

Введение Древесно-полимерные композиты (ДПК) находят широкое применение во многих отраслях промышленности. Это обусловлено эстетическими свойствами и удобством использования изделий из ДПК. Изделия из ДПК хорошо перерабатываются, устойчивы к ультрафиолету, водостойки, обладают хорошими теплоизоляционными свойствами [1]. В России основной объем производства ДПК составляет декинг. У большинства российских компаний он занимает более 80%. Также ДПК используется в производстве стеновых панелей, подоконников, дверей, заборов и отделочных материалов. ДПК состоит из полимерного связующего, органического наполнителя и различных добавок [2]. Свойства ДПК в значительной степени зависят от типа и характеристик выбранного полимера.[3] Это определяет подходы в оптимизации свойств древесно-полимерных композиций - подбор полимерного связующего с целью достижения приемлемых прочностных характеристик ДПК при максимальном наполнении. Выбор полимера определяется индивидуальными преимуществами и недостатками, присущих изделиям на их основе. ДПК на основе полипропилена (ПП) обладает высокой прочностью, однако хрупкость при пониженных температурах сужает область их использования. ДПК на основе полиэтилена (ПЭ) применяются в широком диапазоне температур, но обладают меньшей прочностью. ДПК на основе поливинилхлорида (ПВХ) обладают максимальной в ряду жесткостью и прочностью, однако требуется введение специальных добавок для снижения токсичности. Что же касается экологии, ПП и ПЭ являются безопасными для окружающей среды. ПВХ обычно считают неблагоприятным для окружающей среды. Несмотря на невысокие механические свойства ПЭ по сравнению с ПП и ПВХ, он является самым распространенным полимером, используемым в производстве ДПК. Структура рынка ДПК представлена на рис.1.[4] Производителями при выборе связующего предпочтение отдается полиэтилену (53,5%). На втором месте - ПВХ (21,4%), на 3-ем - полипропилен (17,9%). Рис. 1 - Соотношение ДПК в зависимости от типа связующего

Преимущества и свойства ДПК на основе различных полимерных связующих широко освещаются производителями.[5,6,7,8,9] Однако в литературе мало встречается информации о поведении ДПК различных производителей в процессе эксплуатации. Представлялось важным провести сравнительную оценку структуры и поведения в процессе эксплуатации некоторых наиболее массово промышленно выпускаемых ДПК на основе различных связующих. Экспериментальная часть

Свойства композиций в значительной степени зависят от характеристик исходных полимеров (табл.1). Представлялось важным оценивать свойства исходных полимеров и свойства полученных ДПК. Прочностные свойства ДПК в значительной степени зависят от вида базового полимера [3].

Таблица 1 - Основные свойства термопластов, используемых в производстве ДПК

Показатели	ПЭНП	ПЭВП	ПП (гомополимер)	ПВХ (жесткий)
Плотность, г/см ³	0,910-0,925	0,941-0,965	0,9-0,91	1,32-1,44
Предел				

прочности при изгибе, МПа Не разрушается ~9,7 или не разрушается 41-48 42 до 69 -110 Модуль упругости при изгибе, МПа 207 - 345 862 - 1655 1138- 1999 2414-4137 Предел прочности при сжатии, МПа Не разрушается 32 47 75 Модуль упругости при растяжении, ГПа 2 - 5 2 - 5 4-8 5 - 7 Водопоглощение через 24 ч, % 0,01 0,01 0,008 0,1 Атмосферостойкость Средняя Средняя Средняя Хорошая при светлой окраске В качестве объектов исследования были выбраны промышленно выпускаемые ДПК на основе различных полимеров. Для изучения в качестве представителей ДПК на основе ПЭ были выбраны террасные доски Мультидек (производитель Мультипласт, Россия) и Terrapol (Россия). В дальнейшем они будут обозначаться ДПК-ПЭ1 и ДПК-ПЭ2. ДПК марки Newwood (Россия) на основе ПП и Holzdorf (Украина) на основе ПВХ будут обозначаться ДПК-ПП и ДПК-ПВХ соответственно. Некоторые свойства исследуемых ДПК представлены в табл. 2. Данные взяты из информации производителей, представленных в открытых источниках. Для анализа структуры ДПК использовалась компьютерная микротомография - один из достаточно новых неразрушающих методов для изучения объемного строения композитов с использованием рентгеновского излучения. Он позволяет достичь визуализации трехмерной внутренней микроструктуры изучаемого объекта. Являясь неинвазивным методом и позволяя получать данные с разрешением от десятков нанометров до миллиметров, данная методика была выбрана для оценки структуры ДПК. Исследования производились на рентгеновском микротомографе SkyScan 1172 [10]. Оценка долговечности и стойкости к атмосферным воздействиям древесно-полимерных композитов была проведена по стандартной процедуре теплового старения полимеров, подвергаемых окислительной деструкции (ASTM D 5510), а так же стандартным методом для осуществления естественного погодного воздействия на полимеры (ASTM D 1435) и природным старением (EN ISO 877) на аппарате искусственной погоды везерометр Q-SUN производства компании Q-Lab Corporation (США). Таблица 2 - Свойства ДПК [5,6,7,8,9]

