

*В.А. Андронов, д.т.н., профессор, проректор, НУГЗУ,
Ю.М. Данченко, к.т.н., доцент, зав. кафедры, ХНУСА,
Н.В. Саенко, к.т.н., доцент, доцент каф., ХНУСА,
А.Г. Коссе, к.т.н., доцент, доцент каф., НУГЗУ,
Т.И. Плисюк, ген. директор, ООО «ДОМЕ»*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Экспериментальным путем показана эффективность применения двухкомпонентных полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров, наполнителей-антипиренов и отвердителей для огнезащиты клееной древесины Ultralam™. Показано, что использование этих материалов обеспечивает получение трудногорящей и трудновоспламеняемой древесины.

Ключевые слова: огнезащита, клееная древесина, полимерные эпоксидные композиции.

Постановка проблемы. Инновационные технологии в области деревообрабатывающей промышленности позволяют получать конструкционные композитные материалы на основе древесины, превосходящие цельную древесину по физико-механическим показателям. В современной практике широкое распространение получила клееная древесина, не ограниченная по размерам поперечного сечения и длине. Новый конструкционный материал – брус и плиты Ultralam™ (Ультралам) – это одна из разновидностей клееной древесины, получаемая путем склеивания листов лущеного шпона хвойных пород. Технология производства клееного бруса и плит Ultralam™ позволяет снизить отрицательное влияние естественных пороков древесины, что существенно повышает уровни его показателей прочности [1]. Брус и плиты Ultralam™ производят нескольких типов в зависимости от направления волокон и сорта слоев шпона, оговоренных в соответствующих технических условиях (табл. 1)[2].

Для изготовления шпона используют круглые лесоматериалы хвойных пород (сосна, ель, лиственница) I-III сортов по ГОСТ 946388. Для склеивания шпона используется фенолоформальдегидный клей Hexion PF179 или PF180, обеспечивающий выделение из готового материала вредных веществ (фенола, формальдегида), допускаемых для класса эмиссии E 1. Влажность материала находится в пределах 8-12%. Величина показателя шероховатости поверхности брусьев и плит Ultralam™ по ГОСТ 7016-82 должна быть не более 320 мкм [3].

Табл. 1. Типы материалов Ultralam™

Тип материала	Характеристика	Область применения
Ultralam R (Ультралам R)	Все слои шпона имеют параллельное направление волокон	Преимущественно в несущих конструкциях
Ultralam X (Ультралам X)	Отдельные слои шпона имеют взаимно перпендикулярное направление волокон	Несущие и ограждающие конструкции
Ultralam I (Ультралам I)	Слои шпона могут иметь как параллельное, так и взаимно перпендикулярное направление волокон	Ограждающие конструкции, в том числе заготовки для дверного и мебельного производства и др.

Конструкции, изготовленные из Ultralam™ позволяют значительно повысить технологические и эксплуатационные показатели зданий и сооружений благодаря высокой прочности, стабильности геометрических размеров и гарантированным техническим характеристикам. Использование Ultralam™ позволяет изготавливать конструкции для строительства сооружений с пролетами 3м и более. Конструкции из клееной древесины легче металлических в 16 раз, что значительно снижает затраты на фундаменты и аренду строительной техники.

Технология производства Ultralam™, разработанная в США в 30-х годах и известная под брендом LVL – один из наиболее рациональных способов переработки древесины, позволяющий экономить лесные ресурсы планеты, так как является безотходной. Благодаря своим преимуществам, высоким физико-техническим характеристикам и уникальному технологическому процессу производства применение Ultralam™ охватывает очень широкий диапазон строительных направлений: изготовление несущих конструкций для строительных конструкций различного назначения, элементов зданий и сооружений, малых архитектурных форм, декоративных и столярных изделий и др. [4].

В результате комплексных исследований бруса клееного из шпона типа Ultralam™ установлено, что строительные конструкции из этого материала обладают не только повышенной прочностью по сравнению с древесиной и фанерой (табл. 2) на 30-50%, но и обеспечивают повышенную биологическую и химическую стойкость конструкции [5].

