

А. М. Юхимук , магистрант  
Н.А. Герман, доц., канд. техн. наук,  
Е.В. Дубоделова, доц. канд.техн. наук,  
Ю.С. Радченко, доц., канд.техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)  
Хусенов А.Ш., проф., д-р хим. наук  
(ТХТИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВТОРИЧНЫХ ВОЛОКОН**

Развитие технологий производства древесных композиционных листовых материалов (далее ДКМ), повышение качества продукции, модернизация существующих производств имеет важное значение для всего плитного направления. Производство продуктов и материалов из растительных полимеров на основе химической переработки древесины включено в перечень наиболее востребованных экономикой направлений, т.к. древесина является возобновляемым сырьем. Следует отметить, что в настоящее время наблюдается рост конкуренции и ужесточаются требования к качеству продукции, что способствует расширению ассортимента новых видов ДКМ, таких как ДСтП, ДВП и др.

Модификация клеевых составов позволяет улучшить свойства древесных композиционных листовых материалов: прочность, устойчивость к температурным изменениям, влаго- и водостойкость и др. Это способствует созданию более долговечных и качественных материалов, что важно для обеспечения высокой производительности конечных изделий.

Этот процесс также способствует повышению эффективности производства древесных композиционных листовых материалов. Модифицированные клеевые соединения могут ускорить процесс адгезии, снизить затраты на производство и повысить качество конечного продукта, что является важным аспектом для конкурентоспособности на рынке.

Таким образом, исследования в этой области имеют потенциал не только в улучшении качества и характеристик древесных композиционных листовых материалов, но и в экономической сфере.

Первым важным этапом в производстве ДКМ является анализ геометрических и технологических характеристик древесного наполнителя. Древесный наполнитель — это материал, созданный на основе древесины, который используется для повышения механических и эстетических характеристик композитных материалов. К его геометрическим характеристикам относятся: размер и форма частиц, плотность и пористость. Что

касается технологических свойств, то это: угол естественного обрушения, угол естественного откоса, таблетированность и текучесть.

Угол естественного обрушения и угол естественного откоса используются для определения сыпучести материала, то есть его способности равномерно заполнять пресс-форму. Определение этих углов позволяет более полно оценить поведение материала при его перемещении и уплотнении.

Таблетированность пресс-композиции обуславливает возможность высокопроизводительной переработки прессмассы в изделия, что позволяет значительно увеличить скорость производственного процесса. Она также влияет на однородность и плотность получаемых изделий, обеспечивая их высокое качество и долговечность. Кроме того, хорошая таблетированность способствует уменьшению потерь сырья и снижению затрат на производство, что делает процесс более экономически выгодным.

Текучесть характеризует способность материала при определенной температуре и давлении в процессе переработки заполнять полость формы.

Для изготовления древесностружечных плит основополагающим и решающим фактором является контроль размера частиц древесного сырья, который достигается путем фракционирования. Фракционирование – это процесс разделения древесной стружки на фракции различного размера и формы с помощью фракционатора. Разделение материала на фракции позволяет достичь необходимой однородности структуры, что существенно влияет на качество и прочностные характеристики готовых плит.

В таблице 1 представлены основные технологические характеристики древесного наполнителя (стружки) в зависимости от геометрических размеров дискретных частиц.

