

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ДОБАВКОЙ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОТХОДОВ

Вахнина Т.Н., Крылов А.А.

(Костромской государственный технологический университет)

Рассмотрен вариант переработки бытовых отходов полиэтиленовой тары в древесно-полимерные композиционные плиты. В качестве метода исследования использован регрессионный анализ. Получены регрессионные математические модели зависимостей прочности плит при статическом изгибе, разбухания по толщине за 2ч и 24 ч от температуры прессования, удельной продолжительности прессования, фракционного размера добавляемых измельченных отходов полиэтиленовой тары.

Переработка бытовых отходов полиэтиленовой тары является частью общей проблемы использования отработанных полимерных материалов [2, 3]. Существуют различные способы решения данной проблемы: сжигание отходов, захоронение, добавка в небольших количествах к первичному полимерному сырью. Сжигание полимерной тары негативно влияет на экологию, в захоронениях отходы разлагаются в течение 50...100 лет, добавка отходов к первичному сырью ухудшает показатели полимера. В работе предлагается один из вариантов решения проблемы – производство древесно-полимерных композитов, состоящих из древесных частиц и измельченных полиэтиленовых отходов с добавкой полимерного связующего. Кроме решения вопроса утилизации полиэтиленовой тары, работа вносит свой вклад в снижение расхода древесного сырья на производство плит, что является важной задачей в области производства плитных композиционных материалов на основе древесины [4, 5].

Целью исследования является разработка структуры и технологических факторов процесса производства плитных композиционных материалов с добавкой бытовых полиэтиленовых отходов.

Композиционные плиты могут использоваться как в мебельном производстве, так и в строительстве. Данные направления использования плитных материалов предъявляют определенные требования к эксплуатационным характеристикам плит, в числе которых – прочностные показатели и обеспечение необходимой степени водостойкости [4]. Из двух задач – обеспечения необходимой прочности и повышения водостойкости древесных композиционных плит, более сложной является задача снижения гигроскопичности материала. Гигроскопичность данного композита обуславливается древесной составляющей. В работе была выдвинута гипотеза, что для нового вида композита возможно повышение водостойкости путем технологических воздействий на полимерную составляющую плиты.

Полиэтилен имеет невысокую температуру разложения и недостаточную механическую прочность [1]. Невысокая механическая прочность данного полимера не может послужить препятствием к разработке древесно-полимерного композиционного материала, поскольку прочность будет обеспечиваться древесным наполнителем. Однако этот же древесный наполнитель одновременно является и носителем гидрофильных свойств [4, 6]. Поэтому одной из основных проблем в работе является обеспечение эксплуатационных показателей разрабатываемого материала, отвечающих требованиям нормативной документации, предъявляемым к композиционным плитным материалам. Ввиду отсутствия аналогов разрабатываемого материала в качестве нормативной документации использовались требования, предъявляемые к древесно-стружечным плитам.

Являясь инертным наполнителем, полиэтилен не создаст прочную структуру с высокими физико-механическими показателями. Существующие между мономерными звеньями связи можно разрушить механически (дроблением) или с использованием растворителей полимеров. Механическое дробление является наиболее простым.

Можно использовать следующие возможности создания древесно-полимерных композитов: с использованием фенолоформальдегидного связующего (ФФС), с использованием карбамидоформальдегидного связующего

(КФС), без полимерного связующего по технологии древесных пластиков без связующего. Композит с добавкой полиэтиленовых отходов на ФФС, потребует высокой температуры прессования, но даст прочную пространственную структуру [2].

В исследовании, проводимом на кафедре МТД КГТУ, проводится разработка древесно-полимерных композитов с использованием ФФС с добавкой измельченных отходов полиэтиленовой тары.

В качестве метода экспериментального исследования был использован регрессионный анализ, в частности, В-план второго порядка. Выходные величины: Y_1 – прочность плит при статическом изгибе, МПа; Y_2 и Y_3 – разбухание плит по толщине за 2 ч и 24 ч пребывания в воде, %. Диапазоны варьирования факторов представлены в таблице.

