

ЛАЗАРЕВ А. Л., КУПРИЯШКИНА Л. И., ЕВСТИГНЕЕВА В. М.

**ДЕРЕВЯННЫЕ СЛОИСТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
С НЕОДНОРОДНО-СЛОИСТОЙ СТРУКТУРОЙ**

Аннотация. В статье приводится обзор основных деревянных конструкций, имеющих неоднородно-слоистую структуру. Показаны особенности работы разносопротивляющихся слоев композитов с функционально распределенной структурой.

Ключевые слова: деревянные композиты, составной стержень, клеевой слой, дисперсное армирование, структурно-изоляционные панели, вакуумные изоляционные панели.

LAZAREV A. L., KUPRIYASHKINA L. I., EVSTIGNEEVA V. M.

**WOODEN LAYERED ELEMENTS WITH
INHOMOGENEOUS LAYERED STRUCTURE**

Abstract. The article provides an overview of the main wooden structures with inhomogeneous layered structure. The performance features of differently resisting layers of the composites with the functionally distributed structure are shown.

Keywords: wooden composites, compound rod, adhesive layer, dispersed reinforcement, structurally-insulating panels, vacuum insulation panels.

Современный уровень развития промышленного производства строительных материалов позволяет реализовывать самые высокие потребности проектировщиков. Разнообразный спектр силовых и других эксплуатационных воздействий определяет перечень функциональных требований (высокая прочность, жесткость, сопротивляемость химическим, биологическим, физическим, атмосферным воздействиям) к строительным композитам. С целью формирования оптимального современного строительного композита, создаются структуры с заданной по объему неоднородностью свойств.

Почти идеальное изменение структуры по объему с учетом функционального назначения слоев присуще древесине, что обеспечивает ее высокие эксплуатационные характеристики. Высокая удельная прочность, создаваемая внутренним «скелетом» и значительная структурная пористость позволяет использовать древесину как конструкционный материал низкой массы с высокими теплотехническими свойствами, а наличие природных смол создает защиту от многих агрессивных сред.

Наличие в материале чередующихся однородных слоев позволяет рассматривать структуру деревянного элемента в виде известной модели составного стержня, состоящего из изотропных составляющих, соединенных между собой равномерно распределенными по

всей длине связями сдвига и поперечными связями [1]. Известны аналитические зависимости для проектирования композитов с дискретной структурой. В таких системах прочность обеспечивается не только свойствами отдельных стержней, но и характеристиками связей.

Более сложная модель составного стержня описана в [2]. Элементарный стержень предложено рассматривать неоднородным, где характер изменения свойств является функцией высоты. Под такое описание в полной мере подходит широко используемые в строительстве клееные древесные элементы.

Большой интерес к слоистым композитам объясняется тем, что при их получении компенсируются естественные недостатки, присущие цельной древесине, в результате чего возрастает прочность материала, увеличивается его долговечность, а также возникают особые свойства, недостижимые для обычного материала, существенно расширяется сортамент изделий. Технология изготовления клееных деревянных конструкций (КДК) позволяет проектировщикам создавать изделия с комплексом необходимых эксплуатационных свойств [3]. Гибкость технологии позволяет получать элементы с заданным распределением свойств материалов, соответствующим эксплуатационным условиям.

Градиентность свойств в объеме отдельно взятого стержня клееного деревянного элемента обеспечивается структурным строением самой древесины, общая неоднородность проектируется, например, за счет чередования слоев древесины или за счет введения арматуры в состав КДК.

Армирование деревянных конструкций возможно для решения ряда технологических задач:

- применение деревянных конструкций для сооружений с большими пролетами и нагрузками;
- изменение эксплуатационного режима и нагрузок на конструкции;
- устранение возникающих эксплуатационных дефектов;
- реконструкция сооружений с изменением конструктивных и расчетных схем элементов;
- использование при изготовлении сращенных элементов с применением более низких сортов древесины;
- дефекты, возникающие при изготовлении клееных конструкций.

Для армирования клееных деревянных конструкций применяется широкий спектр элементов из различных материалов, таких как: стальные стержни, листовые элементы, стеклопластиковая арматура, холсты из волокон стекло- и углепластика и другие. Легкие долговечные несущие клееные армированные большепролетные конструкции применяют в

самых различных областях строительства: зрелищно-спортивные, сельскохозяйственные и складские сооружения, конструкции пролетных строений мостов и эстакад, здания с химически опасными производствами. Такая разнообразная область применения диктует весьма высокие требования к их эксплуатационным свойствам. Наиболее перспективными материалами для армирования деревянных клееных конструкций стоит считать арматуру из стекло- и углеволокна [4].

Интегрирование в клеевой слой высокомодульного волокна позволяет значительно повысить надежность работы композита. В традиционных КДК по границе клеевого слоя, соединяющего слои древесины между собой и арматурой, возникают неравномерные объемные деформации, поскольку в процессе эксплуатации возможны воздействия перепадов температуры и влажности, агрессивных сред, повторной кратковременной и длительной нагрузок и др. Применение дисперсного высокомодульного армирующего волокна в клеевом слое позволяет компенсировать влияние пиковых величин сдвигающих напряжений [5].

