



Рис. 2. Предел прочности при скалывании по клеевому слою после кипячения в воде в течение 1 ч, МПа

### Вывод

Показатель массовая доля щелочи не оказывает влияния на физико-механические показатели фанеры при применении клеевого рецепта средней наполненности. Увеличение щелочности снижает повышение вязкости при вызревании клея. Можно предположить, что с увеличением наполненности клея результаты будут изменяться.

### Библиографический список

1. ЛесПромИнформ. История фанеры. – 2018. – № 3 (133). – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4985>
2. ЛесПромИнформ. Производство шпона и фанеры. – Ч. 5. – 2014. – № 7 (105) – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3871>

УДК 674.419.32+665.939.57+66.095.92

А. Ю. Тесленко<sup>1</sup>, О. Ф. Шишлов<sup>1</sup>, В. В. Глухих<sup>2</sup>  
(А.У. Teslenko<sup>1</sup>, О. F. Shishlov<sup>1</sup>, V. V. Glukhikh<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>ПАО «Уралхимпласт», г. Нижний Тагил; <sup>2</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург)

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С КАРДАНСОДЕРЖАЩИМ ОСНОВАНИЕМ МАННИХА В ПРОИЗВОДСТВЕ КЛЕЕНОГО БРУСА ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН ДРЕВЕСИНЫ (PSL)

### THE USE OF AN EPOXY BINDER, WITH A CARDAN CONTAINING A MANNICH BASE, IN THE PRODUCTION OF COMPOSITE PARALLEL-STRANDS LUMBER (PSL)

*В работе исследована возможность получения клееного бруса из параллельных волокон древесины (PSL) на базе эпоксидного связующего с карданолсодержащим основанием Манниха. Полученные образцы PSL изучены на показатель предел прочности при сжатии.*

*The paper investigates the possibility of obtaining composite parallel-strands lumber (PSL) based on an epoxy binder with a cardanol-containing Mannich base. The obtained PSL samples were studied for the index Compressive strength.*

## **Введение**

В настоящее время наблюдается большой интерес к древесным композиционным материалам (ДКМ). В основном это обусловлено возрастающими потребностями деревянного домостроения, судо- и авиастроения.

ДКМ, отвечающими современным требованиям, являются материалы, относящиеся к семейству спроектированной (инженерной) древесины, которая включает следующие виды ДКМ:

- древесноволокнистая плита высокой и средней плотности (HDF, MDF);
- ориентированная древесностружечная плита (OSB);
- клееный брус (LVL);
- поперечно-слоистый брус (CLT);
- клееный брус из параллельных волокон древесины (PSL);
- древесно-пластиковый композит (WPCs).

Основанием выбора PSL в качестве объекта для исследования является тот факт, что в России на текущий момент данный вид ДКМ не производится и практически не изучен.

PSL – это вид спроектированной (инженерной) древесины, состоящий из параллельных древесных волокон, имеющих параллельную ориентацию вдоль длины композиционного материала, скрепленного связующим.

## **Технология производства Parallam® PSL**

Единственной в мире компанией, производящей коммерческий PSL, является Weyerhaeuser Company. Parallam® PSL – это фирменное наименование продукта, изобретенного, разработанного, коммерциализированного и запатентованного компанией MacMillan Bloedel (в настоящее время Weyerhaeuser).

Процесс получения PSL Parallam® компании Weyerhaeuser Company включает следующие стадии:

- пропарка и лущение древесины хвойных пород;
- сушка лущеного шпона и нанесение связующего;
- нарезка шпона на ламели;
- формирование из ламелей бесконечно длинной заготовки;
- горячее прессование на непрерывном прессе.

Для производства PSL в качестве пиломатериала используется рубленый шпон древесины хвойных пород, соотношение длины к ширине которого должно составлять 300:1.

В качестве связующих для производства PSL применяются меламинформальдегидные, фенолформальдегидные, резорцинформальдегидные, поливинилацетатные и метилendiизоцианатные (МДИ) смолы. Количество связующего, содержащееся в PSL, находится на уровне 6 % от массы готового изделия [1].

Недостатками данных типов связующих являются:

- высокая токсичность компонентов (фенол, формальдегид, МДИ и др.), входящих в состав связующих;
- низкая свето-, влаго- и химстойкость связующих;
- эмиссия формальдегида, фенола и других веществ в процессе производства и эксплуатации материала.

