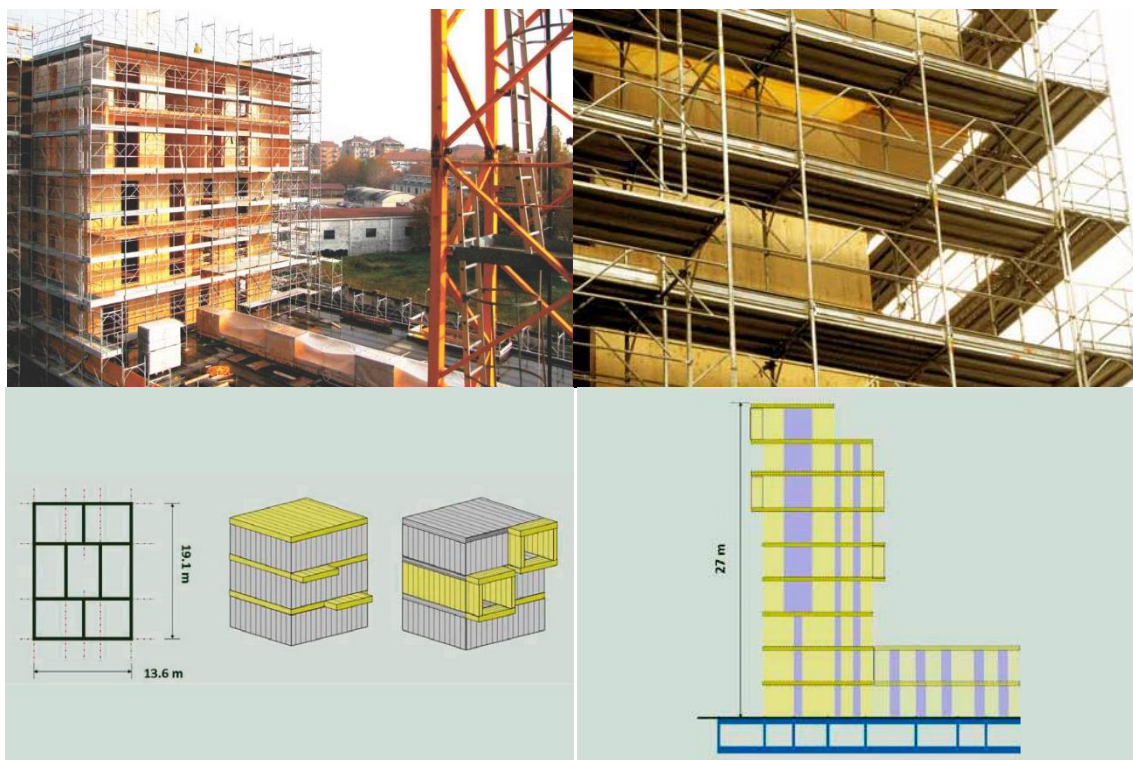


Рис. 4. Девятиэтажный дом на Виа Кенни, штат Милано, из панелей, изготовленных по технологии XLAM



Рис. 5. Сборный дом Brette haus из многослойных деревянных панелей «Древоблок»

**Вывод**

Данный обзор дает представление о существующих технологиях производства многослойных деревянных панелей и их применении в современном строительстве. Рассмотренные и представленные в таблице характеристики позволяют сделать вывод о преимуществах и недостатках рассмотренных технологий.

Проведя анализ физико-механических свойств различных образцов многослойных клееных панелей, можно сделать следующие выводы:

- наименьший, а значит лучший показатель теплопроводности у образца, произведенного по технологии «Унипанель» благодаря увеличенной воздушной прослойке;
- наименьшую скорость выгорания демонстрируют Massive Holz Mauer и «Унипанель»;
- наименьший размер панели имеет «Древоблок», что говорит об упрощении конструкции и технологии сборки, повышении производительности при строительстве зданий за счет облегченного ручного монтажа без использования высококвалифицированного персонала и грузоподъемных механизмов;
- отсутствие клея в производстве панелей по технологии Massive Holz Mauer и Thoma Holz свидетельствуют о лучших показателях экологической безопасности, поскольку наличие даже небольшого количества полиуретанового клея снижают данный показатель.

Каждая технология имеет свои преимущества и недостатки, и выбор в пользу одной из них зависит от климатических, экономических, географических и организационных факторов.

