

Конструктивные особенности деревянных зданий из деревянных перекрестно-клееных панелей

Н.Д. Шевченко

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассматриваются конструктивные особенности деревянных зданий, построенных из деревянных перекрестно-клееных панелей. Древесина перекрестно-клееная — новый материал, широко применяемый в деревянном домостроении. Панели используются для возведения многоэтажных зданий и заменяют традиционные каркасные и брусчатые деревянные дома. В статье анализируются достоинства применения древесины перекрестно-клееной в современном строительстве, обсуждаются различные типы соединений, такие, как стыковые, угловые соединения, а также их преимущества и недостатки. Особое внимание уделяется методам крепления панелей, обеспечивающим надёжность и долговечность конструкции.

Ключевые слова: деревянная конструкция, древесина, перекрестно-клееная древесина, CLT-панель, узловое соединение, система соединения.

Современные строительные технологии активно развиваются, и зелёное строительство становится всё более популярным. Оно предполагает использование новых технологий и материалов, которые делают здания более экологичными, безопасными и энергоэффективными. Человечество на протяжении всей своей истории использует древесину - единственный возобновляемый конструкционный материал, который используется в строительстве. Сегодня, благодаря разработкам ученых, деревянное строительство вышло на новый качественный уровень. Выход на рынок нового материала – деревянных перекрестно-клееных панелей позволило экологически чистому дереву стать альтернативой железобетону в индустриальном домостроении [1].

Новая технология древесина перекрестно-клееная (далее ДПК) (Cross Laminated Timber - CLT), появившаяся в 90-х годах прошлого века, смогла совершить революцию в строительстве и за последние годы ее активно применяют в странах Европы, США, Канаде и Японии [2].

Одним из таких материалов являются CLT-панели, представляющие собой многослойные деревянные панели с поперечным склеиванием слоёв

древесины. В этом тексте мы рассмотрим особенности строительства зданий с использованием CLT-панелей.

Знакомые материалы, такие, как фанера и клееный брус, хорошо известны многим. Идея склеивания фрагментов древесины с разными направлениями волокон не нова - она возникла ещё в XIX веке, а в конце прошлого века в Европе был запатентован новый тип деревянных панелей – древесина перекрестно-клееная (Cross Laminated Timber).

ДПК-панель является многослойным материалом, который состоит из досок, собранных в пласты и расположенных перпендикулярно друг другу. Они изготовлены из натурального массива дерева и имеют влажность 10–12 %. Пиломатериалы сначала торцуются, затем со всех сторон смазываются клеем, укладываются слоями и в конце отправляются под пресс [1].

Рассмотрим подробнее состав CLT:

1. Ламели - это длинномерные пиломатериалы из хвойных пород (ель, сосна, пихта). Могут быть цельными или со сращенными кромками.
2. Слоистая структура формируется из нечетного числа слоев, ориентированных под углом 90° друг к другу. Внешние поверхности панели имеют одинаковое направление волокон.
3. Склеивание осуществляется не содержащим формальдегида полиуретановым клеем без высокой температуры, за счет влаги из воздуха или древесины.

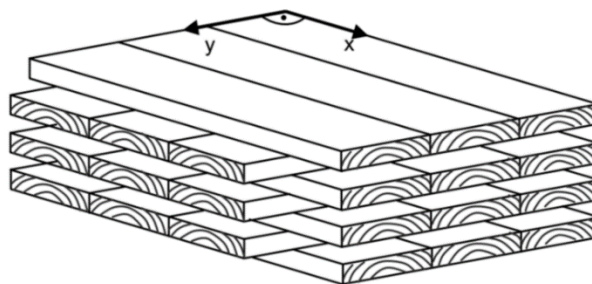


Рис. 1 - Конструктивная схема поперечного сечения древесины перекрестно-клееной

По своей структуре ДПК панели схожи с брусом: они состоят из склеенных между собой досок. А сравнимая прочность и долговечность панелей делает их похожими с железобетонными изделиями. При этом, если сравнить вес дома из ДПК панелей и домов из бетона, то он будет в 5-6 раз меньше. Плотность ДПК-панелей в 5 раз меньше, чем у бетона и стали (450 кг/м^3 против 2300 кг/м^3) [3]. Это способствует существенному снижению нагрузки на фундаментное основание. Также стоит упомянуть об ассортименте изделий: по этой технологии производятся стеновые панели, плиты покрытий и перекрытий.