Еще один вид слоистых деревянных элементов, в которых свойства материала слоев существенно различны, это трехслойные клеедеревянные панели. Функциональным назначением ограждающих внешних слоев является обеспечение конструкционной прочности, а среднего слоя – теплоизоляционных функций. Классификация многослойных панелей по четырем конструктивным типам [6] учитывает наличие в их составе внутреннего утепляющего слоя и ребер жесткости, обеспечивающих малую деформативность. Обратной стороной наличия ребер является снижение теплотехнических характеристик элемента.

Применение достаточно жестких теплоизоляционных материалов позволяет изготавливать теплоизоляционные панели без ребер жесткости – так называемые структурно-изоляционные панели (СИП). Материалы, из которого изготовлены плиты и утеплитель, склеиваются между собой с помощью клея под определенным давлением. Технология СИП постоянно дорабатывается и эволюционирует под те или иные условия строительства. При этом могут изменяться комбинации материалов основной плиты и утеплителя, однако сам принцип формирования плиты остается тем же – конструкционные слои по граням элемента и слой утеплителя между ними.

Развитие промышленности материалов, применяемых для утепления, расширяет спектр элементов, изготовленных по принципу СИП. Большой несущей способностью обладают панели с конструктивными слоями, изготовленными по принципу CLT-панели. Панели состоят из нескольких слоев деревянных ламелей, склеивание которых происходит перекрестно. Производство похоже на производство фанеры и клееного бруса одновременно. Толщина массива зависит от количества слоев и толщины используемых досок. Технология

CLT-панели позволяет ввести в состав элемента теплоизоляционный слой без потери несущей способности конструкции.

Без сомнения, одним из перспективных видов слоистых панелей, с конструктивными внешними слоями, можно считать изделия с интегрированной в их структуру слоем вакуумной порошковой теплоизоляции.

Последние годы активно ведутся разработки по созданию эффективных теплоизоляционных материалов нового поколения на основе минеральных порошков, вакуумированных в специальных пакетах [7]. Исследования зарубежных ученых и проектировщиков позволяют на промышленной основе производить и применять в строительной отрасли вакуумированные теплоизоляционные панели, форма и геометрия которых обеспечиваются минеральным порошком, играющим роль наполнителей. Отечественными материаловедами получены вакуумные теплоизоляционные панели с многокомпонентным наполнителем на основе дисперсных порошков из природных диатомитов, позволяющие: обеспечивать заданную форму при изготовлении и в процессе эксплуатации; воспринимать значительное внешнее давление; обеспечивать возможность управления созданием многоуровневой поровой структуры наноразмерного уровня.

Несмотря на существующие примеры возведения высотных деревянных домов с использованием технологий КДК и CLT-панелей (Mjøstårnet Tower, 18 этажей, Брюмундал, Норвегия), проблема недостаточной жесткости деревянных конструкций, имеющих в своем составе слой утеплителя, остается актуальной. Наибольшая сложность заключается в получении достаточно жесткого элемента с монолитным теплоизоляционным слоем. Панели с ребрами жесткости обладают более высокой несущей способностью по сравнению с безреберными элементами, но имеют и большую теплопроводность, а ребра жесткости служат дополнительными проводниками холода. Проектировщики для различных трехслойных элементов разрабатывают способы жесткого соединения материалов ограждающих слоев и «псевдомонолитного» теплоизолирующего слоя.

Создание новых строительных материалов и решение актуальных проблем, возникающих при изготовлении и эксплуатации конструкций на их основе, неуклонно расширяет область применения деревянных композитов с неоднородно-слоистой структурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржаницын А. Р. Строительная механика. – М.: Высш. шк., 1991. – 440 с.
2. Селяев В. П., Карташов В. А., Клементьев В. Д., Лазарев А. Л. Функционально-градиентные композиционные строительные материалы и конструкции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – 160 с.

3. Щуко В. Ю., Рощина С. И. Клееные армированные деревянные конструкции: учебное пособие. – Владимир: ВлГУ, 2008. – 82 с.
4. Лазарев А. Л. Создание градиентных покрытий с применением элементов внешнего армирования из углеволокна // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Всерос. науч.-техн. конф. / отв. ред. Т.А. Низина. – Саранск, 2016. – С. 68–71.
5. Лазарев А. Л., Полторацкий Д. М., Тянкин И. А. Практическая реализация методов проектирования внешнего армирования деревянных элементов на основе функционально-градиентных композиционных материалов [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел «Технические науки». – 2018. – №9. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/prakticheskaya-realizaciya-metodov-proektirovaniya-vneshnego-armirovaniya-derevyannykh-elementov-na-osnove-funktionalno-gradientnykh-kompozicionnykh-materialov> (дата обращения 25.01.2020).
6. Карлсен Г. Г., Слицкоухов Ю. В. Конструкции из дерева и пластмасс. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
7. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе вакуумированных дисперсных порошков микрокремнезема и диатомита: монография / В. П. Селяев, В. А. Неверов, А. К. Осипов, Л.И. Куприяшкина Л. И. и [др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 220 с.