

Электронный архив УГЛТУ

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Уральская государственная лесотехническая академия

**ТЕХНОЛОГИЯ
ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ
И ПЛАСТИКОВ**

Межвузовский сборник научных трудов

**Екатеринбург
1997**

УДК 674.8

Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. научн. тр./ Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург, 1997. 128 с. ISBN 5-230-25622-2.

В межвузовском сборнике помещены статьи преподавателей и сотрудников вузов. Рассматриваются вопросы производства древесных плит и пластиков с использованием новых материалов, позволяющих улучшить качество и снизить себестоимость производства, интенсификации процессов прессования. Много внимания уделяется получению и исследованию свойств новых связующих веществ для снижения токсичности и повышения физико-механических показателей древесных композиционных материалов, описаны новые виды плитных и отделочных материалов для мебели.

Утвержден редакционно-издательским советом Уральской государственной лесотехнической академии.

Редакционная коллегия:

доц. В.М. Балакин (УГЛТА, отв. редактор), Н.И. Коршунова (УГЛТА, отв. секретарь), проф. В.В. Глухих, доц. В.Г. Дедюхин (УГЛТА).

Рецензенты:

кафедра высокомолекулярных соединений Уральского государственного университета;
д-р хим. наук Салоутин В. (УрО РАН)

В В Е Д Е Н И Е

В межвузовском сборнике научных трудов "Технология древесных плит и пластиков" помещены статьи преподавателей и научных сотрудников вузов, представленные в редакцию в 1996-1997 гг.

В работах, помещенных в сборнике, приводятся результаты исследований и промышленной апробации древесноволокнистых плит, новых видов клеевых композиций на основе побочных лесохимических продуктов, рекомендации по интенсификации процесса прессования и определению продолжительности цикла прессования древесностружечных плит. Большое внимание уделено получению и исследованию новых видов связующих, в том числе модифицированных отходами производства. Применение этих связующих в производстве древесностружечных плит, масс древесных прессовочных, фанеры позволяет получать низкотоксичные древесные композиционные материалы с высокими физико-механическими показателями.

Приводятся сведения о новых перспективных видах плитных материалов (с сотовым наполнителем) для производства мебели, модифицированной водорастворимыми полимерами древесины, а также о высококачественных отделочных материалах для древесных облицованных плит.

Материалы сборника разнообразны по тематике и могут представлять практический интерес для научных и инженерно-технических работников деревообрабатывающей и смежных отраслей промышленности.

УДК 678.32

В.А. Самойлов, А.Д. Синегибская
(Братский индустриальный институт)

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИГНИНА ТАЛЛОВОГО ОМЫЛЕННОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ ДВП

В соответствии с разработанными ранее технологическими режимами в производственных условиях получены клеевые композиции из фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3013 и лигнина таллового омыленного (ЛТО) в соотношении 85:15 с пониженным содержанием свободного фенола и формальдегида. Полученное связующее использовано для получения опытной партии твердых древесноволокнистых плит. Физико-механические показатели выпущенной партии ДВП отвечают требованиям ГОСТ 4598-86. Связующее на основе смолы СФЖ-3013 и ЛТО рекомендуется в производстве твердых ДВП для сульфатно-целлюлозных предприятий, имеющих в своей структуре соответствующие цеха или заводы.

Ранее нами была показана возможность модификации фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3013 лигнином талловым омыленным (ЛТО)^{*}. При этом были найдены оптимальные условия омыления таллового лигнина, приготовления модифицированного связующего и определено влияние его состава и расхода к абсолютно сухому волокну на физико-механические показатели ДВП. Разработанные в результате лабораторных экспериментов технологические режимы далее были опробованы в производственных условиях завода ДВП БЛПК для выпуска опытных партий твердых ДВП.

С этой целью в цехе смол фанерного завода была получена клеевая композиция (связующее) из смолы СФЖ-3013 и ЛТО. На стадии подготовки сырья и омыления таллового лигнина в реактор загружался талловый лигнин с массовой долей сухих веществ 48,2% и кислотным числом 89 мг КОН/г из расчета приготовления его 39...43%-го раствора при омылении 4%-м водным раст-

^{*}Самойлов В.А., Синегибская А.Д., Донская Т.А., Старожицкий П.Я. Применение таллового лигнина в составе связующего для твердых древесноволокнистых плит // Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. Свердловск, 1992. С. 65-72.

твором гидроксида натрия. Смесь перемешивалась в течение 30 мин при температуре 70...80°C до полного омыления таллового лигнина (проба на полную смешиваемость с водой, рН не менее 9,1).

Физико-химические свойства отобранных образцов были определены в соответствии с техническими условиями ТУОП 13-7308058-08-88, разработанными СибНИИЦК. Контролируемые и регламентируемые показатели приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства ЛТО

Показатели	Норма для марки Б (Л-4)	Значение показателя	Метод испытания по ТУОП 13-7308058-08-88
Внешний вид	Пастообразный продукт коричневого цвета	-	-
Растворимость в воде	Полная	Полная	По п. 3.2
Массовая доля сухого вещества, %	40...55	48,2	По п. 3.3
рН, не менее	9,1	9,75	По п. 3.4
Массовая доля смолистых веществ, %, не более	15,0	14,8	По п. 3.5
Массовая доля сульфатного лигнина, %	Не регламентируется	22,3	По п. 3.6

Полученный водно-щелочной раствор ЛТО смешивался с готовой смолой СФЖ-3013 концентрацией 41,6% в том же реакторе. Готовая клеевая композиция перемешивалась и выдерживалась в реакторе при температуре 50°C в течение 30 мин. В отличие от предложенного технологического регламента не производилась доконденсация ЛТО со смолой СФЖ-3013 при температуре 80...90°C до набора вязкости 50...60 с по ВЗ-4. Отклонения были вызваны необходимостью предупреждения начавшегося пенообразования. Были также допущены некоторые отклонения от предложенной ре-

цептуры. Заданная и фактическая рецептуры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рецептура клеевой композиции

Сырье	Рецепт, заданный на 100%-е реагенты	Фактически загружено		Рецепт фактический на 100%-е реагенты
		масса, кг	концентрация, %	
Смола СФЖ 3013	100,00	2150	41,60	100,00
Талловый лигнин	17,64	350	48,20	18,70
Едкий натр	1,32	35	42,0	1,64
Вода для разбавления	-	105	-	-
Всего	118,96	2640	41,82	120,34

После этого образцы клеевой композиции были проанализированы лабораторией цеха смол и кафедрой химии Братского индустриального института. Средние результаты анализа даны в сравнении с показателями смолы СФЖ-3013 и представлены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-химические показатели смолы СФЖ-3013

и клеевой композиции

Показатели	СФЖ-3013 (ГОСТ 20907-75)	СФЖ-3013 из реактора цеха смол	Клеевая композиция СФЖ-3013 и ЛТО (опытная)
Сухой остаток, %	39...43	41,6	41,8
Вязкость, с	40...130	74,0	27,0
Массовая доля, % :			
свободного формальдегида	0,18	0,14	0,10
свободного фенола	0,18	0,12	0,07
щелочи	4,5...5,5	4,9	5,4

Полученная клеевая композиция в основном соответствует по свойствам смоле СФЖ-3013. Отмечено снижение массовой доли

свободного фенола и формальдегида, которое происходит, по-видимому, из-за их взаимодействия с компонентами в составе таллового лигнина (смоляными и непредельными высшими жирными кислотами, лигнином).

Клеевая композиция имеет низкую вязкость (27 с по ВЗ-4), что вызвано в основном отклонением от предложенного регламента (пониженная температура стадии доконденсации). Далее полученное связующее было перекачено из цеха смол на завод ДВП в бак для приготовления рабочего раствора (емкость бака 14 м³). Полученный рабочий раствор клеевой композиции использовался вместо водного раствора СФЖ-3013 для проклейки ДВП в производственных условиях на четырех потоках в течение суток. Сухой остаток рабочего раствора клеевой композиции колебался во время проведения опытных работ от 7,9 до 10,8%. Рабочий раствор клеевой композиции подавали в ящик для проклейки волокнистой массы.

При проведении опытных работ на заводе ДВП перерабатывалось хвойное древесное сырье из отходов фанерного завода в виде щепы, которая по фракционному составу в основном соответствовала ГОСТ 15815-83. Крупная фракция составляла 4,1%, нормальная - 75,4%, мелкая - 14,3%, поддон - 6,2%, кора - 4%. Щепы размалывалась в дефибраторе RT-50 и рафинаторе RR-50. Степень размола массы после дефибратора составляла 14...15 ДС, после рафинатора - 21...25 ДС, массовая доля волокна в бассейнах рафинаторной массы - 2,2...2,9%.

Расход клеевой композиции к абсолютно сухому волокну регулировался в пределах 0,56...0,62% в зависимости от концентрации рабочего раствора и скорости отливной машины. В ящик для проклейки одновременно подавалась парафиновая эмульсия с массовой долей парафина 6...8% в количестве 0,33...0,43% к массе абсолютно сухого волокна. В качестве осадителя в ящик непрерывной проклейки вводилась разбавленная серная кислота, pH после проклейки находилась в пределах 3,6...4,4. В массопроводе до поступления в напорный ящик волокнистая масса разбавлялась водой до содержания волокна 1,2...1,5%. Сухость ковра после отливочной машины составляла 25...27%.

Процесс прессования осуществлялся при температуре 190...195°C в две фазы. В фазе отжима давление прессования со-

ставляло 6,5 МПа, время прессования 80 с. В фазе сушки давление прессования 3,0...4,5 МПа, время прессования 320 с.

Полученные опытные ДВП подвергались закалке. Температура в камерах закаливания поддерживалась в пределах 150...155°C. Время выдержки при рабочей температуре 2 ч. Свойства полученных ДВП приведены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические показатели ДВП

Номер потока, связующее	Плотность, кг/м ³	Прочность при изгибе, МПа		Толщина, мм	Водопоглощение лицевого слоя, %	Разбухание, %
		после пресса	после закалки			
I поток, клеевая композиция	920	35,0	40,0	3,2	8,6	14,8
II поток, клеевая композиция	895	34,0	40,5	3,2	9,0	15,4
III поток, клеевая композиция	915	36,0	43,3	3,1	8,1	13,9
IV поток, клеевая композиция	910	34,0	42,5	3,1	8,9	14,9
По всем потокам, клеевая композиция	910	34,5	41,7	3,1	8,6	14,7
Среднесуточные данные, смола						
СФЖ-3013	905	-	40,0	3,2	9,4	14,4
Требования		-				
ГОСТ 4598-86	850... 1000		38-40	3,2± 0,3	9,0	20,0

Полученные данные свидетельствуют о том, что физико-механические показатели плит опытной выработки соответствуют требованиям ГОСТ 4598-86 на плиты твердые древесноволокни-

стые. Сравнительный анализ показал, что физико-механические показатели плит опытной выработки несколько выше среднесуточных показателей ДВП, выпускаемых заводом.

Технологических затруднений при использовании клеевой композиции в процессе проведения опытных работ не наблюдалось. После проведения опытных работ был доработан технологический регламент производства клеевой композиции из фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3013 и лигнина таллового окисленного. Технологический регламент включает характеристику исходного сырья и материалов, выпускаемой продукции (клеевой композиции). Дается технологическая схема, используемое оборудование, описание и основные параметры технологического процесса омыления таллового лигнина и получения клеевой композиции. Произведен расчет и представлена рецептура и размер загрузки сырья в пересчете на абсолютно сухое вещество, удельные нормы расхода сырья, материальный баланс производства клеевой композиции. В заключение дается аналитический контроль производства и основные правила безопасного ведения предлагаемого технологического процесса.

Выводы

1. Снижение массовой доли свободного фенола и формальдегида в составе клеевой композиции из смолы СФЖ-3013 и лигнина таллового омыленного позволит улучшить санитарно-гигиенические условия в производстве ДВП.

2. Применение клеевой композиции снизит расход дорогостоящей смолы СФЖ-3013 на 15%, что предполагает заметное улучшение экономических показателей завода ДВП БЛПК.

3. Физико-механические показатели плит опытной выработки и разработанный технологический регламент позволяют рекомендовать клеевые композиции из смолы СФЖ-3013 и ЛТО к внедрению в производстве твердых древесноволокнистых плит завода ДВП БЛПК без существенных изменений технологического процесса.

4. Разработанные и апробированные в производственных условиях клеевые композиции предлагаются тем предприятиям

сульфатно-целлюлозного производства, где в структуре ЦБК имеются заводы по производству фанеры или ДВП.

УДК 678.32

А.Д. Синегибская, В.А. Самойлов, Н.П. Космачевская
(Братский индустриальный институт)

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПЕКООМ ТАЛЛОВЫМ ОМЫЛЕННЫМ, В ПРОИЗВОДСТВЕ ДВП

Предложен способ упрочнения и гидрофобизации ДВП связующим, в состав которого входит фенолформальдегидная смола СФЖ-3013 и пек талловый омыленный (ПТО), взятые в соотношении 50:50. С целью повышения гидрофобных свойств ДВП в древесноволокнистую массу вводится дополнительно парафиновая эмульсия. Определен оптимальный расход исследуемого связующего и парафина к абсолютно сухой массе проклеиваемого волокна (0,7 и 0,4% соответственно). По физико-механическим показателям получаемые ДВП соответствуют ГОСТ 4598-86 на твердые плиты. Экономическая целесообразность обуславливается значительной экономией смолы СФЖ-3013 и парафина.

В настоящее время известен ряд способов применения таллового пека в производстве ДВП. По одному из них на отпрессованную плиту намазывают или распыляют расплавленный талловый пек при температуре не ниже 120°C в количестве 3...10% по массе и подвергают ее термообработке при 165°C в течение 2...4 ч [1, 2].

Этими же авторами талловый пек предлагается подавать в ящик непрерывной проклейки в виде эмульсии; распылять эмульсию на влажный ковер после прессовой части отливной машины; пропитывать отпрессованные плиты в маслопропитывающей машине. Наиболее эффективным оказался способ пропитки ДВП в маслопропитывающей машине. В перечисленных способах введения таллового пека получаемые ДВП имеют высокие физико-механические показатели, но внедрение их предполагает определенные изменения в технологическом процессе.

Ранее нами предлагался способ применения пека таллового омыленного (ПТО) в составе связующего для ДВП [3]. С этой целью готовилась 40%-я клеевая композиция из фенолоформальдегидной

смолы СФЖ-3013 и ПТО путем их смешения при температуре 70...80°C в течение 20...30 мин. Полученное связующее использовалось в производстве ДВП по обычной технологии. С целью сохранения достаточно высоких свойств связующего в соответствии с ГОСТ 20907-75 на смолы фенолоформальдегидные массовая доля ПТО в клеевой композиции должна составлять не более 15%.

На следующем этапе исследования было признано целесообразным увеличить долю ПТО в древесноволокнистой массе за счет отдельной подачи в нее смолы СФЖ-3013 и ПТО в виде 8%-х водных растворов или их смешения и дальнейшей подачи на проклеивание по обычной технологии. В качестве исходных материалов применялась смола СФЖ-3013 и пек талловый омыленный, выпускаемые на Братском ЛПК.

Смола СФЖ-3013 имела следующие показатели: сухой остаток 41,2%; массовая доля, %: свободного фенола 0,16, свободного формальдегида 0,15, бромлируемых веществ 14,2; вязкость по ВЗ-4 75 с.

Пек талловый омыленный представлял собой твердый продукт темно-коричневого цвета, полностью растворимый в воде. ПТО имел следующие показатели: температура размягчения 82°C; массовая доля, %: омыленных кислот 52,7, неомыленных веществ 25,5, окисленных веществ 22,2. Общая щелочность ПТО 3,8%.

В предварительных опытах 8%-е водные растворы смолы СФЖ-3013 и ПТО смешивались совместно в различных соотношениях и вводились в древесноволокнистую массу с общим расходом не более 0,7% к абсолютно сухому волокну.

По сравнению с ДВП, полученными на чистой смоле СФЖ-3013, прочностные показатели запрессованных ДВП заметно снизились при достижении доли ПТО в составе общего связующего выше 60%. При соотношении смолы СФЖ-3013 и ПТО 50:50 в связующем предел прочности ДВП при статическом изгибе составлял около 51 МПа, а разбухание 23%, что практически удовлетворяет требованиям ГОСТ 4598-86. Не вызывало сомнения, что омыление таллового пека снижает его гидрофобизирующую способность за счет образования водорастворимых натриевых солей высших жирных и смолянистых кислот. Поэтому в предварительных опытах в первую очередь пытались как можно полнее перевести соли этих кислот в свободные кислоты за счет подкисления проклеи-

ваемой древесноволокнистой массы серной кислотой до pH не менее 4,0. В этом случае связующее из смолы СФЖ-3013 и ПТО практически полностью осаждалось на волокне.

В другой серии предварительных опытов при постоянном соотношении смолы СФЖ-3013 и ПТО 50:50 в древесноволокнистую массу добавляли парафиновую эмульсию с расходом 0,2...0,5% к абсолютно сухой массе. Сразу было отмечено заметное улучшение разбухания и водопоглощения ДВП. По всем показателям испытываемые образцы ДВП соответствовали необходимым требованиям. С целью уточнения расхода суммарного связующего и 8%-й парафиновой эмульсии было проведено двухфакторное планирование эксперимента по Киферу-Кано. Для получения ДВП использовали технологическую щепу со следующим фракционным составом: 30 мм - 4,8%; 10 мм - 77%; 5 мм - 11,1%; опилки - 7,1%; кора - 3,1%. Щепа размалывалась в дефибраторе RT-50 и рафинаторе RR-50. Полученная древесноволокнистая масса со степенью размола 24 ДС и концентрацией 4,0% использовалась для проклейки в лабораторных условиях. Водные растворы смолы СФЖ-3013 и ПТО 8%-й концентрации в пропорции 50:50 вводились в древесное волокно и тщательно с ним перемешивались. Осаждение суммарного связующего на волокне производили серной кислотой концентрацией 2,5%, pH массы после проклейки регулировалась до значения 4,0. Отливку и формирование ковra производили в лабораторных условиях в отливной машине. Влажные плиты на металлических листах с подкладными сетками помещали в лабораторный пресс для холодной подпрессовки при давлении 3,5 МПа в течение 4 с. Далее образцы подавали в горячий гидравлический пресс. Прессование производили при постоянной температуре 185°C в две фазы: отжим влажной плиты - давление 6 МПа, продолжительность 15 с; сушка - давление 4,5 МПа, продолжительность 330 с. Закалка производилась в камерах закаливания при температуре 155°C в течение 3 ч. Затем образцы охлаждались до комнатной температуры и выдерживались 24 ч. Для каждого опыта прессовалось 4 плиты. Определение физико-механических показателей полученных ДВП производилось по ГОСТ 19592-80. Во всех опытах прессовались плиты толщиной $3,2 \pm 0,3$ мм, плотностью в пределах от 870 до 1000 кг/м³, влажностью от 5 до 8%.

Перечисленные выше технологические условия принимались за постоянные факторы двухфакторного планирования эксперимента. За переменные факторы приняты общий расход связующего X_1 , %, и расход парафиновой эмульсии X_2 , %, к абсолютно сухому волокну. В таблице приведены кодированные значения указанных переменных факторов x_1 и x_2 , соответствующие натуральные значения X_1 и X_2 , средние результаты измерений предела прочности при изгибе Y_1 , МПа, разбухание Y_2 , %, и водопоглощение Y_3 , %, которые были приняты как выходные показатели эксперимента в соответствии с ГОСТ 4598-86 для твердых ДВП марки Т.

После обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов на ЭВМ были получены следующие уравнения регрессии (для натуральных значений):

$$Y_1 = 42,6 + 6,64X_1 - 2,21X_2 - 0,94X_1X_2 + 0,9X_1^2;$$

$$Y_2 = 15,2 - 1,15X_1 - 2,75X_2 - 1,1X_1X_2 + 0,73X_2^2;$$

$$Y_3 = 7,75 - 0,49X_1 - 1,35X_2 + 0,36X_1X_2 + 0,4X_2^2.$$

Подтверждена адекватность полученных уравнений регрессии по критерию Фишера. Корреляционные отношения для уравнений находятся в пределах 0,95...0,98. Ошибки описания уравнениями результатов измерений не превышают 2%, а в среднем для всей серии опытов - 1%.

Математический план, натуральные значения переменных и результаты эксперимента

Номер опыта	Математический план		Натуральные значения переменных		Результаты испытаний (среднее из четырех)		
	x_1	x_2	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	+	+	1,2	0,9	53,5	8,5	10,2
2	-	+	0,2	0,9	48,5	6,5	15,5
3	+	-	1,2	0,1	46,0	7,6	18,0
4	-	-	0,2	0,1	38,0	9,9	18,0
5	+	0	1,2	0,5	49,5	6,7	14,5
6	-	0	0,2	0,5	46,5	6,5	14,9
7	0	+	0,7	0,9	43,0	5,9	13,0
8	0	-	0,7	0,1	46,0	11,1	18,3
9	0	0	0,7	0,5	48,5	6,2	15,8

Полученные уравнения регрессии были использованы для построения семейств однофакторных зависимостей изучаемых показателей от каждого из рассматриваемых факторов при различных фиксированных значениях остальных факторов в выбранном диапазоне варьирования. Анализ графиков этих зависимостей и экономические соображения позволяют сделать вывод, что оптимальный расход используемого связующего (50% смолы СФЖ-3013 и 50% ПТО) составляет 0,7% к абсолютно сухому волокну, а парафина - 0,4%. В этом случае физико-механические показатели ДВП имеют следующие значения: предел прочности на изгиб - 46,5 МПа, разбухание по толщине за 24 ч - 13,1%, водопоглощение - 6,9%. Дальнейшее повышение расхода суммарного связующего продолжает улучшать физико-механические свойства получаемых ДВП, но приводит к заметному снижению экономического эффекта. Техничко-экономические показатели производства ДВП в оптимуме применения ПТО в составе связующего повышаются за счет снижения расхода смолы СФЖ-3013 не менее чем на 30%, парафина на 20% по сравнению с существующей технологией на заводе ДВП Братского ЛПК. Более того, даже при минимальном расходе суммарного связующего и парафина (0,2 и 0,1% к абсолютно сухому волокну) физико-механические показатели получаемых ДВП соответствуют ГОСТ 4598-86 и составляют: предел прочности на изгиб - 41,1 МПа, разбухание - 14,7%, водопоглощение - 7,6%. В этом случае экономический эффект от применения ПТО в составе связующего может значительно увеличиться, так как расход смолы СФЖ-3013 уменьшится на 60%, а парафина на 80%. Следовательно, при выбранном составе связующего (50% смолы СФЖ-3013 и 50% ПТО), интервале его расхода (0,2...1,2%) и расхода парафина (0,1...0,9%) к абсолютно сухому волокну применение ПТО в производстве ДВП техничеки и экономически оправдано. В целом предлагаемый способ упрочнения и гидрофобизации ДВП с использованием ПТО является целесообразным и может быть рекомендован для осуществления опытных запрессовок в производственных условиях без существенных изменений имеющейся технологии.

Литература

1. А.с. 939496 СССР, МКИ В27 N3/04. Состав для изготовления древесноволокнистых плит/ Царев Г.И., Некрасова В.Б., Ковалев В.Е. и др. Опубл. в 1982. Бюл. №24.
2. Царев Г.И., Некрасова В.Б. Побочные продукты производства сульфатной целлюлозы и их использование при получении древесных плит/ Обзор. информ. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. Вып.1. С. 21-23.
3. Синегибская А.Д., Самойлов В.А., Головин А.И. Применение таллового пека омыленного в составе связующего для производства древесноволокнистых плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. Свердловск, 1991. С. 79-84.

УДК 674.049.2

О.Б. Денисов
(Красноярская государственная
лесотехническая академия)

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Технология высокопрочных древесностружечных плит должна включать ряд последовательных операций. Максимальное упрочнение достигается на равноплотных плитах с ориентацией крупноразмерной стружки в наружных слоях, запрессованных методом продувки пакета перегретым паром.

Хорошие результаты упрочнения получаются заменой крупноразмерной стружки в наружных слоях набором средних и мелких фракций резаной стружки, ориентированных в поле постоянного тока высокого потенциала.

Высокопрочные древесностружечные плиты - аналог по физико-механическим свойствам клееной фанеры. Технология высокопрочных древесностружечных плит может сочетать операции по ориентации стружки в ковре, прессованию равноплотных по толщине плит и дает возможность производить плиты повышенной толщины.

Для повышения прочности на статический изгиб $\sigma_{изг}$ обычно применяется ориентация крупноразмерной стружки механическим способом при формировании ковра. Более универсальна технология увеличения $\sigma_{изг}$ за счет ориентации набора средних и мелких фракций стружки в поле постоянного тока высокого потенциала [1]. Эта технология была опробована в цехе ДСП Красноярского ДОКа. Устройство для ориентации стружки устанавливали под первую и последнюю формирующие машины. В результате испытаний готовых плит получили прирост прочности $\sigma_{изг}$ в 1,5...2,5 раза.

Повышение предела прочности древесностружечных плит на растяжение перпендикулярно пласти σ_1 достигалось для плит стандартной толщины (до 28 мм) ускоренным сжатием стружечного пакета в прессе за счет увеличения на 30...40% удельного давления прессования $R_{уд}$ [2]. Затем $R_{уд}$ резко снижалось и прессование продолжали по стандартной диаграмме (рис. 1).

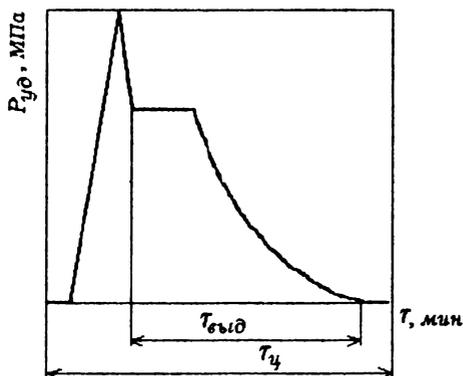


Рис.1. Диаграмма прессования древесностружечных плит с равномерной плотностью по толщине

ных плит воспринимать внешнюю нагрузку может быть достигнуто увеличением толщины плит. Обычные способы контактного нагревания стружечного пакета в прессе теряют свою эффективность при толщине плит выше 30 мм. Разработанный на кафедре способ прессования древесностружечных плит в

При ускоренном сжатии в толщине пакета, за исключением тонких поверхностных слоев, сохранялось начальное распределение температуры и влажности, что является условием одинаковой эластичности стружки и равномерного уплотнения пакета. Последнее обстоятельство позволяло увеличить σ на 30...50%.

Повышение способности древесностружеч-

одноэтажных прессах с продувкой стружечного пакета перегретым паром [3] позволяет выпускать плиты толщиной, ограниченной только высотой рабочего промежутка пресса. Одновременно решается задача сокращения выдержки в прессе в 3...5 раз и возможность производства толстых (60...90 мм) равноплотных по толщине плит. Прочность таких плит на растяжение перпендикулярно пласти повышается в 1,5...2 раза.

Прессование древесностружечных плит плотностью $\gamma=650\text{...}700 \text{ кг/м}^3$ с продувкой перегретым паром $t=200\text{...}220^\circ\text{C}$ осуществляется путем подвода пара через проникаемый поддон к нижней пласи стружечного пакета, а отвод - через проникаемую прокладку, контактирующую с верхней пласью пакета.

Диаграмма прессования (рис. 2) несколько отличается от стандартной.

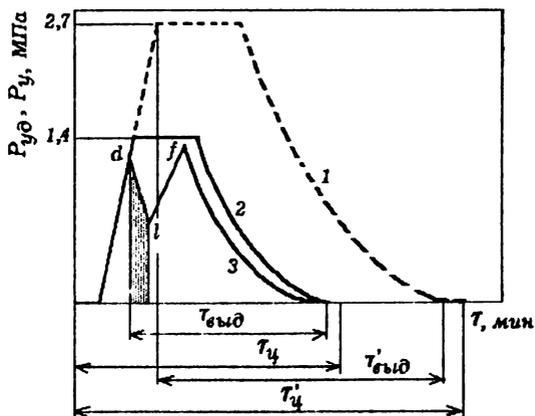


Рис. 2. Диаграммы прессования древесностружечных плит: 1 – контактный способ нагрева; 2 – продувка пакета перегретым паром; 3 – изменение упругого сопротивления пакета P_y при продувке паром

При сжатии пакета в прессе до плотности $\gamma=500\text{...}550 \text{ кг/м}^3$ (точка d на рис. 2) начинается продувка пакета перегретым паром до достижения в средних слоях температуры 100°C (точка л). Нагрев пакета паром сопровождается резкой релаксацией упругого

сопротивления сжатию P_y (участок $d-l$), что позволяет снизить удельное давление прессования $P_{уд}$ на 20...50% от расчетных значений. В точке l продувка паром прекращается. Продолжается уплотнение пакета до заданной толщины S древесностружечной плиты, что обуславливает небольшое нарастание $P_{уд}$ (участок $l-f$).

После прекращения подачи пара остаточное давление парогазовой смеси P_n через верхнюю проницаемую прокладку релаксируется до безопасного для качества плит уровня 0,03...0,05 МПа. Влажность древесностружечных плит в конце прессования не превышает стандартных значений $U=10...12\%$, а из цикла прессования исключаются затраты времени $\tau_{суш}$ на удаление избыточной влаги. Тогда продолжительность прессования плиты в прессе определится:

$$\tau_{выд} = \tau_{пр} + \tau_{отв}$$

где $\tau_{пр}$ - продолжительность прогрева пакета, мин;

$\tau_{отв}$ - продолжительность отверждения связующего при 100°C.

