

Среди основных преимуществ данного варианта применения древесных отходов следует отметить невысокие требования к качеству сырья. Собственно, практически любой отход лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий можно использовать в качестве заполнителя в композиции древесина – цемент. В зависимости от условий технологического процесса продуктом будет материал конструкционного или изоляционного назначения, но в любом случае имеющий свое место и применение в ряде строительных материалов.

Рассматривая географические особенности дислокации предприятий ЛПК и статистические данные по отходам производств, можно сказать, что для организации предприятий по глубокой переработке древесины, в том числе строительных древесно-цементных композиционных материалов, имеется значительная сырьевая база.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции / И. Х. Наназашвили. – Ленинград: Стройиздат, 1990. – 415 с.
2. Статистическая информация // Департамент лесного комплекса Вологодской области. URL: <http://www.forestvologda.ru/page/statich/xarakter> (дата обращения 11.11.2014).

### СТАРЕНИЕ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ФАНЕРЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКОВ ЕЕ СЛУЖБЫ

*И.И. Веретиков*

*Беларусь, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*

**Введение.** Фанера является прогрессивным и перспективным композиционным материалом, нашедшим широкое применение в различных областях промышленности. Ее используют как для внутренних, так и для наружных работ при строительстве в автомобиле- и вагоностроении, данный материал служит также для производства тары. Как композиционный материал, фанера обладает высокой механической прочностью, стабильностью форм, повышенной износостойкостью, водостойкостью, является экологически безопасным и эстетичным материалом.

Однако в процессе эксплуатации, при атмосферном и температурно-влажностном воздействии в фанере могут происходить разрушения клеевых соединений. Это, в свою очередь, сопровождается снижением прочностных показателей, уменьшением периода эксплуатации фанеры в целом.

Предметом проведенного исследования является влияние различных температурно-влажностных условий на физико-механические свойства и долговечность фанеры. Практическое значение данной темы заключается в возможности прогнозирования долговечности клеевых материалов на основе полученных экспериментальных данных.

**Основная часть.** В процессе эксплуатации клеевые соединения подвержены воздействию как факторов климата (температура, влажность, суточные и сезонные перепады температуры), так и тепловых (рабочие температуры) и механических нагрузок. Стойкость клеевых соединений к действию механических нагрузок оценивается по результатам испытаний на длительную прочность при разных уровнях нагрузки или усталостную прочность. Влияние эксплуатационных температур оценивается по результатам термостарения образцов клеевых соединений путем непосредственной выдержки их при рабочих температурах в течение времени, рекомендованного на основании сроков эксплуатации [1].

Циклический перепад температур в основном сказывается на показателях прочности материалов, сорбирующих влагу. Следует отметить, что испытания при циклическом перепаде температур являются для клеевых соединений очень жесткими, поскольку при склеивании разнородных материалов термические напряжения значительно возрастают, что может приводить даже к разрушению клеевого шва. Характер воздействия температурных циклов аналогичен характеру напряжений, возникающих при усталостных динамических испытаниях. По мере увеличения числа циклов утомляемость клея растет и прочность клеевого соединения снижается.

Из приведенных выше примеров ясно, что наиболее опасными факторами климата являются влажность (содержание влаги) клеевого шва и температурные циклы, особенно при переходе в область отрицательных температур, где релаксационные процессы в клеях заторможены, что приводит к возникновению больших внутренних напряжений.

Для объективной оценки прочности клеевых соединений необходимо использовать оптимальный вид механических испытаний с соответствующими типами образцов, а также методы воздействий, наиболее близкие к эксплуатационным [2].

**Проведение экспериментов и полученные результаты.** Для проведения исследований использовали 2 типа фанеры: фанера марки ФК толщиной 4 мм сорт IV/IV (3-слойная) и фанера марки ФСФ толщиной 4 мм сорт III/IV (3-слойная).

Древесная порода – береза.

Отбор образцов, их изготовление и подготовку к испытаниям проводили по ГОСТ 9624-2009 [3]. Форма и размеры образцов для испытаний на скалывание по клеевому слою представлены на рисунке 1. Образцы вырезали вдоль волокон наружного слоя.