Таблица

Диапазоны варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначение фактора		Уровни варьирования			Интервал варьирования, Δ_i
	Натуральное	Кодированное	-1	0	+1	
1. Температура прессования плит, °С	T	X_1	210	230	250	20
2. Удельная продолжительность прессования	τ'	X_2	0,45	0,525	0,6	0,075
3. Фракционный размер отходов, мм	P	X_3	1,15	1,725	2,3	0,575

В результате обработки экспериментальных данных получены модели (в кодированных обозначениях варьлируемых факторов):

$$Y_1 = 18,647 - 2,034X_1 + 1,466X_2 - 1,706X_3 - 2,491X_1^2 + 0,669X_2^2 + 1,629X_3^2 + 0,34X_1X_2 + 0,337X_1X_3 - 0,05X_2X_3;$$

$$Y_2 = 9,92 - 2,147X_1 - 1,384X_2 + 3,819X_3 - 0,967X_1^2 - 0,462X_2^2 + 1,843X_3^2 + 0,341X_1X_2 - 0,514X_1X_3 - 0,226X_2X_3;$$

$$Y_3 = 15,136 - 3,696X_1 - 2,473X_2 + 3,961X_3 - 0,571X_1^2 - 0,496X_2^2 + 2,364X_3^2 + 1,138X_1X_2 + 0,875X_1X_3 - 0,29X_2X_3.$$

Графики зависимости прочности композита при статическом изгибе и разбухания по толщине за 24 ч представлены на рис. 1, 2.