Продолжительность прогрева пакета $\tau_{пр}$ на рис. 2 определяется проекцией участка $d-l$ на ось абсцисс.

Опытные запрессовки показали, что при прессовании плит плотностью $\gamma=650...750$ кг/м³ удается сократить удельную продолжительность прессования до $\tau_{уд}=0,05...0,1$ мин/мм.

Литература

1. Востров В.П. Электротехнология в деревообработке. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 192 с.
2. Денисов О.Б. Древесностружечные плиты с равномерной плотностью по толщине// Проблемы химико-лесного комплекса: Тезисы докл. научн. конф. Красноярск, 1996. С. 69.
3. Таращанский Г.Л., Куликов И.Н., Суворова С.А. Интенсификация прогрева стружечного пакета путем продувки слоя перегретым паром. Красноярск, 1983. Деп. в ВНИИЭИлеспром, 1983, 1099 лб. 12 с.

УДК 674.815-41:613.63

Е.М. Разиньков
(Воронежская государственная
лесотехническая академия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Предложена формула для определения продолжительности прессования древесностружечных плит. Формула выведена на основании действия основных процессов (склеивания древесных частиц, теплопереноса, упругого сопротивления стружечного пакета сжатию) при производстве древесностружечных плит. Предложенная формула позволяет получать более точные результаты и удобна для практического пользования.

Продолжительность прессования древесностружечных плит (ДСтП) является одним из главных технологических параметров, определяющих качество плит и производительность цеха ДСтП. В настоящее время имеется ряд формул для расчета величины этого параметра [1-3]. Однако одни из них не в полной мере учитывают влияние на этот выходной параметр ряда основных технологических факторов, что снижает точность расчетов по ним, другие формулы сложны в практическом использовании.

Так, в действующей технологической инструкции на производство ДСтП [1] продолжительность прессования τ_n , мин/мм, является функцией следующих параметров:

$$\tau_n = f(\rho_n, W_n, t_n, W), \quad (1)$$

где ρ_n и W_n - соответственно плотность, кг/м³, и влажность плиты, %;

t_n - средняя температура всех нагревательных плит, °С;

W - влажность пакета, %.

По И.А. Отлеву [2] продолжительность прессования зависит от следующих параметров:

$$\tau_n = f(\rho_n, W_{nc}, t_n, W), \quad (2)$$

где W_{nc} - влажность наружных слоев, %.

По А.Н. Обливинову [3] продолжительность прессования ДСтП зависит от большого количества факторов, основные из которых приведены ниже:

$$\tau_n = f (R, \rho_n, t_n, \nu, K_o, W, \xi, l_o, m_j), \quad (3)$$

где R - гидравлическое сопротивление контактного слоя древесно-стружечный брикет - плита пресса;

ν - кинематическая вязкость парогазовой смеси, м²/с;

K_o - условный коэффициент проницаемости;

ξ - степень осмоления пакета;

l_o - линейный параметр частиц исследуемого слоя;

m_j - относительные массовые доли фракций, составляющих слой.

Однако численная связь τ_n со всеми этими факторами в формуле (3) довольно сложная, что создает большие трудности для пользования ею на практике.

Предлагаемая нами формула (11) включает в себя большее количество факторов, чем содержат известные формулы (1), (2), что позволяет более точно установить величину τ_n . В отличие от известной формулы (3) она более удобна для практического пользования.

Для получения формулы продолжительности прессования ДСтП мы исходили из существующих известных представлений процесса прессования плит, когда на стружечный пакет действуют одновременно и упругие и усадочные деформации.

Давление упругих деформаций стружечного пакета сжатием в горячем прессе P_y , МПа, определяется известным выражением [4]:

$$P_y = P_{рел} - P_{ус} \quad (4)$$

где $P_{рел}$ - давление в стружечном пакете при релаксации в нем напряжений (сопротивление релаксации стружечного пакета), МПа; $P_{ус}$ - давление в стружечном пакете при его усадке в горячем прессе, МПа.

Теоретически рассчитать P_y при прессовании ДСтП очень сложно. Для практического использования может быть применима известная экспериментальная зависимость [5]:

$$P_y = 0,413 + 0,0031\rho_n - 0,01755W - 0,26P_n - 0,00555t_n - 0,0055\tau_n. \quad (5)$$

Остаточное давление упругих деформаций вызывает распрессовку выгруженных из пресса ДСтП и тем самым приводит к увеличению толщины последних или к их разнотолщинности.

Электронный архив УГЛТУ

Известна связь между разнотолщинностью δ_p , %, и давлением упругих деформаций стружечного пакета сжатия P_y , МПа [5]:

$$\delta_p = 6,1 P_y. \quad (6)$$

По результатам наших исследований величина P_y зависит от значительно большего количества факторов, чем приведено в формуле (5).

Полученная нами зависимость приведена ниже.

$$P_y = \frac{16,4 K_y}{6,1} \left\{ \rho_{д} \left[\frac{1}{1 + (C + W_n) 10^{-2}} \right] - 1 \right\} - \frac{K_{yc}^n}{6,1} (K_1 W - W_n) \pm \frac{100 \delta_c}{6,1}, \quad (7)$$

где K_y - коэффициент упругости ДСтП;

$\rho_{д}$ - плотность древесного сырья при влажности 8%, из которого изготовлена стружка, кг/м³;

C - содержание связующего в ДСтП, % от массы абсолютно сухой стружки;

K_{yc}^n - коэффициент усадки ДСтП;

K_1 - коэффициент, учитывающий различие в начальной влажности стружечно-клеевой смеси W , %, и влажности в момент посадки плит пресса на дистанционные планки $W_{д.п}$;

δ_c - разнотолщинность ДСтП, вызванная прогибом плит пресса, %.

По данным [6] величина $W_{д.п}$ примерно на 0,5% ниже величины W .

$$K_1 = \frac{W_{д.п}}{W} = \frac{W_{д.п} - 0,5}{W}. \quad (8)$$

При правильно выбранном режиме горячего прессования ДСтП $P_y=0$ и $\delta_c=0$.

Электронный архив УГЛТУ

Экспериментально нами установлена зависимость плотности ДСтП $\rho_{ДП}$ кг/м³, от основных технологических факторов:

$$\rho_{ДП} = \frac{7,382 \tau_n t_n (100 + C)}{\delta_n (60,03 + C)} \quad (9)$$

При подстановке в (7) значения $\rho_{ДП}$ из (9) и принятии $P_y = 0$ и $\delta_c = 0$ формула (7) будет иметь вид:

$$\frac{16,4 K_y^n (738,2 \tau_n t_n + 7,382 C \tau_n t_n)}{\rho_g \rho_n (60,03 + C) \left[1 + (C + W_n) 10^{-2} \right]} - \frac{K_{yc}^n (K_{1cn} - W_n)}{6,1} = 0 \quad (10)$$

Выражая из (10) величину t_n , получим, τ_n^{min} , мин:

$$\tau_n^{min} = \frac{\left[16,4 K_y^n + K_{yc}^n (K_{1cn} - W_n) / 6,1 \right] \delta_n \rho_g (60,03 + C) \left[1 + (C + W_n) 10^{-2} \right]}{121 K_{1cn}^n (100 + C)} \quad (11)$$

$$K_y^n = \frac{0,413 + 0,0031 \rho_n - 0,01755 W - 0,26 P_n - 0,00555 t_n + 0,055 \tau_n + \frac{K_{yc}^n}{6,1} (K_{1cn} - W_n) \pm \frac{100 \delta_c}{6,1}}{16,4 \left\{ \frac{\rho_n}{\rho_n} \left[\frac{1}{1 + (C + W_n) 10^{-2}} \right] - 1 \right\}} \quad (12)$$

Экспериментальным путем нами были определены коэффициенты усадки ДСтП по толщине на различных видах связующих:

- карбамидоформальдегидном - 0,548;
- фенолоформальдегидном - 0,980;
- диизоцианатном - 0,468;
- гипсовом - 0,090.

Таким образом, формула (11) включает в себя значительно большее количество факторов, чем формулы (1) и (2). Дополнительно включены такие важные технологические факторы, как ρ_d , C , P_D а также K_{yc}^n и δ_c .

Сравнительные результаты расчета τ_n по известным формулам (1) и (2), а также по предложенной нами (11), приведены ниже. Для расчета были приняты наиболее распространенные параметры: плотность древесного сырья (осина), ρ_d , кг/м³ - 480; содержание связующего C , % - 12,6; влажность ДСтП W_D , % - 8,0; плотность ДСтП ρ_n , кг/м³ - 720; температура прессования t_n , °С - 180; давление прессования P_D , МПа - 2,5; коэффициент усадки ДСтП K_{yc} - 0,548.

Результаты показали, что по формуле (1) продолжительность прессования $\tau_n=0,320$ мин/мм толщины ДСтП; по (2) - 0,338; по (11) - 0,308, т.е. имеет место завышение величины τ_n от 3,9% (1) до 9,7% (2) в сравнении с величиной τ_n по (11).

Однако в зависимости от принимаемых значений технологических факторов изготовления ДСтП различие в результатах по формулам (1), (2) и (11) может быть значительно выше и достигать 30% как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

Экспериментальные работы, проведенные на практике, показали целесообразность использования предложенной формулы расчета τ_n для получения качественных ДСтП.

Литература

1. Технологическая инструкция по производству древесностружечных плит пониженной токсичности на модернизированных линиях СП-25 и СП-35. Балабаново, 1989. С.55.
2. Отлев И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1989. С.172.
3. Обливин А.Н. Процессы и аппараты производства древесных плит и пластиков. М.: Экология, 1991. 445 с.
4. Соснин М.И., Климова М.И. Физические основы прессования древесностружечных плит. Новосибирск, 1981. 193 с.

5. Разживин А.Е. Исследование некоторых вопросов процесса прессования и разработка способов повышения качества ДСтП: Дис. ... канд техн. наук Красноярск, 1971. 173 с.

6. Жуков В.П. Исследование влияния технологических факторов прессования на толщину ДСтП: Дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 1966. 197 с.

УДК 674.815+621.319

В.В. Огурцов, Ю.С. Баранов
(Красноярская государственная
лесотехническая академия)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС СМЕШИВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ С ПОРОШКО- ОБРАЗНЫМ СВЯЗУЮЩИМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Для получения качественной древесно-клеевой композиции предложено смешивать порошкообразное связующее с древесными частицами в электрическом поле. Определены характеристики электрического поля и древесных частиц, влияющие на равномерность осаждения связующего на частицы и их адгезионное взаимодействие.

В данной работе была выдвинута гипотеза о возможности повышения производительности цеха ДСтП за счет сокращения цикла прессования путем замены жидкого связующего на порошкообразное. При этом предполагалось, что с использованием порошкообразного связующего вместо жидкого сокращается цикл прессования ДСтП и снижаются затраты электроэнергии и соответственно себестоимость ДСтП, так как отпадает необходимость в удалении влаги, вносимой связующим. Учитывалось и то, что при замене жидкого связующего на порошкообразное возникает ряд достаточно сложных задач. Во-первых, необходимо обеспечивать равномерное распределение порошкообразного связующего по всему объему древесностружечного пакета. Во-вторых, нанесенное связующее следует надежно закреплять на древесных частицах и не допускать его перераспределения по объему древесно-клеевой композиции при транспортировке.

В качестве порошкообразного связующего использовалась мочевиноформальдегидная смола марки УКС-2 с диэлектрической проницаемостью 4, плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$ и влажностью 2-3%.

При исследовании электрофизических свойств частиц древесины и связующего целесообразно представлять их соответственно в виде трехосного эллипсоида и сферы с постоянными значениями плотности, проводимости и диэлектрической проницаемости.

При движении заряженной частицы в электрическом поле на нее действуют силы, равнодействующая которых определяется выражением:

$$F = F_n + F_c + F_a + F_g + F_B + F_c', \quad (1)$$

где F_n - электростатическая сила; F_c - кулоновская сила; F_a - архимедова сила; F_g - сила тяжести; F_B - сила электрического ветра; F_c' - сила сопротивления среды при движении частицы.

Проведенные расчеты показали, что вклад этих сил в закон движения частицы различен. Так, электростатическая сила в 10^4 раз меньше силы кулоновского взаимодействия, поэтому ею можно пренебречь. Архимедова сила в 10^3 раз меньше, чем сила сопротивления среды и в практических расчетах ее можно не учитывать. Сила электрического ветра ничтожно мала и учитывается только для частиц размером менее 250 мкм. Следовательно, силами, определяющими закон движения частиц, являются: кулоновская сила F_c , сила тяжести F_g и сила сопротивления среды F_c' (рис. 1).

Наибольшее влияние на движение древесной частицы в электрическом поле будут оказывать две силы: F_c - кулоновская сила, которая перемещает частицу в направлении электрического поля и зависит от напряженности электрического поля и заряда частицы; F_g - сила тяжести, которая в основном определяет траекторию ее движения.

Наибольшее влияние на движение порошкообразного связующего в электрическом поле оказывает кулоновская сила - она на три порядка больше силы тяжести, под действием которой частица двигается по силовым линиям электрического поля.

Из анализа сил, действующих на заряженные частицы в электрическом поле, можно представить следующую картину их смешивания. Древесные частицы, обладая значительной массой, плохо управляются электрическим полем. Движение этих частиц

происходит под действием сил тяжести с ориентацией по силовым линиям электрического поля. Частицы связующего, легко управляемые электрическим полем, в межэлектродном пространстве перемещаются по его силовым линиям, пронизывают поток древесных частиц. Таким образом, частицы порошкообразного связующего и древесины, заряженные разноименно, взаимодействуют друг с другом с осаждением частиц связующего на древесные частицы [1].

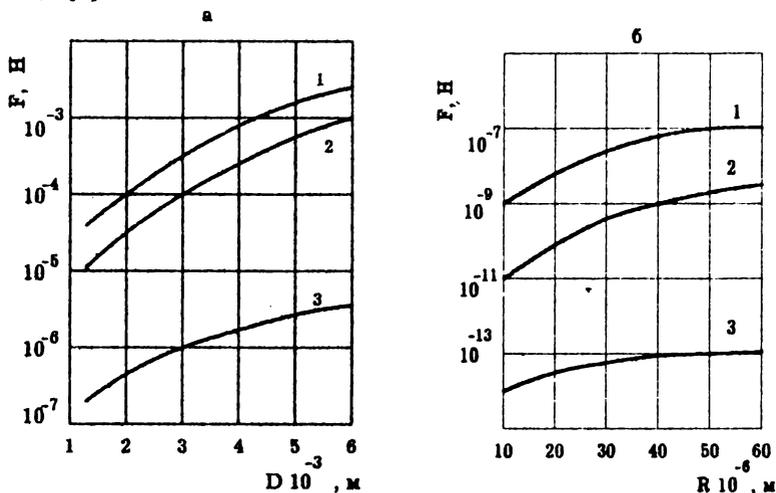


Рис. 1. Зависимости сил, действующих на древесную частицу а и на частицу связующего б в электрическом поле, от ее размеров: D - номинальный диаметр трехосного эллипсоида, R - радиус частиц; 1 - кулоновская сила; 2 - сила тяжести; 3 - сила сопротивления среды

По технологии производства ДСтП после процесса смешивания древесно-клеевая композиция подвергается различного рода транспортировке. В результате этого происходит перераспределение связующего по ее объему, что приводит к ухудшению качества готовой продукции. Поэтому задача состоит не только в том, чтобы равномерно распределять связующее по объему древесно-клеевой композиции, но и чтобы адгезионные силы надежно удерживали связующее на древесных частицах при значительных вибрационных нагрузках.

Рассмотрим силы, влияющие на адгезионное взаимодействие между частицами. Равнодействующая этих сил определяется из выражения:

$$F = F_M + FЭ + F_K + F_З + F_{кап} , \quad (2)$$

где F_M - молекулярная сила; $FЭ$ - электрическая сила; F_K - кулоновская сила; $F_З$ - сила зеркального отображения; $F_{кап}$ - капиллярные силы.

Вклад этих сил в адгезионное взаимодействие различен. Анализ показывает, что основной силой, определяющей адгезионное взаимодействие, является кулоновская сила (рис. 2). Следовательно, адгезионное взаимодействие порошкообразных частиц с древесной частицей зависит в основном от величины их зарядов, которые, в свою очередь, зависят от напряженности электрического поля, влажности окружающей среды и от собственной влажности частиц.

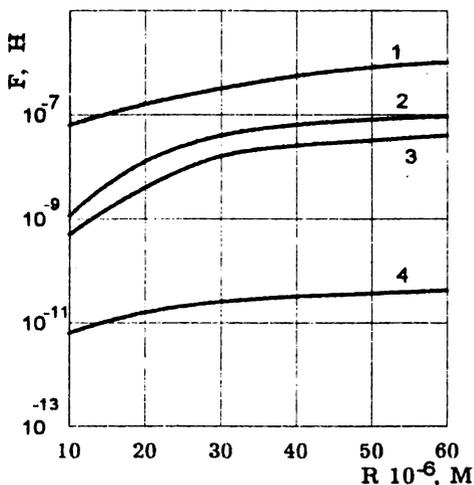


Рис. 2. Зависимость сил адгезионного взаимодействия от размеров частиц: 1 - сила молекулярного взаимодействия; 2 - кулоновская сила; 3 - сила зеркального отображения; 4 - сила тяжести

Для определения влияния различных факторов на процесс нанесения порошкообразного связующего на древесные частицы были разработаны и изготовлены специальные установки. Установка для нанесения порошкообразного связующего состоит из высоковольтного источника питания, торсионных весов, компрессорной установки и специальной камеры для нанесения связующего. Стенд для определения адгезионного взаимодействия включает в себя следующие блоки: вибростенд, звуковой генератор, усилитель мощности, блок питания и контрольные приборы [2].

При нанесении порошкообразного связующего на древесные частицы в электрическом поле варьировалась напряженность электрического поля, влажность древесных частиц и влажность окружающей среды. Проведенные эксперименты подтвердили результаты теоретических исследований. Основное влияние на процесс нанесения связующего оказывает напряженность электрического поля (рис. 3). При его увеличении от 0 до 2 кВ/см количество нанесенного связующего возрастает, дальнейшее увеличение напряженности приводит к его снижению. Объясняется это тем, что частицы связующего, осевшие на древесной частице, отгалкивают одноименно заряженные частицы связующего, находящиеся в воздухе.

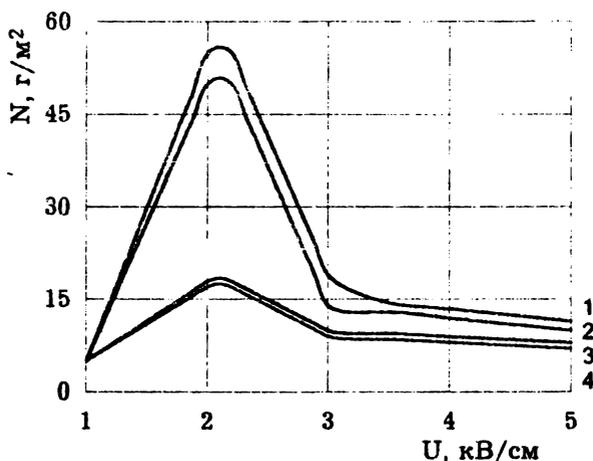


Рис. 3. Зависимость количества N нанесенного (1,2) и оставшегося (3,4) связующего на древесной частице от напряженности электрического поля U : 1 - $W_{др}=20\%$; 2 - $W_{др}=12\%$; 3 - $W_{др}=20\%$; 4 - $W_{др}=12\%$

Зависимость количества нанесенного порошкообразного связующего от напряженности электрического поля описывается регрессионным уравнением (3). Коэффициенты корреляции близки к единице (коэффициенты уравнения приведены для $U=5$ кВ/см и $W_{др}=12\%$).

$$Y = \frac{X}{(27,35 X^2 - 0,536 X + 0,003)} \quad (3)$$

При увеличении напряженности электрического поля возрастают заряды частиц связующего и древесины. За счет этого возрастают адгезионные силы. В результате большее количество связующего остается на древесной частице после испытания на вибростенде (рис. 4).

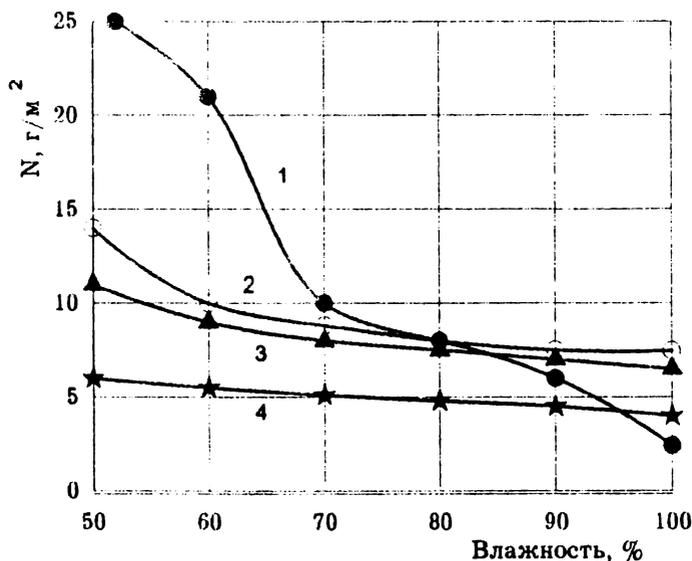


Рис. 4. Зависимость количества N оставшегося связующего на древесной частице от влажности окружающей среды при $W_{др}=12\%$ и при напряженности электрического поля: 1 - 2 кВ/см; 2 - 3 кВ/см; 3 - 4 кВ/см; 4 - 5 кВ/см

Изменение относительной влажности окружающей среды оказывает влияние как на процесс нанесения связующего, так и на адгезионное взаимодействие между древесной частицей и связующим (см. рис. 4). Увеличение влажности вызывает уменьшение заряда частиц, что приводит к уменьшению наносимого связующего, а также к уменьшению адгезионного взаимодействия.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают, что при изменении влажности окружающей среды от 50% до 100% силы электрического поля существенно уменьшаются. Это ослабление кулоновской силы приводит к уменьше-

нию количества наносимого порошкообразного связующего на древесные частицы в 2...3 раза.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие основные выводы и рекомендации.

1. Для получения качественной древесно-клеевой композиции частицы порошкообразного связующего и древесины после разноименной зарядки смешиваются в электрическом поле. При этом частицы связующего, легко управляемые электрическим полем, перемещаются по силовым линиям поля, пронизывая поток более инерционных древесных частиц и осаждаясь на них равномерно.
2. Величина заряда древесной частицы в поле высокого напряжения зависит от ее размеров, а время заряда - от ее влажности. В условиях производства ДСтП для получения максимального заряда древесной частице необходимо находиться в электрическом поле напряженностью 4...5 кВ/см примерно 0,1...0,3 с. При установившейся скорости движения древесных частиц 2,5...2,8 м/с размеры зарядного устройства составляют 0,25...0,8 м.
3. Величина заряда порошкообразной частицы связующего зависит в основном от ее размеров и напряженности электрического поля. Для требуемой управляемости движением частиц в пространстве их размеры не должны превышать 100 мкм. Напряженность электрического поля должна регулироваться в пределах 3...5 кВ/см.
4. После равномерного распределения связующего по объему древесных частиц их необходимо «скрепить» таким образом, чтобы не происходило перераспределение компонентов в процессе их различных перемещений. С увеличением напряженности электрического поля возрастают адгезионные силы между частицами древесины и связующего. При напряженности электрического поля не менее 4 кВ/см обеспечивается надежное закрепление частиц связующего на древесине.
5. На адгезионное взаимодействие порошкообразных частиц с древесиной оказывает отрицательное влияние влажность окружающей среды. Для получения качественной древесно-

клеевой композиции необходимо поддерживать влажность воздуха не более 50%.

Результаты исследований приняты техническими советами АО КИСК и Овсянкинский ДПК для использования при реконструкции цехов ДСтП.

Литература

1. А.с. 642212 СССР, МКИ В27 N3/18. Устройство для смешивания древесных частиц со связующим/ Востров В.Н., Вайс А.А., Баранов Ю.С. № 2500514/29-15; Заявл. 23.06.77; Оpubл. 1979, Бюл. №2.

2. Баранов Ю.С., Вайс А.А., Востров В.Н. К вопросу изменения адгезионных сил порошкообразного связующего на древесине// Стандартизация и измерительная техника: Межвуз. сборн. науч. трудов. Красноярск: КПИ. 1978, №4. С. 115-117.

УДК 678.652+674.815-41

В.Г. Буриндин, В.В. Глухих, С.В. Томилова,
Т.А. Глазырина
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КАРБАМИДНОЙ СМОЛЫ ПКП-11 ДЛЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Проведены промышленные эксперименты получения малотоксичной карбамидной смолы марки ПКП-11 периодическим способом на технологической линии ПК "Полимер" АООТ "Уралхимпласт" (г. Нижний Тагил). Получены статистические модели влияния технологических факторов на свойства полупродуктов, готовой смолы и ДСтП, достоверность которых подтверждена выпуском опытно-промышленных партий КФС и ДСтП на их основе.

Для управления технологическими процессами необходимо знать количественные взаимосвязи между значениями технологических параметров и свойствами готовой продукции. Знание этих закономерностей позволяет не только прогнозировать ход техно-

логических процессов, но и оптимизировать свойства получаемой продукции.

В связи с тем, что получение детерминированных математических моделей химических процессов требует глубокого знания физико-химических закономерностей, а также больших затрат средств и времени, в работе были исследованы статистические модели свойств полупродуктов и готовой смолы ПКП-11 для реальных промышленных условий ПК "Полимер".

Хотя статистические математические модели обладают меньшей прогнозирующей способностью, чем детерминированные, но для их получения не требуется знать механизмы и закономерности всех процессов. Модель строится на основании статистической обработки данных экспериментов и представляет собой формальное описание взаимосвязи между входными и выходными параметрами процессов.

Анализ результатов показывает, что путем проведения активного эксперимента и оптимизации математических статистических моделей свойств КФС марки КФ-МТ-15 и ДСтП на ее основе можно получать плиты класса эмиссии формальдегида E2 [1,2]. Найденные оптимальные условия в рамках технологии КФ-МТ-15 позволили разработать новую марку смолы КФ-МТ-15Н (ТУ 25.471-42-94), которая дает возможность стабильно получать ДСтП с выделением формальдегида не более 15 мг/100 г плиты.

Исследованиями, проводимыми на кафедре технологии переработки пластмасс УГЛТА [1], показано, что физико-механические свойства ДСтП и их токсичность определяются функциональным составом КФС. Считаем, что формирование химического строения и функционального состава готовых КФС в основном определяется соотношением и составом мономерных продуктов, образующихся на первой стадии синтеза смол. Эта гипотеза согласуется с высказыванием Richard M. Rammon [3] о том, что на щелочной стадии имеется больше возможностей в изменении структуры КФС, чем на кислой стадии.

В связи с этим нами была предпринята попытка путем изменения химического состава конденсационного раствора добиться получения КФС, позволяющих изготавливать экологически безопасные древесные композиционные материалы класса E0-E1.

С этой целью нами разработан новый способ синтеза КФС путем предварительного получения карбамидоформальдегидного конденсата (КФК) с мольным соотношением К:Ф = 0,8-2,0:1 [4].

Все технологические параметры синтеза КФС ПКП-11 условно разделены на факторы Z_i и свойства изучаемых объектов y_j . К входным факторам отнесены такие параметры технологического процесса синтеза КФС, которые можно на ПК "Полимер" не только измерять, но и регулировать. Под изучаемым объектом подразумевали свойства полупродуктов, готовой смолы и ДСтП.

Статистическая математическая модель объекта представлена в виде системы линейных полиномов первого порядка:

$$y_1 = b_0^{(1)} + b_1^{(1)}Z_1 + b_2^{(1)}Z_2 + \dots + b_i^{(1)}Z_i + \dots + b_k^{(1)}Z_k;$$

$$y_2 = b_0^{(2)} + b_1^{(2)}Z_1 + b_2^{(2)}Z_2 + \dots + b_i^{(2)}Z_i + \dots + b_k^{(2)}Z_k;$$

$$y_3 = b_0^{(3)} + b_1^{(3)}Z_1 + b_2^{(3)}Z_2 + \dots + b_i^{(3)}Z_i + \dots + b_k^{(3)}Z_k;$$

.....

$$y_j = b_0^{(j)} + b_1^{(j)}Z_1 + b_2^{(j)}Z_2 + \dots + b_i^{(j)}Z_i + \dots + b_k^{(j)}Z_k;$$

.....

$$y_n = b_0^{(n)} + b_1^{(n)}Z_1 + b_2^{(n)}Z_2 + \dots + b_i^{(n)}Z_i + \dots + b_k^{(n)}Z_k,$$

где y_j - расчетные значения свойства объекта; j - индекс свойства объекта; i - индекс фактора; n - число свойств объекта в модели; k - число факторов в модели; $b_i^{(j)}$ - коэффициент, оценивающий эффект влияния на j -е свойство объекта i -го фактора.

Были получены данные о протекании технологических операций синтеза ПКП-11 периодическим способом и их свойствах, а также были изготовлены и испытаны по ГОСТ 10632-89 лабораторные образцы ДСтП (табл.1,2).