Прочность материала обусловлена тем, что ламели расположены как вдоль, так и поперёк. Вертикальные ламели воспринимают несущую нагрузку, а горизонтальные обеспечивают продольную жёсткость конструкции. Такое размещение позволяет избежать деформации панелей, в отличие от цельных массивов, подверженных изгибу под нагрузкой [4].

Важное влияние на целостность каркаса оказывают узловые соединения. Так в работе Рогожиной А.В. [5] при компьютерном моделировании обязательно задаются условия крепления опорных узлов панели. Они обеспечивают нужную пластичность конструкции при воздействии на нее различных нагрузок. Выбранный тип соединения также оказывает влияние на акустические и вибрационные свойства здания в целом. При выборе соединений решающим фактором, зачастую, является заводская готовность панелей, обеспечивающая высокую скорость сборки или демонтажа конструкции [6].

Традиционно для соединения панелей между собой применяются саморезы большой длины и стальные уголки. Эти элементы давно используются в деревянном строительстве и хорошо себя показали за счет высоких показателей несущей способности при воздействии на них сдвиговых, растягивающих усилий. Высокая популярность этих элементов

обусловлена и простотой монтажа, не требующей предварительной подготовки соединяемых элементов.

Соединения в плоскости плиты выполняются с помощью саморезов и дополнительных деревянных вставок:

а) Внутренняя система соединения с помощью деревянной вставки

Две панели ДПК соединяются вместе с фанерой между ними и закрепляются саморезами на обеих панелях ДПК, проникая с одной стороны панели через вставку на другую сторону ДПК-панели.

б) Система соединения с внешней шпонкой

Две панели ДПК соединяются вместе с помощью шпонки, которая находится сверху. Саморезы закручиваются для соединения, между собой шпонки с двумя ДПК-панелями.

в) Система соединения внахлестку

Этот метод не требует применения деревянных вставок. Две ДПК-панели плотно прилегают друг к другу и прикручиваются саморезами [7].

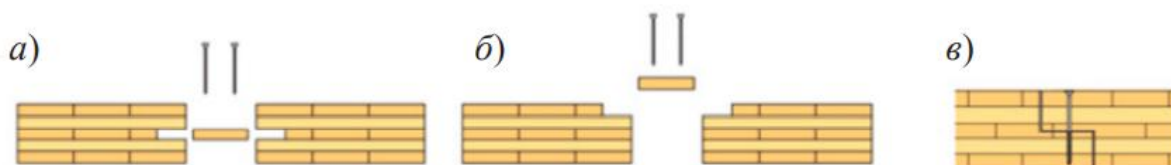


Рис.2. – Соединения в плоскости плиты

Угловое и Т-образное соединение стеновых панелей

1. Прямая система соединения саморезами

Простой и прямой способ соединения двух стен из ДПК - это сверление саморезов через одну стену в другую с использованием саморезов нужной длины в зависимости от толщины стен из ДПК.

2. Соединение с помощью угловых саморезов

Эта система соединения очень похожа на систему соединения с прямыми саморезами, с той лишь разницей, что саморезы сверлятся не

прямо, а под некоторым углом, обеспечивая проникновение саморезов во вторую стену CLT.

3. Соединение с помощью металлического кронштейна

Металлический кронштейн - еще один простой и хороший вариант, который можно рассмотреть при строительстве с использованием ДПК-панелей. Соединение панелей происходит путем простого привинчивания одной стороны кронштейна к одной панели, а другой стороны кронштейна - к другой панели [8].