**Литература**

1. Воякин, А. Многослойные панели из древесины – деревянная альтернатива бетону / А. Воякин // Деловой журнал «Лесная индустрия». – <https://www.forumhouse.ru/entries/13247/> (дата обращения 18.02.2018)
2. Erol Karacabeyli, Brad Douglas. CLT handbook: cross-laminated timber. – U.S. ed., 2013. – 572 p.
3. Massive Holz Mauer. – <https://www.massivholzmauer.de/> (дата обращения 19.02.2018)
4. Ростова, О. Унипанель. Неизменность формы / О. Ростова. – Журнал «Зеленые здания» – 75 с. – <http://green-buildings.ru/ru/vypusk-3-2013> (дата обращения: 01.03.2018)
5. Wood100 is 100% wood – <https://www.thoma.at> (дата обращения: 26.03.2018)
6. Волынский, В.Н. Технология клееных материалов: учебное пособие для вузов / В.Н. Волынский. – Архангельск: Изд-во Архангельского гос. технического университета, 2003. – 280 с.
7. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80/ Минрегион России. – М.: ОАО «ЦПП», 2017. – 105 с.

Лысенко Алена Олеговна, магистрант, Московский архитектурный институт (Государственная академия), г. Москва, 9778772913@mail.ru

Поступила в редакцию 18 июня 2018 г.

DOI: 10.14529/build180407

**REVIEW OF RUSSIAN AND FOREIGN TECHNOLOGY OF MULTI-LAYERED WOOD PANEL MANUFACTURE**

A.O. Lysenko, 9778772913@mail.ru

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russian Federation

The article considers the multi-layered wood panels as the most effective wooden building material due to its high manufacturability and lack of disadvantages peculiar to simple wooden products, such as wooden boards and beams. Due to the lamellae in the adjoining layers of a product are set at an angle to each other, the anisotropic properties of the wood are smoothed, what improves the physical and mechanical properties of a panel, minimizes shrinkage, and increases the bearing capacity. There are explored various technologies of production of a multi-layered wooden panel as an element of external and internal walls and ceilings for the wooden buildings, as well as their cost efficiency.

The comparative table of characteristics of the Russian and foreign analogues of a multi-layered laminated wood panel is given. Various technologies of production of the studied material and the economic efficiency are considered.



The results of the study allow to draw a conclusion about the advantages and disadvantages of different types of multi-layered wood panel in the construction of buildings and structures. The manufacture of Drevoblok solid wood panel in comparison with its analogues showed to be the most economic due to the simplification of the construction and the assembly technology, increase of the unification coefficient, increase of the productivity in the manufacture of blocks of the buildings due to the simplified manual assembling.

*Keywords: multi-layered wood panel, solid wood panel, Drevoblok, panel housebuilding.*

### References

1. Voyakin A. *Mnogosloynnye paneli iz drevesiny – derevyannaya al'ternativa betonu* [Multilayer Wood Panels are a Wooden Alternative to Concrete]. *Delovoy zhurnal Lesnaya industriya* [The Journal "Timber industry"]. Available at: <https://www.forumhouse.ru/entries/13247/> (accessed 18.02.2018).
2. Karacabeyli Erol, Douglas Brad. [CLT Handbook: Cross-Laminated Timber]. U.S. ed., 2013. 572 p.
3. [Massive Holz Mauer]. Available at: <https://www.massivholzmauer.de/> (accessed 19.02.2018)
4. Rostova O. *Unipanel'. Neizmennost' formy* [Unipanel. Uniformity of Form]. *Zhurnal Zelenyye zdaniya* [The Journal "Green Buildings"]. 75 p. Available at: <http://green-buildings.ru/ru/vypusk-3-2013> (accessed: 01.03.2018).
5. [Wood100 is 100% Wood]. Available at: <https://www.thoma.at> (accessed: 26.03.2018).
6. Volynskiy V.N. [Technology of Glued Materials: A Manual for Universities]. Publishing house of the Arkhangel'sk State Technical University, 2003, 280 p. (in Russ.).
7. SP 64.13330.2017. *Derevyannyye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp II-25-80/ Minregion Rossii* [Timber Structures]. Moscow, 2017. 105 p.

*Received 18 June 2018*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Лысенко, А.О. Обзор российских и зарубежных технологий производства многослойных деревянных панелей / А.О. Лысенко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 44–52. DOI: 10.14529/build180407

### FOR CITATION

Lysenko A.O. Review of Russian and Foreign Technology of Multi-Layered Wood Panel Manufacture. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2018, vol. 18, no. 4, pp. 44–52. (in Russ.). DOI: 10.14529/build180407