Существенным недостатком этих материалов является их высокая пожароопасность. Согласно [2] Ultralam™ относится к следующим группам пожарной опасности: Г4 – сильногорючие материалы, В2 – умеренно воспламеняемые материалы, РП3 – умеренно распространяющие пламя материалы, Д3 – с высокой дымообразующей способностью, Т3 – высокоопасные по токсичности продуктов горения материалы.

Табл. 2. Сравнительная характеристика строительных материалов из древесины

Вид напряженного состояния	Древесина (цельная, клееная)	Фанера	Ultralam™
Изгиб вдоль волокон, МПа при нагружении кромки при нагружении пластин	10-15 -	16-33 -	19-27 22-35
Сжатие вдоль волокон, МПа	10-15	12-28	19-25
Сжатие поперек волокон, МПа	1,8	8-23	4-7
Скалывание вдоль волокон по клеевому шву, МПа	2,1	0,8-1,8	2,6
Скалывание поперек волокон по клеевому шву, МПа	0,6-1	0,0-1,8	1,1
Модуль упругости вдоль воло- кон, МПа	10 000	9 000-12 000	10 800-15 600

Для улучшения пожарно-технических свойств, а также для расширения области применения клееной древесины Ultralam™ необходима обработка огнезащитными средствами.

Анализ последних достижений. В течение многих лет проводятся исследования по разработке огнезащитных средств для древесины и на сегодняшний день существует огромное количество отечественных и зарубежных материалов на водной и органической основе, применение которых обеспечивает кроме того защиту от многих агрессивных факторов [6]. Подбор огнезащитных средств для клееной древесины осложняется тем, что в технологию ее изготовления входит склеивание древесных элементов полимерными клеями различной химической природы. Отмечается [7], что наличие полимерной клеевой прослойки приводит к изменению структуры древесины и ее свойств, что необходимо учитывать при подборе огнезащитного средства. Состав фенолоформальдегидного клея, используемый в Ultralam™, не устойчив к воде и водным растворам [7], что исключает применение огнезащиты на водной основе. Активно используемая для огнезащиты цельной древесины пропитка растворами антипиренов затруднена также благодаря наличию клеевой прослойки. Учет всех этих факторов значительно сужает ассортимент средств, которые могут использоваться для огнезащиты клееной древесины Ultralam™. Перспективным направлением является использование двухкомпонентных полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров, наполнителей-антипиренов и отвердителей.

Постановка задачи и ее решение. В задачу исследования входила оценка эффективности применения полимерных эпоксидных композиционных материалов для огнезащиты клееной древесины Ultralam™.

Для обработки образцов UltralamTM использовались двухкомпонентные материалы (покрытия) на основе эпоксидных олигомеров и отвердителей, содержащие в составе смесь наполнителей-антипиренов, которые в процессе воздействия высоких температур образуют закоксовавшийся пенистый угольный слой: антипирен-базальт (композиция АБЧ) и антипирен-графит (композиция Графит) [8, 9]. Образовавшийся слой создает теплоизоляционный экран и увеличивает время прогрева древесины до температуры разложения. В соответствии с [10] образцы цельной древесины с указанными покрытиями толщиной 0,5-1 мм относятся к I-II группам огнезащитной эффективности.

Образцы клееной древесины UltralamTM, обработанные двумя видами огнезащитных покрытий, подвергались испытаниям в экспериментальной установке для термогравиметрических исследований, позволяющей исследовать горючие и огнезащитные свойства веществ и материалов [11]. Для сравнительной оценки использовались незащищенные образцы клееной древесины UltralamTM. В ходе эксперимента проводились наблюдения за поведением образцов при воздействии открытого огня, измерялась динамика потери массы образца и температура отходящих газов. Вид образцов до испытаний и после представлен на рис. 1.



Рис. 1. Образцы из клееной древесины UltralamTM, обработанные огнезащитными составами: а – до испытания, б – после испытания

На рис. 2-3 представлена сравнительная оценка изменения температуры отходящих газов и потери массы образцов от времени испытаний незащищенных образцов UltralamTM и обработанных покрытиями АБЧ и Графит.

