

Applied Mathematics". – 2020. – С. 012033.

9. **Колесник, М. Н.** Применение динамической транспортной задачи с задержками для согласования ритмов работы поставщиков и перевозчиков / М. Н. Колесник. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2009. № 1 (37). С. 63-65.

10. **Шаров, М. И.** Влияние транспортного зонирования на функционирование маршрутной сети города / М. И. Шаров, О. А. Лебедева. – Текст : непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 196-202.

**УДК 692**

*к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,*

*e-mail: gorbachps@mail.ru*

**Бессонова Алена Олеговна,**

*ассистент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,*

*e-mail: pgs@angtu.ru*

### CLT-ПАНЕЛИ: ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

*Gorbach P.S., Bessonova A.O.*

### CLT PANELS: TECHNOLOGY FEATURES

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности использования CLT-панелей в гражданском строительстве.

**Ключевые слова:** панели, древесина, многослойный материал.

**Abstract.** The article discusses the features of using CLT panels in civil engineering.

**Keywords:** panels, wood, multilayer material.

Панели CLT (KLH, BSP, X-LAM, CROSS-LAM) – строительный материал из перекрестноклееной древесины. Широко используются в современном строительстве в качестве стен, межэтажных перекрытий, полов, перегородок, перекрытий, а также крупногабаритных элементов. CLT-панель – уникальный строительный материал для строительства частных домов, административных и общественных зданий [1-5].

CLT-панели – многослойный материал, состоящий из деревянных ламелей, сложенных в ряды. Изделия склеиваются между собой и спрессовываются. Ряды располагаются крест-накрест относительно друг друга. Вертикальные ламели обеспечивают высокую несущую способность, а горизонтальные – жесткость в продольной плоскости.

Впервые данную технологию применили в Швейцарии в 90-х годах прошлого столетия. Позднее внося изменения, некоторые компании начали собственное производство. Первые современные CLT-панели были разработаны в 1996 году в Австралии.

Благодаря возросшему интересу общества к эко-строительству технология стала востребованной.

Данные панели позволили возводить не только одноэтажные, но и многоэтажные здания, многоквартирные дома. В Западной Европе предложенная технология занимает все большую долю строительной отрасли. В нашей стране производство CLT-панелей активно развивается.

Особенности производства этого стройматериала:

– фанера изготавливается из шпона (тонких листов древесины), а панели CLT из ламелей с прямоугольным поперечным сечением.

– панели изготавливают из обрезной хвойной древесины, влажность которой составляет около 12% (допускается отклонение на 2%). Заготовки проходят процедуру камерной сушки, а затем торцуются. Сращивание производится на зубчатый шип. Так получается материал заданной длины. Ламели склеиваются, а затем подвергаются прессовке (рис. 1).

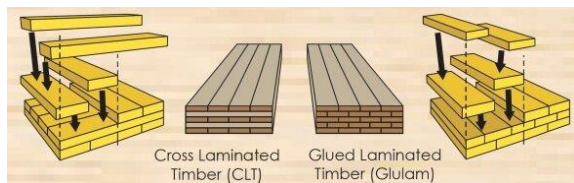


Рисунок 1 – CLT-панель.

– далее следует этап строгания и шлифовки для получения идеально гладкой поверхности. Если панели будут использоваться для монтажа стен, их могут отделывать слоем ОСП. Затем в соответствии с планом здания прорезываются оконные, дверные проемы, каналы для прокладки коммуникаций. Данная процедура выполняется на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), что обеспечивает высокую точность обработки.

Процесс производства одной заготовки длится от 15 до 60 минут. В результате получаются панели шириной от 60 до 400 см и длиной до 24 м. Они состоят из 3-12 слоев и могут иметь толщину от 6 до 35 см.

Готовые элементы будущего здания транспортируют на участок, а затем собирают, подобно конструктору. Архитектором разрабатывается план дома, по которому производится установка и монтаж каждой пронумерованной панели. Конструкция собирается на заранее подготовленный фундамент.

В процессе строительства принимает участие небольшая бригада, использующая лишь подъемный кран и простой электроинструмент. На установку одной панели в среднем требуется около 20 минут. Дом для одной семьи строители собирают примерно за 8 часов (рис. 2).



Рисунок 2 – Возведение дома из CLT-панелей.