### **Получение композиционного пиломатериала с параллельными прядями на эпоксидном связующем**

В предыдущих работах [2, 3] нами была показана возможность получения композиционных материалов: фанеры и древесно-слоистых пластиков (ДСП) с использованием эпоксидного связующего с карданолсодержащим основанием Манниха. Результаты, полученные в данных работах, позволили нам сделать вывод о применимости эпоксидного связующего с карданолсодержащим основанием Манниха – феналкаминол – для получения PSL.

Основанием выбора феналкамина в качестве отвердителя эпоксидной смолы является ряд преимуществ, которыми обладают феналкамины, перед традиционно используемыми отвердителями (полиэтиленполиамины, аминифенолами и др.).

Благодаря наличию алкильного заместителя  $C_{15}$  и гидроксильной группы в бензольном кольце молекулы карданола, феналкамины и эпоксидные системы на их основе обладают такими свойствами, как низкая вязкость (возможность использования систем, не содержащих растворителей), низкая токсичность (3–4 класс опасности), высокая толерантность к различным поверхностям, высокая химическая стойкость, а также способность отверждать ЭС при температурах ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Феналкамины получают по реакции Манниха из карданола, формальдегида и амина. Карданол – компонент, выделяемый из жидкости скорлупы ореха кешью (ЖСОК, CNSL), является возобновляемым сырьем – алкилфенолом растительного происхождения. Карданол выделяют из ЖСОК с помощью дистилляции при остаточном давлении порядка 4–8 мбар и температуре  $200\text{--}210\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4].

Образцы PSL размером  $200\times 50\times 30$  мм были получены нами следующим образом. Листы березового шпона (Д $\times$ Ш $\times$ В:  $200\times 200\times 1,5$  мм) пропитывались связующим, для приготовления которого была использована эпоксидная смола – YD-128 (производства KUKDO CHEMICAL CO., LTD.) и феналкаминовый отвердитель «Кардамин Д-1» (производства ПАО «Уралхимпласт») в соотношении 100:40 мас. ч.

Шпон, пропитанный связующим, нарезался на ламели размером  $200\times 10\times 1,5$  мм, из которых формировали «пакет». Расположение ламелей в пакете – продольное. Затем полученный «пакет» подвергали пьезотермической обработке в течение 1 ч. По окончании пьезотермической обработки образец извлекался из пресса, кондиционировался в течение 2 ч при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и подвергался механической обработке (рисунок).



Образец PSL на эпоксидном связующем с карданолсодержащим основанием Манниха

Полученные образцы PSL были испытаны по показателям предел прочности при сжатии вдоль и поперек волокон образца. Полученные результаты мы сравнили с типичными значениями для PSL Parallam и требованиями ГОСТ 33124-2014 для LVL бруса, тип I (таблица).

Сравнение пределов прочности при сжатии материалов

Материал	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	Предел прочности при сжатии поперек волокон, МПа
Образец PSL	77,0	26,0
PSL Parallam [5]	21,0	5,5
LVL тип I, не менее	36,0	6,0

На основании полученных экспериментальных данных нами был сделан вывод о применимости эпоксидного связующего с карданолсодержащим основанием Манниха для получения PSL.

Также стоит отметить, что полученные образцы обладают большими значениями показателя предел прочности при сжатии, что позволяет рассматривать возможность использования данного материала в более жестких условиях эксплуатации.

### Библиографический список

1. Weyerhaeuser Company. Questions and Answers About Adhesives and Formaldehyde Emissions. – URL: [https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/document-library/document\\_library\\_detail/1505/?view=yes](https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/document-library/document_library_detail/1505/?view=yes)
2. Тесленко А. Ю., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Получение древесно-слоистого пластика с использованием карданолсодержащего основания Манниха // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург, 2021. – С. 568–571.
3. Перспективные связующие для фанеры на основе эпоксидных систем с карданолсодержащими основаниями Манниха / А. Ю. Тесленко, О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих, О. С. Ельцов // Системы. Методы. Технологии. – 2020. – № 1 (45). – С. 85–90. – DOI 10.18324/2077-5415-2020-1-85-90.
4. Setiarso B. Indonesian traditional knowledge management a case study: cashew nut shell liquid (CNSL) // Intern. Conf. on Digital Libraries, 24–27 February 2004, New Delhi, India.
5. Weyerhaeuser Company. BEAMS, HEADERS, AND COLUMNS Featuring Trus Joist® TimberStrand® LSL, Microllam® LVL, and Parallam® PSL. – URL: [https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/document-library/document\\_library\\_detail/tj-9000/?view=yes](https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/document-library/document_library_detail/tj-9000/?view=yes)