Исходя из анализа литературных данных и состояния технологического контроля, на ПК "Полимер" в качестве независимых входных факторов Z_i при синтезе смолы ПКП-11 были взяты следующие :

Z_1 - применение этиленгликоля в количестве 0,1 % от массы конденсационного раствора (0 - нет; 1 - да) ;

Z_3 - применение КФК для получения конденсационного раствора (0 - не используется ; 1 - КФК мольного соотношения К:Ф=1:1; 1,4 - КФК мольного соотношения 1,4:1) ;

- z_4 - кислотное число формалина , % ;
- z_5 - массовая концентрация метанола в формалине , % ;
- z_6 - массовая концентрация формальдегида в формалине , % ;
- z_7 - количество добавленного раствора NaOH на стадии приготовления конденсационного раствора, л ;
- z_{22} - начальное мольное соотношение формальдегида и карбамида на стадии приготовления конденсационного раствора.
- z_{23} - температура реакционной массы на стадии конденсации в нейтральной среде, $^{\circ}\text{C}$;
- z_{27} - pH реакционной массы на стадии конденсации в кислой среде ;
- z_{28} - температура реакционной массы на стадии кислой конденсации , $^{\circ}\text{C}$;
- z_{31} - степень конденсации на кислой стадии ;
- z_{34} - pH реакционной массы на стадии нейтрализации и сушки;
- z_{35} - температура на стадии нейтрализации и сушки , $^{\circ}\text{C}$;
- z_{40} - pH реакционной массы на стадии доконденсации с карбамидом;
- z_{41} - температура реакционной массы на стадии доконденсации с карбамидом, $^{\circ}\text{C}$;
- z_{42} - количество добавляемого карбамида на стадии доконденсации, кг ;

В качестве выходных параметров модели были использованы свойства полупродуктов и готовой смолы, а также токсичность и физико-механические свойства ДСтП.

После проведения на ПЭВМ множественного линейного регрессионного анализа с применением современного пакета прикладных программ при табличных значениях критерия Фишера ($F=4$) были получены модели с адекватными уравнениями регрессии, описывающими свойства полупродуктов, готовой смолы ПКП-11 и ДСтП с высокой доверительной вероятностью (см.табл.3-5). Рассчитанные по результатам пассивного эксперимента коэффициенты $b_i^{(j)}$ являются взаимосвязанными между собой и поэтому могут служить для приблизительной оценки влияния соответствующего фактора. Знак коэффициента $b_i^{(j)}$ говорит о направлении изменения свойства объекта при увеличении значения соответствующего фактора. Сила влияния фактора на свойство объекта оценивалась по величине расчетного критерия Фишера $F_1^{(j)}$. Прогнозирующая сила уравнений модели оценивалась по до-

Таблица 1
Физико-химические свойства образцов КФС ПКП-11, полученных при активном эксперименте

№ опыта	Показатель преломления	Массовая доля сухого остатка, %	Массовая доля свободного бодного формальдегида, %	Условная вязкость по ВЗ-4, с	pH	Время желатинизации при 100 ^o C, с	Пределная смещаемость смолы с водой
1	1,468	66,0	0,03	72	7,35	100	1:6
2	1,465	62,5	0,01	33	6,85	98	1:7
3	1,474	69,8	0,06	126	7,40	160	1:3
4	1,462	64,1	0,05	37	7,15	105	1:5
5	1,469	68,4	0,06	95	7,50	105	1:4
6	1,467	65,7	0,07	186	6,90	103	1:1
7	1,464	---	0,12	60	7,20	74	1:3
8	1,464	64,2	0,08	60	7,20	74	1:3
9	1,465	---	0,20	63	6,80	65	1:4
10	1,467	---	0,07	102	7,50	94	1:4
11	1,465	---	0,11	73	8,50	74	1:5
12	1,465	---	0,08	45	7,10	120	1:3
13	1,464	---	0,12	88	7,35	71	1:4
14	1,466	---	0,10	61	7,30	72	1:6
15	1,468	64,4	0,05	99	8,00	105	1:4
16	1,462	61,6	0,06	72	7,60	73	1:3

Таблица 2

Физико-механические свойства и токсичность древесностружечных плит

№ опыта	Плотность, кг/м ³	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Разбухание за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %	Выделение формальдегида (метод WKI), мг/100 г	Влажность, %
1	667	15,3(17,1)	---	27(26)	94(90)	12,1(9,8)	4,4
2	685	14,4(15,1)	---	32(32)	94(93)	10,7(9,6)	4,2
3	769	18,1(14,5)	---	37(38)	83(91)	5,4(10,0)	3,7
4	782	17,7(13,4)	0,75(0,70)	33(35)	72(81)	2,5(8,0)	4,3
5	665	16,8(18,6)	1,10(1,11)	22(21)	78(74)	18,2(15,8)	5,9
6	707	16,7(16,3)	0,60(0,59)	25(26)	76(77)	16,2(16,6)	5,3
7	675	16,7(18,0)	0,68(0,69)	19(18)	72(69)	36,6(34,9)	5,8
8	669	18,1(19,7)	0,90(0,91)	23(22)	77(74)	18,1(16,0)	5,5
9	704	19,8(19,6)	1,00(0,99)	22(22)	70(70)	23,1(23,3)	5,7
10	712	14,2(13,5)	1,00(0,99)	26(27)	76(77)	9,4(10,2)	5,5
11	660	17,7(19,7)	1,10(1,12)	22(22)	81(76)	10,1(7,3)	5,7
12	640	18,5(21,6)	1,10(1,13)	24(23)	---	22,0(17,9)	5,4
13	647	17,2(19,9)	1,30(1,32)	15(14)	76(70)	46,2(42,6)	5,7
14	659	19,4(21,5)	1,60(1,62)	15(15)	75(70)	29,2(26,4)	5,7
15	608	10,4(15,2)	---	17(15)	83(73)	11,8(5,6)	---
16	608	9,4(14,2)	---	17(15)	85(75)	18,5(12,3)	4,4

Примечание . В скобках приведены физико-механические свойства: ДСтП, пересчитанные на плотность 700 кг/м³.

верительной вероятности β_j , расчетных значений свойств объекта, вычисленных по уравнению \hat{y}_j , в сравнении с реально полученными свойствами полупродуктов, готовой смолы ПКП-11 и ДСтП [5].

Данные табл. 3-5 можно анализировать следующим образом. На вязкость реакционной массы после щелочной стадии u_{26} наибольшее влияние оказывает (см. табл. 3) содержание кислот в формалине ($F_4^{(z_0)} = 536,7$) и содержание метанола в формалине ($F_5^{(z_0)} = 139,8$), а также объем раствора щелочи для нейтрализации формалина ($F_7^{(z_0)} = 86,6$) и применение КФК для приготовления конденсационного раствора ($F_3^{(z_0)} = 85,8$).

Таблица 3

Параметры статической модели свойств продуктов реакции на стадии щелочной конденсации при синтезе смолы ПКП-11

Параметры модели	Значения параметров модели для свойств продуктов реакции u_j		
	рН	Показатель преломления	Вязкость по ВЗ-4, с
	u_{24}	u_{25}	u_{26}
$b_0^{(j)} / F_0^{(j)}$	23,1433/---	1,3667/---	16,5072/---
$b_1^{(j)} / F_1^{(j)}$	0,1631/7,08	-0,00101/3,65	---
$b_3^{(j)} / F_3^{(j)}$	---	---	-0,3238/85,84
$b_4^{(j)} / F_4^{(j)}$	50,1742/17,64	-0,1977/10,91	-
$b_5^{(j)} / F_5^{(j)}$	---	0,00053/12,94	233,265/536,75
$b_7^{(j)} / F_7^{(j)}$	0,0103/69,66	---	0,1485/139,58
$b_{22}^{(j)} / F_{22}^{(j)}$	-11,0107/84,06	0,01764/4,78	---
$b_{23}^{(j)} / F_{23}^{(j)}$	0,0291/4,82	0,00021/5,60	---
β_j	0,965	0,932	0,990

Доверительная вероятность прогнозирующих значений вязкости составляет 99% при расчете по уравнению :

$$u_{26} = 16,5072 - 0,3238z_3 - 233,265z_4 + 0,1485z_5 - 0,01045z_7.$$

Анализ свойств готовой ПКП-11 после стандартизации (см. табл.4) показал, что на все пять показателей свойств смолы влияет применение этиленгликоля z_1 , объем раствора щелочи z_7 , используемого для нейтрализации формалина, рН реакционной массы на стадии вакуум-сушки z_{34} , на четыре показателя смолы влияет сте-

Таблица 4
 Параметры статистической модели свойств смолы ПКП-11 на стадии стандартизации

Параметры модели	Значения параметров модели для свойств продуктов реакции У ₁					Время желатинизации при 100°С У ₂ , с
	Вязкость У ₅₀ по ВЗ-4, с	Показатель преломления У ₄₉	Массовая доля свободного формальдегида У ₅₁ , %	Предельная смещаемость смолы с водой У ₅₃	---	
$b_{01}^{(U)} / F_{01}^{(U)}$	8977,656/---	1,997/---	1,6383/---	-369,256/---	7662,562/---	
$b_{11}^{(U)} / F_{11}^{(U)}$	-275,854/15,52	-0,0070/5,93	0,01709/17,31	7,1764/123,52	-185,933/17,37	
$b_{21}^{(U)} / F_{21}^{(U)}$	---	---	---	-6,7419/163,05	---	
$b_{31}^{(U)} / F_{31}^{(U)}$	-9158,09/2,24	---	---	-406,061/20,73	---	
$b_{41}^{(U)} / F_{41}^{(U)}$	---	---	-0,1325/549,03	-3,9071/76,07	---	
$b_{51}^{(U)} / F_{51}^{(U)}$	---	---	0,3038/527,84	14,6511/83,80	---	
$b_{61}^{(U)} / F_{61}^{(U)}$	---	---	0,00069/533,72	0,1682/140,82	---	
$b_{71}^{(U)} / F_{71}^{(U)}$	-2,813/11,28	-0,00012/8,27	-4,458/1981,85	33,7402/22,71	-1,1912/15,47	
$b_{22}^{(U)} / F_{22}^{(U)}$	---	---	---	---	-1316,50/5,21	
$b_{23}^{(U)} / F_{23}^{(U)}$	-32,352/8,15	-0,00068/2,59	---	---	-15,7519/9,18	
$b_{27}^{(U)} / F_{27}^{(U)}$	---	---	0,8773/592,02	---	---	
$b_{28}^{(U)} / F_{28}^{(U)}$	---	---	---	-3,4588/95,83	---	
$b_{31}^{(U)} / F_{31}^{(U)}$	34,717/3,23	0,00305/5,04	0,1019/2987,64	---	72,132/12,36	
$b_{34}^{(U)} / F_{34}^{(U)}$	-181,281/11,55	-0,00521/2,82	0,0697/129,97	11,8262/155,60	-95,010/12,06	
$b_{35}^{(U)} / F_{35}^{(U)}$	-55,089/8,06	-0,00474/13,75	-0,1137/988,96	---	-38,591/10,30	
$b_{40}^{(U)} / F_{40}^{(U)}$	---	---	0,1082/1087,21	---	---	
$b_{41}^{(U)} / F_{41}^{(U)}$	13,455/12,26	---	0,00539/1584,05	0,2100/29,12	5,6062/8,16	
$b_{42}^{(U)} / F_{42}^{(U)}$	0,1096/8,82	0,00001/14,96	0,00031/842,14	---	0,1575/17,69	
β	0,629	0,545	0,999	0,953	0,782	

Таблица 5
 Параметры статистической модели физико-механических свойств и токсичности ДС-П
 на основе ПКП-11

Параметры модели	Значения параметров модели для свойств продужков реакции У					Выделение формальдегида У ₅₉ методом ВКЛ, мг/100 г
	Водопоглощение У ₅₆ за 24 ч, %	Разбухание У ₅₇ за 24 ч, %	Прочность У ₅₈ при изгибе, МПа	Прочность У ₆₀ при разрыве, МПа	Прочность У ₆₁ при разрыве, МПа	
$b_{00}^{(U)} / F_{00}^{(U)}$	16,6149/---	403,980/---	93,639/---	18,865/---	2815,741/---	
$b_{01}^{(U)} / F_{01}^{(U)}$	---	-14,903/1232,23	---	---	-33,0358/42,87	
$b_{03}^{(U)} / F_{03}^{(U)}$	4,8950/2,52	---	---	---	79,3966/277,83	
$b_{04}^{(U)} / F_{04}^{(U)}$	---	-1454,95/829,66	682,708/30,31	138,917/99,10	12335,9/204,03	
$b_{05}^{(U)} / F_{05}^{(U)}$	---	1,2914/43,79	---	---	7,1506/19,29	
$b_{06}^{(U)} / F_{06}^{(U)}$	---	-6,9849/142,21	---	---	-45,2837/43,63	
$b_{07}^{(U)} / F_{07}^{(U)}$	---	-0,2223/1782,96	0,07267/34,59	0,0463/58,56	---	
$b_{09}^{(U)} / F_{09}^{(U)}$	330,6897/13,35	75,1021/275,73	---	---	-1371,08/236,06	
$b_{20}^{(U)} / F_{20}^{(U)}$	---	-1,8673/544,57	---	---	11,7504/314,72	
$b_{27}^{(U)} / F_{27}^{(U)}$	-104,9130/10,46	13,8083/71,68	-13,6570/11,44	-0,7033/4,90	-229,682/136,38	
$b_{28}^{(U)} / F_{28}^{(U)}$	---	---	---	-0,09342/17,88	17,5515/197,59	
$b_{31}^{(U)} / F_{31}^{(U)}$	-11,800/13,28	---	0,7187/6,97	---	---	
$b_{34}^{(U)} / F_{34}^{(U)}$	---	-13,5501/1717,31	---	---	-41,6966/90,13	
$b_{35}^{(U)} / F_{35}^{(U)}$	---	---	---	0,1137/32,49	---	
$b_{40}^{(U)} / F_{40}^{(U)}$	-5,4317/2,93	-5,9973/506,76	-3,2035/17,81	0,1711/11,93	---	
$b_{41}^{(U)} / F_{41}^{(U)}$	---	0,2917/100,69	-0,08296/3,86	-0,0138/12,26	-2,7863/134,43	
$b_{42}^{(U)} / F_{42}^{(U)}$	-0,005719/4,27	0,00704/420,65	-0,00172/16,10	0,000161/28,31	0,04497/108,63	
β_i	0,922	0,999	0,918	0,992	0,990	

пень конденсации z_{31} , температура на стадиях вакуум-сушки z_{35} и доконденсации z_{41} , масса второй порции карбамида z_{42} .

Согласно литературным данным, низкомолекулярные малотоксичные карбамидные смолы имеют ряд недостатков: большое время желатинизации и малый срок хранения смолы (2-3 недели).

Поэтому, используя полученные статические модели, провели оптимизацию с целью получения карбамидной смолы, имеющей небольшое время желатинизации и позволяющей получать ДСтП класса токсичности E1-E0. При проведении оптимизации в качестве "Goal" функции использовали время желатинизации y_{52} и выделение формальдегида из ДСтП (y_{59}) с применением ППП "Эврика":

$$y_{52} = 7662,5 + 0,157z_{42} + 5,606z_{41} - 38,59z_{35} - 95,01z_{34} + 72,13z_{31} - 15,75z_{23} - 1316,5z_{22} - 185,93z_1 - 1,19z_7 ;$$

$$y_{59} = 476,3 + 0,0148z_{42} - 1,643z_{41} - 122,4z_{27} + 6,78z_{28} + 8,44z_{23} - 684,01z_{22} + 39,4z_3 + 4957,6z_4 .$$

Результаты расчетов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты поиска оптимальных значений технологических факторов синтеза смолы ПКП-11

Технологические факторы	Значения технологических факторов синтеза смолы при параметрах оптимизации	
	Время желатинизации	Выделение формальдегида
z_1 , %	0,81	---
z_3 , моль/моль	---	1,0
z_4 , %	---	0,013
z_7 , л	83,6	---
z_{22} , моль/моль	1,95	1,95
z_{23} , °С	84,5	85,8
z_{27} , ед.	---	4,7
z_{28} , °С	---	95,9
z_{31} , раз	2,00	---
z_{34} , ед.	7,4	---
z_{35} , °С	92,9	---
z_{41} , °С	46,6	45,4
z_{42} , кг	2822	2727
Расчетное значение параметра оптимизации:		
время желатинизации, с;	60	---
выделение формальдегида, мг/100 г	---	3,0

При полученных оптимальных условиях технологических факторов осуществлен промышленный синтез смолы ПКП-11 и получена смола со следующими характеристиками :

$pH = 7,6$; сухой остаток 61,6 % ; условная вязкость по ВЗ-4 72 с; массовая доля свободного формальдегида 0,06 % ; время желатинизации 73 с ; предельная смешиваемость 1:3 .

С применением данной партии смолы ПКП-11 на АООТ ДСП (г. Екатеринбург) изготовлены ДСтП, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 10632-89, а токсичность плит по методу WKI составила 5,6 мг/100 г; перфораторное значение - 2,3 мг/ 100 г плиты, что позволяет отнести их к классу E1-E0.

Эти же результаты подтверждены при изготовлении ДСтП на предприятиях Венгрии (Фалько, Интершпан). Перфораторное значение равно соответственно 7,0 и 3,2 мг/100 г.

Таким образом, полученные статистические модели показали возможность с высокой степенью достоверности прогнозировать свойства КФС марки ПКП-11 и ДСтП на ее основе.

Литература

1. Глухих В.В. Снижение токсичности древесных композиционных материалов на основе оптимизации химического состава карбамидных связующих. Дис. ... д-ра. техн. наук/УГЛТА. Екатеринбург, 1994. 172 с.

2. Оптимизация процессов получения малотоксичных карбамидных смол для производства древесностружечных плит/ Бурындин В.Г., Глухих В.В., Ляхов В.К., Михеев А.А.// Тез. доклада II международного симпозиума "Строение, свойства и качество древесины-96". М.: МГУЛ, 1996. С.91.

3. Rammon R.M., Jonhs W.E., Magnuson J., Dunker A.K. The chemical structure of UF Resins. J.Adhesion, 1986. V. 19. P. 115-135.

4. Пат. 20061707 РФ, МКИ С 08 G 12/12. Способ получения карбамидоформальдегидной смолы/ В.Г. Бурындин, В.В. Глухих, В.К. Ляхов, А.А. Михеев. № 94004569; Заявл. 08.02.94; Оpubл. 10.06.96, Бюл. №16.

5. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.:Высшая школа, 1985. 327 с.

УДК 674.815-41+ 678.652

С.В. Томилова, В.Г. Бурындин., А.В. Баженова
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР НА СВОЙСТВА СМОЛ И ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ИХ ОСНОВЕ

Синтезированы КФС с добавлением уроновых и триазиновых циклов в виде технических смесей и изготовлены ДСтП на их основе. Установлено, что наличие циклических группировок в составе смолы позволяет получать плиты класса эмиссии E1.

Рядом исследователей доказано существенное влияние функционального состава смолы на свойства древесностружечных плит (ДСтП) [1, 2]. Поэтому большой интерес представляет исследование влияния уроновых и триазиновых циклов в составе смолы на выделение формальдегида из готовых плит. Эти циклические группировки более устойчивы к процессам деструкции, чем линейные и разветвленные фрагменты карбамидоформальдегидных олигомеров и, таким образом, снижают вероятность выделения формальдегида при эксплуатации ДСтП. Благодаря введению в состав КФС более нуклеофильных, чем карбамид аминов, которые, как известно, способствуют образованию триазиновых циклов, происходит связывание свободного формальдегида веществами, способными образовывать с ним более прочные химические связи, чем в N-метилольных производных карбамида [3].

С целью установления влияния циклических структур на свойства смол и ДСтП на их основе на кафедре ТППМ были получены модельные соединения, представляющие собой технические смеси растворов диметилолурона (ДМУ) и диметилолтриазинона (ДМТр) [4, 5]. С использованием данных смесей диметилолурона, содержащего 48% уроновых циклов, и диметилолтриазинона, содержащего 19% триазиновых циклов, были синтезированы карбамидоформальдегидные смолы (КФС) (согласно технологическому регламенту № 13 производства КФС марки ПКП-11).

Образцы № 1, 2, 3 (условное обозначение смол) синтезированы с разным количеством смеси ДМУ (соответственно 0,07; 0,25;

0,63 моль/моль карбамида); образец № 4 - смола с добавлением технической смеси ДМТр (0,03 моль/моль карбамида). Для сравнения использовалась смола ПКП-11. Свойства полученных смол представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Свойства КФС			
	Образцы смол			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Массовая доля сухого остатка, %	62	69	65	66
Массовая доля свободного формальдегида, %	-	0,07	0,53	0,46
Вязкость условная по ВЗ-4, с	37	146	29	-
Массовая доля метилольных групп, %	11,8	12,9	21,5	9,6
Время желатинизации при 100°C, с	66	83	66	90
Предельная смешиваемость смолы с водой по объему	1 : 4	1 : 4	1 : ∞	1 : ∞

Для подтверждения строения синтезированных соединений использовался метод ИК-спектроскопии, который подтвердил наличие циклических структур.

По данным ИК-спектров (табл. 2) были рассчитаны содержания метилольных групп (МГ), третичного азота (ТА) и суммарное количество циклов (СЦ) [6].

Таблица 2

Содержание функциональных группировок в КФС по данным ИК-спектроскопии

Условное обозначение образца смолы	Содержание функциональных группировок в смолах, %		
	МГ	ТА	СЦ
ПКП-11	10,4	29,2	11,7
№ 2	12,7	33,4	13,8
№ 3	21,9	39,3	19,5
№ 4	18,0	-	25,6*
Техническая смесь ДМУ	30,6	57,6	47,5
Техническая смесь ДМТр	36,4	27,9	19*

* Для технической смеси ДМТр и КФС на ее основе (образец смолы № 4) в графе "СЦ" указано содержание триазиновых циклов, вычисленное на основе полосы поглощения 760 см⁻¹. Для других образцов смол определено суммарное количество циклов по полосе 810 см⁻¹.

Были изготовлены однослойные плиты с плотностью 600...700 кг/м³. При этом использовалась стружка промышленного изготовления с абсолютной влажностью 4...6 %. Расход КФС составлял 13 % абс. сухой смолы от абс. сухой стружки. В качестве отвердителя КФО использовали 1% хлористого аммония от массы абс. сухой смолы. Температура плит горячего пресса была 165...170⁰С. Выдержка древесностружечного пакета при горячем прессовании составляла 6,5 мин, максимальное давление 2,5 МПа.

С каждой смолой изготавливалось по 2 образца ДСтП, свойства которых определялись по ГОСТ 10632-89. Средние арифметические значения свойств ДСтП были приведены к единой плотности 700 кг/ м³ (табл.3).

Необходимо отметить, что древесностружечные плиты, изготовленные на образцах смол № 1..3 и № 4, были получены с использованием разного древесного сырья. Часть стружки имела включение коры с содержанием выше допустимого. Поэтому в дальнейшем результаты влияния циклических структур на свойства ДСтП выражались в процентном отношении от соответствующего контрольного образца.

Как показывают полученные данные (табл.1, 2), образцы смол отличаются друг от друга в зависимости от типа и количества модификатора - технических смесей ДМУ и ДМТр.

С ростом в конденсационном растворе мольной доли ДМУ увеличивается предельная смешиваемость КФС с водой, что, видимо, связано с содержанием метилольных групп в смоле.

Установлено, что циклические структуры, введенные в конденсационный раствор, сохраняются в готовой смоле (см. табл.2). С помощью метода ИК-спектроскопии показано, что в смоле, модифицированной ДМТр, количество циклов выше, чем в модельной технической смеси. Очевидно это связано с тем, что некоторая часть моноэтаноламина, использованного для получения смеси ДМТр, осталась непрореагировавшей, и в процессе синтеза она участвует в образовании триазиновых циклов.

Результаты физико-механических свойств ДСтП, приведенные в табл.3, показывают, что КФС, модифицированные ДМУ в количестве не более 0,25 моль на моль карбамида, приводят к получению плит с выделением формальдегида менее 10 мг/100 г плиты (класс

эмиссии E1), что соответствует снижению данного параметра от значения величины контрольного образца почти в 2 раза.

Таблица 3

Свойства ДСтП

Параметр	Условное обозначение образца смолы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Выделение формальдегида, мг/100 г плиты	8	9	-	6
Предел прочности при изгибе, МПа	14	14	19	14
Разбухание по толщине за 24 ч, %	11	18	16	24
Водопоглощение за 24 ч, %	78	84	57	70

Дальнейший анализ физико-механических свойств ДСтП, полученных на основе тех же КФС, позволяет отнести их к плитам марки П-Б. Почти на одном уровне, что и в контрольном образце, находятся для них значения величины водопоглощения. Добавка смеси ДМУ в состав смолы в количестве не более 0,25 моль/моль карбамида приводит к уменьшению предела прочности изготовленных ДСтП; но, в свою очередь, снижает линейное разбухание почти на 60% по сравнению с величиной контрольного образца.

Модификация смолы ДМТр в количестве 0,03 моль/моль карбамида также показывает интересные результаты. Были получены древесные плиты класса эмиссии E1 (снижение выделения формальдегида в 4 раза по сравнению с контрольным образцом).

Добавка ДМТр увеличивает разбухание по толщине (почти на 15% по сравнению с контрольным образцом) и водопоглощение; также наблюдается снижение предела прочности.

Полученные результаты еще раз подтверждают высказывания о том, что циклические группировки достаточно устойчивы к процессам деструкции и снижают выделение формальдегида из готовых ДСтП. Однако добавка триазиновых циклов существенно ухудшает все физико-механические показатели плит, а добавка

уроновых циклов - предел прочности, но при этом уменьшается разбухание плит по толщине и в поглощению.

Начатые исследования представляют большой интерес в вопросе снижения токсичности ДСтП и будут продолжаться дальше с целью установления оптимального количества уроновых и триазиновых циклов в составе смолы.

Литература

1. Kim M.G., Ammos L.W. Quantitative carbon-13 NMR study of urea-formaldehyde resin relation to the formaldehyde emission levels. *Ing. Eng. Chem. Res.*, 1990. V.29, № 2. P. 208-212.

2. Глухих В.В., Коршунова Н.И., Завьялова Е.Я. Изучение влияния функционального состава карбаминоформальдегидной смолы КФ-МТ-15 на свойства ДСтП// *Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. Екатеринбург, 1994. С. 4-11.*

3. Азаров В.И. Модификация карбаминоформальдегидных смол и применение их в древесных материалах: Дис. ... докт. техн. наук. М., 1983. 360 с.

4. Пат. 1133386 ФРГ, МКИ С07 D. Способ получения смесей, состоящих из 1,3-диметил-5-алкилгексагидро-1,3,5-триазиновых-2 соединений и метилолмочевин/ К.Г.Вохтек; Опубл. 21.03.63. РЖХ 10Н 120П, 1964.

5. Заявка 6918 Япония. Способ получения производных диметилурона. Заявлено 11.05.67. РЖХ, 9Н 205П, 1971.

6. Молоткова Н.Н. Функциональный состав олигомеров и его влияние на химическую структуру отвержденных мочевиноформальдегидных смол: Автореф. дис. ...канд. хим. наук/ НИИПМ НПО "Пластмассы". М., 1988.

УДК 674.815-41

Н.И. Коршунова, В.М. Балакин, С.Н. Пазникова
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ И ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ИХ ОСНОВЕ

Синтезированы образцы карбамидоформальдегидных смол с использованием в качестве модификаторов хлорида натрия и отхода производства полиэтиленполиаминов, содержащего 85...90% хлорида натрия. Показана возможность снижения содержания свободного формальдегида в смолах и токсичности ДСтП на их основе.

Снижение токсичности карбамидоформальдегидных смол (КФС) и древесных композиционных материалов (ДКМ) на их основе достигается различными приемами, в том числе введением в процессе синтеза КФС специальных модификаторов, взаимодействующих с формальдегидом и связывающих его.

В качестве модификаторов КФС часто применяют аминсоединения. Положительный эффект от использования при синтезе полиэтиленполиаминов (ПЭПА) был показан в [1]. Аналогично ПЭПА действует и отход его производства - реагент ОХН, содержащий 5...10% ПЭПА и 85...90% хлорида натрия [2]. Введение реагента ОХН в количестве от 2 до 10% от массы карбамида на всех стадиях реакции приводит к снижению в олигомере массовой доли свободного формальдегида. Минимальное содержание свободного формальдегида в КФС достигается при введении 8...10% модификатора ОХН.

В связи с тем, что в составе ОХН основную массу занимает хлорид натрия, целесообразно изучить его влияние на снижение содержания свободного формальдегида в КФС и на токсичность ДКМ, в частности, ДСтП.

Были синтезированы образцы КФС по методике синтеза смол марки КФ-О с конечным мольным соотношением $\Phi : K = 1,3$ и $1,2$ и марки КФ-МТ-15, а также образцы КФС, синтезированные по тем же методикам, но с введением в качестве модификаторов от 6 до 10% хлорида натрия или реагента ОХН на 2-й (перед вакууми-

рованием) или 3-й стадиях реакции. Мольное соотношение карбамид : хлорид натрия составляло при этом от 1 : 0,06 до 1 : 0,1.