Предел прочности при скалывании по клеевому слою  $\tau_{ск}$  и по древесине  $\tau_{др}$  вычисляли в МПа по следующим формулам:

$$\tau_{ск} = \frac{P_{max}}{b \times l_1}; \tag{1}$$

$$\tau_{др} = \frac{P_{max}}{b \times l_2}, \tag{2}$$

где  $P_{max}$  - максимальная нагрузка, Н;  $b$  - ширина плоскости скалывания, мм;  $l_1$  и  $l_2$  - длина плоскости скалывания, мм.

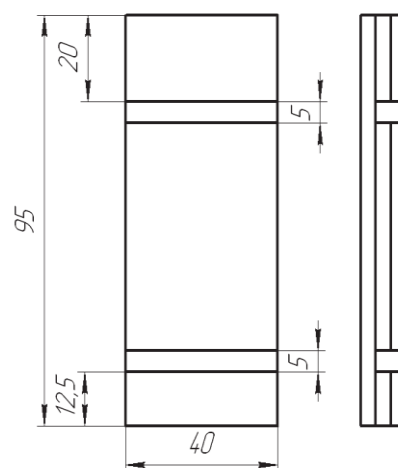


Рис. 1. Образец для проведения испытаний

Таблица

**Результаты испытаний образцов фанеры**

Вид проводимых испытаний	Максимальная нагрузка $P_{max}$ , Н		Предел прочности при скалывании $\tau_{ск}$ , МПа		Среднее значение предела прочности при скалывании, $\tau_{ск}$ МПа	
	фанера марки ФК	фанера марки ФСФ	фанера марки ФК	фанера марки ФСФ	фанера марки ФК	фанера марки ФСФ
1	2	3	4	5	6	7
Контрольные испытания образцов	700	3000	0,87	3,75	1,58	2,28
	1500	1100	1,87	2,20		
	1500	1000	1,87	1,25		
	800	1400	1,60	1,75		
	800	1200	1,60	1,50		
	1800	1800	2,25	2,25		
	1000	1400	1,25	1,75		
	1000	1500	1,25	3,0		
	1200	1700	1,50	2,13		
	1400	2600	1,75	3,25		
Температура испытания 40 °С	800	1200	1,60	1,50	1,29	1,33
	500	1200	0,63	1,50		
	1200	1200	1,50	1,50		
	1300	1000	1,63	1,25		
	600	1000	0,75	1,25		

Окончание таблицы

	1000	800	1,25	1,02		
	1600	800	2,01	1,01		
	600	1200	0,75	1,50		
	1200	1100	1,50	1,37		
	1000	1100	1,25	1,37		
Температура испытания 60 °С	1100	1200	1,37	2,40	1,32	1,58
	900	1000	1,13	1,25		
	1000	900	2,01	1,80		
	1000	900	1,25	1,80		
	800	1100	1,02	2,20		
	1000	1000	1,25	1,25		
	1000	1000	1,25	1,25		
	1000	1100	1,25	1,37		
	1100	900	1,37	1,13		
Температура испытания 80 °С	700	1600	0,87	2,01	1,13	1,29
	700	950	0,87	1,19		
	600	1000	0,75	1,25		
	650	800	0,81	1,60		
	600	800	0,75	1,01		
	600	800	1,20	1,01		
	950	900	1,90	1,12		
	1400	900	1,75	1,12		
	1000	900	1,25	1,25		
	1000	900	1,25	1,25		

Термическую обработку образцов осуществляли следующим способом. Нагревание проводили путем выдерживания образцов в климатической камере ТХВ-225 при температуре 40, 60 и 80 °С на протяжении 6 ч. При этом поддерживаемая влажность составляла 20%. После указанного температурно-влажностного воздействия перед испытанием на разрывной машине образцы выдерживали в течение (10±1) мин при комнатной температуре. На каждый этап температурно-влажностного воздействия образцы закладывали партиями в количестве 10 шт. За результат испытаний каждой серии принимали среднее арифметическое показателей предела прочности при скалывании всех образцов, прошедших испытание. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице.

Полученные данные можно представить графически в виде зависимости средних значений предела прочности образцов при скалывании от температуры нагрева в климатической камере (рис. 2).

