

Введение Основным видом наполнителя при производстве древесно-полимерных композитов с термопластичными связующими (ДПКт) является древесная мука различных пород древесины [1]. Большое число исследований посвящено изучению возможности замены древесной муки на более дешевые наполнители растительного происхождения и различного вида отходы. Одним из крупнотоннажных видов древесных отходов, является древесный опил, образующиеся при лесопилении и деревообработке, который используется в производстве ДПКт [1]. Большой цикл исследований был выполнен В.П. Ставровым с коллегами по изучению реологических свойств древесно-полимерных смесей (ДПС) с содержанием в них древесного опила до 60 % мас. Так, например, в работах [2,3] исследовались реологические свойства расплавов полипропилена, наполненных сосновым опилом. В этих исследованиях рассмотрено влияние размеров древесных частиц (2-5 мм), содержания (60-70%) и влажности опила (8-10%) на реологические свойства ДПС при температурах 1800-240°C и 200-1400 С. В патенте США [4] заявлен способ получения ДПКт из композиции термопластичных полимеров (полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида), содержащей 60-95 % мас. термопласта и 20-30 % мас. волокна, полученного из древесного опила. Древесно-полимерные смеси получали методом вальцевания, а затем их экструдировали с получением листов ДПКт. Полученные таким способом ДПКт рекомендуется использовать для внутреннего и наружного применения и в производстве мебели. Р.Г. Сафин с коллегами [5], изучая влияние состава ДПКт с полиэтиленовой (ПЭ) и полипропиленовой (ПП) матрицами установили, что увеличение содержания древесного опила в композите от 60 до 80 % незначительно влияет на его водопоглощение. Вид связующего играет существенную роль: у образцов, на основе ПП наблюдается меньшее водопоглощение за 24 ч, чем у образцов на основе ПЭ. В производстве различных древесных материалов и изделий при их шлифовании образуются существенные количества шлифовальной пыли, например, при изготовлении древесностружечных и древесноволокнистых плит, фанеры. В литературе отсутствуют сведения о применении древесной шлифовальной пыли при получении ДПКт. Целью данной работы является изучение возможности получения и свойств ДПКт с полиэтиленовой матрицей при использовании в качестве наполнителя древесной пыли, образующейся при шлифовании фанеры. Экспериментальная часть В качестве полимерной матрицы ДПКт использовались полиэтилен низкого давления марки 273-83 (ГОСТ 16338-85) производства ОАО «Казаньоргсинтез» (ПЭНД). В качестве наполнителя применялась древесная мука хвойных пород марки 180 (ГОСТ 16361-87), производитель ООО «Юнайт» (ДМ), древесная пыль, собранная при шлифовании лицевой поверхности берёзовой фанеры в ЗАО «Фанком» (ШПф) и древесностружечных плит в ООО «Первая лесопромышленная компания»(ШПдп). Краткая характеристика наполнителей приведена в таблице 1. Массовое

соотношение между наполнителем и полимерной матрицей составляло 50:50. Смешение компонентов ДПКт производилось на лабораторном экструдере марки ЛЭРМ-1 при температуре 180 - 190 оС. Полученная после экструдирования древесно-полимерная смесь охлаждалась до комнатной температуры, а затем нарезалась на гранулы. После этого методом горячего прессования из ДПС при температуре 190 оС и давлении 15 МПа получали композиты в форме дисков диаметром 90 и толщиной 5 мм или пластин размером 150×100×5 мм. Из полученных композитов изготавливались образцы (не менее трёх для каждого состава) для испытаний физико-механических свойств полученных ДПКт. Показатель текучести расплава (ГОСТ 11645-73) используемых в работе ПЭНД и полученных ДПС определялся на приборе ИИРТ-А (ГОСТ 11645-73) при внутреннем диаметре капилляра 2,095 и 4 мм. Твердость по Бринеллю (НВ) и контактный модуль упругости (КМУ) образцов определяли на твердомере модели БТШПСР У42 по вдавливанию шарика диаметром 5 мм при нагрузке 132 Н. Для определения ударной вязкости ДПКт (а) готовились образцы размером 15×10 мм. Для определения ударной вязкости с надрезом (ан) поперек образца композита полотном для резки металлов наносился надрез шириной 0,7 мм на глубину 1,5 мм. Испытания проводились на приборе “Динстат-Дис”. Для определения показателя прочности при изгибе (σ_i) готовились образцы с длиной и шириной 15×10 мм. Испытания проводились на приборе “Динстат-Дис” при консольном закреплении образца. Определение относительного удлинения при растяжении (E) и предела прочности при разрыве (σ_r) образцов производилось на разрывной машине для испытания пластмасс модели 2166 Р-5 (точность измерения усилия 0,1 Н, скорость нагружения 50 мм/мин). Образцы ДПКт готовили в виде лопаточек с длиной 100 мм и шириной рабочей части 6 мм. Для изучения линейных размеров древесных наполнителей методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) использовался растровый электронный микроскоп марки JSM-6390LA (JEOL, Япония), дополнительно снабженный приставкой EDAX (энергодисперсионный анализатор характеристического рентгеновского излучения). Результаты и обсуждение Для определения характеристик шлифовальной пыли были использованы методики ГОСТ 16361-87, а также данные о длине и ширине древесных частиц, полученные из фотографий электронной сканирующей микроскопии (рис.1). Результаты анализа наполнителей приведены в таблице 1. Данные табл. 1 показывают, что в ряду исследованных наполнителей наименьшие размеры имеют частицы ШПф, а коэффициент их формы больше, чем у древесной муки и меньше по сравнению с ШПдп. а б с Рис. 1 - Фотографии СЭМ древесных наполнителей (х100): а - ДМ; б - ШПф; с - ШПдп

