

УДК 691+677

**ВЛИЯНИЕ ВИДА СВЯЗУЮЩЕГО  
НА ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ОТХОДОВ**

**INFLUENCE OF THE BINDER  
ON DURABILITY OF COMPOSITE SLABBY MATERIALS  
FROM LIGNOTSELLYULOZNY WASTE**

*И.В. СУСОЕВА, Т.Н. ВАХНИНА, А.А. ТИГУНИН  
I.V. SUSOEVA, T.N. VAKHNINA, A.A. TITUNIN*

**(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: info@kstu.ed.ru**

*В статье выполнено исследование влияния видов связующих на предел прочности при изгибе плитных материалов, изготовленных на совмещенном наполнителе «льняная пыль + древесные опилки».*

*In the article the research of influence of types binding on strength is executed in case of a bend of the slabby materials made on the combined filler "linen dust + wood sawdust".*

**Ключевые слова:** отходы текстильных предприятий, опилки, композиционные материалы, связующее, статический изгиб, прочность.

**Keywords:** waste of the textile entities, sawdust, composite materials, binding, static bend, durability.

На предприятиях по переработке льняного волокна доля пылевых невозвратных отходов составляет до 1% сырья [1...4]. Процессы переработки древесины имеют значительный сырьевой ресурс, поэтому в работе выполнено исследование на совмещенном наполнителе "льняная пыль + древесные опилки". Изготавливался компози-

ционный плитный материал низкой плотности (теплоизоляционного назначения), аналог его – древесно-волокнистые плиты мокрого способа производства [5...7]. Пресс-композиция имеет следующий состав наполнителя: льняная пыль 50%, древесные опилки хвойных пород 50%.

При использовании лигноцеллюлозных отходов в качестве сырьевого ресурса для производства композиционных строительных материалов необходимо оценить, какие виды связующих значимо влияют на предел прочности при изгибе плитных материалов. В качестве вариантов связующего для композиционного материала были выбраны: поликонденсационные терморезактивные смолы – карбамидоформальдегидная смола (КФС) с отвердителем  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и фенолоформальдегидная смола марки СФЖ-3014; жидкое стекло –  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ , (модуль  $n = 1,6 \dots 3,75$ ), алюмохромфосфатное связующее  $\text{CrAl}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_n$ , ( $n = 8,8 \dots 9,6$ ). Образцы композиционного

плитного материала данного состава были изготовлены и испытаны на статический изгиб.

Проверку наличия влияния вида связующего на выходную величину – предел прочности при изгибе – выполняли с использованием однофакторного дисперсионного анализа [8]. Фактор А – вид связующего, варьировался на следующих уровнях:  $a_1$  – КФС +  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $a_2$  – СФЖ;  $a_3$  – жидкое стекло;  $a_4$  – алюмохромфосфатное связующее. План и результаты экспериментального исследования влияния фактора на предел прочности плит при статическом изгибе приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни фактора А		Значение предела прочности при изгибе $\sigma_n$ , МПа $Y_{ij}$	Среднее арифметическое уровня $\bar{Y}_i$	Дисперсия уровня $S_i^2$
Натуральное обозначение уровня – вид связующего	Кодированное обозначение			
КФС + $\text{NH}_4\text{Cl}$	$a_1$	0,015; 0,066; 0,009; 0,048; 0,054	0,0384	0,0006
СФЖ	$a_2$	0,096; 0,051; 0,103; 0,064; 0,096	0,082	0,0005
Жидкое стекло	$a_3$	0,139; 0,133; 0,117; 0,152; 0,108	0,13	0,0003
Алюмохромфосфатное связующее	$a_4$	0,247; 0,205; 0,210; 0,348; 0,245	0,251	0,003

Однородность дисперсий в разных точках экспериментального плана (на разных уровнях фактора А) проверяли по критерию Кохрена. Табличное значение критерия Кохрена определяли по уровню значимости  $q = 0,05$ , количеству выборок  $m = 4$  и числу степеней свободы каждой выборки  $f = n - 1 = 5 - 1 = 4$ :  $G_T(q=0,05; m=4; f=5-1=4) = 0,63$ .

Расчетное значение критерия Кохрена  $G_p = 0,597$ , поскольку выполняется условие  $G_p \leq G_T$ , дисперсии экспериментальных

данных на всех уровнях однородны, разброс результатов эксперимента является случайным и не влияет на достоверность статистических результатов. Результаты определения дисперсии  $S_A^2$ , характеризующей рассеяние между средними арифметическими на  $m = 4$  уровнях и общим средним по всему эксперименту, и остаточной дисперсии  $S_n^2$ , приведены в табл. 2. Однородность дисперсий проверяли по критерию Фишера.

Таблица 2

Дисперсии		Значения критерия Фишера		Значимость влияния фактора
Фактора А $S_A^2$	Остаточная $S_n^2$	Табличное $F_T$	Расчетное $F_p$	
0,055	0,0011	3,24	50	Значим

Остаточная дисперсия характеризует среднее рассеяние в эксперименте между элементами выборки и средним арифметическим по всему эксперименту. Поскольку выполняется соотношение  $F_p > F_T$ , дисперсия фактора А  $S_A^2$  и остаточная дисперсия

$S_n^2$  неоднородны, фактор А (вид связующего) значимо влияет на выходную величину – предел прочности композиционных плит при статическом изгибе. Поскольку эти дисперсии неоднородны, то разброс между средними арифметическими по

уровням  $\bar{Y}_i$  и общим средним по эксперименту  $\bar{Y}$  не сопоставим с разбросом внутри каждого уровня  $S_i^2$  и не может объясняться случайными ошибками опыта.

## ВЫВОДЫ

Использование алюмохромфосфатного связующего (АХФС) позволяет создать более гибкую клеевую систему, в результате чего увеличение внешней нагрузки приводит к перераспределению плотности связей между соседними цепями. Конкуренция между процессами разрушения и релаксации связующего позволяет получить для образцов композита на АХФС предельную прочность при статическом изгибе, значительно превышающую данный показатель для прочих связующих, использованных в данном эксперименте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ишматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.А. Применение серицина для шлихтования основ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2012, № 6. С. 98...102.
2. Ишматов А.Б., Рудовский П.Н. Получение пряжи из отходов шелкомотальных фабрик // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, № 1 (28). С. 18...20.
3. Титунин А.А., Вахнина Т.Н. Исследование эксплуатационных показателей древесных композиционных материалов с использованием вторичного древесного сырья // Вестник МГСУ. – 2011, №7. С.641...645.
4. Сусоева И.В. Новый способ измерения интенсивности пылесаждения на текстильном предприятии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 134...137.
5. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Ибрагимов А.М. Исследование физико-механических свойств строительных композиционных материалов на основе пылевидных лигноцеллюлозных отходов текстильных предприятий // Вестник Костромского гос. ун-та. – 2016, №1(36). С. 73.
6. Вахнина Т.Н., Сусоева И.В., Румянцев С.Н., Цыбакин С.В. Исследование физико-механических свойств строительных композиционных материалов на основе пылевидных лигноцеллюлозных отходов текстильных предприятий // Вестник Костромского гос. ун-та. Серия "Экономические науки" – 2016, №1(6). С. 28.

7. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Ибрагимов А.М. Исследование интенсивности образования пылевидных отходов текстильных предприятий, используемых для производства строительных лигноцеллюлозных композиционных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 219...222.

8. Вахнина Т.Н. Методы и средства научных исследований. – В 2-х ч. Ч. 2.: Расчетно-графические и исследовательские работы. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2015.

## REFERENCES

1. Ishmatov A.B., Rudovskij P.N., Jaminova Z.A. Primenenie sericina dlja shlihtovaniya osnov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – 2012, № 6. S. 98...102.
2. Ishmatov A.B., Rudovskij P.N. Poluchenie prjazhi iz othodov shelkomotal'nyh fabrik // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, № 1 (28). S. 18...20.
3. Titunin A.A., Vahnina T.N. Issledovanie jekspluatacionnyh pokazatelej drevesnyh kompozicionnyh materialov s ispol'zovaniem vtorichnogo drevesnogo syr'ja // Vestnik MGSU. – 2011, №7. S.641...645.
4. Susoeva I.V. Novyj sposob izmerenija intensivnosti pylleosazhdenija na tekstil'nom predpriyatii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 134...137.
5. Susoeva I.V., Vahnina T.N., Ibragimov A.M. Issledovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv stroitel'nyh kompozicionnyh materialov na osnove pylavidnyh lignocelljuloznyh othodov tekstil'nyh predpriyatij // Vestnik Kostromskogo gos. un-ta. – 2016, №1(36). S.73.
6. Vahnina T.N., Susoeva I.V., Rumjancev S.N., Cybakin S.V. Issledovanie fiziko-mehaničeskikh svojstv stroitel'nyh kompozicionnyh materialov na osnove pylavidnyh lignocelljuloznyh othodov tekstil'nyh predpriyatij // Vestnik Kostromskogo gos. un-ta. Serija "Jekonomičeskie nauki" – 2016, №1(6). S.28.
7. Susoeva I.V., Vahnina T.N., Ibragimov A.M. Issledovanie intensivnosti obrazovaniya pylavidnyh othodov tekstil'nyh predpriyatij, ispol'zuemyh dlja proizvodstva stroitel'nyh lignocelljuloznyh kompozicionnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 219...222.
8. Vahnina T.N. Metody i sredstva nauchnyh issledovanij. – V 2-h ch. Ch. 2.: Raschetno-grafičeskie i issledovatel'skie raboty. – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta, 2015.

Рекомендована кафедрой техносферной безопасности. Поступила 07.02.17.