Как видно из представленных зависимостей, у всех образцов UltralamTM в течение 60-85с наблюдается резкое повышение температуры отходящих газов до 230°C. Температура отходящих газов при испытании незащищенного образца UltralamTM стремительно растет и достигает 440 °С уже через 230с. Затем температура падает, пламенное горение постепенно прекращается, и образец начинает тлеть.

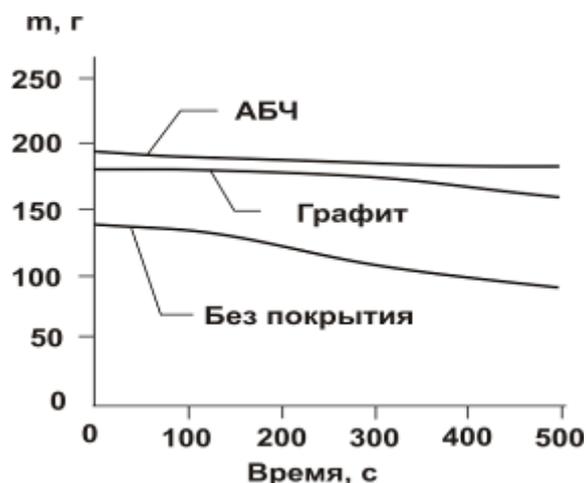


Рис. 2. Изменение температуры отходящих газов при испытании образцов Ultralam™

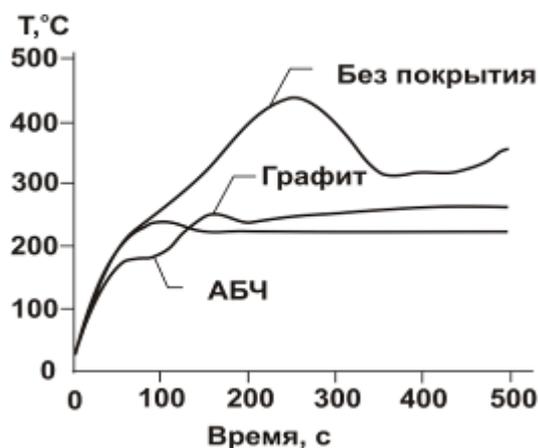


Рис. 3. Изменение массы образцов Ultralam™ во время проведения испытаний

У обработанных образцов максимальная температура отходящих газов не более 250°C и в ходе эксперимента (до 500с) не нарастает. Эта температура не превышает температуру начала процесса разложения макромолекул древесины (265°C), сопровождающийся выделением CO, CH₄ и других газов [6], что обеспечивает целостность покрытия в наблюдаемый период. Отмеченное различие в характере кривых изменения температуры объясняется следующим. При испытании образцов с огнезащитными покрытиями с самого начала воздействия огня в нижней части образцов начинается образование вспученного пенистого слоя (толщина его колеблется от 20 до 50 мм), который препятствует распространению пламени по поверхности, вследствие чего температура до конца испытаний держится постоянной.

Видимые преимущества нанесения огнезащитных покрытий на основе эпоксидных олигомеров представлены на рис. 3. Потеря массы для незащищенного образца Ultralam™ составляет 36%, что, согласно [12], соответствует III группе огнезащиты. Образец Ultralam™, обработанный огнезащитным покрытием на основе антипирен-базальт (АБЧ) в ходе испытания потерял 6% своей массы, что соответствует I группе – средства, обеспечивающего получение трудногораемой древесины. Образец Ultralam™, обработанный покрытием на основе антипирен-графит (Графит) относится к II группе – средства, обеспечивающего получение трудновоспламеняемой древесины (потеря массы составляет 10%).