$\uparrow Y_1, (\sigma, \text{МПа})$

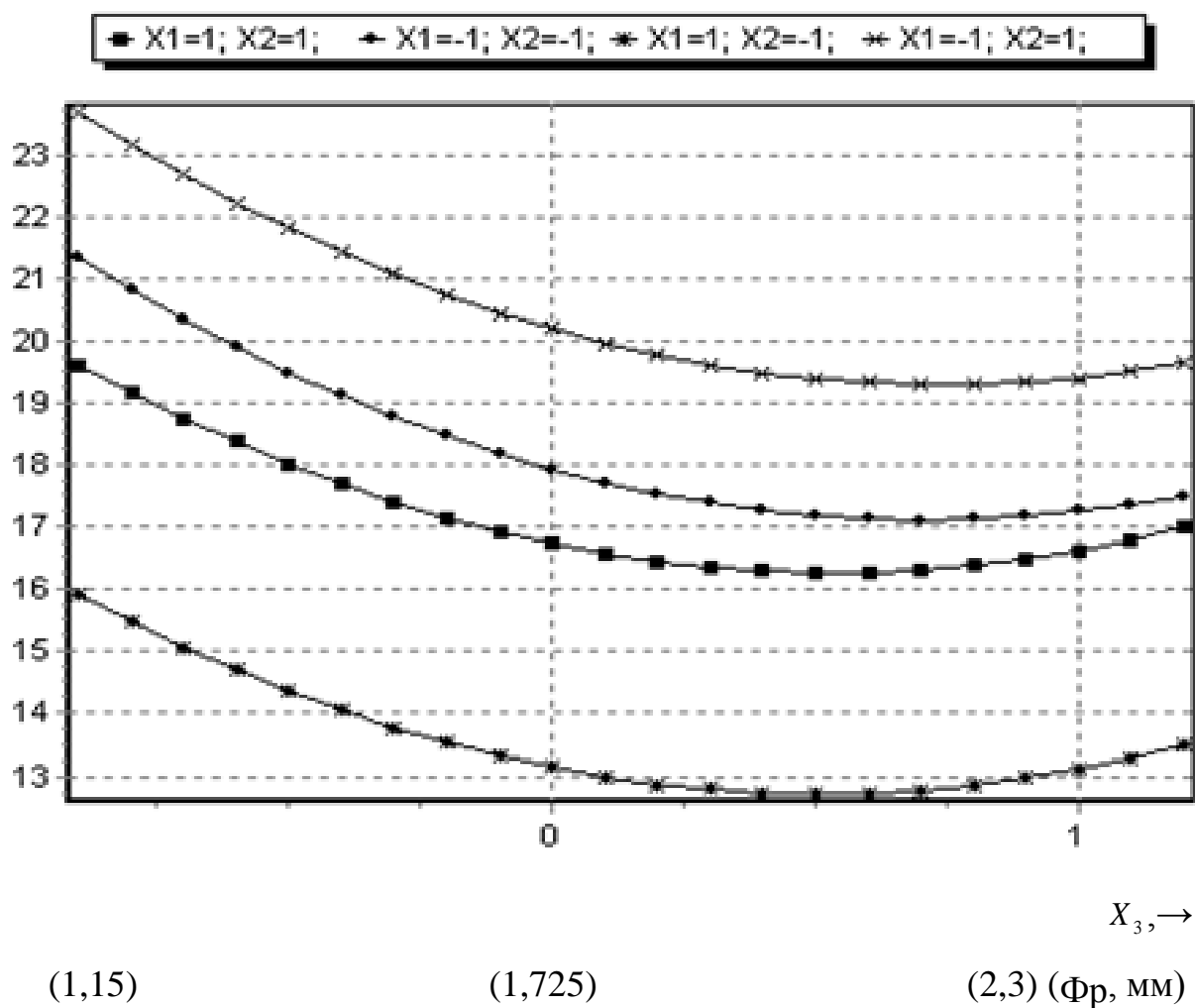
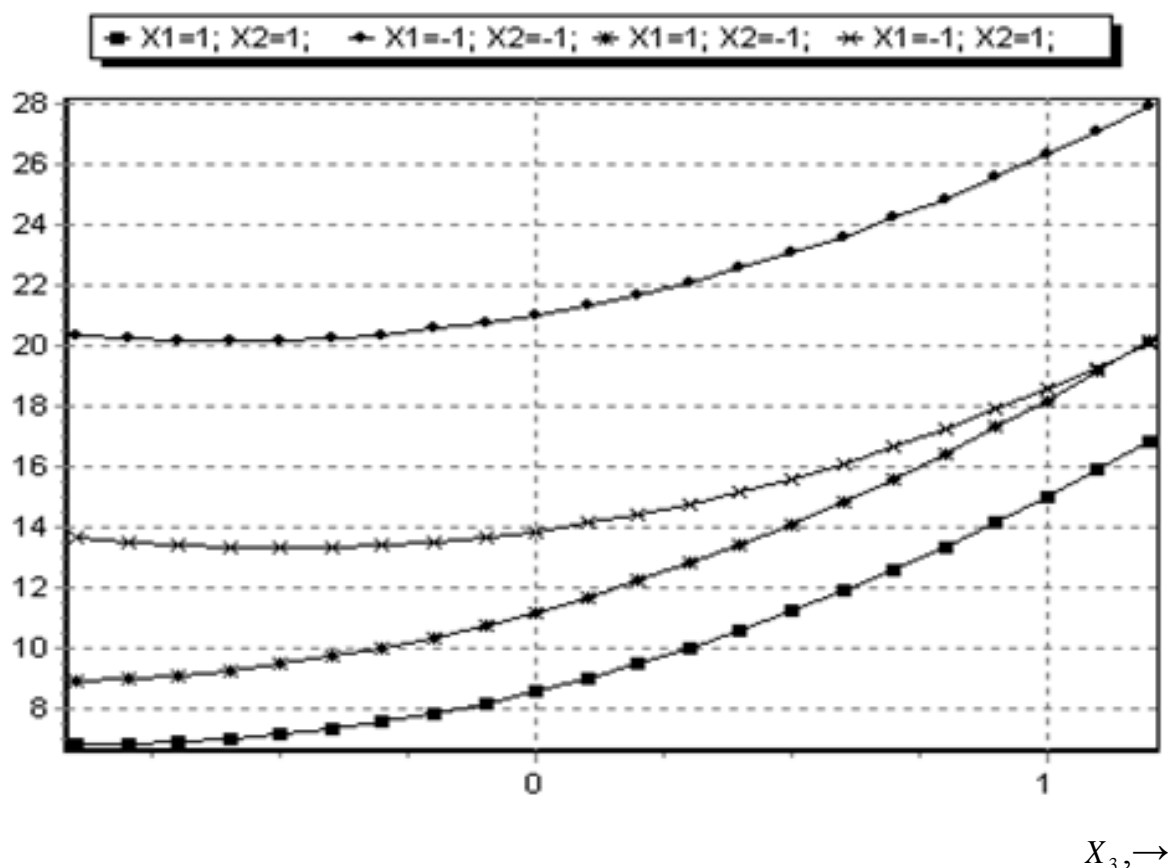


