

УДК 694.12

к.т.н., доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», e-mail: shustovpa@mail.ru

Шустов Павел Александрович,

Березков Антон Владимирович,

магистрант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», e-mail: berezkov2000@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ CLT

Shustov P.A., Berezkov A.V.

INNOVATIVE NODAL CONNECTIONS OF STRUCTURES FROM CLT

Аннотация. В статье рассмотрены инновационные узловые соединения конструкций из Cross-Laminated Timber (CLT), поскольку узловые соединения и их конструкция оказывают большое влияние на свойства строительных конструкций: их несущую способность, устойчивость, огнестойкие и акустические свойства. В данной статье рассмотрены пять технологий соединения конструкций из CLT: 1) TITAN V уголки, обеспечивающие прочность на отрыв и сдвиг; 2) SLOT соединительные элементы для структурных панелей; 3) SPIDER система соединения и усиления для стоек и перекрытий; 4) PILLAR система соединения стойка-перекрытие; 5) соединительная система X-RAD, с точки зрения таких характеристик, как: несущая способность, особенности расчетной схемы, сложность и скорость монтажа и других, а также отражены основные достоинства и недостатки приведенных видов соединения.

Ключевые слова: узловые соединения, cross-laminated timber, TITAN V, SLOT, SPIDER, PILLAR, X-RAD.

Abstract. The article discusses innovative nodal joints of structures made of cross-laminated timber (CLT), since nodal joints and their design have a great influence on the properties of building structures: their load-bearing capacity, stability, fire-resistant and acoustic properties. This article discusses options for connecting to a computer from CLT: 1) TITANIUM in the corners, tracking the speed of separation and shear; 2) SLOT connecting elements for structural panels; 3) SPIDER connection and widening system for racks and floors; 4) COLUMN connection system- overlap; 5) the combined X-ray radiation system, from the point of view of such characteristics as: insignificant connection, lack of settlement connection, complexity and speed of muntage and others, as well as places of residence separated from others and disadvantages obtained as a result of the association.

Keywords: nodal joint, cross-glued beam, TITANIUM V, GROOVE, SPIDER, PILLAR, X-ray.

1. Виды узловых соединений конструкций из CLT

На этапе проектирования строения необходимо учитывать его поведение, как в случае вертикальной нагрузки, так и в случае горизонтальной нагрузки (ветер и землетрясение). Ветровые и сейсмические нагрузки могут быть схематически изображены действующими в направлении горизонтальных связей строения.

Чтобы гарантировать оптимальные эксплуатационные сейсмические характеристики, учитывая все возможные виды повреждений, особенно важным является правильное проектирование всех систем соединений. Например, горизонтальное воздействие на балки перекрытия создают внутри усилия на

сдвиг и отрыв различных элементов конструкции, такие силы должны поглощаться соответствующими соединениями. Вся гамма соединений, при возведении строений, позволяет применить инновационный подход при проектировании.

Выбор оптимального варианта узлового соединения и его расчет должны обеспечить такое разрушение, при котором до потери несущей способности каркаса происходят большие видимые перемещения в стальных крепежных элементах узлового соединения, вследствие пластической работы металла.

В соединениях конструкций из CLT обычно используются длинные самонарезающие шурупы, но также широко исполь-

зуются и другие традиционные средства крепления, такие как гвозди, пластины-вкладыши и гвоздевые пластины. Есть также несколько более инновационных решений, таких как клеенные стержни, передовые пакетные решения, охватывающие все угловые решения, включая монтажные крепления и системы для невидимых соединений, передающих нагрузку, а также крепежные системы X-RAD, SPIDER, PILLAR, являющихся инновационным решением узловых соединений для сложных условий строительства. [1,2]

1.1. TITAN V уголки, обеспечивающие прочность на отрыв и сдвиг

Узловое соединение Titan V идеально подходит для перекрёстно-клееной древесины, косые полонарезные шурупы обеспечивают исключительную прочность на отрыв до 101,0 кН и сдвиг до 59,7 кН. Уменьшенная высота вертикального фланца позволяет монтировать и скрывать уголок внутри перекрытия. [1,3]



Рисунок 1 - TITAN V уголки

Titan V идеально подходит для соединений «дерево-дерево», в качестве прижима к краям стен, а также в качестве уголка, работающего на сдвиг вдоль стен, устанавливаемого внутри пакета перекрытия. Использование данного типа уголка для крепления стен, работающего как на сдвиг, так и на отрыв, способствует оптимизации и приданию единообразия всему соединению.