Свойства КФС и физико-механические показатели образцов однослойных ДСтП на их основе приведены в таблице. В качестве отвердителя КФС использовали хлорид аммония или ОХА, рекомендованный [3] как отвердитель, одновременно снижающий токсичность карбамидоформальдегидных полимеров.

Снижение мольного соотношения $\Phi : К$ при синтезе немодифицированных смол ведет к снижению содержания свободного формальдегида и метилольных групп и к увеличению времени желатинизации. Введение модификаторов хлорида натрия и ОХН действует в том же направлении, понижая содержание свободного формальдегида и метилольных групп и увеличивая время желатинизации, причем хлорид натрия действует достаточно активно, внося существенный вклад в снижение токсичности КФС. Содержание свободного формальдегида в смолах, модифицированных хлоридом натрия, составляет от 35 до 80% от содержания формальдегида в контрольных смолах, а в смолах, модифицированных ОХН, от 46 до 67%.

По-видимому, изменение свойств олигомеров определяется не только возможностью протекания химических реакций формальдегида с аминами, но и комплексом коллоидно-химических свойств олигомера. Присутствие гидратированных катионов соли изменяет характер межмолекулярных взаимодействий и агрегации гидратированных частиц дисперсии КФС.

Хлорид натрия не только дает возможность получать КФС с низким содержанием свободного формальдегида, но повышает их стабильность при хранении. Свойства модифицированных ОХН карбамидных смол через 4...6 месяцев хранения при комнатной температуре мало изменяются по сравнению с их первоначальными свойствами, в то время как образцы контрольных немодифицированных смол и смол, модифицированных ПЭПА, к этому времени теряют свои технологические свойства и возможность использования в качестве связующих и клеев.

Токсичность ДСтП на основе синтезированных смол, определенная методом WKI, (4 ч, температура 60 °С, йодометрический метод) также указывает на значительный вклад хлорида натрия. Содержание свободного формальдегида в ДСтП на связующем, мо-

Свойства карбамидоформальдегидных смол и ДСтП

Обозначение образца смолы	Свойства смолы				Свойства ДСтП с отвердителем						
					Хлорид аммония			ОХА			
	Ф, %	МГ, %	Т _ж , с	Ф, мг/100 г	С _{мгт} , МПа	S, %	Ф, мг/100г	С _{мгт} , МПа	S, %		
<u>Ф · К = 1,3</u>											
КФ-О	0,28	22	55	36,4	19,8	24,5	29,5	30,0	23,3		
КФ-ХН-10(2)	0,11	12,2	60	23,4	16,8	16,8	11,5	12,8	15,6		
КФ-ХН-10(3)	0,10	13,3	47	20,7	14,9	15,3	11,5	9,9	18,9		
КФ-ОХН-10(2)	0,13	15,0	61	10,6	14,7	30,0	12,6	16,7	22,0		
КФ-ОХН-10(3)	0,18	17,3	67	12,5	18,0	14,3	12,6	14,9	12,8		
<u>Ф · К = 1,2</u>											
КФ-О	0,15	15,5	62	21,5	19,1	24,3	18,9	16,9	17,9		
КФ-ХН-10(2)	0,10	13,7	60	15,4	16,3	19,3	11,8	14,8	29,6		
КФ-ХН-10(3)	0,13	14,8	62	12,5	13,0	15,5	9,1	15,1	25,2		
КФ-ОХН-10(2)	0,10	11,7	63	10,9	14,4	23,3	10,2	10,8	29,6		
КФ-ОХН-10(3)	0,15	14,6	69	13,6	18,3	16,5	15,7	20,7	14,3		
КФ-МТ-15											
КФ-ХН-10(3)	0,10	11,0	64	9,3	20,1	11,4	6,8	20,7	12,8		
КФ-ОХН-10(2)	0,08	8,6	74	7,1	19,0	12,5	7,8	18,4	12,6		

Примечания: 1. Ф - массовая доля свободного формальдегида в смоле, %; и в ДСтП, мг/100г; МГ - массовая доля метиловых групп, %; Т_ж - время желатинизации при 100°С; с; С_{мгт} - предел прочности при изгибе, МПа; S - разбухание по толщине, %.

2. В обозначениях образцов смол принято: ХН - хлорид натрия; ОХН - реагент ОХН; 10 - массовая доля модификатора от количества карбамида; цифры 2 и 3 в скобках - стадия синтеза.

дифицированном хлоридом натрия, составляет от 56 до 83% от величины этого показателя в контрольных плитах с отвердителем хлоридом аммония и от 39 до 90% с отвердителем ОХА. Смолы с модификатором ОХН еще больше усиливают этот эффект.

По данным двухфакторного дисперсионного анализа использование в качестве модификатора КФС хлорида натрия и ОХН значительно влияет на выделение формальдегида из ДСтП. Физико-механические показатели (предел прочности при изгибе и разбухание) ДСтП на модифицированных связующих достаточно высокие, но уступают показателям контрольных плит.

Таким образом, полученные результаты указывают на возможность снижения токсичности карбамидоформальдегидных смол и ДСтП на их основе модификацией смол при синтезе хлоридом натрия или ОХН, содержащем в своем составе хлорид натрия, с сохранением физико-механических показателей ДСтП на уровне стандартных требований. Действие ОХН является комплексным, включающим коллоидно-физическое воздействие соли и химическое действие полиаминов.

Литература

1. А.с. 1735312 СССР, МКИ С08 G 12/40. Способ получения модифицированной мочевиноформальдегидной смолы/ В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, В.В. Глухих и др. (СССР). № 4762487/05; Заявл. 27.11.89; Оpubл. 23.05.92, Бюл. № 19.

2. Заявка N 95-112166/04(021338) от 18.07.95. Способ получения карбамидоформальдегидной смолы/ В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, В.В. Глухих и др. Решение о выдаче патента на изобретение ВНИИГПЭ от 24.01.96.

3. Опытнo-промышленная проверка эффективности применения реагента ОХА для производства древесностружечных плит пониженной токсичности. / В.М. Балакин, В.В. Глухих, В.Г. Дедюхин и др. // Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. науч. тр. Свердловск: УЛТИ, 1988. С.4-9.

УДК 674.815 - 41

С.Н. Пазникова, В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец,
Ю.В. Заварницина
(Уральская государственная лесотехническая
академия)

СИНТЕЗ ГЛИОКСАЛЬСОДЕРЖАЩИХ СМОЛ И ПОЛУЧЕНИЕ МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Синтезированы образцы карбамидоформальдегидных смол с применением глиоксаля. Показана возможность получения малотоксичных смол и древесностружечных плит класса эмиссии E1.

В деревообрабатывающей промышленности широко применяются карбамидоформальдегидные смолы (КФС) для производства древесных композиционных материалов (ДКМ), в том числе и древесностружечных плит (ДСтП).

Композиционные материалы, получаемые на основе данных смол, обладают высокой токсичностью, обусловленной наличием свободного формальдегида.

С целью получения малотоксичных смол и снижения выделения свободного формальдегида из ДСтП нами была проведена работа по частичной замене одного из наиболее токсичных компонентов связующего - формальдегида на менее токсичное вещество - глиоксаль.

Из литературных источников известно о получении олигомера путем конденсации карбамида, формальдегида и глиоксаля, применяемого в производстве минеральных и текстильных волокон [1].

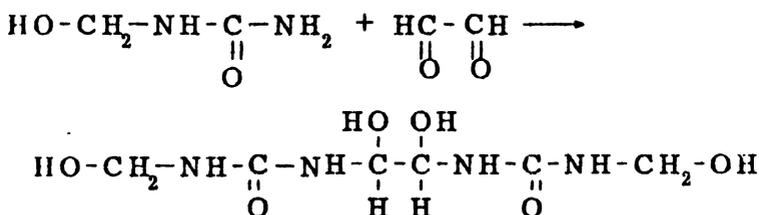
Использование глиоксаля для получения клеящих КФС件 известно, однако в литературе имеются сведения о взаимодействии глиоксаля с карбамидом [2].

Глиоксаль взаимодействует с карбамидом и при определенных условиях конденсации образуются 4,5-дигидрокси-имидазолон-2, применяемый как высококачественный сшивающий агент для целлюлозных тканей [3], либо гликольурил, являющийся отвердителем алкидных и эпоксидных смол. Так же можно получить метилолпроизводные циклических соединений: диметилолпро-

изводные 4,5-дигидрокси-имидазолидона-2 и тетраметилгликоль-урил.

Можно предположить, что глиоксаль, взаимодействуя с карбамидом либо его производными, может привести к образованию цепи линейного характера.

Учитывая литературные данные, а также более низкую токсичность глиоксаля по сравнению с формальдегидом, можно предположить, что частичная замена формальдегида на глиоксаль либо введение образующихся циклов при взаимодействии карбамида с глиоксалем могут привести к изменению структуры связующего и получению малотоксичных смол:



Нами была проведена работа по частичной замене формальдегида на глиоксаль. Получены образцы смол с разным мольным соотношением карбамида и формальдегида, но постоянным соотношением карбамида и глиоксаля. Синтез смол проводили по общепринятой методике получения КФС в двух параллелях. Отличие заключалось в изменении температурного режима и pH среды, мольное соотношение карбамид : формальдегид уменьшали от 1 : 1 до 1 : 0,8 и соответственно полученные смолы имеют условные обозначения: КФО-1,0; КФО-0,9; КФО-0,8, мольное соотношение карбамид : глиоксаль оставалось постоянным 1 : 0,1.

Физико-химические показатели смол определены по ГОСТ 14231-88, кроме того, определены липкость и массовая доля метильных групп двумя методами: титрометрическим и с помощью ИК-спектроскопии.

В табл. 1 представлены средние значения физико-химических показателей для двух синтезированных параллелей каждой из смол.

Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что у модифицированных смол улучшается смешиваемость с водой и существенно снижается содержание свободного формальдегида до 0,01%

по сравнению с контрольной смолой. Содержание метилольных групп находится на уровне контрольной смолы, липкость несколько выше.

Таблица 1

Физико-химические показатели смол

Показатель	Условное обозначение смолы			
	КФО	КФО-1,0	КФО-0,9	КФО-0,8
Массовая доля :				
сухого остатка, %	67,6	63,4	66,9	65,0
свободного формальдегида, %	0,19	0,04	0,01	0,01
метилольных групп, % :				
титриметрический метод	10,2	15,6	13,6	9,1
ИК-спектроскопия	10,8	-	14,2	10,9
Вязкость условная по ВЗ-4 при 20°С, с	50,8	36,2	49,1	45,2
Время желатинизации при 100°С, с	60,0	52,2	51,6	51,5
Липкость, с	6,6	15,3	19,1	18,5
Смешиваемость с водой	1 : 4	1 : 10	1 : 10	1 : 10

На основе синтезированных смол в лабораторных условиях изготовлены однослойные ДСтП. При получении плит в качестве отвердителя применяли хлорид аммония в количестве 1% от массы абс. сух. смолы в виде 20%-го раствора, расход связующего составлял 13% от массы абс. сух. стружки, максимальное давление прессования 2,5 МПа, время выдержки 0,4 мин/мм плиты при температуре плит пресса 160°С.

Определены физико-механические показатели ДСтП по ГОСТ 10632-89, выделение формальдегида из плит и фанеры по методу WKI за 4ч при 60 °С (йодометрическое определение) , полученные данные представлены в табл. 2.

Предел прочности при изгибе находится на уровне контрольной смолы, однако наблюдается незначительное увеличение водопоглощения и разбухания по толщине за 24 ч. Все плиты, полученные на основе модифицированных смол, относятся к классу эмиссии формальдегида E1.

Таблица 2

**Физико-механические свойства ДСтП и фанеры,
изготовленных на основе синтезированных смол
при плотности 700 кг/м³**

Показатель	Условное обозначение смол			
	КФО	КФО-1,0	КФО -0,9	КФО-0,8
Разбухание по толщине за 24 ч, %	23	29	49	27
Водопоглощение за 24 ч, %	64	67	76	70
Предел прочности при изгибе, МПа	24	24	24	27
Выделение формальдегида, мг/100 г абс. сух. плиты	29	9	8	8

Таким образом, предварительные опыты показывают перспективность применения глиоксаля при синтезе КФС с целью получения малотоксичных ДКМ.

Литература

1. Заявка 3815724 ФРГ, МКИ С08 G 12/12. Способ изготовления водных связующих с небольшим выделением формальдегида при отверждении / Kempter Fritz Erdmanh, Matejcek Franz, Neubach Werner, Flory Klaus; BASF AG. №38157241; Заявл. 07.05.88; Оpubл. 16.11.89. РЖХ, 22Т 171П, 1990.

2. Глиоксаль, свойства и применение/ НИИтехнико-экономических исследований; Под ред. Куприянова В. Д. М., 1990. С. 35.

3. Трифонов А.И., Виноградова Г.И., Мельников Б.Н. //Тез. докл. 1 Всес. конф. "Жидкофазн. матер.", 15-20 окт. 1990. Иваново, 1990. С. 224.

УДК 674.815 - 41

В.М. Балакин, Н.И. Коршунова, Ю.И. Литвинец,
С.Н. Пазникова, С.А. Шевчук
(Уральская государственная лесотехническая
академия)

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТА ОХН ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБАМИДО- ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Приведены результаты испытаний свойств образцов карбаминоформальдегидной смолы КФ-О-103, модифицированной на стадии синтеза реагентом ОХН, полученной на пилотной установке и на промышленном оборудовании цеха смол периодическим способом, а также ДСтII и фанеры на ее основе. Показана возможность снижения токсичности древесных композиционных материалов и ворм расхода основного сырья при синтезе смолы.

Одним из методов снижения токсичности карбаминоформальдегидных смол (КФС) и древесных композиционных материалов (ДКМ) на их основе является модификация КФС при их синтезе реагентом ОХН [1,2].

Цель данной работы - проверка воспроизводимости в опытно-промышленных условиях результатов лабораторных исследований и оценка перспектив промышленного применения реагента ОХН для производства КФС пониженной токсичности и ДКМ (древесностружечных плит и фанеры) на их основе.

Опытно-промышленные испытания были проведены на пилотной установке и на промышленном оборудовании цеха смол НПФ «Карбохим» (г.Дзержинск).

Стадии синтеза и технологические режимы производства модифицированной ОХН карбаминоформальдегидной смолы КФ-О-103 периодическим способом в основном не отличались от технологии производства смолы марки КФ-О (контрольный образец). Реагент ОХН в количестве 10% от первой порции карбамида вводили в виде сухого товарного продукта на стадии доконденсации перед загрузкой второй порции карбамида. Мольное соотношение основного сырья формальдегид : карбамид на конечной стадии синтеза составляло 1,25 и 1,15.

Через сутки после изготовления и периодически в течение гарантийного срока хранения образцы смол были проанализированы в соответствии с ГОСТ 14231-88. Липкость смолы, обеспечивающую транспортную прочность древесностружечного ковра, определяли по методике, предложенной НИИПМ, в основу которой положен принцип равномерного отрыва тонкого слоя смолы [2]. Результаты анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства карбамидоформальдегидных смол

Показатели	КФ-0		КФ-О-103		
	Ф:К=1,25	Ф:К=1,25	Ф:К=1,15	Опыт- но-про- мыш- лен- ная пар- тия	по ТУ 07774- 168861 06-09- 94
Массовая доля сухого остатка, %	65/69,6	70/70,8	70	68,5	68±2
Массовая доля свободного фор- мальдегида, %	0,19/0,13	0,10/0,10	0,07	0,12	не бо- лее 0,15
Вязкость по ВЗ-4, с	41/63	61/91	65	52	50-100
pH	9,9/8,5	9,2/9,5	-	9,0	7,5-8,5
Время желати- низации, с	53/57	50/60	64	49	не бо- лее 70
Смешиваемость с водой, по объе- му	1:2/1:2	1:2/1:1	1:1	1:2	1:2- 1:10
Липкость, с	-/10	-/15	22	-	-

Примечание. Числитель - показатель через сутки после изготовления; знаменатель - через 60 суток.

На основе проведенных работ и результатов анализов можно отметить следующее:

- разработанная технология получения КФС марки КФ-О-103, модифицированной реагентом ОХН, воспроизводится в промышленных условиях без каких-либо отклонений;

- по физико-механическим показателям смола марки КФ-О-103 соответствует нормам ТУ 07774-168861-06-09-94 как после изготовления, так и в конце гарантийного срока хранения;

- смола КФ-О-103 по сравнению с контрольной имеет более высокие массовые доли сухого остатка и липкость, что является положительным моментом для ее применения в качестве клеящего вещества.

На основе синтезированных смол в лабораторных условиях были получены и испытаны образцы ДСтП и фанеры.

Условия изготовления ДСтП: вид ДСтП - трехслойные, толщиной 16 мм; древесное сырье - сухая стружка смешанных пород древесины с влажностью 4...6%; концентрация рабочего раствора связующего 60%; норма расхода связующего по сухому остатку к абс. сух. древесине для внутреннего слоя 8%, для наружного слоя 12%; концентрация рабочего раствора отвердителей 20%; норма расхода хлорида аммония 1%, ОХА 5%.

Условия прессования: удельное время выдержки под давлением 0,4 мин/мм толщины; удельное давление прессования 2,5 МПа; температура плит пресса 160°C. Физико-механические показатели ДСтП, определенные по ГОСТ 10632-89 (табл.2), приведены к единой плотности 700 кг/м³.

Трехслойную фанеру изготавливали из березового шпона при следующих условиях: расход связующего 100 г/м²; в качестве отвердителя применяли хлорид аммония и ОХА; удельное давление прессования 1,8 МПа; время прессования 55 с. Выделение формальдегида из образцов плит и фанеры определяли методом WKI при 60 °C за 4 ч йодометрически.

Из приведенных в табл.2 данных следует, что физико-механические показатели ДСтП на основе смол КФ-О-103 соответствуют требованиям ГОСТ к плитам марки П-Б. Использование модифицированной смолы ведет к снижению токсичности плит. Токсичность трехслойных плит на смоле промышленной выработки с отвердителем хлоридом аммония составила 7,6 мг/100 г; с отвердителем ОХА - 7,4 мг/100 г.

Таблица 2

Физико-механические показатели ДСгП

Показатели	На основе связующего			Норма для плит марки П-Б
	КФ-О	КФ-О-103		
		Ф:К=1.25	Ф:К=1.15	
Разбухание по толщине за 24 ч, %	23,2	27,6	27,0	Не более 33
Прочность при изгибе, МПа	17,1	14,2	15,7	Не менее 14
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти для плит толщиной 16 мм, МПа	0,35	0,32	0,30	Не менее 0,30
Выделение формальдегида, мг/100г	20	19	13,4	Е1 не более 10

Выделение формальдегида из трехслойной фанеры на основе всех образцов смол КФ-О-103 не превышает 10 мг/100 г, наименьшее значение 4,3 мг/100 г получено с отвердителем ОХА.

Таким образом, смоле КФ-О-103, имеющую более высокие массовую долю сухого остатка, вязкость, липкость и придающую пониженную токсичность древесным композиционным материалам, следует рекомендовать в качестве основы связующих и клеев в фанерном и мебельном производствах.

Применение в качестве модификатора вторичного продукта производства (ОХН - отход производства полиэтиленполиамины) в количестве 10% от массы первой порции карбамида позволяет снизить расходные нормы основных компонентов (карбамид, формалин) на 1 т смолы на 3%.

Литература

1. Заявка № 95-112166/04 (021338) от 18.07.95. Способ получения карбамидоформальдегидной смолы/ В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, В.В. Глухих и др. Решение о выдаче патента ВНИИГПЭ от 24.01.96.

2. Коршунова Н.И., Пазникова С.Н. Исследование липкости карбамидоформальдегидных олигомеров // Тезисы докладов областной научно-технической конференции « Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса». Екатеринбург, 1993. С. 171-172.

УДК 674.815 - 41

В.М Балакин, С.Н. Пазникова,
Н.И. Коршунова, Ю.В. Заварницина
(Уральская государственная лесотехническая
академия)

СИНТЕЗ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ В ПРИСУТСТВИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Синтезированы образцы карбамидоформальдегидных смол в присутствии неорганических электролитов, полиэтиленполиамина и отхода производства полиэтиленполиаминов. Показана возможность снижения содержания свободного формальдегида в смолах и токсичности ДКМ, полученных на их основе.

В производстве древесных композиционных материалов (ДКМ), таких, как древесностружечные плиты (ДСтП), массы древесные прессовочные и фанера, в качестве связующего в основном используют карбамидоформальдегидные смолы (КФС). Одним из недостатков данных смол является высокое выделение токсичного формальдегида по сравнению с другими конденсационными смолами.

В литературе имеются сведения о влиянии неорганических электролитов на свойства олигомерных соединений, в том числе и КФС [1-5], а также их влияние на отверждение связующих [3]. Так, в работе [1] описано применение карбамидоформальдегидного олигомера, получаемого конденсацией карбамида и формальдегида в присутствии больших количеств хлорида натрия и щелочных реагентов, входящих в состав активатора "Bison XL- 300". Применение активатора не ухудшает физико-механических показателей плит, и данный продукт рекомендован как компонент при производстве малотоксичных ДСтП класса эмиссии формальдегида E1 и E2. Эта добавка позволяет экономить до 25% карбами-

да. Проведение реакции конденсации карбамида с формальдегидом в присутствии неорганических электролитов, вероятно, может повлиять на структуру и функциональный состав получаемых олигомеров за счет специфического взаимодействия гидратных оболочек ионов электролитов с гидратной оболочкой получаемых при конденсации продуктов.

Нами было проведено исследование по влиянию неорганических электролитов, применяемых в процессе синтеза КФС, на их свойства. Синтез олигомеров проводили по общепринятой методике получения клеевых карбамидоформальдегидных смол типа КФО. Отличие заключалось в том, что в реакционную массу вводили неорганический электролит на стадии доконденсации. В качестве добавок применяли NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 в количестве 0,13 моль. Полученные смолы имеют условные обозначения соответственно: КФО- NaCl , КФО- CaCl_2 , КФО- MgCl_2 .

В случае использования в качестве добавок хлорида кальция и хлорида магния были получены КФС с низкой стабильностью при хранении, поэтому более глубокие исследования были проведены с использованием хлорида натрия. Смола КФО- CaCl_2 через сутки перешла в пастообразное состояние и анализ ее свойств невозможен из-за высокой вязкости.

Смолы были синтезированы в трех параллелях, кроме этого, в качестве контрольной была получена КФС без добавки - марки КФО.

Физико-химические показатели смол определены по ГОСТ 14231-88; кроме того, определены липкость и массовая доля метилольных групп двумя методами: титрометрическим и с помощью ИК-спектроскопии.

В табл.1 представлены средние значения физико-химических показателей для трех синтезированных параллелей каждой из смол.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что в синтезированной в присутствии хлорида натрия смоле наблюдается снижение свободного формальдегида почти в пять раз, увеличиваются вязкость и липкость по сравнению с контрольной смолой, так же увеличивается смешиваемость с водой и снижается время желатинизации. У смолы с хлоридом магния так же снижается выделение свободного формальдегида, кроме этого,

повышается время желатинизации и более чем в два раза увеличивается вязкость. Возможно, в условиях синтеза магний частично гидролизуется, образуя гидроксид магния, что приводит к агрегации олигомерных продуктов и оказывает влияние на свойства смолы.

Таблица 1

Физико-химические показатели смол

Показатель	Условное обозначение смолы				
	КФО	КФО- NaCl	КФО - MgCl ₂	КФО - ОХН	КФО - ПЭПА
Массовая доля, % : сухого остатка	67,6	65,9	66,8	64,0	63,3
свободного формаль- дегида	0,19	0,04	0,08	0,09	0,07
метилольных групп : титрометрический метод	10,2	12,7	4,1	12,5	14,0
ИК-спектроскопия	10,8	12,8	-	17,3	14,4
Коэффициент реф- ракции	1,471	1,463	1,473	1,464	1,461
Вязкость условная по ВЗ-4 при 20 °С, с	50,8	99,9	193,2	85,3	26,8
Время желатинизации при 100 °С, с	60,0	54,6	76,0	52,3	53,7
Липкость, с	6,6	8,7	61,7	12,4	11,8
Смешиваемость с во- дой	1 : 4	1 : 8	1 : 10	1 : 10	1 : 10

Таким образом, введение в качестве электролита хлорида натрия приводит к улучшению свойств КФО.

Ранее нами была показана возможность получения малотоксичной смолы с применением реагента ОХН, представляющего собой технический продукт, содержащий 85...90% хлорида натрия с примесью 5...10% полиэтиленполиамина (ПЭПА). Были получены КФС с применением в качестве модификатора реагента ОХН (КФО-ОХН) в таком же мольном соотношении в перерасчете на

хлорид натрия и при пропорциональном соотношении ПЭПА (КФО-ПЭПА) ,вносимого в реакционную массу с реагентом ОХН. Анализ физико-химических свойств полученных олигомеров, представленных в табл.1, показывает, что примесь ПЭПА не ухудшает свойств смолы КФО-ОХН; по сравнению со смолой КФО-NaCl увеличивается липкость и смешиваемость смолы с водой, но увеличивается содержание свободного формальдегида почти в два раза, однако данный показатель меньше, чем у контрольной смолы КФО. Смолы, полученные с применением в качестве добавки ПЭПА, имеют более низкую вязкость по сравнению с другими смолами.

На основе синтезированных смол, за исключением смол КФО-CaCl₂ и КФО-MgCl₂ , так как они не технологичны, в лабораторных условиях изготовлены однослойные ДСтП и трехслойная фанера. При получении плит в качестве отвердителя применяли хлорид аммония в количестве 1% от массы абс. сух. смолы в виде 20%-го раствора, расход связующего составлял 13% от массы абс. сух. стружки, максимальное давление прессования 2,5 МПа, время выдержки 0,4 мин/мм плиты при температуре плит пресса 160°C. Для изготовления фанеры использовали березовый шпон (ГОСТ 99-75), в качестве отвердителя применяли 20%-й раствор хлорида аммония, максимальное давление прессования 2,2 МПа при температуре плит пресса 145°C.

Определены физико-механические показатели ДСтП по ГОСТ 10632-89, выделение формальдегида из плит и фанеры по методу WKI за 4ч при 60°C (йодометрическое определение) , полученные данные представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что физико-механические свойства ДСтП, изготовленных на основе синтезированных смол, выше, чем плит на основе контрольной смолы. Предел прочности плит, изготовленных на основе смолы КФО-NaCl почти в 1,5 раза выше, чем у контрольной плиты. Эмиссия свободного формальдегида из плит, изготовленных на основе смол, синтезированных с добавками, меньше на 60...70% по сравнению с контрольной плитой. Фанера, изготовленная на основе синтезированных смол, имеет класс эмиссии формальдегида E1.

Таблица 2

**Физико-механические свойства ДСтП и фанеры,
изготовленных на основе синтезированных смол,
при плотности 700 кг/м³**

Показатель	Условное обозначение смол			
	КФО	КФО- NaCl	КФО- ОХН	КФО- ПЭПА
Разбухание по толщине за 24 ч, %	23	19	22	16
Водопоглощение за 24 ч, %	64	58	58	56
Прочность при изгибе, МПа	24	35	32	30
Выделение формальдегида, мг/100 г абс. сух. плиты :				
ДСтП	29	19	20	18
фанера	7	5	4	3

Таким образом, анализируя результаты проведенных нами исследований, можно сделать вывод о положительном влиянии хлорида натрия на свойства полученных олигомеров. Неорганические электролиты обеспечивают снижение токсичности ДСтП и фанеры, при этом повышая физико-механические показатели плит.

Литература

1. Сыроежкин В.Н. Опыт применения активатора смол в производстве ДСтП// Деревообрабатывающая промышленность, 1986. №2. С.12-13.
2. Арефьева Т.И. Опыт применения активатора BISON XL-300// Плиты и фанера. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. Вып.1. С. 11.
3. Тутаева Н.Л., Белякова М.Д., Можейко Ф.Ф. Галопелитовый шлам - эффективный наполнитель для карбамидоформальдегидных смол // Пластические массы. 1989. №1. С. 51-52.
4. Тутаева Н.Л., Белякова М.Д., Можейко Ф.Ф. Влияние хлоридов щелочных металлов на устойчивость дисперсии карбамид-

ной смолы в воде // Известия АН БССР. Химия. 1990. №3. С.14-18.

5. Шабанова Н.А., Попов В.В., Фролов Ю.Г. Влияние электролитов на поликонденсацию кремниевой кислоты // Коллоидный журнал, 1984. Т. XLVI. Вып. 4. С. 749-753.

УДК 674.815-41

А.В. Торицин, В.М. Балакин, Е.О. Арефьев,
Н.Л. Тимошенко
(Уральская государственная лесотехническая академия)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АМИНАМИ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Синтезированы карбаминоформальдегидные смолы (КФС), модифицированные аминами. Исследованы свойства полученных КФС и древесностружечных плит (ДСтП) на их основе. Установлено, что применение первичных и вторичных аминов в качестве модифицирующей добавки улучшает физико-химические свойства смол и физико-механические показатели ДСтП.

В настоящее время для производства древесностружечных плит (ДСтП) применяется в основном карбаминоформальдегидная смола (КФС) КФ-МТ-15. Смола КФ-МТ-15 имеет соотношение карбамид : формальдегид = 1 : 1,2. Ее применение позволяет получить ДСтП класса эмиссии формальдегида Е2.