Рис. 1. График зависимости прочности на статический изгиб от фракционного размера измельченных отходов полиэтиленовой тары

$\uparrow Y_3, (P_s, \%)$



(1,15)

(1,725)

(2,3) (Φ_p , мм)

Рис. 2. График зависимости разбухания плит по толщине за 24 часа от фракционного размера измельченных отходов полиэтиленовой тары

Анализ графических зависимостей, построенных по данным регрессионным моделям, позволил сделать следующие выводы:

1. Прочность древесно-полимерных композитов изменяется с увеличением температуры прессования: вначале она незначительно растет, а затем наблюдается ее падение. В начале интервала варьирования температура достигает таких значений, когда измельченный полимер расплавляется и заполняет поры между древесными частицами, тем самым повышая прочность плиты. Однако температурные интервалы плавления полиэтилена и деструкции древесины находятся в одной области, поэтому при дальнейшем увеличении температуры увеличивается деструкция древесной составляющей композита, и прочностные показатели начинают снижаться.

2. При увеличении фракционного размера измельченной полиэтиленовой тары падает. Действует фактор уменьшения размера макромолекулы полиэтилена при механическом измельчении. Обрывки макромолекул имеют большую степень подвижности, это в сочетании с давлением прессования создает условия для сближения водорода полиэтилена и гидроксила целлюлозы, и формирования водородной связи.

3. Разбухание композитов по толщине как за 2 часа, так и за 24 часа значительно снижается с увеличением температуры прессования. Это объясняется влиянием температуры на полимерную составляющую композита. При более высокой температуре большая часть измельченных полимерных отходов расплавляется и закрывает поры композита и перерезанные сосуды древесных стружек, блокируя доступ воды.

Для обеспечения повышенной водостойкости и прочности при статическом изгибе рекомендуется:

- минимальный фракционный размер измельченных полиэтиленовых отходов, добавка их только в наружные слои композитов;
- вид синтетического связующего – фенолформальдегидная смола (расход связующего во внутренние слои – 9 %, в наружные – 13,5 %);
- удельное давление прессования – 5 МПа;
- температура прессования – 240 °С;
- удельная продолжительность прессования – 0,6 мин/мм.

Вычисленные по моделям значения показателей (при рекомендуемом сочетании факторов): прочность композитов при статическом изгибе – 22,5 МПа; разбухание по толщине за 2 ч – 5,4 %; разбухание по толщине за 24 ч – 8,1 %. Результаты испытаний плит, изготовленных по рекомендуемым режимам: прочность – 21,9 МПа; разбухание по толщине за 2 ч – 6,1 %; разбухание по толщине за 24 ч – 8,9 %.

Исследование взаимодействия факторов процесса производства древесно-полимерного композита с добавкой измельченных полиэтиленовых отходов создает возможность управления процессом структурообразования с целью

придания плитному материалу требуемого комплекса эксплуатационных свойств.

Библиографический список

- 1.Азаров В. И., Буров А.В., Оболенский А. В. Химия древесины и синтетических полимеров: 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 624 с.
- 2.Вахнина Т.Н. Производство конструкционных древесно-полимерных композитов с добавкой измельченных бытовых полимерных отходов / Т.Н. Вахнина, И.С. Константинова. – Вестник Костромского государственного технологического университета. – Кострома: КГТУ, 2012. – № 2(29). – С. 80–83.
- 3.Соловьева Е.В. О технологиях получения строительных материалов на основе отработанных полимеров / Е.В. Соловьева, А.В. Голованов, А.М. Славин // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 4. – С. 56–57.
- 4.Титунин А.А. Научные основы получения конкурентоспособных строительных материалов из низкосортной древесины и древесных отходов: дис. ... докт. техн. наук / А.А. Титунин. – Иваново: ИГАСУ, 2012. – 385 с.
- 5.Угрюмов С.А. Организационно-техническое обеспечение производства композиционных материалов на основе древесины и костры льна: монография / С.А. Угрюмов. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 2008. – 147 с.
- 6.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.

INFLUENCE OF THE STRUCTURE AND FACTOR OF THE PROCESS OF THE PRESSING ON FACTORS WOOD-POLYMERIC KOMPOZIT WITH ADDITIVE REDUCED POLYETHYLENE DEPARTURE

T.N. Vahnina, A.A. Krilov