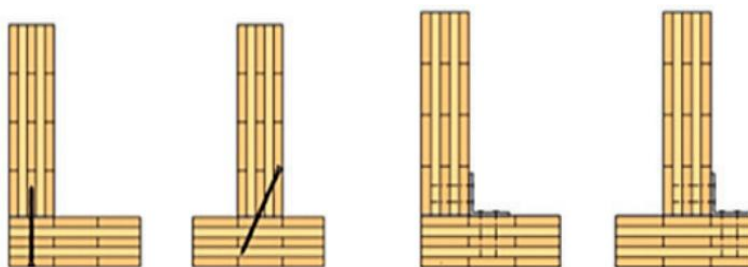


Рис.3 - Угловое и Т-образное соединение стеновых панелей

4. Система соединения "ласточкин хвост"

Соединение "ласточкин хвост" - распространенная техника соединения, используемая в столярном деле. Оно широко используется благодаря своей прочности на разрыв. Две стены с соединениями "ласточкин хвост" могут быть склеены при их соединении. После склеивания соединение "ласточкин хвост" не требует механического крепежа. Эта система соединения является быстрой, простой в сборке, точной, гибкой, универсальной, экономящей время, прочной, мобильной и экономичной [8].

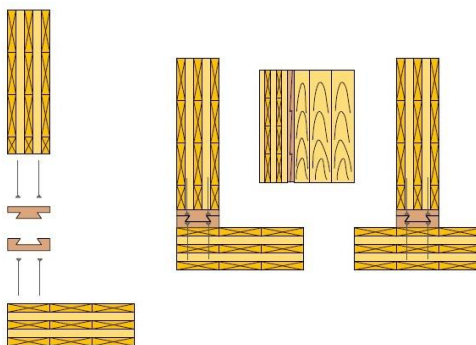


Рис.4 – Соединение "ласточкин хвост"

5. Система соединения Кнарр (инновационная)

Компания Кнарр производит отличные системы крепления древесины для соединения двух брусьев с помощью "замка". Замки Кнарр прикрепляются к обеим стенам из ДПК-панелей, и после этого они готовы к соединению. Когда панели установлены и соединены, замки Кнарр становятся невидимыми и самозатягивающимися [8].

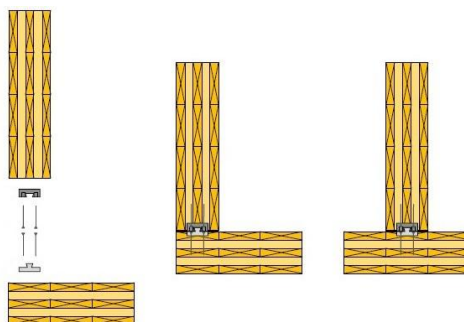


Рис.5. - Система соединения Кнарр

Стык стеновых панелей и панели перекрытия

1. Система соединения самонарезающими винтами

Стена из ДПК может быть соединена с перекрытием из ДПК самым простым способом - путем сверления саморезов через них; сначала прямым саморезом соединяем пол со стеной на нижнего этажа, а затем угловым саморезом соединяется стена на верхнем этаже с полом из ДПК (Рис.6, а).

2. Винтовая система соединения с металлическими скобами

Эта система соединения является наиболее популярной в Европе. Она применяется для соединения стены из ДПК с крышей или полом из ДПК путем прикрепления металлических скоб с обеих сторон пола; стена на нижнем этаже соединяется с полом с помощью металлических скоб, прикрученных к ним, а стена на верхнем этаже снова соединяется с полом из ДПК с помощью металлических скоб, прикрученных к ним. В некоторых случаях саморезы можно прикрутить к нижней стене от пола [9]. (Рис.6, б)

3. Инновационная система соединения с длинными резьбовыми стержнями

Согласно основной концепции этой соединительной системы, три длинных резьбовых стержня ввинчиваются в панели ДПК; один стержень ввинчивается в пол, другой - в нижнюю стену, а последний - в верхнюю стену. После этого все они соединяются и затягиваются адаптерами, а зазоры между адаптерами закрываются деревянными заглушками [8]. (Рис.6, в)