Таблица 1 - Характеристика древесных наполнителей

Параметр	ДМ	ШПф	ШПдп
Породный состав древесины (массовая доля основной породы)	Сосна (≥ 95 %)	Берёза (100 %)	Смесь лиственных и хвойных пород (50:50)
Цвет	Светло-коричневый	Белый	Светло-

коричневый Абсолютная влажность, % 8,0 6,4 5,0 Массовая доля остатка, %, на сетке: 025 018 0125 0 1,1 15,0 74,2 23,6 0,1 51,4 31,6 11,3 Массовая доля золы, % 0,60 0,42 1,05 Средние арифметические значения ($n = 50$) линейных размеров древесных частиц, мкм: длина 211 152 386 ширина 52 33 59 Коэффициент формы [1] 4,1 4,6 6,6 Фотографии наполнителей (рис. 1) свидетельствуют о различии поверхности древесных частиц наполнителей. Среди частиц ШПдп значительно меньше доля частиц разделяющихся на волокна, по сравнению с ДМ и ШПф. Для оценки технологических свойств ДПС со шлифовальной пылью были изучены её реологические свойства при температуре 190 оС и нагрузках от 19 до 206 Н. Зависимости десятичных логарифмов сдвиговой вязкости смесей (η , Па•с) от десятичных логарифмов скорости сдвига ($\dot{\gamma}$, с⁻¹) при температуре 190 оС хорошо описываются (с коэффициентом аппроксимации R^2) следующими линейными уравнениями: $\log \eta_{\text{ДМ}} = 2,2025 - \log \dot{\gamma}$ ($R^2 = 1,0$) $\log \eta_{\text{ШПф}} = 1,3726 - 0,9472 \log \dot{\gamma}$ ($R^2 = 0,99$) $\log \eta_{\text{ШПдп}} = 2,2374 - \log \dot{\gamma}$ ($R^2 = 0,99$) Их этих уравнений следует, что исследованные ДПС следует относить по реологическим свойствам к неньютоновским жидкостям. При этом ДПС с ШПф имеет наименьшее значение сдвиговой вязкости по сравнению со смесями с ДМ и ШПдп. Средние арифметические результаты измерений свойств полученных ДПКт показали следующее (табл. 2).

Показатели свойств	Наполнитель ДМ	ШПф	ШПдп
Плотность, кг/м ³	1062	1104	1047
Предел прочности при растяжении (σ_r), МПа	11,9	15,2	12,0
Предел прочности при изгибе ($\sigma_{из}$), МПа	23,3	35,9	22,3
Контактный модуль упругости (КМУ), МПа	785	538	949
Относительное удлинение (E), %	2	3	4
Твердость по Бринеллю (НБ), МПа	85	56	75
Ударная вязкость, кДж/м ² : без надреза (a)	4,8	6,7	3,4
с надрезом (ан)	4,2	5,8	3,4
Водопоглощение за 24 ч, %	5,6	3,8	4,9

Из данных табл. 2 следует, что ДПКт с наполнителем ШПдп не уступает, по большинству свойств известному композиту с хвойной древесной мукой, а ДПКт с ШПф заметно превосходит этот композит по показателям прочности при изгибе и растяжении, ударной вязкости, водопоглощению. Учитывая более высокую плотность ДПКт с ШПф и геометрические размеры наполнителя можно предположить, что хорошие свойства этого композита связаны с лучшим распределением наполнителя в полимерной матрице и такими показателями физических свойств древесины берёзы, по сравнению с древесиной сосны и ели, как плотность и предельное водопоглощение [6].

Заключение Полученные результаты исследований показали, что возможна замена в составе ДПКт с полиэтиленовой матрицей хвойной древесной муки марки 180 на древесную шлифовальную пыль ШПф и ШПдп. При этом не происходит ухудшения большинства показателей свойств композитов. Композит со шлифовальной пылью фанеры по прочностным показателям и водопоглощению за 24 часа превосходит ДПКт с древесной мукой.