Одним из способов дальнейшего снижения выделения формальдегида из ДСтП без ухудшения физико-механических показателей является модификация КФС в процессе синтеза. Основные требования к модификаторам: способность участвовать в реакции сополиконденсации с карбамидом и формальдегидом и улучшать структуру смолы. Этим требованиям отвечают амины.

Нами были проведены исследования влияния различных аминов на свойства КФС. Использовались амины с различной основностью, разветвленностью, молекулярной массой и реакционной способностью (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики аминов

Название	Структура	Молекулярная масса	pKa [1]
Бензиламин (БА)	$C_6H_5-CH_2-NH_2$	107,16	9,34
Диметиламин (ДМА)	$(CH_3)_2-NH$	45,09	10,77
Диэтилентриамин (ДЭТА)	$H_2N-(CH_2-CH_2-NH)_2-H$	103,16	
Моноэтаноламин (МЭА)	$H_2N-CH_2-CH_2-OH$	61,09	9,50
Триэтаноламин (ТЭ-ола)	$N-(CH_2-CH_2-OH)_3$	149,20	7,82
Триэтиламин (ТЭА)	$(C_2H_5)_3-N$	101,20	10,87
Этилендиамин (ЭДА)	$H_2N-(CH_2)_2-NH_2$	60,09	10,06

Амины вводились на первой стадии синтеза КФС при $pH = 8,0$ и температуре $t = 50...60^\circ C$ в количестве 6% от первой порции карбамида.

У полученных смол определялись известные физико-химические показатели: сухой остаток, время желатинизации, вязкость, смешиваемость с водой, массовая доля свободного формальдегида по ГОСТ 14231 -88. Кроме того, определялось содержание метилольных групп (йодометрическим способом). Результаты исследований представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что модификация аминами в большинстве случаев приводит к уменьшению вязкости получаемых карбамидоформальдегидных смол, за исключением триэтиламина ТЭА. Вероятно, ТЭА образует ассоциаты с карбамидоформальдегидным олигомером за счет образования водородных связей, которые приводят к увеличению вязкости. Время желатинизации модифицированных смол по сравнению с КФ-МТ-15 остается без изменений. Смешиваемость с водой полученных смол резко возрастает.

Таблица 2

Физико-химические показатели модифицированных аминами смол

Условное обозначение	Сухой остаток, %	Вязкость по ВЗ-4, с	Время желизации, с	Коэффициент рефракции К _р	Содержание свободной мальдегида, %	Содержание метильных групп, %	Пределная смешиваемость с водой
КФ-МТ-15	65	56	64	1,473	0,21	11,12	1 : 1
КФ-МТ-БА	65	26	50	1,467	0,18	16,95	1 : 10
КФ-МТ-ДМА	65	38	77	1,462	0,05	18,30	1 : 10
КФ-МТ-ДЭТА	63	51	64	1,478	0,27	16,50	1 : 10
КФ-МТ-МЭА	69	35	54	1,476	0,13	11,40	1 : 10
КФ-МТ-ТЭ-ола	63	24	57	1,461	0,13	17,32	1 : 10
КФ-МТ-ТЭА	68	66	71	1,480	0,14	16,45	1 : 10
КФ-МТ-ЭДА	69	35	54	1,478	0,04	18,50	1 : 10

Содержание свободного формальдегида уменьшается, а метилольных групп увеличивается.

Для смол, модифицированных бензиламином, триэтанолмином, триэтиламино́м, и контрольной смолы КФ-МТ-15 были получены ИК-спектры [2]. По ИК-спектрам рассчитывалось количество метилольных и третичных аминогрупп. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Краткая характеристика функционального состава модифицированных карбаминоформальдегидных смол

Условное обозначение смолы	Содержание функциональных группировок в смоле, %	
	Метилольные группы	Третичные аминогруппы
КФ-МТ-15	10,4	25
КФ-МТ-БА	15,4	42
КФ-МТ-ТЭА	11,4	39
КФ-МТ-ТЭ-ола	16,8	28

При модификации смол аминами наблюдается увеличение содержания метилольных и третичных аминогрупп по сравнению с контрольной смолой.

На основе модифицированных смол были изготовлены в лабораторных условиях однослойные ДСтП.

Плиты изготовлялись в следующих условиях: расход смолы - 12 %; отвердитель - 20%-ный раствор хлористого аммония, расход - 1 %; температура прессования - 150°C; давление - 2 МПа; время выдержки - 0,5 мин/мм толщины плиты. Физико-механические показатели для ДСтП определяли по ГОСТ 10632 - 88, выделение формальдегида из плит - по методу WK1 при температуре 60°C в течение 4 ч. Характеристики плит, приведенные к плотности 700 кг/м³, представлены в табл. 4.

Аминосодержащие модификаторы уменьшают разбухание по толщине, водостойкость, токсичность по сравнению с КФ-МТ-15 и улучшают прочность при изгибе. Исключением является смола КФ-МТ-ТЭА в связи с тем, что триэтиламин в соконденсации с карбамидом и формальдегидом не участвует, а является ингибитором процессов отверждения.

Таблица 4
Физико-механические показатели ДСтП при плотности 700 кг/м³

Условное обозначение смолы	Влажность, %	Разбухание по толщине, %	Водопоглощение, %	Содержание свободного формальдегида в плите, мг/100 г плиты	Прочность при изгибе, МПа
КФ-МТ-15	4,2	26	65	18,4	22,5
КФ-МТ-БА	4,8	25	59	14,8	29,0
КФ-МТ-ДМА	4,3	25	62	12,6	26,8
КФ-МТ-ДЭТА	3,9	26	63	17,2	28,5
КФ-МТ-МЭА	4,3	26	67	13,8	22,5
КФ-МТ-ТЭ-ола	3,9	13	65	7,4	26,8
КФ-МТ-ТЭА	3,9	34	69	13,4	18,5
КФ-МТ-ЭДА	4,3	22	63	13,5	29,4

Таким образом, анализ полученных данных позволяет сделать выводы о влиянии первичных, вторичных и третичных аминов, применяемых в качестве модификатора в процессе синтеза, на физико-химические показатели смол, а также на физико-механические свойства ДСтП, полученных на их основе. Токсичность плит, полученных на основе карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной триэтаноломином (КФ-МТ-ТЭ-ола), соответствует классу эмиссии E1.

Литература

1. Альберт А., Сергент Е. Константы ионизации кислот и оснований. Л.: Химия, 1964. 79 с.
2. Молоткова Н.Н. Функциональный состав олигомеров и его влияние на химическую структуру отвержденных мочевиноформальдегидных смол: Автореф. дис. канд. хим. наук / НИИПМ НПО «Пластмассы». М., 1988.

УДК 674.815-41

Т.С. Выдрина, В.Г. Бурындин, В.В. Глухих,
А.П. Попова
(Уральская государственная лесотехническая
академия)

ПОИСК УСЛОВИЙ СИНТЕЗА КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФАНЕРЫ КЛАССА E1

Изучением функционального состава, свойств карбамидоформальдегидных олигомеров (КФО) и фанеры в зависимости от условий синтеза модифицированных КФО показана необходимость пониженного исходного мольного соотношения карбамида (К) к формальдегиду (Ф), глубокой степени конденсации на кислой стадии и конечного мольного соотношения К:Ф=1:1,4 для получения фанеры класса E1 с высокими физико-механическими свойствами.

Согласно результатам работ [1,2] низкая токсичность, хорошая клейкость и прочность наблюдаются у древеснокомпозиционных материалов на основе карбамидоформальдегидных олигомеров (КФО) с повышенным содержанием метиленовых связей - CH_2 - [1], с преоб-

данием суммы первичных $-CO-NH_2$ (ПА) и вторичных $CO-NH-$ (ВА) амидогрупп над метилольными $-CH_2OH$ (МГ) [2] и со способностью формировать при отверждении надмолекулярную структуру с большей степенью кристалличности [1].

Условия синтеза КФО с указанной структурой для получения малотоксичных древесностружечных плит (ДСтП) достаточно интенсивно изучаются и в этом направлении достигнуты положительные результаты [2].

Для снижения токсичности фанеры в основном используют КФО, модифицированные различными соединениями [3]. Однако публикаций, посвященных выявлению оптимальных условий синтеза таких олигомеров, установлению взаимосвязи между этими условиями, структурой, свойствами КФО и свойствами получаемой фанеры, практически нет.

Целью данной работы являлся поиск наилучших условий синтеза малотоксичных КФО, модифицированных этиленгликолем (ЭГ), для получения экологически безопасной фанеры. С этой целью выполнен ряд экспериментов с варьированием исходного и конечного мольных соотношений (К:Ф) карбамида (К) к формальдегиду (Ф) и с варьированием глубины процесса кислотной конденсации мономеров в присутствии модификатора. Выбор модификатора ЭГ был основан на ранее полученных данных о его стабилизирующем действии на процессы, протекающие во время кислотной конденсации, и снижении вероятности преждевременного отверждения на данной стадии [2].

Для оценки взаимосвязи условий синтеза олигомеров с их структурой и свойствами, а также свойствами фанеры, изучено изменение функционального состава КФО при изменении режимов синтеза и определены физико-механические и токсикологические свойства трехслойной фанеры на основе синтезированных олигомеров.

Исходное мольное соотношение К:Ф варьировалось от 1:2 до 1:1,8, конечное от 1:1,2 до 1:1,4. Глубина процесса конденсации на кислой стадии контролировалась по так называемому "водному числу" [4], значение которого изменялось от 2 до 4. Количество (0,004 моль/моль К) и стадия введения модификатора были аналогичны оптимальным, выявленным ранее при поиске оптимальных условий синтеза малотоксичных смол для ДСтП [2]. Анализ КФО осуществ-

лялся по ГОСТ 14231-88. Структура и функциональный состав КФО оценивались методами ИК-спектроскопии и титриметрии. Для отнесения полос поглощения в ИК-спектрах и выполнения количественных расчетов использована методика, изложенная в работе [5]. Трехслойная фанера изготавливалась на основе березового шпона (ГОСТ 99-75) горячим прессованием при температуре плит пресса 140...145°C, удельном давлении 2,2 МПа по следующей циклограмме: подъем давления - 25...30 с; выдержка при указанном удельном давлении - 180 с; сброс давления до 0,3...0,4 МПа - 45 с; сброс остаточного давления - 15 с. Расход связующего (КФО с 1,5 % отвердителя) составлял 110 г/м² намазываемой поверхности. Физико-механические свойства фанеры определялись по ГОСТ 9624-72, ГОСТ 9621-72, ГОСТ 10634-88, ГОСТ 10635-88. Эмиссия формальдегида из фанеры оценена по методу WKI.

Для получения достоверных результатов синтез олигомеров, изготовление образцов фанеры в одних и тех же условиях и определение всех свойств выполнены не менее чем в двух параллелях. Результаты исследований с учетом полученных предельных ошибок используемых методов представлены в таблицах. Анализ данных, полученных в первой серии опытов при глубокой степени конденсации на кислой стадии ("водное число" равно двум), достигаемой при введении модификатора, и при конечном мольном соотношении К:Ф = 1:1,2, показал следующее (табл. 1).

Все синтезированные олигомеры содержат свободного формальдегида не более 0,15 % ; эмиссия формальдегида из фанеры не превышает 10,5 мг/ 100 г. При снижении исходного мольного соотношения К:Ф с 1:2 до 1:1,8 содержание метилольных групп в смолах практически не изменяется и составляет 10...11 %, но содержание третичных атомов азота уменьшается на 3...7 %. Очевидно, в этих условиях получают олигомеры с меньшей разветвленностью молекул или с меньшим содержанием в них циклических продуктов конденсации. Такая конфигурация цепей способствует формированию более плотной глобулярной конформации молекул олигомеров и может положительно сказываться на физико-механических свойствах фанеры, что фактически подтверждается результатами представленных исследований. Водопоглощение и выделение формальдегида из фанеры соответственно снижаются, а прочность на скалывание -

Таблица 1

Влияние исходного мольного соотношения К:Ф на свойства КФО и фанеры

Показатель	Исходное мольное соотношение К:Ф*			
	1:1,80	1:1,85	1:1,90	1:2,00
Массовая доля сухого остатка, %	66,1	66,6	66,7	65,4
Содержание свободного формальдегида, %	0,15	0,15	0,15	0,09
Время желатинизации при (100±2)°С, с	90	90	80	80
Липкость при (20±2)°С, с	9	14	7	9
Массовая доля метильных групп по данным ИК-спектроскопии (к сухому остатку смолы), %	11,0	10,3	10,2	10,8
Массовая доля третичного азота в амидных группах по данным ИК-спектроскопии (к общему содержанию азота), % отн.	22,5	27,2	26,4	29,8
Эмиссия формальдегида, мг/100 г фанеры	7,1	10,5	10,5	8,9
Предел прочности фанеры при скалывании, МПа	1,3	-	0,6	0,8
Водопоглощение фанеры, %	55	66	60	71
Предел прочности фанеры при статическом изгибе, МПа	100	120	80	100

* Конечное мольное соотношение К:Ф=1:1,2. Глубина конденсации до водного числа, равного 2.

повышается. Однако абсолютное значение предела прочности фанеры при скалывании (1,3 МПа) уступает требованиям, заложенным в ГОСТ 14231-88. Это может быть обусловлено недостаточной долей реакционно-способных метилольных групп, ~ в 1,5 раза меньшей, чем в промышленных смолах марки КФ-О, что, вероятно, приводит к формированию достаточно редкой пространственной межглобулярной сетки в отвержденных КФО.

С целью увеличения содержания метилольных групп в олигомерах в последующей серии опытов было изменено два условия: повышено конечное мольное соотношение К:Ф до 1:1,4 и проведена стадия кислотной конденсации при синтезе КФО до глубины, соответствующей “водному числу” 2 и 3.

Результаты данной серии экспериментов (табл. 2) подтвердили выявленные выше тенденции, а именно, уменьшение количества третичных атомов азота (соответственно разветвленности) в молекулах олигомеров на 0,6...4,6 % при снижении исходного мольного соотношения К:Ф; незначительное колебание содержания метилольных групп, рост прочности фанеры при скалывании и изгибе, повышение водостойкости и т.д.

Повышение конечного мольного соотношения К:Ф до 1:1,4 при сохранении прежней глубины кислотной конденсации (“водное число” равно 2) и при пониженном исходном соотношении К:Ф = 1:1,85 привело к увеличению содержания метилольных групп до 14,7 % (для сравнения в смоле-аналоге марки КФ-Ж содержание МГ равно ~ 20%), хотя содержание третичных атомов азота (7% против 21...25% у КФ-Ж) и соответственно разветвленность КФО остались невысокими. Это улучшило когезионные свойства КФО и повысило их липкость более чем в три раза, увеличило реакционную способность олигомеров, что подтверждается снижением времени желатинизации на 13...27 с. Кроме того, с ростом числа метилольных (-СН₂ОН)- групп наблюдается значительное повышение прочности фанеры при скалывании (с 1,3 до 1,8 МПа) и статическом изгибе (с 120 до 170 МПа).

Несмотря на прирост количества метилольных групп, являющихся, как известно, одним из источников выделения формальдегида, и несмотря на снижение отношения МГ : $\Sigma(\text{ПА}+\text{ВА})$ до величины менее 3, токсичность фанеры не повысилась (табл. 2).

Таблица 2
Влияние исходного мольного соотношения К:Ф и глубины конденсации на свойства КФО и фанеры

Показатель	Исходное мольное соотношение К:Ф*				
	Глубина конденсации до водного числа 2		Глубина конденсации до водного числа 3		
	1:1,85	1:1,90	1:2,00	1:1,85	1:2,00
Массовая доля сухого остатка, %	68,1	68,2	65,4	71,0	62,3
Содержание свободного формальдегида, %	0,15	0,02	0,18	0,09	0,06
Время желатинизации при (100±2)°С, с	63	63	67	59	75
Липкость при (20±2)°С, с	45	50	50	40	48
Массовая доля метилольных групп по данным ИК-спектроскопии (к сухому остатку смолы), %	14,7	14,2	12,8	13,5	12,5
Массовая доля третичного азота в амидных группах по данным ИК-спектроскопии (к общему содержанию азота), % отн.	17,1	17,4	21,7	22,0	22,3
Эмиссия формальдегида, мг/100 г фанеры	9,6	8,9	8,8	15,7	15,8
Предел прочности фанеры при скальвании, МПа	1,8	-	1,4	1,3	1,5
Водопоглощение фанеры, %	42	42	51	52	50
Предел прочности фанеры при статическом изгибе, МПа	170	130	150	120	150
Содержание циклов (к общему содержанию азота), % отн.	3,8	-	7,2	5,2	8,7

* Конечное мольное соотношение К:Ф=1:1,4.

Очевидно, в данном случае вновь влияет конфигурационный эффект, выражающийся в более плотной укладке малоразветвленных молекул в глобулы и уменьшении их размера. Это ведет к снижению свободного межглобулярного пространства, к повышению удельной объемной концентрации взаимодействующих функциональных групп и к росту вероятности их участия в реакции отверждения с образованием более густой сетки поперечных химических связей, результатом чего являются низкий уровень эмиссии формальдегида из фанеры, меньшая величина водопоглощения и высокая прочность фанеры. Для подтверждения данного предположения целесообразно в дальнейшем оценить размер глобулярных частиц молекул олигомеров, образующихся при различных условиях синтеза.

Снижение глубины конденсации на кислой стадии до уровня, соответствующего водному числу 3, несмотря на невысокое исходное мольное соотношение $K:F=1:1,85$ (конечное соотношение $K:F=1:1,4$, ведет к получению КФО с большим содержанием третичных атомов азота (~22% против 17%), а значит и с большей разветвленностью, хотя количество метилольных групп при этом остается невысоким (12,5...13,5%). Повышенная разветвленность в этом случае объясняется большей долей (табл. 2) фрагментов циклических структур, увеличивающих жесткость молекул олигомеров и препятствующих их плотной упаковке, что отрицательно сказывается на свойствах фанеры. Водопоглощение фанеры в данном случае на 10%, а эмиссия формальдегида в 1,6...1,8 раза выше, чем у фанеры на основе менее разветвленных КФО, полученных в условиях глубокой конденсации на кислой стадии.

Таким образом, для получения малотоксичной фанеры класса Е1 с высокими физико-механическими свойствами предпочтительно применять КФО, полученные в условиях глубокой конденсации на кислой стадии в присутствии малых количеств этиленгликоля, при соблюдении пониженного исходного мольного соотношения $K:F = 1:1,8...1,85$ и конечного мольного соотношения $K:F = 1:1,4$. Указанные условия способствуют образованию менее разветвленных молекул олигомеров с достаточной долей метилольных групп, что, по всей вероятности, обеспечивает повышенную плотность упаковки молекул в глобулы и формирование более густой сетки химических узлов при отверждении.

Литература

1. Gierlinska Irena, Starzynska Krystina. Badania kleistoszczyn-wic mocznikowo-formaldehadowych otrzymanych przyzyciv formaliniztezo-nej. // Przem. drzew., 1987. 38. №3. Z. 28-30.
2. Глухих В.В. Снижение токсичности древесных композиционных материалов на основе оптимизации химического состава карбамидных связующих: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 1994.
3. Доронин Ю.Г., Кондратьев В.П. Карбамидоформальдегидные смолы для водостойкой и нетоксичной фанеры. // Деревообаб. пром-сть. 1992. № 5 . С. 9-12.
4. Мишкин С.М. Технология облицовочных материалов на основе модифицированных карбамидоформальдегидных смол: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1996.
5. Молоткова Н.Н. Функциональный состав олигомеров и его влияние на химическую структуру отвержденных мочевиноформальдегидных смол: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. М., 1988.

УДК 678.02:678.652'41'21:674.815-41

В.Б. Войт, Д.Ф. Хусаинов

(Уральская государственная лесотехническая академия)

СВОЙСТВА ДСТП С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ РЕОКИНЕТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ СТАРЕНИЯ

Исследовано влияние старения карбамидоформальдегидных смол различного химического состава на реокинетику процесса отверждения этих смол. Изменение времени гелеобразования в процессе старения зависит от начального содержания в смоле метилольных групп и носит экспоненциальный характер. Увеличение времени старения для изученных смол приводит к диаметрально противоположным характерам изменения водопоглощения и разбухания ДСтП. Кроме того, для карбамидоформальдегидных смол вне зависимости от их химического состава существует единая выходящая из начала координат зависимость достижения гель-точки и прочности готовой ДСтП.

Карбамидоформальдегидные олигомеры (КФО) на сегодняшний день служат самым распространенным связующим в производстве самых разнообразных древесностружечных композиционных мате-

риалов и фанеры. Одним из существенных недостатков карбамидоформальдегидных смол является ограниченный (чаще всего не превышающий двух месяцев) срок хранения, связанный с протекающими в смоле процессами старения, что приводит к изменению кинетики отверждения смолы и ухудшению эксплуатационных характеристик готовых композиционных материалов на ее основе. Поэтому представляет практический интерес изучение различных аспектов процесса старения КФО с целью прогнозирования и регулирования свойств композиционных материалов.

В качестве объектов исследования были выбраны карбамидоформальдегидные водные суспензии различных промышленных марок, отличающихся химическим составом. Характеристики смол представлены в табл. 1. Отверждение проводили в присутствии 20%-го водного раствора хлористого аммония, который добавляли из расчета 1 мас. % сухого отвердителя по отношению к массе абсолютно сухой смолы. В случае смолы ПКП-11 (образец 4) в качестве отверждающего агента был использован 20%-ный раствор муравьиной кислоты, который добавляли в отверждающуюся систему аналогично отвердителю NH_4Cl .

Таблица 1

Характеристика карбамидоформальдегидных олигомеров

Образец №	Олигомер	Содержание сухого остатка, %	Содержание метильных групп, %	Содержание свободного формальдегида, %	Время желатинизации τ_{100} , с	Вязкость по ВЗ-4, с
1	КФ-МТ-15	69,5	16,8	0,26	65	60
2	КФ-МТ-15 (Н)	63,7	14,3	0,10	62	70
3	КФ-МТ-15	67,0	13,1	0,23	64	78
4	ПКП-11	62,0	<10	0,14	164	46

Для реакционноспособных олигомеров, каковыми являются КФО, определяющей в переработке является стадия образования сшитой структуры (стадия отверждения), наиболее важной кинетической характеристикой которой является время достижения точки гелеобразования t_{60} [1]. Время гелеобразования определяли непо-

средственно в рабочем узле ротационного вискозиметра "Реотест-2" при $T=60^{\circ}\text{C}$. Эта температура была выбрана в качестве оптимальной для различных марок КФО на основании предварительных исследований. Параллельно с реокинетическим для оценки скорости реакции отверждения реакционноспособных олигомеров был использован широко применяемый в промышленности визуальный метод определения времени желатинизации при 100°C .

Все исследования проводили по мере увеличения времени старения смол вплоть до окончания гарантийного срока хранения. На основе приведенных в табл. 1 КФО были изготовлены древесностружечные плиты, характеристики которых оценивались согласно ГОСТ 10632-89.

На рис. 1 представлена зависимость изменения времени гелеобразования и желатинизации от степени старения смолы.

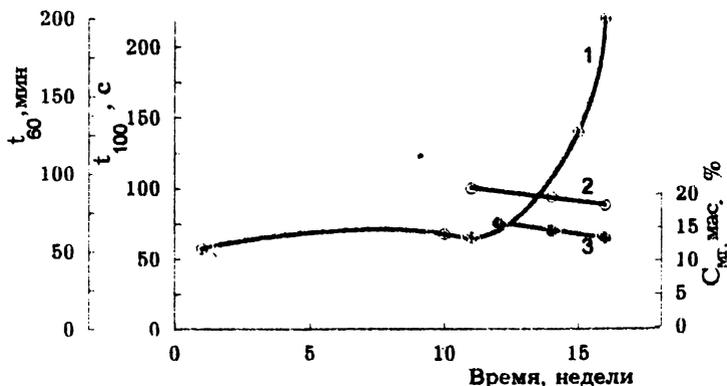


Рис.1. Изменение времени желатинизации t_{100} (1), времени гелеобразования t_{60} (2) и концентрации метилольных групп $C_{мет}$ (3) для образца №1 КФО по мере увеличения времени старения смолы

Время гелеобразования в пределах гарантийного срока хранения существенно не меняется. Скорость реакции отверждения незначительно возрастает (с 0,95 до 1,11 мин), что согласуется с данными ИК-спектроскопии по изменению концентрации метилольных групп (рис. 1). Время желатинизации по мере увеличения срока хранения смолы возрастает по экспоненте, что говорит о значительном (порядка в 2,5 раза) замедлении реакции отверждения.

По всей вероятности, наблюдаемое различие в изменении параметров связано с тем, что они отражают различные аспекты процесса гелеобразования. Точка достижения времени гелеобразования - это точка релаксационного перехода отверждающейся системы из вязкотекучего в высокоэластическое или стеклообразное состояние [2]. Она отвечает конкретному физико-химическому процессу образования единой пространственной сетки, охватывающей весь объем отверждающегося материала. В общем случае время желатинизации можно охарактеризовать как визуально регистрируемое время до момента затвердевания отверждающейся композиции при 100°C. При этом нельзя с уверенностью сказать какие конкретные физические и химические процессы протекают в данный момент в исследуемом материале. Если по времени гелеобразования можно судить о скорости протекания реакции гелеобразования [3], то по времени желатинизации можно лишь судить о скорости нарастания явления отвердевания композиции смолы с различными добавками. В связи с выше перечисленным можно сделать вывод, что с технологической точки зрения наиболее корректным и информативным является время достижения геле-точки.

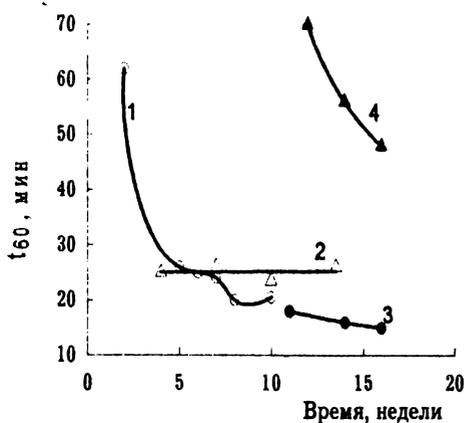


Рис. 2. Зависимость времени достижения точки гелеобразования t_{60} от времени старения КФО: 1 - образец 2; 2 - образец 3; 3 - образец 4; 4 - образец 1

Изменение времени гелеобразования в процессе старения смолы во многом зависит от начального содержания в смоле метильных групп (рис. 2). Однако в любом случае зависимость от времени старения носит экспоненциальный характер и описывается уравнением $t_{60} = At^b \exp(Ct)$.

Для образца 3 (табл. 1) эти коэффициенты соответственно равны : $A=63,0473$; $b=-0,2781$; и $C=-0,0006$.

Известно, что использование "состарившейся" смолы для производства древесностружечных плит приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик ДСтП [4]. Свойства ДСтП в зависимости от времени старения смолы представлены в табл. 2. Следует отметить некоторые закономерности, выполняющиеся для всех изученных смол. Так, увеличение срока хранения смолы приводит к увеличению разбухания древесностружечных плит, в то время как их водопоглощение монотонно падает (рис. 3).

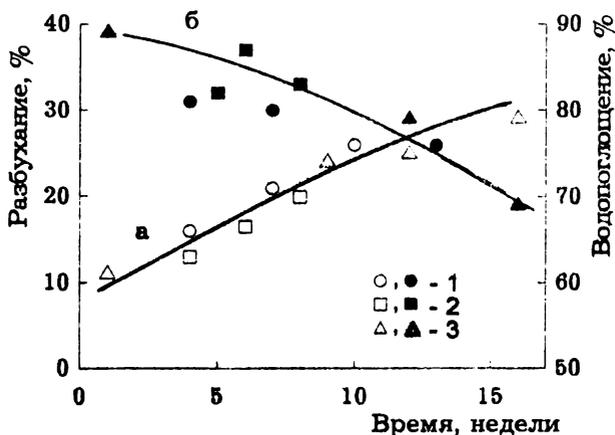


Рис. 3. Зависимость разбухания (а) и водопоглощения (б) ДСтП за 24 ч от времени старения смолы КФ-МТ-15: 1 - образец 1; 2 - образец 2; 3 - образец 3

По всей видимости, диаметрально противоположный характер изменения казалось бы связанных между собой параметров W и S можно объяснить тем, что за изменение этих характеристик отвечают различные составляющие композиционного материала. Вероятно, разбухание напрямую связано с сетчатой структурой отвержденного связующего, в то время как водопоглощение определяется способностью поглощать воду наполнителем - древесными стружками. Увеличение срока хранения карбамидной смолы способствует протеканию процессов гидролиза в отвержденном материале [5], о чем свидетельствуют данные о степени эмиссии формальдегида из готовых плит (табл. 2). Видимо, процесс гидролиза разрушает сетчатую структуру отвержденных КФО, приводя к возрастанию пара-

Таблица 2

Свойства ДстП по ГОСТ 10632-89, изготовленных на основе смолы КФ-МТ-15, в зависимости от времени старения смолы

Образец №	Срок хранения смолы, недели	Плотность, кг/м ³	Прочность при статическом изгибе, МПа	Разбухание за 24 ч, %	Водопоглощение за 24 ч, %	Выделение формальдегида, мг/100 г
1	1	711/700	30/28	13/14	89/87	-
	12	780/700	40/39	23/25	67/79	10,6/9,5
	16	684/700	29/30	29/28	70/71	24,0/22,7
2	7	700/700	26/26	17/17	81/81	14,0/14,0
	10	655/700	16/19	23/22	85/80	16,0/12,8
	13	785/700	24/22	25/27	65/75	9,0/14,7
3	4	675/700	19/20	17/14	82/82	16,8/16,6
	6	686/700	16/19	18/16	85/85	18,6/17,6
	8	631/700	14/18	25/18	84/82	23,6/19,8

метра S , одновременно продукты гидролиза, проникая в поры древесного наполнителя, препятствуют водопоглощению. Обращает на себя внимание и тот факт, что для всех изученных смол существует единая зависимость времени достижения гель-точки и прочности при статическом изгибе ДСтП на их основе (рис. 4).

