

На сегодняшний день изготовление древесно-полимерного композиционного материала (ДПКМ) является одним из наиболее динамично развивающихся секторов отрасли переработки пластмасс и древесных отходов. Изделия, произведенные из ДПКМ по технологии «жидкого дерева», обладают всеми положительными качествами, присущими полимерам и древесине [1,2]. ДПКМ состоит из трех основных компонентов: древесный наполнитель, полимерное связующее и технологические добавки. Содержание древесины в ДПКМ может быть различным - чем ее больше, тем свойства такого материала ближе к натуральному дереву и он напоминает древесноволокнистую плиту (ДВП), с меньшим содержанием больше похож на пластмассу. Вторым важнейшим компонентом является термореактивный или термопластичный полимер (матрица). На практике в качестве полимерных матриц для производства ДПКМ наибольшее распространение получили полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ). Столь широкое применение ПЭ и ПП связано с их хорошей смешиваемостью с органическим наполнителем, а также низкой температурой плавления, позволяющей применять органический наполнитель без риска термического разложения древесины. Кроме того, в состав ДПКМ входят различного рода добавки для улучшения свойств композита [1,3]. Изделия из ДПКМ могут изготавливаться различными способами - это литье и непрерывная экструзия. Наибольшее распространение получил метод непрерывной экструзии, поскольку этим методом можно получать материалы различных конфигураций и размеров [4]. В последнее время при исследовании различных технологических процессов существенное развитие получили методы математического моделирования. Это связано с интенсивным применением информационных технологий и вычислительной техники. Использование математических моделей при расчетах процессов и аппаратов технологий дает возможность значительно сократить время исследования. Для успешного использования математической модели необходимо, чтобы модель достаточно верно описывала качественно и количественно свойства исследуемого объекта. Для проверки адекватности математической модели реальному процессу нужно сравнить результаты измерения с результатами предсказания модели в идентичных условиях (при определенных значениях входных и управляющих параметров). Такая проверка позволяет оценить точность математической модели и, следовательно, возможность ее применения в реальных условиях и для решения различных задач. При изучении различных физических явлений и проведении технологических экспериментов часто наблюдается функциональная зависимость между величинами, описывающими количественную сторону данного явления или эксперимента. Результаты этих экспериментов обычно представляются графически, т.е. в виде некоторых линий, указывающих связь между этими величинами. Чтобы показать эту зависимость, иногда приходится проводить множество экспериментов. Для

этого требуется достаточно много времени и большое количество различных компонентов. В этой связи встает вопрос: как установить зависимость или связь между экспериментальными величинами, имея минимальное количество исходных данных? В данной работе для математической обработки результатов экспериментальных исследований, и для установления зависимости между экспериментальными величинами, следуя работе [5], используется теория интерполирования функций [6]. Важнейшим показателем для строительных материалов является водопоглощение. Как правило, водопоглощение ухудшает свойства материала, увеличивает теплопроводность и среднюю плотность, а также уменьшает прочность. Для исследования процесса водопоглощения высоконаполненных ДПКМ по ГОСТ 4650-80 (СТ СЭВ 1692-79) [7] были изготовлены экспериментальные образцы на установке, состоящей из: одношнекового горизонтального экструдера, рамы (на которой смонтированы электродвигатель), редуктора, корпуса с бункером и системы нагрева (рис.1) [8]. Для изготовления экспериментальных образцов ДПКМ использовались следующие компоненты: 1) связующие - ПЭ и ПП в количестве 20-40% от общей массы; 2) наполнитель - древесные опилки в количестве 60-80% от общей массы.

Рис. 1 - Схема одношнекового горизонтального экструдера: 1 - двигатель; 2 - экструзионная головка; 3 - нагреватель корпуса; 4 - корпус; 5 - шнек; 6 - загрузочное устройство; 7 - опорный подшипник; 8 - редуктор; 9 - тахометр; 10 - регулятор напряжения; 11 - мультиметр для измерения температуры; 12 - выпрямитель; 13 - амперметр; 14 - вольтметр. Технология изготовления образцов заключалась в следующем. На первом этапе проводится изготовление компаунда. Технология компаундирования: подготовка компонентов, заключающаяся в сушке древесной муки до влажности менее 6% (для предотвращения в процессе смешивания выделения влаги и улучшения адгезии со связующим), затем вальцевание. В результате получаем полуфабрикат ДПКМ, который подается в загрузочное устройство экструдера и полученные образцы обрезаются нужной длины [9]. Результаты исследований изменения водопоглощения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели изменения водопоглощения

Вид связующего	Соотношение компонентов: связующее/наполнитель (%)	Количество поглощенной воды (%)
ПП	40/60	2,3
	35/65	3,5
	30/70	4,6
ПЭ	40/60	2,4
	35/65	4,8
	30/70	6,8

На рис.2 представлены результаты экспериментальных исследований и математической модели в виде кривых: Рис. 2 - Изменение количества поглощенной воды в зависимости от содержания полимера в ДПКМ. Анализ результата показывает, что с увеличением количества полимера в ДПКМ содержание поглощенной воды уменьшается. Математическая модель, описывающая изменение водопоглощения ДПКМ на основе ПП и ПЭ, в зависимости от содержания полимера представлена в виде соотношений: $U(C_{пп}) = -0,2833C_{пп}^3 + 2,5C_{пп}^2 - 8,2167C_{пп} + 13,3$, (1) $U(C_{пэ}) = -0,4333C_{пэ}^3 + 3,7C_{пэ}^2 - 12,267C_{пэ} + 20$, (2) где U - количество поглощенной

влаги, Спп - содержание полипропилена, Спэ - содержание полиэтилена. Немаловажным для строительных материалов является показатель плотности материала. Влияние содержания полимера на плотность ДПКМ, представлено в таблице 2. Таблица 2 - Показатели изменения плотности Вид связующего

Соотношение компонентов: связующее/ наполнитель (%)		Плотность (кг/м ³)	
ПП	40/60	1094	35/65
ПП	30/70	1140	25/75
ПЭ	40/60	1044	35/65
ПЭ	30/70	1120	25/75
		1145	

Результаты исследований изменения плотности материала представлены на рис. 3. Как видно из зависимостей, приведенных на рис. 3, с увеличением содержания полимера, плотность материала уменьшается. Образцы на основе ПП имеют более высокую плотность, чем образцы на основе ПЭ. Рис. 3 - Изменение плотности ДПКМ в зависимости от содержания полимера

Математическая модель, описывающая изменение плотности ДПКМ на основе ПП и ПЭ, в зависимости от содержания полимера представлена в виде соотношений: $\rho(\text{Спп}) = \text{СЗпп} + 4\text{С2пп} - 75\text{Спп} + 1266;$, (3) $\rho(\text{Спэ}) = 15,167\text{СЗпэ} - 110,5\text{С2пэ} + 200,33\text{Спэ} + 1040,$ (4) где ρ - плотность материала, Спп - содержание полипропилена, Спэ - содержание полиэтилена. В данной работе исследовались свойства высоконаполненных ДПКМ и методом интерполирования проведена математическая обработка результатов экспериментальных исследований. Установлена функциональная зависимость, описывающая изменение водопоглощения и плотности исследуемого материала в зависимости от содержания полимера. В частности, построены аналитические выражения, аппроксимирующие результаты экспериментов и позволяющие получить интересные нас данные, не проводя множество экспериментов (величина достоверности аппроксимации равна 0,99).