Основными достоинствами узлового соединения Titan V является:

- Простота сборки;
- Доступность крепежных элементов;
- Возможность скрытого крепежа без вреда внешнему виду;
- Распространенность в строительной практике;
- Большой опыт проектирования узловых соединений;
- Низкая металлоемкость;

К основным недостаткам можно отнести:

- большое количество нагелей, мест

ослабления сечения;

- большое количество крепежных элементов;
- низкая несущая способность при действии сейсмических нагрузок.

1.2. SLOT соединительные элементы для структурных панелей

Соединительные элементы для CLT панелей SLOT позволяют создать соединения с очень высокой жесткостью, способные передавать нагрузки на сдвиг между панелями. Позволяют восстанавливать на месте, изготовленные на заводе, панели небольших размеров, а также обеспечивают удобство транспортировки. Идеально подходят для соединений стен и перекрытий многоэтажных строений. Предусматривают возможность установки с использованием вспомогательных косых шурупов, обеспечивающих крепление панелей между собой. Прекрасные эксплуатационные свойства: соединительный элемент может заменить до 60 шурупов; прочность на сдвиг составляет от 35кН до 120 кН.

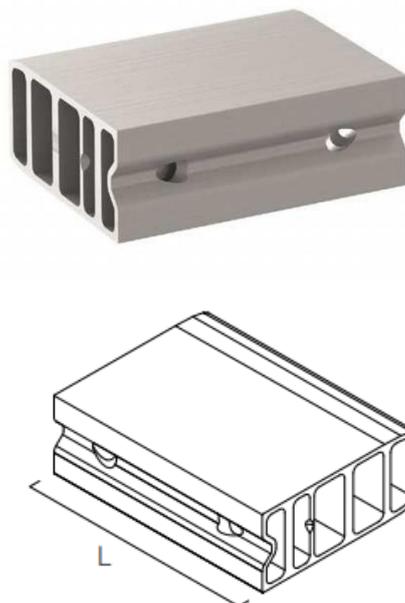


Рисунок 2 - SLOT соединительные элементы для структурных панелей

Соединительные элементы SLOT могут использоваться в качестве монтажной оснастки, благодаря своей клинообразной форме и наличию шурупов.

Использование соединительных элементов SLOT, характеризующихся высокими значениями жесткости и прочности, ведет к несомненным преимуществам, как в случае

многопанельной стены из CLT, так и в случае перекрытия в качестве диафрагмы жесткости. Такие значения прочности и жесткости подтверждены экспериментальным путем и сертифицированы согласно ETA-19/0167. [1,4]

1.3. SPIDER - система соединения и усиления для стоек и перекрытий

Система SPIDER позволяет возводить многоэтажные строения с конструкцией «колонна-перекрытие». Сертифицировано, прочитано и оптимизировано для стоек из CLT, стали, железобетона. Благодаря центральному стальному ядру система не допускает сдавливания панелей из CLT и позволяет перенести вертикальную нагрузку между колонной, превышающую 5000 кН. Укосины системы гарантируют усиление перфорации панелей CLT, обеспечивая исключительные значения прочности на сдвиг. Расстояние между колоннами может превышать 7000 x 7000 мм структурной сетки.



Рисунок 3 - SPIDER система соединения и усиления для стоек и перекрытий

Достоинства: обеспечение исключительной прочности и жесткости конструкции, посредством реализации перекрытий из перекрестных панелей CLT; возможность реализации пролетов в свету площадью более 6000 x 6000 мм, даже без жестких стыков. [1,5]

Основные преимущества системы SPIDER:

- Большая несущая способность соединения;
- Высокая устойчивость к сейсмическому воздействию;
- Снятие вертикальных и сдвиговых нагрузок и передача нагрузок на фундамент только через стеновые панели;

К основным недостаткам можно отнести:

- Высокая стоимость крепежа;

- Сложность монтажа и потребность в высокой квалификации рабочих;
- Малый опыт проектирования каркасов с использованием данного вида крепежей.