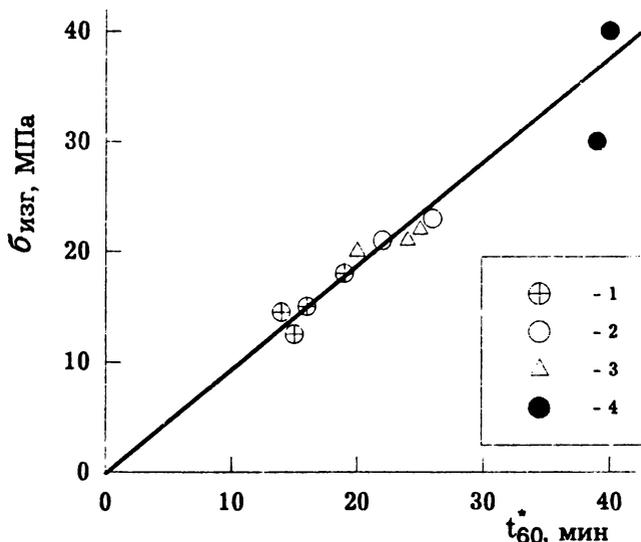


Рис. 4. Зависимость прочности на изгиб $\sigma_{изг}$ ДСтП от времени гелеобразования КФО, на основе которой эта плита изготовлена: 1 - образец 4; 2 - образец 1; 3 - образец 2; 4 - образец 3

Таким образом, прочность отвержденного композиционного материала, изготовленного с использованием карбамидных смол, напрямую зависит от скорости образования сетчатой структуры, которая, в свою очередь, является функцией в том числе и таких переменных, как химический состав КФО, степень старения смолы. Поэтому для прогнозирования и регулирования свойств композиционных материалов необходим учет всех перечисленных выше факторов.

Литература

1. Куличихин С.Г. Реологические закономерности гелеобразования реакционноспособных олигомеров// Механика композитных материалов. 1992. № 3. С. 140-141.
2. Malkin A.Y., Kulichikhin S.G. Rheokinetics of Curing// Adv. Polimer Sci. 1991. № 101. P. 217-257.
3. Реологические характеристики отверждающихся меламиноформальдегидных смол/ С.Г. Куличихин, Э.Д. Абенова, Н.И. Башта, В.А. Кожина, О.П. Блинкова, Н.М. Романов, Г.С. Матвелашвили, А.Я.Малкин//Высокомолекулярные соединения. А. 1. 1989. Т. 31. № 11. С. 2372-2377.
4. Глухих В.В., Бурындин В.Г., Войт В.Б., Лобанова Э.Б. Влияние старения карбамидных смол на их свойства и свойства древесностружечных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. науч.тр. Екатеринбург: УГЛТА, 1995. С. 26-33.
5. Robitschen P., Christensen R.L. Hydrolitic Degradation of Cured Urea-Formaldehyde Resin//Duteiwiez Your. Y. Apple. Polym. Sci., 1983. V. 28. №11. P. 3313-3320.

УДК 674.815-41

Н.М. Мухин, Н.В. Холмогорова, Т.В. Трохова
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПРЕСС-МАСС НА ОСНОВЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Изложены результаты исследований по получению древесных пресс-масс на основе карбамидных связующих с применением лигносульфонатов. Показано, что введение 3...5% ЛСТ повышает технологические свойства пресс-масс, но снижает их жизнеспособность.

Технические лигносульфонаты (ЛСТ) широко применяются в производстве композиционных древесных материалов (КДМ), особенно древесностружечных плит, с целью снижения расхода карбами-

доформальдегидного связующего и повышения качества материалов (снижения токсичности).

Ниже приводятся результаты исследований по влиянию технических лигносульфонатов на свойства другого класса КДМ - масс древесных прессовочных, в частности марки МДПС-М (ГОСТ 11368-89), получаемой на основе карбамидоформальдегидных смол. Основной целью работы ставилось прежде всего повышение технологических свойств (текучести) пресс-масс и возможности прессования из них сложнопрофильных изделий. Известно, что МДПС-М имеют низкую текучесть и недостаточную водостойкость.

В работе были использованы ЛСТ Камского ЦБК (ТУ 13-0281036-029-94). В качестве связующего применена карбамидоформальдегидная смола КФ-О (концентрация 65,5%); наполнитель - древесный опил фракции 5,0/1,5 мм от механической обработки древесины лиственных и хвойных пород с влажностью 6...8%.

Изучали влияние расхода ЛСТ и способа его введения на свойства пресс-массы. Первый способ заключался в приготовлении совмещенного раствора КФ-О и ЛСТ с последующим смешением с опилом. Второй - в раздельном введении лигносульфонатов и смолы. Вначале древесный опил пропитывали разбавленным раствором ЛСТ (концентрация 25%) и подсушивали до влажности менее 10%, а затем смешивали с 55%-м раствором КФ-О. Был применен полный факторный эксперимент (ПФЭ) $N=2^3$. Определяющими факторами приняты расход смолы X_1 (в % от а. с. м. МДП), расход ЛСТ X_2 , выбранный по отношению к расходу КФ-О (в % от а.с. м. X_1) и способ введения лигносульфонатов в пресс-массу X_3 . За нижний уровень по матрице планирования (-1) принято введение ЛСТ по первому способу (с), за верхний (+1) - по второму способу (р). Пресс-массы подсушивались до влажности 6...8%. Параметрами оптимизации Y выбраны технологические свойства (текучесть и предел текучести, определенные по методу деформирования плоского образца между плоскопараллельными плитами [1; 2]) и физико-механические свойства (водопоглощение и прочность при изгибе стандартных образцов).

Результаты испытаний представлены в табл.1. Учитывая, что ЛСТ имели $pH = 4,5$ и они могут влиять на жизнеспособность карбамидного связующего, испытания полученных пресс-масс проводили через сутки после их приготовления и через 7 суток.

Таблица 1

Матрица планирования ПФЭ и результаты испытаний

№ опыта по матрице	Определяющие факторы в натуральном выражении Z_1			Параметры оптимизации Y			
				Текущность D, мм	Предел текучести $\tau_{сд}$, МПа	Водопоглощение за 24 ч B_0 , %	Прочность при изгибе σ_n , МПа
	Z_1 , %	Z_2 , %	Z_3				
1	11	5	с	71,4/53,7	3,28/11,00	18,5/64,7	53,6/28,6
2	15	5	с	73,3/53,7	2,91/11,00	19,2/44,4	50,1/25,5
3	11	10	с	72,4/52,6	3,07/11,40	21,2/82,0	41,5/24,8
4	15	10	с	72,3/53,6	3,09/11,10	18,4/59,1	37,6/29,7
5	11	5	р	69,8/54,2	3,96/10,62	25,0/40,6	26,7/34,1
6	15	5	р	68,4/54,2	3,95/10,62	12,8/41,8	32,4/40,8
7	11	10	р	72,1/52,8	3,13/11,72	17,6/70,9	30,7/32,0
8	15	10	р	78,8/52,7	2,10/11,30	9,0/76,4	30,0/38,1
Коб	15	-	-	55,7/-	9,74/-	25,3/-	45,6/-

Примечание. К_{об} - контрольные образцы без ЛСТ; в числителе - результаты испытаний через сутки после приготовления пресс-массы, в знаменателе - через 7 суток.

На основании статистической обработки результатов эксперимента (испытания через сутки) и регрессионного анализа на ПЭВМ получены экспериментально-статистические модели зависимости параметров оптимизации от определяющих факторов с учетом значимости коэффициентов регрессий по критерию F.

Уравнения регрессий в кодированных переменных X_1 :

$$Y(D) = 72,3 + 0,9X_1 + 1,6X_2 + 0,8X_1X_2 + 0,4X_1X_3 + 1,6X_2X_3 + 1,3X_1X_2X_3; \quad (1)$$

$$Y(\tau_{сд}) = 3,14 - 0,13X_1 - 0,3X_2 - 0,12X_1X_2 - 0,29X_2X_3 - 0,22X_1X_2X_3; \quad (2)$$

$$Y(B_0) = 17,7 - 2,9X_1 - 1,2X_2 - 1,6X_3 - 2,3X_2X_3 - 1,6X_2X_3; \quad (3)$$

$$Y(\sigma_n) = 37,8 - 2,9X_2 - 7,9X_3 + 1,6X_1X_3 + 3,3X_2X_3. \quad (4)$$

Проведен анализ результатов эксперимента и графических зависимостей параметров оптимизации от расхода ЛСТ и способа его введения при содержании КФ-О 15% ($X_1=1$), полученных с применением ПЭВМ на основании уравнений регрессий (1)...(4). На рис. 1 в качестве примера представлена такая поверхность отклика для прочности при изгибе.

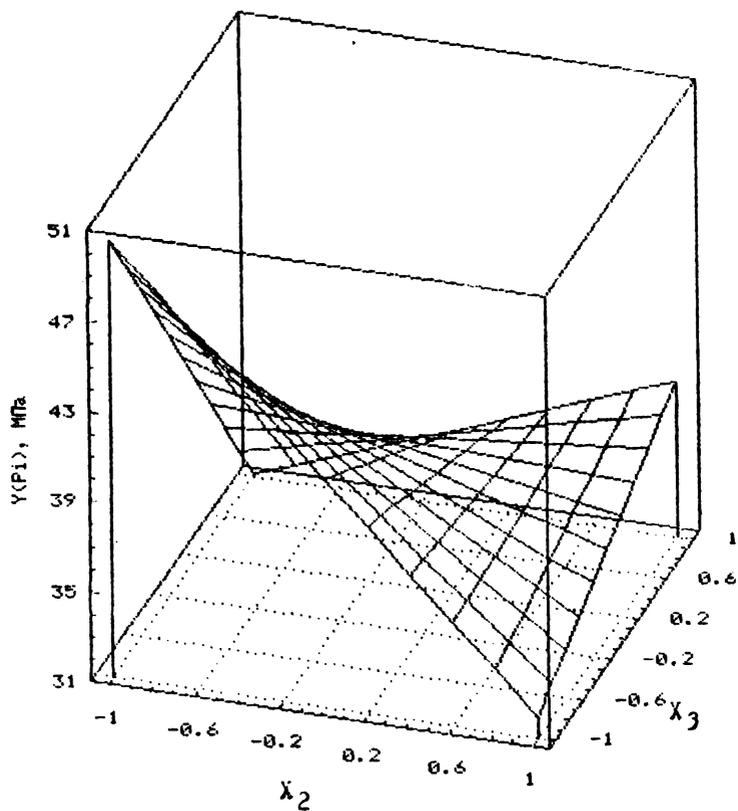


Рис. 1. Зависимость прочности при изгибе КДПМ от содержания ЛСТ (X_2) и способа введения (X_3)

Полученные поверхности отклика показывают, что при максимальном содержании ЛСТ ($X_2=1$) и раздельном его введении ($X_2=1$) пресс-масса имеет максимальные текучесть и водостойкость, но низкую прочность при изгибе (в исследуемом интервале факторов). Однако с технологической точки зрения раздельное введение лигносульфонатов малопривлекательно. Приведенные в табл. 1 экспериментальные данные позволяют предположить, что ЛСТ существенно влияют на жизнеспособность пресс-масс на основе карбамидных смол. Через 7 суток после приготовления пресс-композиций как на совмещенном связующем, так и при раздельном введении лигносульфонатов, они практически не обладают текучестью, а водостойкость снижается в 3,2...3,5 раза. Однако прочность при изгибе при раздельном введении ЛСТ повышается на 20% (опыты 5...8, табл. 1), но все же меньше, чем у контрольных образцов.

Определен оптимальный расход лигносульфонатов (на ПЭВМ с применением соответствующего пакета прикладных программ) для приготовления совмещенного раствора карбамидного связующего. Для модификации пресс-масс на древесном опиле аналогов МДПС-М достаточно введения $3 \pm 0,5\%$ ЛСТ, чтобы масса имела текучесть (D) не менее 70 мм, водопоглощение не более 15% и прочность при изгибе не менее 45 МПа.

В работе также изучено влияние введения в пресс-массу дополнительно карбамида, который применяется как пластификатор древесного наполнителя при производстве КДМ [2]. Был применен ПФЭ $N=2^3$, в котором в качестве третьего определяющего фактора принят расход карбамида, выбранный по отношению к расходу древесного наполнителя X_3 (в % от а.с. м. древесины). Опил пропитывали 20%-м водным раствором карбамида и высушивали до влажности менее 10%, а затем смешивали с совмещенным раствором карбамидной смолы и ЛСТ. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

На основании регрессионного анализа получены следующие уравнения регрессий (в кодированных переменных X_i) с учетом значимости коэффициентов по критерию F :

$$Y(D) = 78,0 + 1,1X_1 + 1,4X_2 - 2,2X_1X_2; \quad (5)$$

$$Y(\tau_{сд}) = 2,24 - 0,17X_1 - 0,21X_2 + 0,3X_1X_2 - 0,1X_1X_2X_3; \quad (6)$$

$$Y(B) = 21,2 - 5,8X_1 + 1,9X_2 - 4,6X_1X_2 - 3,6X_1X_2X_3; \quad (7)$$

$$Y(\sigma) = 43,7 + 2,2X_1 - 2,2X_2 + 1,3X_3 + 1,3X_1X_2 - 3,8X_1X_2X_3. \quad (8)$$

На рис. 2 представлена графическая зависимость прочности при изгибе от расхода ЛСТ и карбамида (8) при содержании КФ-О 15% ($X_1=1$). Аналогичную поверхность отклика имеет и водопоглощение (7). Полученные поверхности отклика показывают, что при

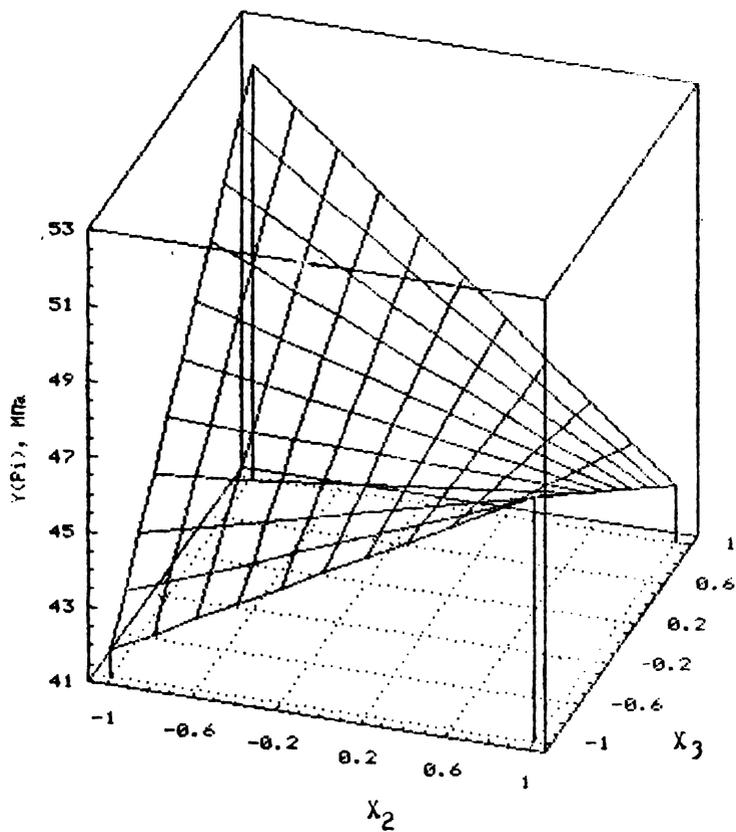


Рис. 2. Зависимость прочности при изгибе КДПМ от содержания ЛСТ (X_2) и карбамидаа (X_3)

Таблица 2

Матрица планирования ПФЭ и результаты испытаний

№ опыта по матрице	Определяющие факторы в натуральном выражении Z_i			Параметры оптимизации Y			
				Текучесть D, мм	Предел текучести $\tau_{ед}$, МПа	Водопоглощение за 24 ч V_0 , %	Прочность при изгибе $\sigma_{из}$, МПа
	Z_1 , %	Z_2 , %	Z_3				
1	11	5	4	71,4/53,6	3,28/11,10	24,8/60,2	47,7/23,3
2	15	5	4	80,0/55,5	1,95/9,80	13,9/36,7	42,9/24,2
3	11	10	4	78,8/53,4	2,10/11,30	30,7/80,4	31,7/26,0
4	15	10	4	76,0/54,4	2,46/10,50	15,8/72,9	47,2/32,7
5	11	5	8	77,0/54,0	2,33/10,80	16,9/89,4	42,1/29,5
6	15	5	8	81,7/56,1	1,78/9,60	22,9/67,0	50,6/26,4
7	11	10	8	80,2/53,6	1,94/11,10	37,2/60,2	44,2/27,4
8	15	10	8	78,8/52,7	2,10/11,30	10,3/69,2	43,0/31,9

минимальном содержании ЛСТ ($X_2=-1$) и максимальном - карбамида ($X_3=1$) (в исследуемом интервале) имеет место увеличение прочности при изгибе и снижение водостойкости.

Также на ПЭВМ проведена оптимизация расходов лигносульфонатов и карбамида для модификации пресс-масс, аналогичных МДПС-М. Можно рекомендовать введение $5\pm 0,5\%$ ЛСТ и $7,5\pm 0,5\%$ карбамида. При этом МДП на древесном опиле фракции 5,0/1,5 мм будет иметь текучесть (D) не менее 80 мм, водопоглощение не более 15% и прочность при изгибе более 45 МПа.

Таким образом, модификация древесных пресс-масс на основе карбамидоформальдегидных смол техническими лигносульфонатами дает возможность повысить их текучесть и водостойкость. Дополнительного эффекта увеличения текучести материала можно достичь совместной модификацией ЛСТ и карбамидом. Однако следует учитывать, что необходимая жизнеспособность таких пресс-масс составляет не более 24 часов.

Литература

1. Ставров В.П., Дедюхин В.Г., Соколов А.Д. Технологические испытания реактопластов. М.: Химия, 1981. 248 с.
2. Щербаков А.С., Гамова И.А., Мельникова Л.В. Технология древесных композиционных материалов: Учебное пособие для вузов. М.: Экология, 1992. 192 с.

УДК 674.815-041

В.Г. Дедюхин, Н.М. Мухин, Н.В. Конева,
И.В. Пичугин
(Уральская государственная лесотехническая
академия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА ТЕХНИЧЕСКОГО ПОРОШКООБРАЗНОГО В КАЧЕСТВЕ ДСВАВКИ К КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЕ

Исследованы несколько партий ЛСТП Камского ЦБК. Определена способность к таблетированию ЛСТП, зависимость вязкости и липкости от концентрации.

Путем прессования плитки облицовочной из МДП на основе смолы КФ-МТ-15, модифицированной ЛСТП, определены оптимальное количество ЛСТП в связующем (10%), температура прессования (150°C), время выдержки (7 мин).

С целью изучения возможности замены части карбаминоформальдегидной смолы лигносульфонатом при получении масс древесных прессовочных исследовано несколько партий лигносульфоната технического порошкообразного (ЛСТП) ТУ 13-0281036-15-90, полученных с Камского ЦБК.

Проведены определения сыпучести и таблетированности ЛСТП. Сыпучесть определялась по ГОСТ 11234-81 на трех партиях с исходной влажностью 5,3; 6,3; 7,4%. В результате средний угол откоса (сыпучесть) получился равным 37°.

Насыпная плотность материала определялась по ГОСТ 11035 и получилась равной 300 кг/м³.

Таблетированность ЛСТП определялась путем прессования при комнатной температуре и исходной влажности таблеток диаметром 28 мм, высотой 15...17 мм при времени выдержки 30 с. От каждой из трех партий прессовалось по 3 таблетки при различных давлениях. Установлено, что коэффициент уплотнения при давлении таблетирования 45 МПа равен примерно 3,3.

Определена зависимость условной вязкости по ВЗ-4 растворов ЛСТП от их концентрации. На рис. 1 показана зависимость вязкости от концентрации трех партий ЛСТП.

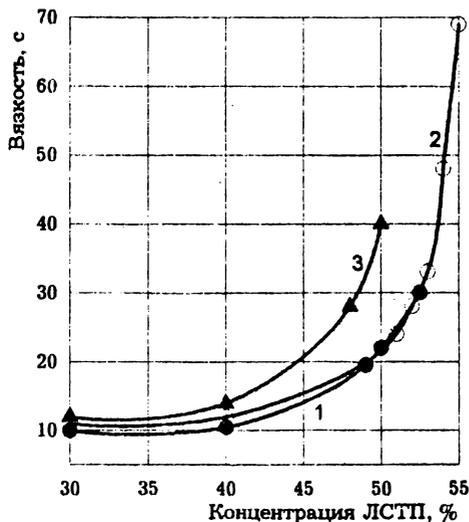


Рис. 1. Зависимость вязкости растворов ЛСТП от их концентрации.

1, 2, 3 - партии ЛСТП

50%-й концентрации. При подогреве растворов до 45...50°C происходит снижение их вязкости и уменьшается разница в вязкости между партиями.

Закономерность изменения вязкости от концентрации для различных партий примерно одинакова, а абсолютные значения вязкости при концентрации более 40% от партии к партии значительно отличаются. При концентрации 30...45% вязкость у всех партий практически не изменяется и находится в пределах 10...15 с. В диапазоне концентраций 50...55% вязкость у всех партий резко возрастает. На рис. 2 показана зависимость вязкости от температуры раствора ЛСТП двух партий

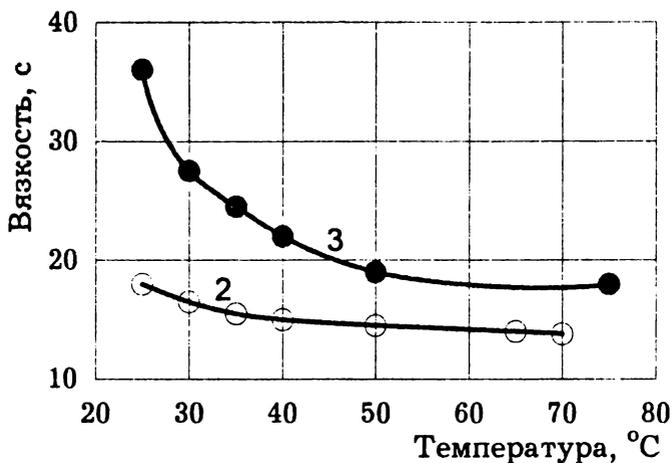


Рис. 2. Зависимость вязкости растворов ЛСТП от температуры: 2, 3 - партии ЛСТП

На рис. 3 показана зависимость липкости растворов ЛСТП от их концентрации. Из приведенных данных следует, что зависимость липкости от концентрации аналогична зависимости вязкости

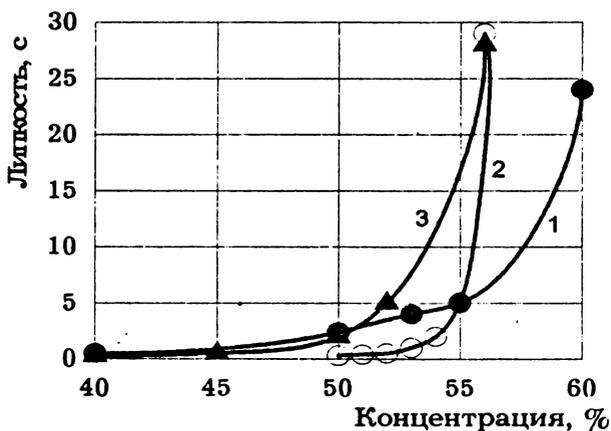


Рис. 3. Зависимость липкости растворов ЛСТП от концентрации: 1, 2, 3 - партии ЛСТП

от концентрации (рис. 1). При концентрациях растворов до 50% липкость практически не зависит от концентрации и мало отличается от партии к партии. Липкость растворов ЛСТП с концентрацией 48...55% сопоставима с липкостью смол марок КФ-О и КФ-МТ-15.

Для определения свойств массы древесной прессовочной (МДП) на основе совмещенного связующего (смола КФ-МТ-15 и ЛСТП) прессовались плитки облицовочные размером 150x150x6 мм. Общее содержание связующего составляло 15% по сухим веществам от древесного наполнителя.

Для исследования был применен метод ортогонального планирования эксперимента. В таблице приведена матрица планирования ПФЭ и результаты эксперимента. Варьируемые факторы: X_1 - содержание ЛСТП в связующем, %; X_2 - температура прессования, °С; X_3 - время выдержки, мин.

Матрица планирования и результаты ПФЭ

№ опыта	Значение варьируемых факторов			Параметры оптимизации			
	X_1	X_2	X_3	Текучесть по диску Д, мм	Прочность при изгибе $\sigma_{изг}$, МПа	Водопоглощение В, %	Разбухание Р, %
1	10	140	3	74	9,74	63,3	28,6
2	40	140	3	69	6,36	159	108,3
3	10	160	3	74	9,75	81	42,5
4	40	160	3	69	5,0	147	120
5	10	140	7	74	9,03	40,5	32,6
6	40	140	7	69	5,99	115	106,8
7	10	160	7	74	12,59	58	37
8	40	160	7	69	5,05	109	88
9	25	150	5	73	10,97	43	36,5

По данным таблицы рассчитаны уравнения регрессии в кодированных переменных:

$$Y(D)=71,5-2,5X_1; \tag{1}$$

$$Y(\sigma_{изг})=7,94-2,34X_1+0,16X_2+0,27X_3-0,73X_1X_2-0,31X_1X_3+0,5X_2X_3-0,39X_1X_2X_3; \tag{2}$$

$$Y(B)=96,6+35,9X_1+2,2X_2-16X_3-6,6X_1X_2-4,5X_1X_3; \tag{3}$$

$$Y(P)=70,5+35,3X_1+1,4X_2-4,4X_3-3,2X_1X_2-4,0X_1X_3-5,0X_2X_3-2,6X_1X_2X_3 \tag{4}$$

В результате математической обработки по уравнениям (1)-(4) получены оптимальные параметры:

содержание ЛСТП в смоле КФ-МТ-15.....10%;
 температура прессования.....160°C;
 время выдержки.....7 мин.

УДК 674.812

В.Г. Дедюхин, Л.В. Мясникова, И.В. Пичугин
 (Уральская государственная лесотехническая академия)

ПРЕССОВАНИЕ ПЛИТКИ ОБЛИЦОВОЧНОЙ ИЗ МАССЫ ПРЕССОВОЧНОЙ БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО

Проведением полного факторного эксперимента $N=2^3$ определены оптимальные режимы прессования плитки из массы древесной прессовочной без связующего. Намечены пути повышения качества плитки.

Производство изделий из древесных частиц без добавления связующих было организовано в нашей стране в 1931 г. на заводе Лозод по предложению Г.Е. Баркалаи. Полученный пластик назывался баркалаитом. В Белорусском лесотехническом институте образцы из древесных пластиков без связующих были получены в сентябре 1952 г., а плиты - в феврале 1953 г.*

* Минин А.Н. Технология пьезотермопластиков. пром-сть, 1965. 286 с.

Материалы (пресс-массы), состоящие из древесных частиц без добавления связующего и предназначенные для получения изделий путем прессования, называются по аналогии с массами древесными прессовочными (МДП, ГОСТ 11368-79)) массами древесными прессовочными без связующего (МДП-БС).

Ниже приводятся результаты исследования по получению оптимальных режимов прессования и влажности МДП-БС при прессовании плитки облицовочной размерами 150x150x6 мм в пресс-форме закрытого типа. Исходным сырьем были отходы деревообрабатывающего цеха (опилки, стружки), состоящие в основном из древесины хвойных пород с влажностью 6...10%. С целью максимально полного использования отходов применялись все частицы, прошедшие через сито с отверстием 5 мм, без их доизмельчения. Необходимую влажность сырья получали путем введения расчетного количества воды при перемешивании в смесителе.

Был проведен полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа $N=2^3$ с общим числом опытов 8. Переменные факторы и уровни их варьирования приведены в табл. 1. Верхний уровень давления прессования 20 МПа принят исходя из максимального усилия используемого пресса 500 кН.

Таблица 1

Факторы ПФЭ и уровни их варьирования

Факторы	Код	Верхний уровень (+)	Основной уровень (0)	Нижний уровень (-)
Влажность пресс-сырья, %	X_1	15	12	9
Температура прессования, °С	X_2	185	170	155
Давление прессования, МПа	X_3	20	15	10

В табл. 2 приведены матрица планирования ПФЭ в кодированных переменных и результаты эксперимента. При каждом режиме прессовалось по две плитки, которые разрезались на три образца 150x48x6 мм для испытаний на изгиб.