Выводы. Анализ полученных результатов эксперимента показал, что использование двухкомпонентных полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров, антипиренов и отвердителей для огнезащиты клееной древесины Ultralam™ обеспечивает по-

лучение трудногораемой с покрытием АБЧ (I группа) и трудновоспламеняемой с покрытием Графит (II группа) древесины. Дальнейшие исследования должны быть посвящены оценке влияния огнезащитных полимерных материалов на эксплуатационные характеристики клееной древесины UltralamTM, а также разработке технологических параметров нанесения их на поверхность.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу определения несущей способности нагельных соединений в конструкциях из бруса, клееного из однонаправленного шпона (LVL) / А.Г. Черных, К.В. Григорьев, П.С. Коваль, Е.В. Данилов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. - №4. – С. 109-118.
2. Деревянные конструкции. Многослойный клееный из шпона материал Ultralam (Ультралам). Общие технические требования: СТО 36554601-021-2010. – [Действует от 2010-02-17]. – М.: ОАО «НИЦ «Строительство», 2010. – 13 с. – (Стандарт организации).
3. Яшин М. Ultralam – супердерево из Торжка / М. Яшин // Лес-пром. – 2009. - №3(61). – С. 52-59.
4. Варфоломеев А.Ю. Анализ опыта малоэтажного деревянного домостроения / А.Ю. Варфоломеев // Вестник ТГАСУ. – 2010. - №2. – С. 72-80.
5. Ковальчук Л.М. Нормирование требований к клееному многослойному из однонаправленного шпона материалу и конструкциям на его основе / Л.М. Ковальчук, Д.С. Солоницин // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2013. - №11. – С. 7-13.
6. Орлова А.М. Огнезащита древесины / А.М. Орлова, Е.А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. - №2. – С.8-17.
7. Ярцев В.П. Влияние температуры и УФ-облучения на несущую и деформационную способность клееной древесины / В.П. Ярцев, Д.В. Антипов, О.А. Киселева // Науч. вестн. Воронежского госуд. арх.-строит. ун-та. – 2009. – Вып. № 4. – С.7-13.
8. Пат. 94870 Україна, МПК С 08 L 63/02, С 08 D 163/02, С 09 К 21/00, С 01 В 31/04. Спучувала вогнезахисна епоксидна композиція / Яковлева Р.А., Спіріна О.Ю., Барсуков В.З. та ін.; заявник та патентовласник Харк. держ. техн. ун-т буд.-ва та арх.. - № а201008312; заявл. 05.07.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11.
9. Пат. 85113 Україна, МПК С 08 L 63/02, С 08 G 59/00, С 09 D 5/18. Епоксидна композиція / Яковлева Р.А., Наєнко Н.В., Попов Ю.В. та ін.; заявник та патентовласник Харк. держ. техн. ун-т буд.-ва та арх. - № а200702890; заявл. 19.03.2007; опубл. 25.12.2008, Бюл. №24.
10. Яковлева Р.А. Оценка пожарной опасности и токсичности эпоксиполимеров пониженной горючести / Р.А. Яковлева, В.В. Нехаев,

Н.А. Харченко, Ю.В. Попов, Н.В. Дмитриева // Полимерные материалы пониженной горючести: V Междунар. науч.-техн. конф., 1-2 окт., 2003г.: тез. докл. – Волгоград, 2003. – С.77-78.

11. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей / А.А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности. – 2006. – Вып. 20. – С. 81-85.

12. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств: ГОСТ 16363-98. – [Действует от 1999-07-01]. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 6с. – (Межгосударственный стандарт).

В.А. Андронов, Ю.М. Данченко, Н.В. Саенко, А.Г.Коссе, Т.І. Плісюк

Оцінка ефективності використання епоксидних полімерних композицій для вогнезахисту клеєної деревини

Експериментальним шляхом показана ефективність використання двохкомпонентних полімерних композиційних матеріалів на основі епоксидних олігомерів, наповнювачів-антипіренів та твердників для вогнезахисту клеєної деревини UltralamTM. Показано, що обробка цими матеріалами забезпечує одержання важкогорючої та важкозаймистої деревини.

Ключові слова: вогнезахист, клеєна деревина, епоксидні полімерні композиції.

V.A. Andronov, Yu.M. Danchenko, N.V.Sayenko, A.G. Kosse, T.I. Plisiuk

Evaluation of the epoxy polymer compositions effectiveness for laminated timber fire protection

It is operationally proved the effectiveness of two-component polymer composite materials based on epoxy oligomers, fillers-fire retardants and hardeners for fire protection of laminated timber UltralamTM. It has been shown that the use of these materials provides obtaining nonflammable and flame-resistant timber.

Keywords: fire protection, laminated timber, polymer epoxy composition.