1.4. PILLAR - система соединения колонна-перекрытие

Система PILLAR позволяет конструировать строения по принципу "колонна-перекрытие". Расстояние между колоннами до 3500 x 7000 мм. В совместном использовании вместе с системой SPIDER система PILLAR идеально подходит для использования на колоннах в углах или по периметру структурной сетки. Центральное стальное ядро системы не допускает сдавливания панелей CLT и позволяет перенести более 5000 кН вертикальной нагрузки между колоннами.

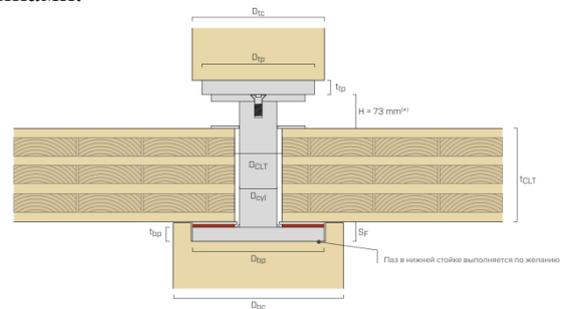


Рисунок 4 - PILLAR система соединения «колонна-перекрытие»

Соединительная система PILLAR разработана таким образом, что она легко подстраивается к погрешностям при производстве и установке CLT панели:

1. Производственные погрешности в толщине CLT панели.

Любая погрешность в толщине CLT перекрытия компенсируется крепежной пластиной, которая может скользить по стальному цилиндру. Общая высота PILLAR остается постоянной независимо от производственных погрешностей CLT панели.

2. Погрешность ± 10 мм при установке перекрытия.

Соединительная система PILLAR позволяет установить колонны в центре CLT панели, по краю CLT панели или в углу CLT панели. На одной колонне можно комбинировать различные виды опор. В этом случае проверка сжатия, перпендикулярного волокнам, должна выполняться отдельно для каждой CLT панели. [1,6]

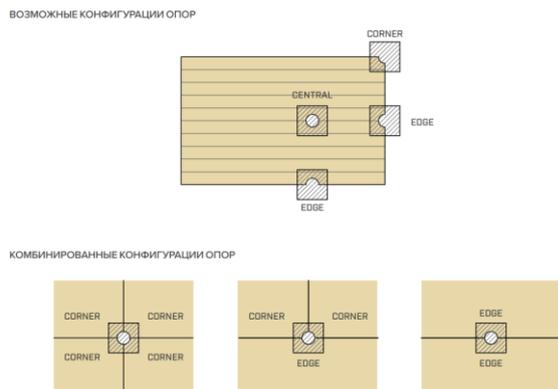


Рисунок 5 – Виды установок системы PILLAR

Основные преимущества система PILLAR:

- Большая несущая способность соединения;
- Высокая устойчивость к сейсмическому воздействию;
- Снятие вертикальных и сдвиговых нагрузок и передача нагрузок на фундамент только через стеновые панели;

К основным недостаткам можно отнести:

- Высокая стоимость крепежа;
- Сложность монтажа и потребность в высокой квалификации рабочих;
- Малый опыт проектирования каркасов с использованием данного вида крепежей.

1.5. Соединительная система X-RAD

Система X-RAD абсолютное новшество в деревянном строительстве. Переопределяет стандарты резки, перевозки, сборки и прочности CLT панелей. Прекрасные статические и сейсмические характеристики. Сверхбыстрые манипуляции и монтаж стен и перекрытий из CLT. Значительное уменьшение сроков монтажа, количества ошибок в процессе работы и рисков несчастных случаев. Соединительная система, идеальная для сейсмостойкого проектирования с протестированными и сертифицированными значениями пластичности (CE - ETA 15/0632).

Стандартизация и уменьшение общего числа соединений дают системе X-RAD преимущества, когда сроки сдачи объекта являются решающим фактором при выполнении работ. Эти преимущества были доказаны на этапе строительства первых зданий с использованием системы X-RAD, когда были тща-

тельно задокументированы сроки выполнения всех операций, необходимых для монтажа конструкции, в сравнении со сроками реализации конструкций с использованием традиционных систем крепления.