**Таблица 1 – Характеристика древесного наполнителя**

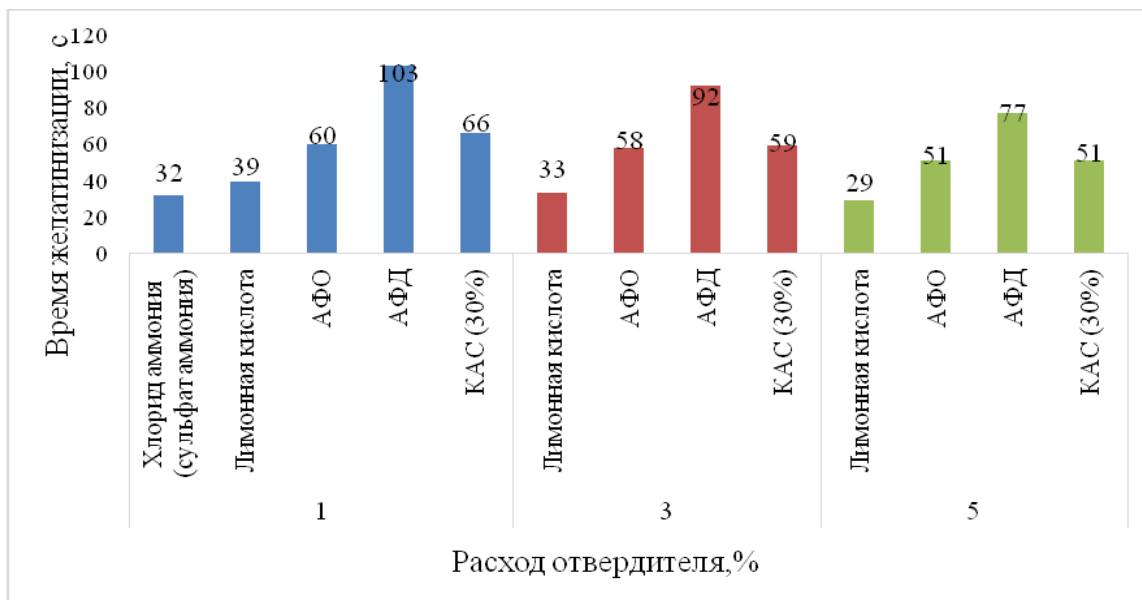
| Параметр                                          | Значения |         |         |
|---------------------------------------------------|----------|---------|---------|
|                                                   | 3,15/2,0 | 2,0/1,0 | 1,0/0,5 |
| Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>             | 164      | 185,9   | 188,3   |
| Сыпучесть:                                        |          |         |         |
| Угол естественного откоса, град                   | 48       | 47      | 55      |
| Угол естественного обрушения, град                | 90       | 90      | 90      |
| Таблетированность:                                |          |         |         |
| – диаметр, см                                     | 5        | 5       | 5       |
| – толщина, см                                     | 0,38     | 0,35    | 0,3     |
| – плотность, г/см <sup>3</sup>                    | 0,67     | 0,72    | 0,78    |
| Текучесть (диаметр после прессования образца), мм | 0,25     | 0,26    | 0,27    |

Из таблицы 1 видно, что фракция 3,15/2,0 используется для

внутреннего слоя плиты из-за ее способности обеспечить необходимые прочностные характеристики, в то время как фракции 2,0/1,0 и 1,0/0,5 предпочтительны для наружного слоя изделия. Этот выбор обусловлен важностью внешних характеристик ДСтП для отделки, где эстетические и финишные особенности становятся ключевыми.

Вторым важным этапом является разработка клеевых составов и исследование их свойств. Использование эффективного клеевого состава и изучение его свойств позволяют создавать материалы с оптимальными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. В качестве связующего использовали карбамидоформальдегидную смолу (далее КФС). Главными достоинствами КФС являются стабильность продукта при хранении, хорошая растворимость в воде, высокая скорость отверждения, хорошие адгезионные свойства.

Для ускорения процесса поликонденсации связующего, улучшения механических свойств и повышения термостойкости ДКМ при их изготовлении используются отвердители. В качестве отвердителей использовали хлорид аммония (сульфат аммония), лимонную кислоту, КАС (30%), аммоний фосфорнокислый однозамещенный и двузамещенный (далее АФО и АФД соответственно). На рисунке 1 приведены результаты испытаний клеевых составов на показатель, характеризующий время их отверждения при 100°C, а в таблице 2 приведены результаты испытаний на адгезионную прочность клеевого шва, которые определяют физико-механические характеристики ДКМ.



**Рисунок 1 – Результаты испытаний клеевых составов на время желатинизации при 100°C**

**Таблица 2 – Результаты испытаний на адгезионную прочность клеевого шва**

| Вид отвердителя                       | Расход отвердителя, % | Адгезионная прочность клеевого шва, МПа |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| Хлорид аммония (сульфат аммония)      | 1 (контроль)          | 1,07                                    |
| Аммоний фосфорнокислый однозамещенный | 1                     | 1,70                                    |
|                                       | 3                     | 1,80                                    |
| КАС (30%)                             | 1                     | 1,50                                    |
|                                       | 3                     | 1,55                                    |

Анализ клеевых составов показал, что отвердитель аммоний фосфорнокислый однозамещенный с расходом 3% от а. с. смолы имеет наилучшие характеристики: время желатинизации при 100°C – 58 с; адгезионная прочность клеевого шва – 1,80 МПа.

Для придания дополнительных прочностных характеристик ДКМ можно использовать различные добавки, такие как вторичные углеродные волокна и синтетические волокна (лавсан).

Углеродные волокна в составе древесных плит используются для улучшения механических свойств и повышения прочности материалов. Они имеют микроструктуру, состоящую из длинных молекул углерода, которые образуют прочные связи. Эти волокна могут быть одноосными или многослойными, что влияет на их механические свойства. К свойствам углеродных волокон можно отнести: высокую прочность на растяжение и высокую температуру плавления.