4. Скрытая система соединения металлических пластин

В этой системе соединения металлические пластины присверливаются к полу из ДПК, затем они скрываются и вставляются с обеих сторон в нижние и верхние стены, где эти металлические пластины прикручиваются к древесине с помощью дюбелей и шурупов, проходящих сквозь них [9]. (Рис.6, г)

5. Система соединения самонарезающими винтами - балочный тип
Иногда для различных типов конструкций требуются особые системы соединений. В конструкциях перекрытие из ДПК может быть соединено со стеной из ДПК путем простого прикрепления карниза к стене под полом и закрепления их самонарезающими винтами [8]. (Рис.6, д)

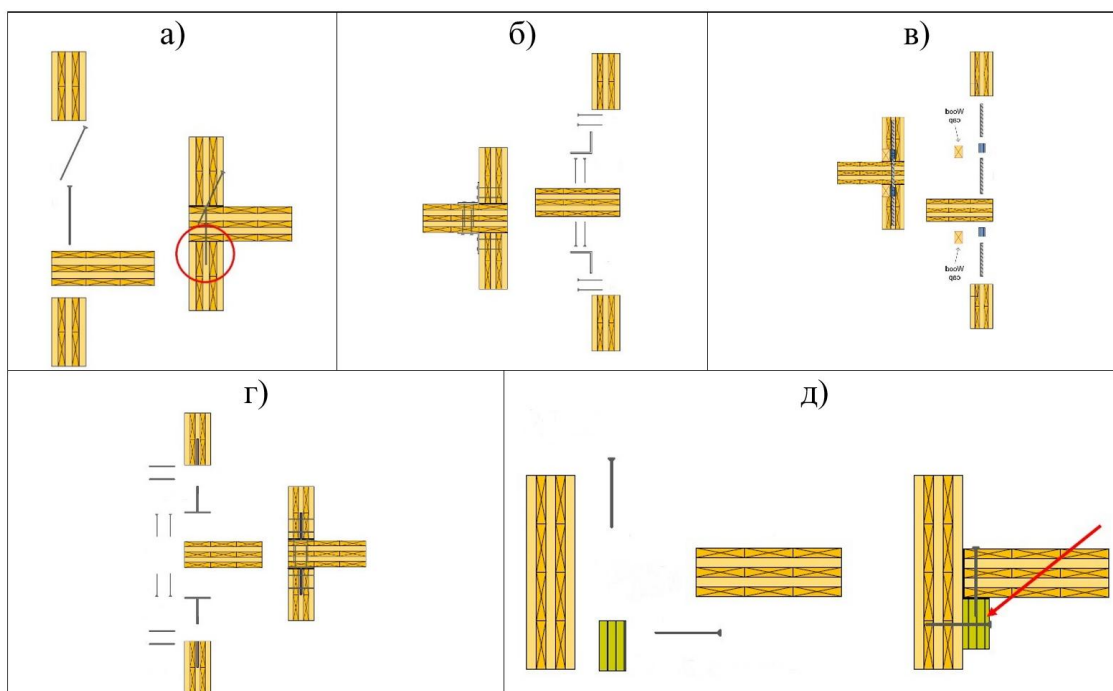


Рис.6. - Виды соединения стеновой панели с панелью перекрытия

Перспективы развития узловых соединений для ДПК-панелей.

В связи с растущим спросом на экологически чистые строительные материалы, такие, как ДПК-панели, узловые соединения, также будут развиваться и совершенствоваться.

На сегодняшний день сдерживающим фактором в строительстве с применением технологии ДПК является соединение панелей между собой. Подавляющее большинство соединений, которые используются в настоящее время для соединения ДПК-панелей первоначально были предназначены для других технологий и были просто адаптированы для ДПК-панелей с различными изменениями. Как следствие, возможности строительства по новой технологии ограничены прочностью соединений, предельные значения деформаций которых сильно меньше жесткости ДПК-панелей. Более того, в работе Потаповой Т.В. [10] рассматривается принцип армирования перекрестно-клееных деревянных панелей, что повышает их несущую способность. Именно поэтому следует начать разработку новых, более эффективных систем соединения, соответствующих по характеристикам и удовлетворяющих потребности международного рынка.