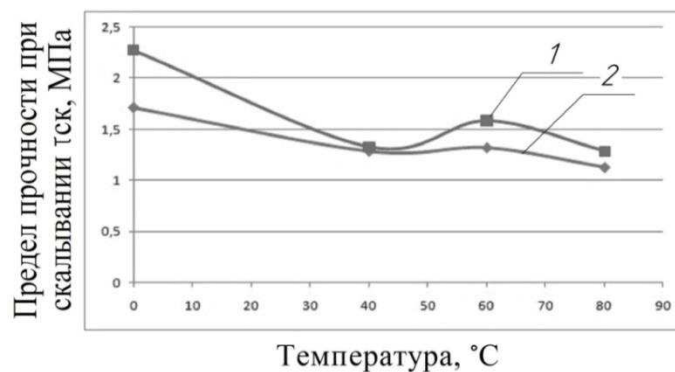


Рис. 2. Зависимость предела прочности при скалывании от температуры нагрева в климатической камере: 1-фанера марки ФСФ; 2-фанера марки ФК

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы. Выдержка образцов в климатической камере приводит к снижению предела прочности при скалывании: фанеры марки ФК на 16,5-28,5%; марки ФСФ – на 30,7-43,4 %. При этом чем выше температура обработки, тем в большей степени снижается прочность клеевого соединения. Отметим также, что предел прочности при скалывании фанеры ФСФ выше аналогичного показателя фанеры ФК в 1,03-1,20 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хрулев, В.М. Долговечность клееной древесины / В.М. Хрулев. - Изд. 2-е, перераб. - Москва: Лесная пром-сть, 1971. – 160 с.
2. Ефимов, В.А. Ускоренные испытания клеевых соединений / В.А. Ефимов, А.П. Петрова, Л.И. Аниховская // «Клеи. Герметики. Технологии». – 2005. – № 7.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЁННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В БУНКЕРАХ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ

*В.В. Лозовецкий, А.А. Шадрин, М.В. Кохреидзе, С.А. Катков*  
Россия, Московский государственный университет леса

При проектировании магистралей для перемещения древесно-стружечных материалов, отходов лесозаготовительных и лесопильно-деревоперерабатывающих производств (рубленой массы или щепы, древесных опилок), а также аналогичных им дискретных сред (зерновых, цементов, угля, биомассы и пр.), в элементах пневмосистем: трубопроводах, бункерах, загрузочных воронках необходимо обеспечить по возможности более равномерное их движение по объёму с тем, чтобы предотвратить образование застойных зон в местах перехода от цилиндрической части бункера к конической и сводообразование, приводящее к пробкам, переполнению бункера и нарушению технологического процесса.

Экспериментальные исследования [2, 3], проведенные в бункерах осесимметричной формы с коническим днищем, свидетельствуют о том, что движение в них засыпки, состоящей из элементов сферической формы, при соотношении диаметров бункера и элементов сферической формы  $D/d \geq 40$ , аналогично движению сплошной среды в ламинарном режиме.

При движении отсутствует вращение частиц засыпки и вихри, что позволяет сделать предположение о потенциальности её течения, т.е. вихревая функция имеет следующий вид:

$$\omega = \frac{\partial W_r}{\partial z} - \frac{\partial W_z}{\partial r} = 0, \quad (1)$$

где  $\omega$  – вихревая функция.

Полагая на первом этапе исследований, что измельчённая древесина и продукты на её основе могут быть представлены в виде засыпки, состоящей из элементов сферической формы и являющейся несжимаемой средой, движущейся в бункере осесимметричной геометрии, можно принять, что проекции скорости в осевом  $W_z$  и радиальном  $W_r$  направлениях связаны с функцией тока следующими соотношениями:

$$W_z = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r}, \quad W_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z}. \quad (2)$$

Подставим выражения (2) в зависимость (1) для вихревой функции:

$$\omega = \frac{1}{r} \left( -\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) - \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = 0. \quad (4)$$

или

Интегрирование уравнения (4) позволяет определить линии тока в засыпке измельчённой древесины, которые для установившегося течения будут соответствовать траекториям элементов этой среды. Полагая, что в пределах трубки тока расход остаётся постоянным, можно записать: