

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОГНЕСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ КОМПОЗИТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Н. Яблоков

(Костромской государственный технологический университет)

Рассмотрен вопрос о возможном участии добавки серы в создании прочной структуры древесно-стружечного композита. Исследовано влияние доли добавки серы и технологических факторов – удельной продолжительности прессования и температуры прессования – на прочность при статическом изгибе, потерю массы при горении, разбухание плит по толщине за 2 часа и за 24 часа.

Древесно-стружечные плиты (ДСтП) являются одним из перспективных материалов для использования в строительстве, так как использование ДСтП в строительных конструкциях является комплексным решением вопроса переработки древесных отходов, неделовой древесины и обеспечения строительного комплекса недорогими и надежными материалами. Однако промышленное производство ДСтП строительного назначения в нашей стране отсутствует. В первую очередь это связано с жесткими требованиями, предъявляемыми к физико-механическим показателям плит.

Одним из основных требований, предъявляемых к ДСтП строительного назначения, является повышенная стойкость к воздействию огня и влаги [2]. Для повышения водостойкости в древесные материалы вводят гидрофобизаторы, для повышения огнестойкости – антипирены. Однако большинство из них отрицательно влияют на прочностные показатели ДСтП. Поэтому при выборе добавки необходимо учитывать не только ее способность снижать водопоглощение или горючесть древесного вещества, но и высокую реакционную способность, обеспечивающую

химическое взаимодействие с высокомолекулярными компонентами древесины и связующего [1, 5].

Так же с экономической точки зрения важен способ внесения огнезащитной добавки. Распространенный для других древесных материалов метод поверхностной обработки или пропитки антипиреном [4] для ДСтП не позволяет достичь требуемого баланса показателей. Нанесение антипирена на стружку перед сушкой усложняет процесс производства и удорожает плитный материал. Внесение антипирена на стадии осмоления стружки предъявляет повышенные требования к совместимости добавки и связующего.

В мировой практике известно применение серных расплавов для защитной обработки древесных материалов [7]. Применение элементарной серы для совершенствования эксплуатационных показателей ДСтП путем модификации связующего не было исследовано. В работе выдвинуто предположение об участии серы в создании связей между гидроксилами целлюлозы и отверждаемым связующим.

Экспериментальное подтверждение участия добавки серы в полимеризации карбамидоформальдегидного связующего (КФС) было получено в ходе исследования, проводимом на кафедре МТД КГТУ.

На первом этапе работы была проверена гипотеза об участии добавки серы в создании структуры КФС. С помощью микроскопа МБС-10 были сделаны фотографии структуры древесно-стружечных плит без добавки и с добавкой серы. Фотографии с 7-кратным увеличением представлены на рисунке 1.

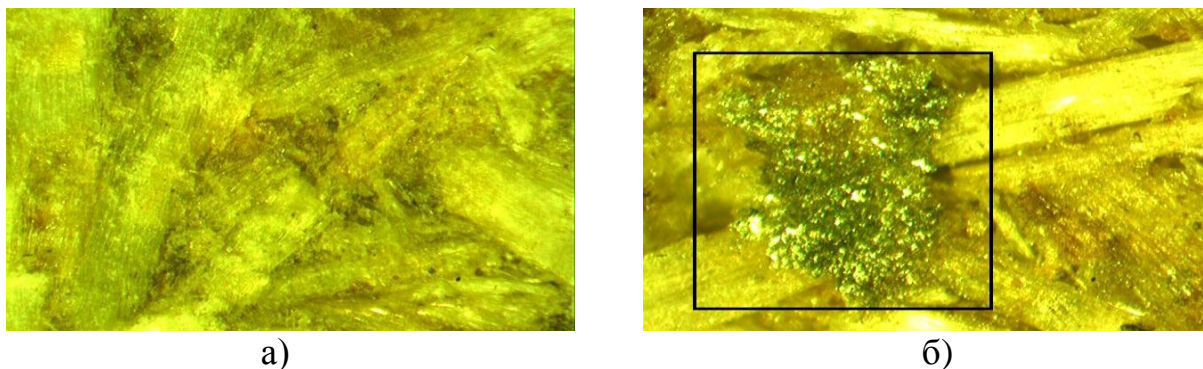


Рис. 1. Структура древесно-стружечных плит:
а) без добавки серы; б) с добавкой серы

Полученные фотографии позволяют визуально подтвердить изменения в структуре древесно-стружечного композита с добавкой серы.

Для исследования влияния добавки серы на процесс поликонденсации КФС был проведен эксперимент для определения водо- и термостойкости отвержденного связующего.

Образцы карбамидоформальдегидного связующего отверждались при температуре 100 °С и 170 °С. Наименьшая температура соответствует температуре в центре древесно-стружечного брикета в процессе прессования ДСтП, наибольшая – температуре на поверхности брикета. Таким образом, были исследованы водо- и термостойкость связующего, отвержденного в разных слоях древесно-стружечных плит.

Изменения массы образцов отвержденного связующего после пребывания в воде в течение двух часов представлены в табл. 1. Потеря массы образцов, отвержденных при температуре 100 °С и 170 °С, при термическом воздействии представлена в табл. 2, 3.

Таблица 1

Изменение массы отвержденного связующего после пребывания в воде

Температура отверждения, °С	Изменение массы, Δm , %	
	без добавки серы	с добавкой серы
100	8,73	7,60

170	37,31	34,78
-----	-------	-------

Таблица 2

Потеря массы при термическом воздействии образцов связующего,
отвержденных при температуре 100°C

Температура испытания, °C	Потеря массы, %	
	без добавки серы	с добавкой серы
100	4,65	6,06
150	9,71	6,85
1200	18,67	23,23

Таблица 3

Потеря массы при термическом воздействии образцов связующего,
отвержденных при температуре 170°C

Температура испытания, °C	Потеря массы, %	
	без добавки серы	с добавкой серы
100	4,68	3,88
150	5,80	5,05
1200	29,26	20,27

У образцов отвержденного связующего при температуре 100 °C не выявлено положительного влияния добавки серы на термостойкость. Для связующего, отвержденного при температуре 170 °C, термостойкость с добавкой серы выше при любой температуре нагрева. Это позволяет сделать вывод о том, что добавка серы при температуре отверждения 100° не оказывает положительного влияния. По-видимому, температуры отверждения недостаточно, чтобы исходный восьмигранник молекулы серы распадался на звенья, способных к полимеризации и созданию более прочных связей. Поскольку потеря массы при горении образцов отвержденного связующего с добавкой серы уменьшилась, возможно повышение ДСтП, модифицированных добавкой серы.

Водопоглощение отвержденного связующего меньше при любой температуре отверждения. Это доказывает, что добавка серы блокирует адсорбционно-активные к воде гидроксилы, таким образом, снижая водопоглощение связующего, следовательно, происходит углубление поликонденсации КФС при добавке серы.

На втором этапе использован классический однофакторный эксперимент для определения влияния доли добавки серы на продолжительность желатинизации КФС. Результаты определения продолжительности желатинизации представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Таблица 4

Результаты определения продолжительности желатинизации

Время желатинизации,	Процент добавки серы, %				
	1	5	10	15	20
Доля добавки NH_4Cl – 1%					
τ_1	61	52	46	46	45
τ_2	67	51	47	48	42
Доля добавки NH_4Cl – 1,5%					
τ_1	52	48	47	47	47
τ_2	51	45	45	51	55

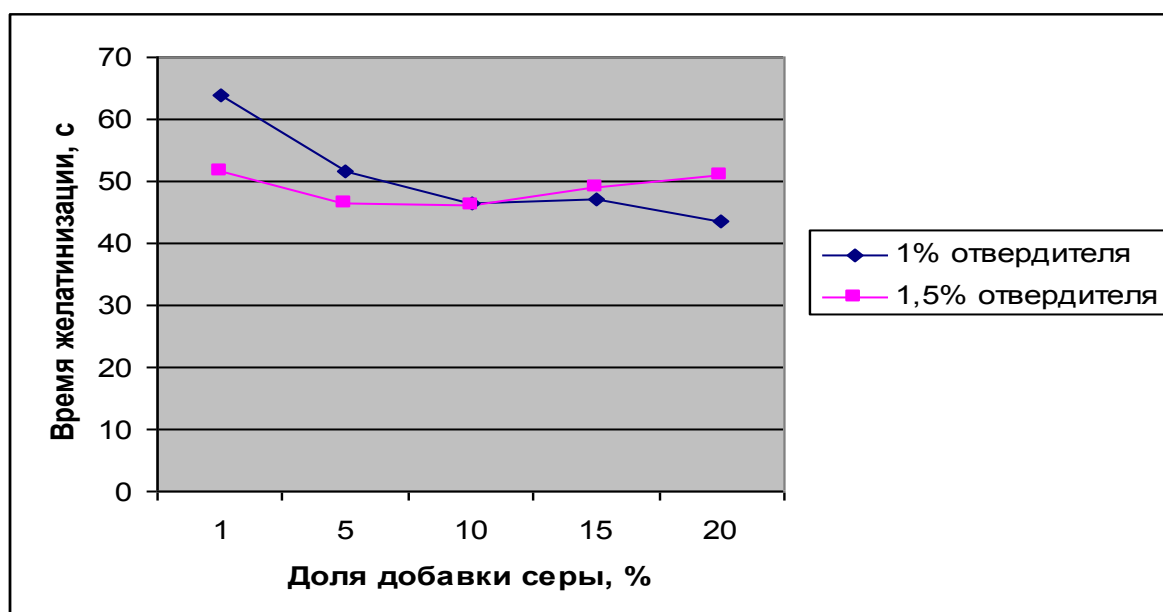


Рис.2. Время желатинизации смолы в зависимости от доли добавки серы

Добавка серы уменьшает продолжительность желатинизации КФС, причем наиболее интенсивно снижение продолжительности идет при добавке 1% NH_4Cl .

На следующем этапе был проведен эксперимент по В-плану второго порядка и получены математические модели зависимости прочности при статическом изгибе (Y_1), МПа; потери массы плиты при горении (Y_2), %; разбухания плит по толщине за 2 часа (Y_3), %; разбухания плит по толщине за 24 часа (Y_4), %, от удельной продолжительности прессования (X_1), температуры прессования (X_2) и доли добавки серы (X_3). Математические модели даны в кодированных обозначениях факторов: интервал варьирования удельной продолжительности прессования $X_1[0,18(-1) \text{ до } 0,32(+1), \text{ мин/мм}]$ с шагом 0,07 мин/мм; интервал варьирования температуры прессования $X_2[160(-1) \text{ до } 190(+1), ^\circ\text{C}]$ с шагом 15 $^\circ\text{C}$; интервал варьирования доли добавки серы $X_3[5(-1) \text{ до } 15(+1), \%]$ с шагом 5 %. План B_3 и результаты статистической обработки экспериментальных данных приведены в табл. 5.

Таблица 5

План и результаты статистической обработки экспериментальных данных

№ опыта	X_1	X_2	X_3	\bar{Y}_1	s_1^2	\bar{Y}_2	s_2^2	\bar{Y}_3	s_3^2	\bar{Y}_4	s_4^2
1	+	+	+	16,32	0,955	8,22	3,320	13,5	3,063	26,1	4,805
2	–	+	+	14,76	8,638	8,10	9,499	21,0	2,776	24,8	4,000
3	+	–	+	13,66	2,719	4,91	17,272	22,4	2,085	29,4	6,003
4	–	–	+	13,01	0,632	7,19	5,480	17,8	5,267	23,0	3,493
5	+	+	–	14,28	3,568	7,89	2,579	29,0	2,972	36,8	12,433
6	–	+	–	12,65	5,373	7,40	9,181	30,1	4,814	35,9	0,712
7	+	–	–	11,73	8,638	5,80	5,890	25,5	1,476	31,4	17,986
8	–	–	–	14,08	5,852	6,65	4,465	11,9	3,066	16,3	0,037
9	+	0	0	12,97	3,740	5,97	2,952	14,6	5,235	22,3	14,815
10	–	0	0	16,53	2,742	5,48	10,272	15,3	1,687	20,0	3,028
11	0	+	0	18,19	3,489	8,18	3,042	25,2	2,199	31,5	9,339

12	0	–	0	14,09	2,468	5,26	7,431	21,4	4,385	24,7	4,545
13	0	0	+	14,77	2,277	7,03	1,540	14,5	2,719	30,7	5,978
14	0	0	–	15,98	8,266	8,02	3,161	17,6	6,985	28,8	26,481

Математические модели выходных величин после отбрасывания незначимых коэффициентов:

$$Y_1 = 16,229 - 0,207X_1 + 0,963X_2 + 0,38X_3 - 1,475X_1^2 - 0,085X_2^2 - 0,85X_3^3 + 0,611X_1X_2 + 0,366X_1X_3 + 0,411X_2X_3;$$

$$Y_2 = 6,476 - 0,203X_1 + 0,998X_2 - 0,031X_3 + 0,468X_1X_2 - 0,255X_1X_3 + 0,173X_2X_3;$$

$$Y_3 = 16,453 + 0,89X_1 + 1,98X_2 - 2,49X_3 - 1,497X_1^2 + 6,583X_2^2 - 3,35X_1X_2 - 1,925X_1X_3 - 3,425X_2X_3;$$

$$Y_4 = 25,523 + 2,6X_1 + 3,03X_2 - 1,52X_3 - 4,365X_1^2 + 2,585X_2^2 + 4,235X_3^3 - 2,413X_1X_2 - 1,038X_1X_3 - 3,313X_2X_3.$$

Интерпретация моделей выходных величин позволяет сделать следующие выводы. При максимальной температуре прессования (Т) и максимальной доле добавки серы (D) с увеличением удельной продолжительности прессования (τ') на интервале варьируемого диапазона от -1 до $+0,4$ степень поликонденсации связующего возрастает и растет прочность плит при статическом изгибе. При дальнейшем увеличении удельной продолжительности прессования начинают преобладать процессы термодеструкции связующего и прочность снижается.

При сочетании максимум удельной продолжительности прессования – максимум доли добавки серы и минимум удельной продолжительности прессования – минимум доли добавки серы можно получить разбухание по толщине за 2 часа меньше 12%, то есть по этому показателю плиты отвечают требованиям ГОСТ 10632-2007, предъявляемым к ДСтП повышенной водостойкости.

При минимальной температуре прессования и минимальной удельной продолжительности прессования разбухание плит по толщине за 24 часа меньше 20%, то есть по этому показателю плиты отвечают требованиям ГОСТ 10632-2007. При этом потеря массы плит при горении составляет около 6%, то есть плиты можно отнести к трудносгораемым.

Из анализа математических моделей были выбраны следующие значения технологических факторов процесса производства плит с добавкой серы:

$$X_1 = -1, (\tau' = 0,18 \text{ мин/мм}); X_2 = -0,7, (T = 164,5 \text{ } ^\circ\text{C}); X_3 = -1, (D = 5 \text{ } \%).$$

Результаты испытания контрольных образцов, изготовленных по рекомендуемым режимам: прочность при статическом изгибе 14,1 МПа; потеря массы при горении 6,24 %; разбухание по толщине за 2 часа 11,9 %; разбухание плит по толщине за 24 часа 18,4%. При таком сочетании технологических факторов изготовленные плиты можно отнести к трудносгораемым по показателю – потеря массы при горении и к плитам повышенной водостойкости по показателю – разбухание плит по толщине за 2 часа.

Таким образом, модифицирующая добавка серы позволяет улучшить эксплуатационные показатели и снизить горючесть ДСтП, что необходимо для их использования в строительных конструкциях.

Библиографический список

1. Азаров В.И. Химия древесины и синтетических полимеров / В. И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская. – СПб.: «Лань», 2010. – 624 с.
2. Вахнина Т.Н. Формирование свойств древесных плитных материалов для использования в строительных конструкциях // Строительные материалы, 2009, № 6. – С. 10 – 12.
3. ГОСТ 10632–2007. Плиты древесностружечные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
4. ГОСТ 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний // Национальный стандарт Российской Федерации. – М.: Стандартинформ, 2009. – 22 с.

5. Коротков Р.В. Снижение горючести строительных материалов композиционными антипиренами // Жилищное строительство, 2009. – № 6. – С. 4 –5.
6. Тагер А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Тагер. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
7. Хрулев В. М. Современные представления о структурообразовании древесных композиционных материалов / В. М. Хрулев, Н. А. Машкин, М. Г. Мальцев // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: Тр. Междунар. конф. – Ч. 2. – Пенза: приволжский дом знаний, 2000. – С. 138 – 140.

A.N. Iablokov