Матрица планирования и результаты ПФЭ

№ опыта	Значение варьируемых факторов			Параметры оптимизации			
	X_1	X_2	X_3	Плотность ρ , г/см ³	Прочность при изгибе $\sigma_{изг}$, МПа	Водопоглощение В, %	Разбухание Р, %
1	9	155	10	1,06	5,68	160	120
2	15	155	10	1,14	6,82	113	105
3	9	185	10	1,15	8,36	113	83
4	15	185	10	1,12	7,28	152	81
5	9	155	20	1,23	12,30	100	120
6	15	155	20	1,10	11,08	134	66
7	9	185	20	1,20	11,08	72	57
8	15	185	20	1,11	10,20	43	30

Из половинок образцов, полученных после испытаний на прочность при изгибе, изготавливались образцы 48x48x6 мм для испытаний на водопоглощение и разбухание.

По данным табл. 2 рассчитаны уравнения регрессии в кодированных переменных:

$$Y(\rho) = 1140 + 160X_1 + 147X_2 + 162X_3 - 133X_1X_2 - 108X_1X_3 - 160X_2X_3 + 130X_1X_2X_3; \quad (1)$$

$$Y(\sigma) = 9,1 - 0,3X_1 + 0,1X_2 + 2,1X_3 - 0,2X_1X_2 - 0,3X_1X_3 - 0,7X_2X_3 + 0,3X_1X_2X_3; \quad (2)$$

$$Y(B) = 110,9 - 15,9X_1 - 23,6X_2 + 2,9X_1X_2 + 1,6X_1X_3 - 13,9X_2X_3 - 18,6X_1X_2X_3; \quad (3)$$

$$Y(P) = 82,8 - 12,3X_1 - 20X_2 - 14,5X_3 + 5X_1X_2 - 8X_1X_3 - 4,8X_2X_3 + 1,8X_1X_2X_3. \quad (4)$$

Анализ результатов исследований и литературных данных позволяет предположить, что физико-механические свойства МДП-БС могут быть значительно улучшены за счет уменьшения размера древесных частиц и увеличения давления прессования.

В работе А.Н. Минина показано, что при уменьшении размера частиц с 2 до 0,25 мм прочность при изгибе возросла в 1,5...2 раза, а

водопоглощение уменьшилось в 2...3 раза при уменьшении размера частиц с 5 до 0,25 мм. Увеличить давление прессования с 20 МПа до 40 МПа можно путем установки пресс-формы на пресс с усилием 1000 кН. Такое увеличение давления прессования приводит к увеличению плотности примерно до 1,3 г/см³, следовательно, возрастет прочность и уменьшится водопоглощение материала.

УДК 66.023:621.929

И.Н. Липунов, А.А. Юпатов
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Разработана, спроектирована и внедрена технологическая линия утилизации древесных отходов. Применение данной технологической линии позволило существенно повысить эффективность технологического процесса производства СПД.

До 50% от общего объема заготавливаемой и перерабатываемой древесины приходится на долю отходов. Это некондиционная древесина, опилки, стружка. Часть этих отходов используется для изготовления строительного материала - древесностружечных плит (ДСтП). Однако производство ДСтП связано с использованием в качестве связующего синтетических смол - фенолформальдегидных, карбамидоформальдегидных и других, что делает само производство и товарный продукт экологически опасным.

Одним из эффективных способов утилизации древесных отходов является технология изготовления экологически чистого строительного материала - стеновых профильных деталей (СПД) с использованием минерального вяжущего [1]. Сырьем для производства СПД служит измельченная древесина. В качестве связующего используется каустический магнезит, а в качестве затворителя - бишофит, обогащенный карналит или магнийсодержащие отходы. Формируются СПД экструзионным способом.

Стеновые профильные детали используются в малоэтажном домостроении, для строительства садовых домиков, хозяйственных построек, гаражей и т.п. Благодаря минеральному вяжущему этот строительный материал обладает высокой огне- и биостойкостью.

Технология изготовления СПД доведена до практического внедрения. Возможность применения СПД в домостроении подтверждена Госэпиднадзором РФ. Физико-механические и эксплуатационные свойства данного строительного материала определены ТУ "Заготовки конструкционные из древесных отходов".

Однако широкое внедрение данной технологии сдерживается отсутствием высокоэффективного технологического оборудования.

Качество стеновых профильных деталей и их эксплуатационные свойства находятся в прямой зависимости от физико-механических свойств композиционной смеси, получаемой путем смешения трех компонентов (биомассы, затворителя, вяжущего) и используемой для формирования СПД экструзионным способом.

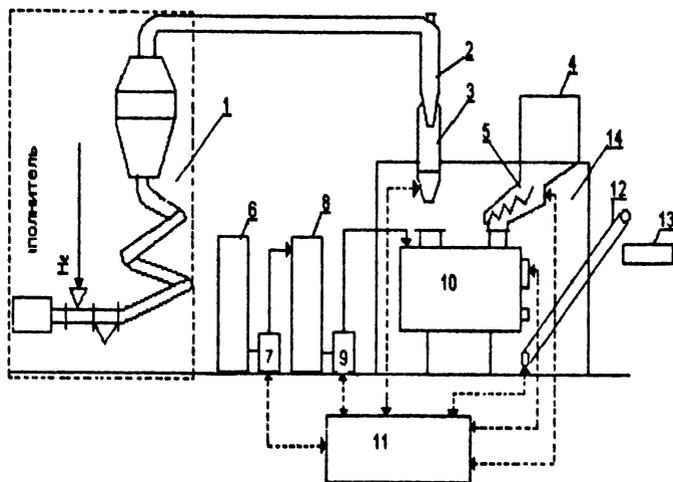
На свойства получаемой композиционной смеси существенное влияние оказывают влажность биомассы, точность дозировки компонентов, подаваемых на смешение, степень и равномерность пропитки дисперсных частиц связующим.

На ряде действующих предприятий по производству СПД на стадии сушки биомассы, как правило, используются малоэффективные сушильные аппараты барабанного типа, которые позволяют производить кондиционирование сыпучего древесного материала, но обладают существенными недостатками, а именно: недостаточной эффективностью сушки, высокой металлоемкостью и инерционностью конструкции, сложностью в эксплуатации.

На стадии приготовления композиционной смеси используются низкоэффективные кормовые смесители, с помощью которых не удается получить композиционный материал с однородными физико-химическими свойствами.

Для интенсификации процесса сушки сыпучей древесины, повышения степени гомогенизации композиционной смеси и улучшения ее физико-механических свойств нами разработана технологическая линия подготовки биомассы и получения композиционной смеси, работающая в автоматическом режиме [2].

Схема цепи аппаратов разработанной технологической линии представлена на рисунке.



Технологическая линия подготовки биомассы и получения композиционной смеси для изготовления СПД: 1 - устройство для сушки биомассы; 2 - циклон; 3 -бункер-дозатор биомассы; 4 - бункер связующего; 5 - дозатор связующего; 6 - реактор приготовления раствора затворителя; 7 - насос; 8 - емкость-дозатор раствора затворителя; 9 - насос-дозатор; 10 - реактор-смеситель; 11 - блок АСУ; 12 - транспортер; 14 - платформа

Технологическая линия состоит из узла подготовки биомассы, содержащего последовательно соединенные друг с другом установку для сушки 1, циклона 2, выполняющего одновременно роль разгрузочного устройства сухой биомассы и совмещенного с дозатором биомассы 3; узла приготовления композиционной смеси, состоящего из бункера связующего компонента 4, снабженного дозирующим устройством 5, функцию которого выполняет шнековый питатель, реактора приготовления раствора затворителя 8 и механизмов подачи раствора затворителя 7 и 9, реактора-смесителя 10, транспортера 12, подающего готовую композиционную смесь на устройство раздачи 13 в камеры формирования экструзионных прессовых установок; блока автоматической системы управления 11, который соединен с выходами узлов подготовки композиционной смеси 3, 5, 7, 9, приводом реактора-смесителя 10 и транспортера 12. Бункер-дозатор биомассы 3 и

бункер-дозатор связующего 4 и 5 установлены на платформе 14, расположенной над реактором-смесителем 10.

Интенсификация процесса сушки биомассы и снижение ее влажности до заданной величины осуществляется в разработанном нами сушильном аппарате, конструкция которого является комбинацией трубы-сушилки и аэрофонтанной сушилки [3].

Устройство для сушки работает следующим образом. Сушильный агрегат нагревается в топке до температуры 600°C и вентилятором подается на входной патрубок горизонтальной части цилиндрической трубы. В этот же трубопровод подаются измельченные частицы, которые подхватываются потоком нагретого воздуха и поступают в вертикальную часть цилиндрической трубы, выполненную в виде змеевика, где подвергаются сушке в режиме турбулентного движения. Далее поток обрабатываемого материала поступает в нижний конус аэрофонтанного оголовка, где по мере продвижения потока вверх осевая линейная скорость дисперсных частиц уменьшается. Это позволяет мелким частицам поступить в цилиндрическую обечайку, а более тяжелые влажные частицы остаются в нижнем конусе аэрофонтанного оголовка. Регулируя в случае необходимости скорость подачи сушильного агента, можно изменять или корректировать конечную влажность дисперсного материала. После того как частицы биомассы в цилиндрической обечайке подсохнут, они приобретают достаточную скорость для перехода в верхний конус аэрофонтанного оголовка, форма выполнения которого обеспечивает увеличение осевой линейной скорости дисперсных частиц при их движении снизу вверх.

Высушенный материал с влажностью 8...12% по разгрузочному трубопроводу поступает в циклон 2 для отделения высушенного материала от газовой фазы.

Предлагаемая конструкция сушильного аппарата в технологии изготовления стеновых профильных деталей позволяет регулировать его производительность путем изменения скорости подачи сушильного агента. Совокупность всех конструктивных элементов сушильного аппарата позволяет регулировать объемную скорость потока, что, в свою очередь, дает возможность регулировать конечную влажность обрабатываемого материала. Разработанная конструкция сушиллки отличается от известных меньшей энерго- и металлоемкостью, высокой технологичностью при изготовлении, монтаже и экс-

плуатации. Узел разгрузки позволяет осуществлять дозировку сухого материала непосредственно в реактор-смеситель.

Для перемешивания компонентов на стадии приготовления композиционной смеси разработан аппарат, относящийся к типу реакторов-смесителей [4,5]. Разработанный реактор-смеситель успешно разрешает проблему интенсификации процесса перемешивания компонентов, сочетающегося с одновременным химическим взаимодействием между ними и с высокой степенью пропитки твердых измельченных частиц связующим компонентом.

Система автоматического управления работой технологической линии позволяет с высокой точностью осуществлять дозировку компонентов, легко и быстро проводить их переналадку.

Технологическая линия работает следующим образом.

Измельченные древесные отходы подаются в установку 1 для сушки. После достижения влажности 8...12% высушенный материал направляется через циклон 2 в бункер-дозатор 3. По достижении заданной массы материала в дозатор через блок АСУ 11 поступает команда на отключение устройства для сушки 1, на опорожнение бункера-дозатора 3 в загрузочный люк, расположенный на крышке реактора-смесителя 10 и на включение приводов лопастных валов и разгрузочно-смесовых шнеков реактора-смесителя. В реактор 6 узла приготовления раствора затворителя загружается расчетное количество затворителя и воды и включается привод перемешивающего механизма. Готовый раствор затворителя перекачивается насосом 7 в емкость-дозатор 8. При достижении заданного значения уровня жидкости срабатывают датчики, размещенные в корпусе емкости-дозатора 8 и через блок АСУ 11 происходит автоматическое отключение насоса 7. Доза водного раствора затворителя подается насосом 9 в загрузочные патрубки реактора-смесителя 10 через четыре форсунки. По команде блока АСУ 11 связующее поступает в реактор-смеситель 10 по шнековому питателю 5. В реакторе-смесителе 10 ингредиенты смеси перемешиваются лопастными и шнековыми смесителями. После окончания процесса перемешивания лопастные валы и шнеки переключаются на разгрузочный режим, выгружают готовую композиционную массу на транспортер 12, который подает ее на узел раздачи 13 в камеры формирования экструзионных прессовых установок.

Отдельные аппараты и в целом разработанная технологическая линия прошли промышленные испытания в действующих производствах по изготовлению стеновых профильных деталей из древесных отходов и минеральных вяжущих.

Применение данной технологической линии в целом позволило существенно повысить эффективность технологического процесса утилизации древесных отходов и повысить физико-механические и эксплуатационные характеристики стеновых профильных деталей (см. таблицу).

Физико-механические характеристики СПД, изготовленных с использованием предлагаемой технологической линии, в сравнении с ТУ "Заготовки конструкционные из древесных отходов"

Показатели	Единица измерения	ТУ	По предлагаемой технологии
Плотность, не более	кг/м ³	1200	1080
Влажность, не более	%	15	10,5
Предел прочности:			
при изгибе, не менее	МПа	3	5,5
при сжатии перпендикулярно направлению прессования, не менее	МПа	8	12
Разбухание в воде по толщине за 24 ч, не более	%	0,3...1,0	0,3
Водопоглощение за 24 ч, не более	%	14	11

Литература

1. А.с. 1565341 СССР, МКИ В27 N3/18. Способ изготовления профильных деталей и линия для его осуществления/ М.В. Бирюков, 1988.
2. Свид. №797 РФ на полезную модель "Технологическая линия для изготовления профильных изделий"/ И.Н. Липунов, С.А. Юрлов, А.А. Юпатов. Бюл. № 9, 1995.

3. Свид. №966 РФ на полезную модель "Устройство для сушки дисперсных материалов"/А.С. Юрлов, И.Н. Липунов, А.А. Юпатов. Бюл. №10, 1995.

4. Пат. 1407523 РФ, МКИ В01 F7/08. Смеситель/ И.Н. Липунов, И.Н. Суслов, С.Б. Котлик и др. Бюл. № 25, 1993.

5. Липунов И.Н., Суслов Н.И., Котлик С.Б., Бирюков М.В. Реактор-смеситель для получения композиционных материалов// Химическая промышленность. 1989. №8. С. 70-71.

УДК 674.81-64

Е.А. Гурьева

(Уральская государственная лесотехническая академия)

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩИТОВ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

В статье рассмотрена проблема снижения материалоемкости щитовых конструкций за счет использования сотовых наполнителей. Применение сотового бумажного наполнителя снижает вес конструкции, обеспечивает технологичность изделия, низкую себестоимость, дает возможность использовать несложный технологический процесс и разработать новые виды изделий.

В статье рассматриваются основные требования к исходному сырью и материалам, параметры технологического процесса. Указываются их основные значения, установленные в результате проведенных экспериментов. Даются рекомендации к применению щитовых конструкций.

В народном хозяйстве нашей страны нет такой отрасли промышленности, которая не использовала бы древесины. Мебельная и целлюлозно-бумажная промышленности, строительство - основные потребители древесины. Для сохранения лесных ресурсов и удовлетворения потребностей народного хозяйства предлагаются перспективные пути оптимизации использования древесины.

Одним из таких путей является снижение материалоемкости щитовых деревянных конструкций за счет применения сотовых бумажных наполнителей по ГОСТ 23233-78. Основные их свойства: предел прочности на сжатие до 800 МПа; плотность бумаги 125...170 г/м²; легкость конструкции - объемная масса от 15 до

75 кг/м³. Также предполагается улучшенная экологическая характеристика по сравнению с ДСтП при сопоставлении показателей эмиссии свободного формальдегида.

Щитовые конструкции с сотовым наполнителем возможно применять в мебельной промышленности (детали корпусной, детской и дошкольной мебели, гнутые профили); в строительстве (панели, перегородки, внутренние двери, антресоли, встроенные шкафы). Стоимость бумажных сотовых наполнителей значительно ниже стоимости массивной древесины и ДСтП, а это обеспечивает низкую себестоимость изделий. Предполагаемые улучшенные экологические свойства конструкций с сотовым наполнителем дают возможность в будущем рекомендовать их для использования в качестве основы специализированной мебели, например, медицинской.

С учетом изложенного необходимы четкие критерии исследования свойств материалов, составляющих щитовые конструкции с сотовым наполнителем. По значимости их можно расположить в следующем порядке: 1) механическая прочность бумажных сот (предел прочности на смятие); 2) упрессовка древесных материалов и сот; 3) определение размеров основных элементов типовой конструкции щитов с наполнителем; 4) выбор режимов прессования опытным путем; 5) прочность изделия; 6) исследование экологических свойств щитовых конструкций; 7) установление параметров технологического режима для создания гнутых и сферических элементов на основе щитовых конструкций с сотовым наполнителем; 8) исследование технологического процесса изготовления щитовых конструкций с сотовым наполнителем.

Необходимые при этом мероприятия по совершенствованию технологии и оборудования: 1) совершенствование процессов производства щитов с сотовым наполнителем; 2) оптимизация параметров технологического процесса; 3) выбор типовой конструкции щитов и гнутых элементов.

Задача исследования при проведении опытов сводилась к оптимизации условий прессования сотовых щитов с целью повышения их формоустойчивости. Результатом исследования является выбор основных параметров, влияющих на формоустойчивость щитов с сотовым наполнителем, установление оптимальных значений этих параметров.

Щиты с сотовым наполнителем состоят : 1) из деревянной рамки, выполненной из закладных брусков древесины хвойных пород; 2) бумажного сотового наполнителя, закрепленного и растянутого в рамке; 3) облицовки из березового шпона, уложенного в два слоя на каждую сторону рамки.

В начале исследования было определено влияние размеров сот на прочность наполнителя при сжатии, проведен однофакторный эксперимент. Переменным фактором является размер ячеек сот, мм : 5; 10; 15. Испытания на прочность при сжатии произведены по ОСТ 1.90150-74. Площадь испытания составляла 36 см². По результатам опыта был установлен оптимальный размер ячеек сот бумажного наполнителя 15 мм. Предел прочности при этом составил 15 МПа.

Далее с учетом этого максимального давления была рассчитана упрессовка древесных материалов и сот. Упрессовка щитов с сотовым наполнителем при таком давлении находится в диапазоне от 1 до 5%. Следовательно, размеры исходных материалов должны быть увеличены на данные значения. Упрессовка y , %, древесных материалов и сот рассчитывается по формуле:

$$y = (S_n - h_{np})/S_n 100,$$

где S_n - толщина древесных материалов и сот, мм;

h_{np} - толщина металлических прокладок, мм.

В результате расчетов были установлены следующие размеры древесных материалов и сот : 1) толщина закладных брусков - 12,6 мм; 2) высота сотового бумажного наполнителя - 13,1 мм; 3) толщина шпона - 1,5 мм.

На третьем этапе исследования для выбора оптимальных условий прессования был поставлен полный факторный план типа $N=2^3$. Выходным параметром опыта являлась формоустойчивость щита с сотовым наполнителем. Здесь под формоустойчивостью понимается, что плоскости щитов криволинейны и не параллельны между собой. Это происходит из-за втягивания облицовочного материала в ячейки сотового наполнителя. Формоустойчивость была выражена как наибольший размер стрелы прогиба в мм. Варьируемыми параметрами опыта были соотношения размеров закладных брусков, значения давления прессования и толщины металлических ограничительных планок.

Для проведения этого опыта с учетом результатов первых двух экспериментов были рекомендованы следующие параметры технологического режима : 1) расход клея (смола КФ-Ж

ГОСТ 14231-78) 120 г/м²; 2) температура плит пресса 120°С; 3) продолжительность прессования 4 мин.

Результаты эксперимента обработаны с помощью программы Statgraf. Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 16,22042 - 0,1940589X_1 + 0,0006669X_2 - 0,816681X_3,$$

где X_1 - размер закладных деревянных брусков;

X_2 - значение давления прессования, 125...250 МПа;

X_3 - толщина металлических ограничительных планок;

Y - формоустойчивость.

Коэффициент множественной корреляции $R_1 = 0,7041634$;

Критерий Стьюдента $T = 6,088175$;

Доверительная вероятность $P(T) = 100$;

Критерий Фишера $F = 6,661661$;

Доверительная вероятность $F(F) = 99,99544$.

Данные результаты подтверждают адекватность математической модели. Ориентируясь на значимость коэффициентов уравнения регрессии, выбрали следующие значения параметров технологического режима прессования щитов с сотовым наполнителем : 1) размер закладных деревянных брусков 12,8 мм; 2) давление прессования 125 МПа; 3) толщину металлических ограничительных планок 16 мм.

Требования к исходному сырью : 1) древесина хвойных пород, ГОСТ 8486-86 влажностью 8,2%; 2) сотовый бумажный наполнитель по ГОСТ 23233-78 высотой 13,1 мм; 3) шпон березовый ГОСТ 2977-82, толщиной 1,5 мм; 4) смола КФ-Ж ГОСТ 14231-78, отвердитель - хлористый аммоний, 1%.

По результатам эксперимента предложен следующий технологический процесс изготовления щитов с сотовым наполнителем :

1. раскрой и обработка пиломатериалов по размеру для изготовления рамки;
2. раскрой шпона и сотового наполнителя по длине с учетом уменьшения в процессе обрезки на гильотинных ножницах ;
3. сборка рамки, закрепление сот металлическими скрепками с помощью пневматического пистолета ;
4. сборка пакета; прессование на линиях облицовывания пластей щитовых деталей на базе однопролетных прессов. Одновременно возможна отделка рулонными пленками типа РПЛ, РПТ.

Запрессовку производить в соответствии с РМ 07-09 " Облицовывание щитовых и других прямоугольных деталей в многопро-

летных прессах с применением клея на основе синтетических смол марки КФ-Ж ". После технологической выдержки (не менее 24 ч) продолжить обработку. Возможна отделка лакокрасочными материалами с применением в качестве облицовочного материала шпона или рулонных материалов, установка фурнитуры, сборка каркасов мебели.

Предлагаемые щитовые конструкции обеспечат низкую материалоемкость изделия, а следовательно, низкую удельную стоимость; несложный технологический процесс изготовления; технологичность изделий, изготовленных на их основе. На основе щитов с сотовым наполнителем можно изготавливать разнообразную мебель, создавать гнутые и сферические элементы, не изменяя хода технологического процесса.

Необходимы дальнейшие исследования конструкций щитов с сотовым наполнителем для их более широкого применения в мебельной промышленности.

УДК 684.4.059.4

С.В. Гагарина, С.Н. Щуркова
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛКИДНЫХ СМОЛ

С целью получения лакокрасочного покрытия с хорошими защитно-декоративными свойствами и уменьшения времени отверждения покрытия изучена композиция из лаков НЦ-218, ПФ-283 и пигментной пасты из частиц слюды, обработанной диоксидом титана. Разработаны технологические режимы формирования и отверждения покрытия на поверхности плитных материалов.

Одним из главных направлений деревообрабатывающей промышленности является совершенствование типовых технологических процессов на базе внедрения новых высокоэффективных материалов.

При современном состоянии экономики страны предприятия мебельного производства не в состоянии финансировать мероприятия, связанные с крупными капиталовложениями.

Решение этой проблемы возможно путем модификации традиционных лакокрасочных материалов, используемых в отделке, в том числе и алкидных олигомеров. Среди синтетических смол, применяемых для изготовления лакокрасочных материалов, алкидные олигомеры занимают ведущее место с середины 30-х годов и до настоящего времени. Это объясняется возможностью получения на их основе сравнительно недорогих покрытий холодного и горячего отверждения с хорошей адгезией к поверхности различных материалов, механически прочных и стойких при эксплуатации как внутри помещений, так и в атмосферных условиях. Выпуск алкидов в настоящее время составляет 60...80% от общего выпуска синтетических пленкообразующих веществ.

Наибольшее применение в деревообработке получили пентафталевые лаки, но основным их недостатком является продолжительность отверждения покрытия (при температуре 18...22°C время сушки может составлять 36...72 ч).

Специальные модифицирующие добавки, введенные в лакокрасочный материал, не только повышают защитно-декоративные свойства, но и положительно влияют на основные параметры технологического процесса формирования покрытия (улучшают растекание, снижают внутренние напряжения в пленке и т.д.). Модифицирующие добавки способны интенсифицировать процесс отверждения, что особенно важно при применении пентафталевых лаков.

Целью работы, проведенной на кафедре МОД УГЛТА, было получение лакокрасочного покрытия с хорошими защитно-декоративными свойствами и уменьшение времени отверждения пентафталевого покрытия за счет введения нитроцеллюлозного лака и модифицирующей добавки в виде пигментной пасты. В исследованиях использовались лакокрасочные композиции на основе лаков: пентафталевого ПФ-283 и нитроцеллюлозного НЦ-218.

Следует отметить, что известны работы, в которых проводились исследования по модификации лакокрасочных материалов на основе алкидных смол нитроцеллюлозой. Так, В.И. Карандашев и С.И. Питеркина [1] установили возможность совместимости с ацетилцеллюлозой алкида на основе фталевого ангидрида и гликоля с частичной заменой последнего глицерином. Е.И. Романова и И.В.Котляр [2] получили вполне удовлетворительные результаты

при испытании нитроглифталевых композиций. По результатам исследований предлагалось оптимальное соотношение нитроцеллюлозы и пентафталевого лака как 1:2. Уменьшение количества алкидных смол до соотношения 1:0,5 и 1:1 приводило к понижению качества нитропентафталевого пленок, увеличение концентрации алкидной смолы в композиции не заслуживает внимания с экономической точки зрения.

Непигментированные нитропентафталевого лаки при двуслойном нанесении на подложку формируют покрытия повышенной твердости (твердость пленки по М-3 не менее 0,5 усл. ед.), хотя и обладают невысокой атмосферостойкостью. Объяснение этого факта заключается в недостаточном заполнении частицами пентафтала волокон нитроцеллюлозы.

Повысить защитные свойства покрытий можно путем введения в лакокрасочную композицию пигментной пасты на основе частиц слюды, обработанной двуокисью титана. Экспериментальные исследования показали, что при введении данного пигмента в лакокрасочную систему значительно увеличилась стойкость пленок к воде и минеральным маслам.

Данные, полученные в процессе лабораторных исследований, позволили сделать вывод о целесообразности совмещения нитроцеллюлозной и пентафталевого лаковых композиций в соотношении 50:50. При уменьшении концентрации нитроцеллюлозного лака происходит свертывание лакокрасочной композиции, а при увеличении - ухудшаются защитные и механические свойства покрытия (так, твердость пленки по маятниковому прибору М-3 менее 0,3 усл. ед., стойкость пленки лака к статическому действию воды при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ менее 8 ч).

Направленное изменение объемной концентрации пигментной пасты во вновь полученной композиции позволяет регулировать физико-механические свойства покрытия (см. рисунок).

Так, при анализе графика зависимости твердости нитропентафталевого покрытия от концентрации пигментной пасты видно, что при увеличении последней твердость пленки увеличивается, и при концентрации 6% достигает твердости нитроцеллюлозного лака НЦ-218.

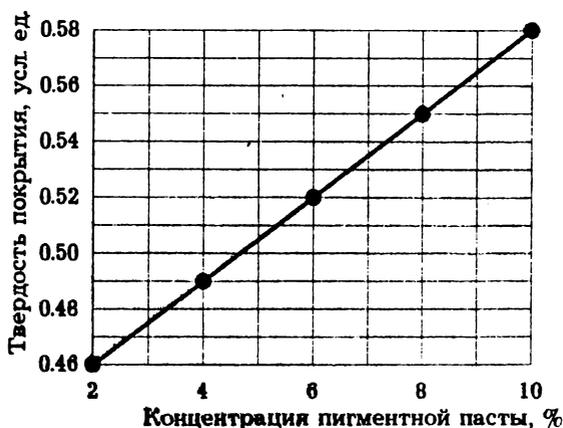


График зависимости твердости лакокрасочного покрытия от концентрации пигментной пасты

Дальнейшее увеличение концентрации нецелесообразно, так как происходит резкое нарастание вязкости лаковой системы.

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

- при введении в лаковую систему пигментной пасты в объеме от 2 до 8 % изменения технологических свойств композиции не оказывают существенного влияния на процесс формирования покрытия; такие свойства лакокрасочной композиции, как вязкость, краевой угол смачивания нарастают медленно, точкой резкого увеличения вязкости лаковой системы можно считать концентрацию 10%, при этом вязкость по ВЗ-4 будет составлять 40 с, в то время как при концентрации 2...10% она колеблется от 27 до 30 с;

- определена оптимальная концентрация пигментной пасты 6%, при которой содержание нелетучих веществ достигает 51,2%, как и у лака ПФ-283; дальнейшее увеличение концентрации нецелесообразно, так как при концентрации 6% укрывистость пленки удовлетворительная и составляет 120 г/м²;

- с увеличением концентрации пигментной пасты твердость пленки увеличивается, при концентрации 6% достигает твердости пленки лака НЦ-218 (не менее 0,5 усл. ед. по М-3).

Для разработанной лакокрасочной композиции были подобраны технологические режимы формирования и отверждения покрытия. Так, при отделке методом распыления вязкость рабочего

состава 30 ± 5 с; давление воздуха, МПа: на входе в краскораспылитель 0,3...0,45, на рабочий состав 0,05...0,1; расстояние от сопла до лакируемой поверхности 0,25 м, время высыхания до степени 3 при температуре $40 \pm 2^\circ\text{C}$ не более 1,7 ч (в то время как отверждение пентафталевого лака при температуре $60 \pm 2^\circ\text{C}$ составляет 3 ч.).

Разработанное высокоэффективное защитно-декоративное покрытие может быть применено для отделки плитных материалов, используемых как в жилых, так и в административных помещениях.