На рисунке 2 а, б представлены изображения ДВП и трёхслойной ДСтП с добавлением вторичных углеродных волокон соответственно.



а



б

а – ДВП с применением вторичных углеродных волокон;  
б – трёхслойная ДСтП, содержащая вторичные углеродные волокна

**Рисунок 2 – ДВП и трёхслойная ДСтП, содержащая углеродные волокна во внутреннем слое**

В таблице 3 представлены результаты испытаний лабораторного образца ДВП и трёхслойной ДСтП с добавлением вторичных углеродных волокон.

**Таблица 3 – Физико-механические свойства лабораторных образцов  
ДСтП и ДВП**

| Наименование показателя          | ДСтП (отвердитель сульфат аммония) – контрольный образец | ДСтП + углеродные волокна (отвердитель сульфат аммония) | ДСтП + углеродные волокна (отвердитель аммоний фосфорнокислый однозамещенный) | ДВП + углеродные волокна (отвердитель аммоний фосфорнокислый однозамещенный) |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Влажность, %                     | 4,51                                                     | 4,31                                                    | 4,33                                                                          | 10,087                                                                       |
| Линейное разбухание, %           | 34,38                                                    | 100                                                     | 32,21                                                                         | 44                                                                           |
| Водопоглощение, %                | 141,94                                                   | 147,23                                                  | 143,72                                                                        | 55                                                                           |
| Предел прочности при изгибе, МПа | 0,04                                                     | 0,02                                                    | 0,02                                                                          | 2,9                                                                          |

Лавсан – это синтетическое волокно, получаемое из полиэфирных полимеров, в частности, из терефталевой кислоты и этиленгликоля. Часто используется в ДКМ для армирования, что повышает прочность и долговечность конструкций. Свойства лавсана: высокая температура плавления, высокие диэлектрические свойства, устойчивость к влаге.

На рисунке 3 а, б представлены изображения ДВП и трёхслойной ДСтП с добавлением синтетического волокна лавсан соответственно.



**а**



**б**

а – ДВП с применением лавсана; б – трёхслойная ДСтП,  
содержащая волокно лавсан

**Рисунок 3 – ДВП и трёхслойная ДСтП,  
содержащие синтетическое волокно лавсан**

В таблице 4 представлены результаты испытаний лабораторного образца ДВП и трёхслойной ДСтП с добавлением синтетического волокна лавсан.

**Таблица 4 – Физико-механические свойства лабораторных образцов ДСтП и ДВП**

| Наименование показателя          | ДСтП<br>(отвердитель<br>сульфат ам-<br>мония) –<br>контрольный<br>образец | ДСтП +<br>лавсан<br>(отвердитель<br>сульфат аммо-<br>ния) | ДВП +<br>лавсан<br>(отвердитель<br>аммоний<br>фосфорнокислый<br>однозамещенный) |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Влажность, %                     | 4,053                                                                     | 3,93                                                      | 10,019                                                                          |
| Линейное разбухание, %           | 44                                                                        | 69,05                                                     | 44                                                                              |
| Водопоглощение, %                | 40                                                                        | 48                                                        | 55                                                                              |
| Предел прочности при изгибе, МПа | 2,55                                                                      | 3,8                                                       | 3,1                                                                             |

Применение синтетических и углеродных волокон действительно оказывает положительное влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства ДКМ.

Подводя итоги, можно сказать, что заданные свойства ДКМ возможно достичь за счет разработки их рецептур, оптимизированных для конкретных видов ДКМ, в частности для ДСтП и ДВП. В процессе моделирования можно варьировать различные виды древесного наполнителя, выбирать подходящие связующие и отвердители, а также добавлять вторичные материалы, такие как отходы растительной биомассы или более специфические (с комплексом специальных свойств), например, углеродные и синтетические волокна. Этот подход позволяет создавать инновационные композиционные составы, способствующие улучшению физико-механических и эксплуатационных характеристик ДКМ.

УДК 628.355.5

А. А. Масехнович, ассист.,  
Р. М. Маркевич, канд. хим. наук, доц.,  
М. В. Рымовская, канд. техн. наук, доц., Д. А. Савич, студ.  
(БГТУ, г. Минск)

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РАЗВИТИЕ НИТЧАТЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД**

Активный ил аэротенков подвержен вспуханию, которое чаще всего связывают с развитием нитчатых бактерий и некоторых грибов [1]. Высокая удельная площадь поверхности нитей способствует