Показатели	ДПК- ПЭ1	ДПК- ПЭ2	ДПК- ПП	ДПК- ПВХ
Плотность, кг/м3	1200	1200	1275	1150
Водопоглощение через 24 часа, %	3	3	3	0,6
Предел прочности при растяжении, МПа	23	~22	16,1	20
Предел прочности при изгибе, МПа	48,8	51	50	49
Макс. нагрузка на ед. площади, кг/м2	500	500	600	550
Термостойкость, °С	от -45 до +80	от -50 до +70	от -60 до +70	от -60 до +80

Обсуждение результатов На поведение изделий в процессе эксплуатации влияет множество факторов. Безусловно, это выбор связующего, степень наполнения, размер частиц и природа наполнителей. Производители также используют специальные добавки для улучшения совместимости и технологичности. Поэтому при сравнении ДПК важно учитывать не только физико-механические свойства, но и поведение изделий в процессе эксплуатации. На рис.2 представлены некоторые свойства изученных ДПК. Рис. 2 - Сравнение некоторых свойства ДПК (предел прочности при изгибе, удельный вес, макс. нагрузка площади, кг/м2, водопоглощение) Как

видно из представленных данных, сравнительный ряд удельного веса изделий из ДПК отличается от ряда плотности исходных полимеров. Это свидетельствует о разной степени наполнении ДПК. Значительное отличие в водопоглощении изделий через 24 часа подтверждает данный вывод. Вклад в данный показатель вносит также размер частиц. Для анализа ДПК помимо традиционных физико-механических и эксплуатационных характеристик важно оценить размер и характер распределения наполнителя.[10] Поэтому была проведена микротомография исследуемых образцов древесно-полимерных композитов на рентгеновском микротомографе SkyScan 1172 (рис.3). а) ДПК-ПЭ1 б) ДПК- ПЭ2 в) ДПК-ПП г) ДПК-ПВХ Рис. 3 - Фотографии структуры ДПК с различным типом связующего, полученные с помощью микротомографии Как видно из рис. 3 с помощью микротомографии можно оценить распределение наполнителей, размер частиц наполнителя, наличие пор, гомогенность изученных композиций. Максимальный размер частиц наблюдался у композиций ДПК-ПЭ1 и ДПК-ПВХ. Минимальный размер частиц и лучшее распределение наполнителя демонстрирует ДПК-ПЭ2. Наиболее гомогенную структуру демонстрируют композиции ДПК-ПЭ и ДПК-ПВХ. Для потребителя помимо прочностных характеристик важнейшее значение имеет поведение изделий в процессе эксплуатации. Коробление и выцветание являются основными дефектами, проявляющиеся в процессе эксплуатации. Для оценки общей долговечности и поведения готовых изделий в реальных условиях эксплуатации проводили испытания в специальных аппаратах искусственной погоды (везерометрах). В лабораторных условиях моделировали интенсивное воздействие солнечного света, дождя, образование конденсата и температурные перепады, проводя оценку светостойкости покрытий, материалов и изделий под воздействием солнца, дождя и температурных перепадов. Условия испытаний на светостойкость и атмосферостойкость образцов соответствовали эксплуатации под дождем и солнцем в течении 2,5 лет. Внешний вид изделий после испытаний представлен на рис. 4. а) ДПК-ПЭ1 б) ДПК-ПЭ2 в) ДПК-ПП г) ДПК-ПВХ Рис. 4 - Старение террасной доски Как видно из рис.4 максимальную сохранность геометрических размеров демонстрирует образец ДПК-ПЭ2. Достаточно удовлетворительное поведение демонстрирует образцы ДПК-ПВХ. Выводы Представленные на рынке промышленно выпускаемые ДПК отличаются типом связующего, размером частиц наполнителя, характером распределения и гомогенностью. Важно учитывать данные параметры наряду с прочностными характеристиками. Климатические испытания изделий из ДПК демонстрируют наиболее высокую долговечность образца ДПК - ПЭ2 с хорошей гомогенностью и минимальным размером частиц. При этом базовый полимер в данном композите обладает минимальной прочностью в исследованном ряду ДПК. Также некоторые недостатки связующего можно компенсировать конструкцией профиля.