После этого можно сразу приступать к внутренней и наружной отделке. При этом

стены не нужно штукатурить, так как они после механической обработки на производстве приобретают идеально ровную поверхность. Для всех коммуникаций уже подготовлены необходимые трассы, места для установки щитков, ревизионных окон и т. д. Поэтому дом будет готов к сдаче за считанные дни.

В результате исследовательских работ выделен ряд преимуществ:

– панели изготавливаются из натуральной древесины, поэтому внутри помещений устанавливается здоровый микроклимат.

– специальная обработка панелей препятствует усадке готового здания. В подготовленные проемы можно сразу монтировать панорамные окна.

– стены обладают хорошим сопротивлением внешним осадкам, в них нет щелей, которые нужно герметизировать.

– при отделке внутри и снаружи здания можно применять любые декоративные материалы, в том числе навесные фасады с внешней стороны стен.

– возможность строительства многоэтажных зданий. В Европе по этой технологии возводят торговые центры, стадионы, больницы, многоквартирные здания и т.д.

– здание отличается высокой пожаростойкостью. При проведении испытаний стена толщиной 180 мм нагрелась с обратной стороны на 10°C за час под воздействием нагрева 1200°C [6,7].

– при планировании интерьера, экстерьера можно реализовать любой архитектурный стиль.

– строение является экологичным. Кроме натуральной древесины при производстве применяется клей класса E1. Данный состав используется при производстве мебели [8,11].

– в процессе строительства остается минимальное количество отходов и строительного мусора.

– дом из CLT-панелей отличается высокой сейсмостойкостью. Здание выдерживает землетрясение силой до 9 баллов [12].

– низкая теплопроводность (0,13 Вт/м\*К), высокий показатель теплоемкости (2,1 кДж/кг). Поэтому показатель теплоизоляции дома из панелей CLT в 3-5 раз выше, чем у зданий из кирпича и бетона. Такие дома при наличии соответствующего утепления можно строить в северных регионах.

– стены и перекрытия отличаются высоким шумопоглощением.

– конструкция весит в 6 раз меньше, чем аналогичное здание из бетона.

– в межэтажных перекрытиях отсутствуют динамические вибрации. Панели отличаются статической прочностью, стабильностью габаритов во всех направлениях.

– внутреннее пространство помещений увеличивается до 10%, так как стены тоньше на 1/3, по сравнению с клееным брусом и бетоном.

– технологию активно применяют американские военные при строительстве корпусов. Перед этим здания прошли испытания на базе ВВС. Для этого было построено несколько домов. Их взрывали в общей сложности 7 раз, а мощность взрыва равнялась больше 275 кг тротилового эквивалента.

В результате этого эксперимента было установлено, что по показателю взрывостойкости здания из CLT не уступают стальному профилю. Данные конструкции выдержали большую нагрузку, о чем заявил производитель.

Кроме того, подобные дома строятся даже в регионах с повышенной влажностью, например, в Тихоокеанском регионе Азии и в странах на побережье Северной Европы [9-11].

Натурные испытания выявили и ряд недостатков [12-14]:

– высокая стоимость – по сравнению с другими строительными материалами.

– необходимость создания дополнительного утеплительного слоя, если дом строится в холодном климате. Однако утеплитель в таких условиях нужен зданиям из любого другого стройматериала.

– наличие в клее, скрепляющем ламели, формальдегида. Но панели CLT являются экологичным материалом, клея в них минимальное количество. Этот состав соответствует классу E1, что даже в соответствии со строгими европейскими стандартами считается допустимым.

Пока сложно сказать точно сколько будут эксплуатироваться такие дома. Эксперты могут делать только предположения. Поэтому многие застройщики отдают предпочтение традиционным материалам.

Применение CLT-панелей в строительстве общественных зданий является перспективным и экологически чистым решением. Панели обладают высокой прочностью и устойчивостью, а также могут быть использованы для создания не только каркасных конструкций, но и других элементов здания. Несмотря на некоторые недостатки, CLT-панели представляют собой эффективный и инновационный материал для строительства общественных зданий. Применение CLT-панелей в общественных зданиях позволяет создавать современные и функциональные здания с учетом экологических принципов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гончарова, М.А.** Композиционные строительные материалы на основе отходов металлургического производства / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липецк, 2000. Текст: непосредственный.