Литература

1. Карандашев В.И., Питеркина С.А. О перспективах нитроглифталевых композиций// Промышленная и органическая химия. 1940. №1. С. 42.
2. Романова Е.И., Котляр И.В. Технический бюллетень завода "Победа рабочих"// Новости техники. 1940. №1. С. 47.

УДК 684.4.059.4

С.Н. Щуркова, С.В. Гагарина, Н.Ф. Жданов,
Ю.И. Цой, С.В. Соболева
(Уральская государственная лесотехническая академия)

ОТДЕЛКА ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВЫМ ВИДОМ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ЛАКОВ

С целью повышения сухого остатка водорастворимого акрилатного лака изучено влияние алюминиевой пигментной пасты на свойства лакокрасочной композиции и покрытия. Показано, что сухой остаток лака можно повысить до 36%, формируется тонкослойное покрытие с повышенными декоративными и эксплуатационными свойствами.

Ежегодно в России производится более 3 млн т лакокрасочных материалов (ЛКМ), которые содержат в среднем 50% органических растворителей, безвозвратно теряющихся при нанесении и формировании покрытий.

Таким образом, значительное количество органических растворителей выбрасывается в атмосферу, загрязняя окружающую

среду, создавая токсичность, взрыво- и пожароопасность на всех стадиях производства и применения ЛКМ. В связи с дефицитностью нефтяного сырья, а также необходимостью охраны окружающей среды становится актуальной проблема исключения из состава лакокрасочных материалов дорогих, токсичных и взрывоопасных органических растворителей.

В лакокрасочной промышленности данная проблема решается путем создания водоразбавляемых и порошковых (аэродисперсных) лаковых систем.

Применение водорастворимых лакокрасочных материалов является одним из наиболее перспективных направлений в производстве защитно-декоративных покрытий.

Это обуславливается следующими преимуществами данных материалов:

- применением в качестве разбавителя воды взамен токсичных и огнеопасных растворителей, что дает значительную экономию, уменьшает пожарную опасность при окрасочных работах, улучшает санитарно-гигиенические условия труда;

- легкостью нанесения водоразбавляемых материалов (кистью, краскораспылителем, валиком, а также способом электроосаждения - одним из наиболее прогрессивных методов нанесения лакокрасочных материалов);

- меньшей трудоемкостью отмывки оборудования и инструмента от неотвержденной краски;

- хранением и транспортировкой красок в сухом виде с последующим разведением их водой;

- негорючестью и сравнительно невысокой стоимостью лакокрасочных систем.

Вместе с тем, водоразбавляемые лакокрасочные материалы не лишены недостатков, из которых следует отметить следующие:

- слабая стабильность и неморозостойкость значительной части водоразбавляемых красок дисперсного типа;

- малый процент нелетучей части водорастворимых пленкообразователей;

- длительный срок отверждения водных окрасочных систем в естественных условиях;

- высокое поверхностное натяжение водорастворимых пленкообразователей препятствует их растеканию по подложке.

На кафедре механической обработки древесины УГЛТА совместно с кафедрой механической технологии древесины С.-Петербургской лесотехнической академии были проведены исследования влияния металлических пигментов на увеличение содержания сухого остатка водоразбавляемых лаков на основе акриловых олигомеров.

Акриловые сополимеры являются одним из наиболее перспективных видов водорастворимых полимеров. Покрытия на их основе обладают хорошими декоративными свойствами - блеском, низкой грязеемкостью, высокими защитными и механическими свойствами, присущими всем акриловым сополимерам.

В том случае, когда в качестве полимеров взяты акриловая и метакриловая кислоты, образуется карбоксилсодержащий водорастворимый полимер, способный образовывать необратимое покрытие при введении отверждающих добавок других олигомеров.

Для исследований использовались следующие материалы:

- древесностружечная плита П-А (ГОСТ 10632-89), облицованная шпоном строгаными твердолиственных пород (ГОСТ 2977-82);

- водоразбавляемый акрилатный лак на полиуретановой основе марки ПАРКЕТТИ-ЯССЯ фирмы "Тиккурила";

- алюминиевая пигментная паста марки SILBER EXTRA фирмы "Eckart".

Паркетный лак ПАРКЕТТИ-ЯССЯ представляет собой водоразбавляемый акрилатный лак на полиуретановой основе и предназначен для лакирования деревянных поверхностей.

Техническая характеристика лака

Сухой остаток, %.....	25...30
Плотность, кг/л.....	1,0
Разбавитель.....	вода
Способ нанесения.....	кисть, шпатель, краскораспылитель
Время высыхания при температуре 23°C, ч	8...10
Блеск.....	матовый, полуглянцевый
Абразивность.....	хорошая
Стойкость к мытью.....	хорошая
Стойкость к растворителям.....	устойчив к уайт-спириту.

Перед применением в основу лака вводили пигментную пасту при механическом перемешивании, получая однородную массу без агрегативных и механических включений.

Пигментная паста состоит из алюминиевого пигмента чешуйчатой формы, обработанного поверхностно-активным веществом группы полисилоксанов, которое защищает металлический порошок от окисления и придает водной лакокрасочной системе стабильность.

Техническая характеристика пигментной пасты

Цветовой тон.....	серебро
Степень блеска.....	металлический блеск
Содержание твердых частиц, %.....	71,1
Дисперсность, мкм.....	15; 30; 45
Термостойкость, °С.....	500

Пигменты, входящие в состав пасты, представляют собой тонкодисперсные порошки металлов и обладают специфическими свойствами. Порошки имеют форму чешуек, длина которых достигает 70 мкм при толщине 0,5...1,0 мкм. Такая форма частиц позволяет создавать плотный объем упаковки пигмента в покрытии, что приводит к формированию высокодекоративного тонкослойного покрытия повышенной твердости с характерным металлическим блеском.

Для улучшения диспергирования частиц в водорастворимом акриловом пленкообразователе в экспериментах пигмент подвергали предварительной обработке поверхностно-активным веществом (ПАВ). В качестве ПАВ был выбран полиоксиалкиленгликолевый эфир нонилфенола, так как данное вещество обладает рядом существенных достоинств:

- хорошо растворяется в воде;
- не оказывает влияния на отверждение покрытий на основе акриловых полимеров;
- повышает седиментационную устойчивость металлических порошков в пленкообразователе;
- снижает флокуляцию пигмента в пленкообразователе.

После обработки металлического пигмента 0,5...1,0 %-м водным раствором ПАВ в течение двух часов при температуре 60°С в смесь добавляли акриловый пленкообразователь и диспергировали. Пигментная паста считалась готовой, когда представляла собой вязкую однородную массу. Готовую пигментную пасту вводили в лакокрасочный материал. Объемная концентрация последней

варьировалась от 1 до 15 мас. ч. при фиксированной дисперсности 50 мкм.

Свойства лаковых композиций

Показатель	Значение показателя при концентрации пасты в лаке, мас. ч.			
	0	5	10	15
Условная вязкость лакокрасочной системы по ВЗ-4, с	22	24	28	42
Краевой угол смачивания, град.	28	34	38	56
Укрывистость, г/м ²	-	115	75	65
Содержание сухого остатка, %	22	26	32	36

Результаты исследований влияния частиц пигмента на физико-механические свойства лака приведены в таблице и позволяют сделать следующие выводы:

1. Влияние объемной концентрации пигмента в лаке на содержание нелетучих веществ пленкообразователя имеет прямо пропорциональную зависимость и возрастает от 22% (исходное содержание сухого остатка лаковой системы) до 36% (содержание сухого остатка ЛКМ, пигментированного 15 мас. ч. металлического порошка), что является вполне удовлетворительным показателем для лакокрасочных материалов, применяемых в деревообработке.

2. При введении пигмента в лак в количестве от 1 до 12 мас.ч. изменение технологических свойств лака не оказывает существенного влияния на процесс нанесения и формирования защитно-декоративного покрытия древесины и древесных материалов.

Полученный лакокрасочный материал был нанесен методом пневматического распыления на облицованную ДСтП. Предварительные исследования показали, что на основе водорастворимого металлизированного ЛКМ сформировано тонкослойное защитно-декоративное покрытие, обладающее повышенными декоративными и эксплуатационными свойствами. Покрытие отверждается при температуре 60°C в течение 30...45 мин.

УДК 674.815-41:613.63

Е.М. Разиньков
(Воронежская государственная
лесотехническая академия)

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ В МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Предложен способ оценки значимости факторов в математических моделях, позволяющий сократить количество входящих в эти модели факторов. Этот способ особенно применим при анализе значимости факторов в моделях, полученных на основании собственных данных и известных результатов исследований.

В своей работе исследователь часто сталкивается с необходимостью использования различных известных математических формул или моделей с довольно большим количеством переменных факторов. При этом получаемые исследователем конечные формулы часто бывают громоздкими, что усложняет расчеты. В этом случае встает вопрос о возможном исключении из конечной формулы незначимых или малозначимых факторов.

В случае получения экспериментальным путем самим автором формулы или уравнения регрессии с несколькими переменными этого вопроса не возникает. Для его решения по известной методике устанавливают значимость коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента. При условии незначимости коэффициента фактор при нем из уравнения исключают.

В случае же "компоновки" конечной формулы, особенно с включением в нее каких-то теоретических формул, указанный вопрос встает и требует своего решения.

Предлагаемый нами способ является одним из вариантов решения указанного вопроса. В основе способа лежит статистически достоверная значимость в математических моделях переменных факторов при принятом исследователем уровне или проценте погрешности результатов выходного параметра. По этому способу малозначимый (в пределах принятого процента погрешности) фактор принимается численным значением как константа, т.е. постоянной. Это значение для каждого такого фактора может находиться только в пределах интервала варьирования фактора.

Реализация способа проходит через несколько этапов.

1. Установление интервала варьирования каждого фактора в физических значениях.

Пусть "скомпонованная" математическая модель включает в себя 17 факторов, каждый из которых варьируется в своих пределах. Например, $X_1=480...660$ кг/м³; $X_2=39...98\%$; $X_3=1...3$ мин; $X_4=2...6$ с, ..., $X_{16}=170...200$ °C.

2. Нахождение по модели зависимости выходного параметра $У$ поочередно от каждого входящего в нее фактора.

При этом предел варьирования каждого исследуемого фактора разбивается не менее чем на 10 интервалов. Все остальные входящие в модель факторы стабилизируются на своих различных уровнях варьирования (сначала на минимальном, а затем на среднем и максимальном). Результаты можно занести в таблицу следующей формы.

Таблица 1

Зависимость выходного параметра $У$ от входящих в модель факторов

Уровень остальных факторов	У при различных 11 значениях исследуемых факторов										
Минимальный Средний Максимальный	Фактор X_1										
	480	498	516	534	552	570	588	606	624	642	660
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}
	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	b_{11}
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7	c_8	c_9	c_{10}	c_{11}
Минимальный Средний Максимальный	Фактор X_2										
	39,0	44,9	50,8	56,7	62,6	68,5	74,4	80,3	86,2	92,1	98,0
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}	R_{11}
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}
	• •										
	Фактор X_{17}										

3. Оценка величины изменения выходного параметра для каждого исследуемого фактора в пределах его интервала варьирования при различных уровнях остальных факторов.

В качестве такой оценки может быть принят процент изменения выходного параметра (η) при изменении значений фактора. Представим, что в табл. 1 были следующие значения У:

$$a_1=0,40; b_1=0,39; c_1=0,37; d_1=0,45; R_1=0,36; Z_1=0,27; \\ a_{11}=0,41; b_{11}=0,40; c_{11}=0,38; d_{11}=0,59; R_{11}=0,50; Z_{11}=0,41.$$

Представим себе, что зависимости $Y=F(X_1)$ и $Y=F(X_2)$ линейные. В этом случае в табл. 1 значения У по мере изменения значения исследуемого фактора и для уравнений остальных факторов модели будут равномерно возрастать или убывать. Тогда величину η , например, для $Y=F(X_1)$ при минимальном уровне остальных факторов определяют, %:

$$\eta = \frac{a_{11} - a_1}{a_{11}} 100. \quad (1)$$

Для нашего случая $\eta=2,43\%$. Результаты заносят в табл. 2.

Таблица 2

Значения величины η

Фактор	Уровень остальных факторов	η , %
X ₁	Минимальный	2,43
	Средний	2,50
	Максимальный	2,63
X ₂	Минимальный	23,73
	Средний	28,00
	Максимальный	34,15
*	*	
X ₁₇		

4. Оценка факторов на предмет их замены в математической модели на постоянные значения.

Оценку можно производить исходя из предельного значения погрешности выходного параметра У за счет замены в модели одного или нескольких факторов на постоянное значение. Эта погрешность и будет характеризоваться величиной η . Если принять $\eta < 3\%$, то из табл. 2 следует, что при таком условии фактор X₁

можно исключить из модели и вместо него подставить в модель любое значение от 480 до 600.

Если в табл. 2 величина будет $|\eta| < 3\%$ для нескольких факторов, например, X_1 , X_3 и X_4 , то в этом случае их можно принять за *Const* при условии, что при любых комбинациях физических значений каждого из этих факторов η не будет больше допустимого значения (3%). Такие комбинации будут определяться корреляцией между собой в модели рассматриваемых факторов (X_1 , X_3 , X_4). При линейной корреляции эти комбинации простые и могут быть взяты из плана полного факторного эксперимента, при нелинейной - более сложные. Зная комбинации физических значений факторов, можно реализовать опыты с окончательным определением величины η .

Представим себе, что корреляция между собой факторов X_1 , X_3 и X_4 линейная. Тогда комбинации для них и реализация опытов могут производиться по табл. 3. Такие таблицы должны составляться отдельно для условий, когда комбинации факторов X_1 , X_3 и X_4 одни и те же, но остальные факторы в модели варьируются отдельно на минимальном, среднем и максимальном уровнях.

Таблица 3

Реализация опытов при возможных комбинациях факторов X_1 , X_3 и X_4

№ опыта	Факторы и их значения						У, МПа	η, %
	X_1		X_3		X_4			
	Код.	Физ.	Код.	Физ.	Код.	Физ.		
1	-	480	-	1	-	2	Y_1	
2	+	660	-	1	-	2	Y_2	
3	-	480	+	3	-	2	Y_3	
4	+	660	+	3	-	2	Y_4	
5	-	480	-	1	+	6	Y_5^*	
6	+	660	-	1	+	6	Y_6	
7	-	480	+	3	+	6	Y_7	
8	+	660	+	3	+	6	Y_8	

* $Y_5 = Y_{\max}$.

По результатам определяют η , %, по (1):

$$\eta = \frac{Y_{\max} - Y_i}{Y_{\max}} \cdot 100. \quad (2)$$

В этой формуле величина η характеризует в модели погрешность в выходном параметре Y за счет представления в ней факторов X_1 , X_3 и X_4 в виде *Const*. После этого определяется среднее арифметическое $\eta_{\text{ср}}$ по всем опытам и таблицам (для различных уровней остальных факторов модели) и сравнивается с допустимой величиной $\eta_{\text{д}}$. Если условие не выполняется, то необходимо из рассматриваемых факторов (X_1 , X_3 , X_4) убрать один или несколько из них и снова возвратиться к реализации опытов по табл. 3, но уже с другими комбинациями значений факторов. Иногда, если указанное выше условие не выполняется, целесообразно уменьшить (снизить) предел варьирования рассматриваемых факторов до наиболее реальных в технологии значений и затем снова возвратиться к реализации табл. 3 при тех же комбинациях значений факторов.

Если выполняется условие $|\eta_{\text{ср}}| < |\eta_{\text{д}}|$, то в модель вместо факторов X_1 , X_3 , X_4 можно подставить значения соответственно 500 кг/м³, 2 мин, 4 с. Таким образом, в модели вместо 17 факторов останется 14. При этом различие в значениях выходного параметра Y , полученного по первоначальной укороченной математической модели, можно оценить определенной, но допустимой погрешностью.

Представленную методику применяли для упрощения математической модели, описывающей предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти (σ_p) древесностружечной плиты (ДСтП). В эту модель входит 16 основных технологических факторов, каждый из которых может варьировать в своих пределах. К таким факторам относятся: плотность древесного сырья, из которого изготовлена стружка ($\rho_{\text{д}}=480\text{...}660$ кг/м³); влажность древесного сырья ($W_{\text{с}}=39\text{...}98\%$); длина ($l_{\text{с}}=5\text{...}31$ мм), ширина ($b_{\text{с}}=3\text{...}6$ мм) и толщина ($h_{\text{с}}=0,25\text{...}0,80$ мм) стружки; содержание отвердителя ($C_{\text{о}}=0,2\text{...}2,0\%$); плотность ДСтП ($\rho_{\text{п}}=500\text{...}800$ кг/м³); содержание связующего ($C=10,0\text{...}12,4\%$); влажность ДСтП ($W_{\text{п}}=5\text{...}12\%$); плотность древесного вещества ($\rho_{\text{дв}}=1530$ кг/м³); плотность отвержденной массы связующего в ДСтП ($\rho_{\text{сс}}=1480\text{...}1570$ кг/м³); площадь

осмоления стружки ($S_{\text{осм}}=40\text{...}60\%$); давление ($P_{\text{п}}=2,0\text{...}3,3$ МПа), температура ($t_{\text{п}}=150\text{...}200^{\circ}\text{C}$) и продолжительность ($t_{\text{п}}=2,3\text{...}11,0$ мин) прессования; продолжительность прогрева стружечного пакета ($t_{\text{пр}}=1,0\text{...}6,0$ мин). Это уравнение довольно сложное и приведено в работе*.

Предварительный анализ величины σ_p от влияния каждого из 16 факторов показал, что такие факторы, как C_o , b_c , $S_{\text{осм}}$, $W_{\text{п}}$ и $t_{\text{пр}}$ оказывают на искомую величину незначительное влияние (до 5%) при изменении их с минимального до максимального уровня варьирования (хотя сами они оказывают на искомую величину существенное влияние). Но это влияние факторов до 5% выполняется в более узких (но наиболее реальных при изготовлении ДСТП) пределах варьирования приведенных выше факторов: $C_o=0,8\text{...}1,0\%$; $b_c=3\text{...}6$ мин; $S_{\text{осм}}=40\text{...}50\%$; $W_{\text{п}}=6\text{...}10\%$ и $t_{\text{пр}}=1,5\text{...}2,9$ мин. Таким образом, в развернутую модель из 16 факторов вместо указанных 5 факторов можно было бы подставить постоянные значения (например, средние арифметические). При этом в указанной модели вместо 16 осталось бы только 11 факторов. Влияние исключенных 5 факторов в укороченной модели учтено. Однако, чтобы сделать такой вывод научно обоснованным с точки математической статистики, необходимо было провести расчеты по предлагаемой выше методике (по 4 этапам).

Для того, чтобы правильно установить комбинации значений вышеуказанных исследуемых 5 факторов, был проведен корреляционный анализ всей (развернутой) математической модели. Анализ показал, что корреляция между всеми 5 факторами существует, на что указывают значения коэффициента корреляции, корреляционного отношения и меры линейности (табл. 4).

Корреляционная связь между этими факторами линейная. Это значит, что комбинации значений исследуемых 5 факторов можно принимать как при планировании ПФЭ= 2^5 . При всех этих

* Разиньков Е.М. Оптимизация процесса получения древесно-стружечных плит заданной прочности // Дис...д-ра техн. наук. Воронеж, 1994.

Таблица 4

Корреляционная связь исследуемых факторов

Фактор	Корреляционные характеристики для факторов на различных уровнях варьирования					
	Минимальный уровень			Максимальный уровень		
	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение	Мера линейности	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение	Мера линейности
C_o	0,8283	0,9436	1,43	0,8209	0,94	1,44
b_c	-0,9090	0,9699	1,12	0,9084	0,97	1,13
$S_{осм}$	-0,9040	0,9641	1,14	0,8660	0,95	1,31
$W_{п}$	0,9080	0,9700	1,13	-0,6380	0,90	2,09
$t_{уд}$	-0,8659	0,9543	1,33	-0,9090	1,97	1,12

32 комбинациях была рассчитана величина σ_p при минимальном и максимальном уровнях остальных факторов. Результаты показали, что независимо от комбинаций исследуемых факторов величина σ_p изменяется в пределах 5%. Это позволяет заключить, что исследуемые 5 факторов в развернутой модели можно заменить на постоянные в пределах их уровня варьирования.

УДК 674.038.3:674.213:692.5

Ю.И. Ветошкин, Г.Г. Говоров, А.Г. Антонов
(Уральская государственная лесотехническая академия)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ
МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ШТУЧНОГО ПАРКЕТА**

Изучена возможность модификации древесины осины и березы путем пропитки полиакриламидом с последующей сушкой и уплотнением. Высокие физико-механические показатели модифицированной древесины, превышающие показатели дуба, позволяют рекомендовать ее для использования в производстве штучного паркета.

В настоящее время в строительной и деревообрабатывающей отраслях существует ряд проблем. Одной из них можно считать

ограниченный запас древесины ценных твердолиственных пород для производства штучного паркетного пола. Нами была предпринята попытка решить данную проблему путем модификации наиболее распространенных мягколиственных древесных пород осины и березы с целью замены ими ценных твердолиственных пород.

Модификация древесины в широком смысле - направленное улучшение ее свойств, придание ей новых положительных качеств, устранение природных недостатков для более широкого и полного использования в народном хозяйстве. Улучшение свойств натуральной древесины не только увеличит время и надежность ее службы в постройках, изделиях, но расширит области ее применения и позволит более широко использовать древесину мягких лиственных пород.

Водорастворимые сравнительно низкомолекулярные, полярные и невязкие агенты, проникая в древесину в капельно-жидком состоянии по полостям клеток и каналам пор, быстро перемещаются по клеточным стенкам, где размещаются в межмолекулярных пространствах. Эффект модификации будет тем значительней, чем больше молекул агента проникнут между макромолекулами древесины, раздвигая их.

Из существующих работ и исследований в области модификации древесины было выяснено, что наибольшего успеха можно достичь благодаря использованию химико-механического способа модифицирования цельной древесины. В основе химико-механического способа модифицирования лежит пропитка цельной древесины синтетическим полимером с последующим уплотнением древесины и отверждением введенного в нее полимера.

В лабораториях УГЛТА были проведены следующие эксперименты: 1) пропитка образцов древесины полимером; 2) сушка; 3) термомеханическая обработка.

В качестве пропитывающего материала использовался водорастворимый малотоксичный полимер полиакриламид (ПАА) со степенью гидролиза 5%. В качестве испытываемых образцов использовали осиновые и березовые образцы размерами 200x40x18 мм. Изначально все образцы пронумеровывались и взвешивались.

Было исследовано три метода пропитки: 1) метод горячей-холодной ванны; температура горячей ванны была +95°C, а темпе-

ратура холодной ванны +5°C. Время выдержки в горячей ванне составляло 45 мин, в холодной 60 мин; 2) метод вакуум-атмосферного давления; время вакуумирования составляло 20, 30, 40 и 60 мин, время выдержки при атмосферной пропитке 30 мин.

3) ультразвуковой метод. Режимы пропитки при ультразвуковом методе были следующие: время воздействия ультразвуком 15 и 30 мин, частота звука 10 и 20 кГц.

После пропитки образцы высушивались до технологической влажности. Затем они подвергались термомеханической обработке в горячем прессе. Толщина образцов была измерена непосредственно после термомеханической обработки, затем через час и через сутки. Эти исследования показали, что степень релаксации образцов по толщине очень мала и соответствует ограничениям ГОСТа.

После этого образцы подвергались исследованиям на сопротивление смятию и статическую твердость. Для определения статической твердости в образцы на испытательной машине вдавливалась металлическая полусфера и измерялось соответствующее усилие, для определения сопротивления смятию металлическая полусфера вдавливалась в образец до появления следа на его поверхности. После механических испытаний определялось линейное разбухание после выдержки в воде в течение суток.

Установлено, что режимы пропитки оказывают существенное влияние на свойства модифицированной древесины. Наилучшие свойства образцов получены при вакуумировании в течение 30 и 40 мин и ультразвуковой обработке в течение 15 мин при частоте звука 20 кГц. Результаты испытаний образцов древесины, пропитанной различными методами в оптимальных условиях, а также непропитанных образцов древесины дуба (для сравнения) приведены в таблице.

Приведенные в таблице данные показывают, что модифицированная мягколиственная древесина не уступает, а по некоторым параметрам даже превосходит древесину дуба.

Все три метода пропитки дали неплохие результаты, с небольшим преимуществом методов вакуум-атмосферного давления и ультразвукового.

Физико-механические свойства образцов древесины

Показатель	Дуб	Модифицированная древесина, пропитанная методами					
		горяче-холодной ванны		вакуум-атмосферного давления		ультразвуковым	
		осина	береза	осина	береза	осина	береза
Степень поглощения полимера, %	-	4,04	4,17	4,04	3,3	2,5	2,9
Статическая твердость, МПа	67	62	68	60	72	67	73
Сопrotивление смятию, МПа	46	44	47	52	46	56	60
Степень разбухания, %	62	47	52	56	58	51	52

Нами была разработана технология производства штучного модифицированного паркета на основе среднего типового предприятия по изготовлению штучного паркета.

Благодаря возможности замены ценных твердолиственных пород более дешевыми и возможности исключения из технологического процесса операции нанесения лака экономия от снижения себестоимости 1 м² паркета составляет около 31 тыс. руб. Срок окупаемости нового оборудования менее года. Так как при пропитке ультразвуковым методом поглощение полимера не превышает 3%, затраты на него будут невелики. Ежегодные затраты на материалы снижены в 4,5 раза за счет возможности исключения операции отделки паркета. Ежегодные затраты на сырье снижены в 3 раза за счет возможности замены твердолиственных пород древесины на менее ценные мягколиственные породы.

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что модифицированная древесина мягких лиственных пород в состоянии с успехом заменить в ряде случаев древесину твердых пород, и сделать вывод о целесообразности создания новых эффективных технологий по производству изделий и заготовок из модифицированной древесины.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Самойлов В.А., Синегибская А.Д. Применение лигнина таллового омыленного в производстве ДВП.....	4
Синегибская А.Д., Самойлов В.А., Космачевская Н.П. Оптимизация расхода клеевой композиции, модифицированной пеком талловым омыленным, в производстве ДВП.....	10
Денисов О.Б. Технология высокопрочных древесно-стружечных плит.....	15
Разиньков Е.М. Определение продолжительности прессования древесностружечных плит.....	18
Огурцов В.В., Баранов Ю.С. Влияние различных факторов на процесс смешивания древесных частиц с порошкообразным связующим в электрическом поле.....	24
Бурыдин В.Г., Глухих В.В., Томилова С.В., Глазырина Т.А. Оптимизация периодического процесса получения карбамидной смолы ПКП-11 для древесностружечных плит.....	31
Томилова С.В., Бурыдин В.Г., Баженова А.В. Влияние циклических азотсодержащих структур на свойства смол и древесностружечных плит на их основе.....	42
Коршунова Н.И., Балакин В.М., Пазникова С.Н. Применение хлорида натрия для снижения токсичности карбамидоформальдегидных смол и древесностружечных плит на их основе.....	47
Пазникова С.Н., Балакин В.М., Литвинец Ю.И., Заварницина Ю.В. Синтез глиоксальсодержащих смол и получение малотоксичных древесных композиционных материалов на их основе.....	51
Балакин В.М., Коршунова Н.И., Литвинец Ю.И., Пазникова С.Н., Шевчук С.А. Опытнo-промышленная проверка применения реагента ОХН при производстве карбамидоформальдегидных смол.....	55
Балакин В.М., Пазникова С.Н., Коршунова Н.И., Заварницина Ю.В. Синтез карбамидоформальдегидных смол в присутствии неорганических электролитов.....	59

Торицин А.В., Балакин В.М., Арефьев Е.О., Тимошенко Н.Л. Синтез и исследование свойств модифици- рованных аминами карбамидоформальдегидных смол.....	64
Выдрина Т.С., Буриндин В.Г., Глухих В.В., Попова А.П. Поиск условий синтеза карбамидоформальдегидных олигомеров для получения фанеры класса Е1.....	70
Войт В.Б., Хусаинов Д.Ф. Свойства ДСтП с точки зрения реокинетики отверждения карбамидоформальдегидной смолы в процессе ее старения.....	77
Мухин Н.М., Холмогорова Н.В., Трохова Т.В. Об использовании лигносульфонатов в производстве древесных пресс-масс на основе карбамидоформальдегидных связующих.....	83
Дедюхин В.Г., Мухин Н.М., Конева Н.В., Пичугин И.В. Использование лигносульфоната технического порошкообраз- ного в качестве добавки к карбамидоформальдегидной смоле.....	90
Дедюхин В.Г., Мясникова Л.В., Пичугин И.В. Прессование плитки облицовочной из массы прессовочной без связующего.....	94
Липунов И.Н., Юпатов А.А. Интенсификация техноло- гического процесса утилизации древесных отходов.....	97
Гурьева Е.А. Эксплуатационные характеристики щитов с сотовым наполнителем.....	103
Га арина С.В., Щуркова С.Н. Интенсификация процессов отверждения покрытий на основе алкидных смол.....	107
Щуркова С.Н., Гагарина С.В., Жданов Н.Ф., Цой Ю.И., Соболева С.В. Отделка плитных материалов новым видом водорастворимых лаков.....	111
Разиньков Е.М. Способ оценки значимости факторов математических моделях.....	116
Ветошкин Ю.И., Говоров Г.Г., Антонов А.Г. Использование модифицированной древесины мягких лиственных пород для изготовления штучного паркета.....	122