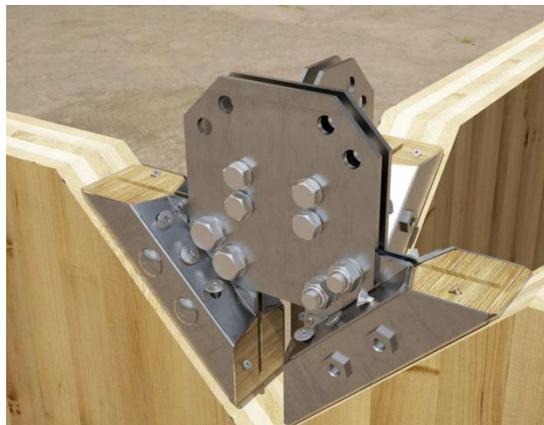


Рисунок 6 - Соединительная система X-RAD

Стены из CLT монтируются на объекте с использованием болтовых соединений и специальных пластин, разработанных специально под любую геометрическую конфигурацию панелей. Система X-RAD позволяет поднимать, перемещать и устанавливать панели CLT прямо с транспортных средств на возводимую конструкцию, избегая этапов складирования и хранения. Система X-RAD сертифицирована согласно директиве по машинному оборудованию 2006/42/CE для дополнительного использования в качестве точки вертикального подъема для транспортировки панелей из CLT.

Система X-RAD предусматривает установку на одной оси со стеной структурного соединения, состоящего из X-ONE и X-PLATE. Это позволяет комплектующим системы X-SEAL, идеально подогнанным по размеру, прилегать к металлическим элементам соединения, обеспечивая герметичность и термоакустическую изоляцию.

С целью понять огнеупорность такой системы была запущена исследовательская программа при Техническом Университете Монако (TUM). Предметом исследования, на этом этапе, стал межэтажный узел MI, состоящий из X-ONE, X-PLATE и X-SEAL и соответствующей герметизации, выполненной при помощи акриловой ленты, собранный на панели CLT толщиной 100 мм.

Испытаниям были подвергнуты два разных образца:

- (А) несущая стена системы X-RAD без какого-либо покрытия со стороны воздействия огня;

- (В) несущая стена системы X-RAD, покрытая плитами из гипсокартона соответствии с DIN EN520, установленными вплотную.

Для мониторинга роста температур в процессе испытания были установлены термометры в 6 разных местах в пределах соединения. Как описано в стандарте EN 1993:1-2, в стальных комплектующих замечена ошутимое снижение предела текучести, модуля упругости и предела пропорциональности при температуре выше 400°C. По достижении 500°C, предел текучести снизился на 20%, а модуль упругости на 40%. Температура в 500°C будет считаться контрольной в ходе испытания. [1,7,8,9,10]

Основные преимущества коннектора X-RAD:

- Большая несущая способность соединения;
- Высокая устойчивость к сейсмическому воздействию;
- Снятие вертикальных и сдвиговых нагрузок с плиты перекрытия, передача нагрузок на фундамент только через стеновые

панели;

К основным недостаткам относятся:

- Высокая стоимость крепежа;
- Сложность монтажа и потребность в высокой квалификации рабочих;
- Концентрация напряжений в углах панелей;
- Малый опыт проектирования каркасов с использованием данного вида крепежей.

2. Заключение

В заключение, узловые соединения конструкций из CLT являются одним из важнейших элементов при проектировании и строительстве домов и других сооружений из данного материала. Использование правильных узловых соединений гарантирует долговечность и прочность конструкции, а также помогает снизить трудоёмкость и время строительства. Важно учитывать требования и нормы, регулирующие строительство и эксплуатацию сооружений, а также обращать внимание на качество материалов и профессионализм строительной бригады, чтобы обеспечить безопасность и долговечность возводимого сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rothoblaas. Пластины и соединительные элементы для дерева. Строения, конструкции и террасы. с. 228-340. – Рез. Англ.
2. Eurotec. Unser sortiment Bauen mit CLT. с. 18-27 [Интернет-ресурс].
3. Angle bracket for shear and tensile loads (rothoblaas.com) [Интернет-ресурс].
4. Connector for structural panels (rothoblaas.com) [Интернет-ресурс].
5. Column-to-floor connection system (rothoblaas.com) [Интернет-ресурс].
6. Connection and rein for cement system for columns and floors (rothoblaas.com) [Интернет-ресурс].
7. X-rad connection system (rothoblaas.com) [Интернет-ресурс].
8. Директива 2006/42/ЕС Европейского парламента и совета Европейского союза от 17 мая 2006 г. «О машинах и механизмах».
9. Gypsum plasterboards - Definitions, requirements and test methods; German version EN 520:2004+A1:2009
10. EN 1993-1-2:2005 Проектирование стальных конструкций. Основные правила.