2. **Абраменков, Э.А., Грузин, В.В.** Средства механизации для подготовки оснований и устройства фундаментов. Новосибирск, Изд. НГАСУ, 2009. Текст: непосредственный.

3. **Маилян, А.Л.** Модель выбора рационального варианта технологического процесса строительного производства / А.Л. Маилян, Р. Г. Нехай // Экономика и менеджмент систем управления – 2015. – № 4 (18). – С. 72–77.

4. **Черныш, Н.Д., Тарасенко, В.Н.**

Современные условия создания комфортного архитектурного средового пространства / Вестник БГТУ им В. Г. Шухова. 2017. №1. С. 101 – 104.

5. **Черныш, Н.Д., Коренькова, Г.В., Митякина, Н.А.** Проблемы, методические основы и тенденции развития профессиональной культуры создания архитектурной среды / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, 2015. № 6. С. 93-97.

6. **Российская Федерация.** Свод Правил. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». Принят комитетом РФ по вопросам архитектуры и строительства 21 августа 2003. Статус – Действующий. Текст: непосредственный.

7. **Рогожина А.В.** Расчет деформативности CLT-панели перекрытия // Инженерный вестник Дона, №6 (90), 2022. С 329-339. EDN: TWGFWN.

8. **Есауленко И.В.** Перспективы развития высотного деревянного домостроения в России на примере зарубежного опыта // Архитектура, строительство, транспорт, №4 (98), 2021. С. 17-25. DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-17-25 EDN: OFUFZP.

9. **Wieruszewski M., Mazela B.** Cross laminated timber (CLT) as an alternative form of Construction Wood // DRVNA INDUSTRIJA, 2017. №4 (68). P. 359-367. DOI:10.5552/drind.2017.1728

10. **Hansted J.A., Lin N.R., Walbech M.R.** Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon // Energy & Buildings, 2021. №254. pp.111604 DOI:10.1016/j.enbuild.2021.111604.

11. **Sathre R., Gustavsson L.** Using wood products to mitigate climate change: Ex-

ternal costs and structural change // Applied Energy, № 86, 2009. P. 251-257. DOI:10.1016/j.apenergy.2008.04.007.

12. **Российская Федерация.** Свод правил. СП 31-105-2002. Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом" (одобрен Постановлением Госстроя РФ от 14.02.2002 N 6). Текст: непосредственный.

13. **Российская Федерация.** Свод правил. СП 524.1325800.2023. Свод правил. Висячие покрытия. Правила проектирования"(утв. Приказом Минстроя России от 10.05.2023 N 330/пр). Текст: непосредственный.

14. **Российская Федерация.** Свод правил. СП 64.13330.2017. Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80"(утв. Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 129/пр)(ред. от 28.12.2023). Текст: непосредственный.

#### УДК 694.1

*к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: gorbachps@mail.ru  
Гордеев Клим Игоревич,  
генеральный директор АНО «Экспертный центр СУДЭКС»,  
e-mail: centr-sudex@mail.ru*

### ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТРОПИЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Gorbach P.S., Gordeev K.I.*

#### FEATURES OF DESIGNING RAFTER SYSTEMS

**Аннотация.** В статье рассматриваются требования, предъявляемые при проектировании стропильных систем в сейсмических районах.

**Ключевые слова:** стропила, крыша, сейсмика.

**Abstract.** The article examines the requirements for the design of rafter systems in seismic areas.

**Keywords:** rafters, roof, seismic.

Стропильные системы выполняются висячего и наслонного типа.

Стропильная конструкция – это часть конструкции скатной крыши здания, состоящая из расположенных на определенном расстоянии наклонных бревен или брусьев, соединенных вверху под углом, а внизу упирающихся в стены или мауэрлаты.

Висячая конструкция – строительная конструкция, в которой несущие провисаю-

щие гибкие элементы (стальные тросы, пряди из высокопрочной проволоки, круглые стержни, мембраны и т.п.), перекрывающие пролет, работают на растяжение.

Наслонные стропила – стропила, опирающиеся концами на стены здания и (или) подстропильные конструкции [12-13].

Согласно нормативным документам, элементы обвязки должны соединяться между собой по всему контуру, включая уг-