После рассмотрения вопроса соединения, мной был сделан вывод о том, что в настоящее время нет узлового соединения, которое бы позволяло соединять ДПК-панели под различными углами, отличными от прямого. В связи с этим, проектирование универсального узлового соединения для соединения панелей под разными углами является актуальной темой, требующей дальнейшего изучения.

Литература

1. Щелокова Т.Н. Современные тенденции улучшения свойств древесины и деревянных строительных конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №6. С. 39-45. URL: doi.org/10.12737/article_5b115a65781d87.13857188.
2. Мавлюбердинов А.Р., Хоцанян Д.Н. Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей // Известия КГАСУ. 2018. №1(43) С. 219–225. URL: izvestija.kgasu.ru/files/1_2018/219_225_Mavliuberdinov_Khotsanian.pdf.
3. Арзиманов Д.И., Гаевская З.А. Сравнительный анализ энергоэффективности clt-панелей для жилой многоэтажной застройки санкт-петербурга // Инженерные исследования. 2023. №2. URL: eng-res.ru/archive/2023/2/11-18.pdf.
4. Косов И.И. Деревянные панели в строительстве общественных зданий // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". 2019. №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/derevyannye-paneli-clt-v-stroitelstve-obschestvennyh-zdaniy/viewer.
5. Рогожина А.В. Расчет деформативности CLT-панели перекрытия // Инженерный вестник Дона. 2022. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7690.
6. Gustafsson Anders The CLT Handbook. Stockholm: Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2019. 188 p. URL: swedishwood.com/siteassets/5-publikationer/pdf/clt-handbook-2019-eng-m-svensk-standard-2019.pdf.
7. Crespell Pablo, Gagnon Sylvain Cross-Laminated Timber: a Primer. FPInnovations, 2010. 32 p. URL: tboake.com/2018/CLT%20primer.pdf.
8. Karacabeyli Erol, Gagnon Sylvain Canadian CLT Handbook. Canada: FPInnovations, 2019. 812 p. URL: web.fpinnovations.ca/wp-content/uploads/clt-handbook-complete-version-en-low.pdf.



9. Строим из CLT крепкому дому – надежный крепеж. Хаген, Германия: E.u.r.o.Tec GmbH, 2021. 90 с. URL: eurotec.team/application/files/3316/4482/8436/CLT_Broschuere_RU.pdf.

10. Потапова Т.В. Усиление CLT-панелей композитными материалами // Инженерный вестник Дона. 2023. №7 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8572.

References

1. Schelokova T.N. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2018. №6. Pp. 39-45. URL: doi.org/10.12737/article_5b115a65781d87.13857188.

2. Mavlyuberdinov A.R., Khotsanyan D.N. Izvestiya KGASU. 2018. №1 (43) Pp. 219–225.

3. Arzimanov D.I., Gaevskaya Z.A. Inzhenernye issledovaniya. 2023. №2. URL: eng-res.ru/archive/2023/2/11-18.pdf.

4. Kosov I.I. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologiy "Integral". 2019. №2.

5. Rogozhina A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7690.

6. Gustafsson Anders The CLT Handbook. Stockholm: Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2019. 188 URL: swedishwood.com/siteassets/5-publikationer/pdf/CLT-handbook-2019-eng-m-svensk-standard-2019.pdf.

7. Crespell Pablo, Gagnon Sylvain Cross-Laminated Timber: a Primer. FPInnovations, 2010. 32p. URL: tboake.com/2018/CLT%20primer.pdf.

8. Karacabeyli Erol, Gagnon Sylvain Canadian CLT Handbook. Canada: FPInnovations, 2019. 812 p.

9. Stroim iz CLT krepkomu domu – nadezhnyj krepzh. [Building a strong house with CLT - reliable fasteners]. Hagen, Germanija: E.u.r.o.Tec GmbH, 2021. 90p.



10. Potapova T.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №7. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8572.

Дата поступления: 17.05.2024

Дата публикации: 28.06.2024