

Электронный архив УГЛТУ

**Министерство образования Российской Федерации  
Уральский государственный лесотехнический университет**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ  
И ПЛАСТИКОВ**

**Межвузовский сборник научных трудов**

**Екатеринбург  
2004**

# Электронный архив УГЛТУ

**Н.И. Коршунова, В.М. Балакин**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **25 ВЫПУСКОВ МЕЖВУЗОВСКОГО СБОРНИКА НАУЧНЫХ ТРУДОВ «ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ»**

В 60-70-е годы прошлого века потребности промышленности определили развитие теоретических и прикладных научных разработок, а также организацию подготовки инженерных и научных кадров в области технологии производства древесных пластиков и плит (ДПиП). Возросший объем научных разработок в этой области требовал организации выпуска периодического издания единой тематической направленности для их публикации. В Московском лесотехническом институте уже выпускался сборник трудов по этой тематике, но этого было недостаточно.

В проблемной лаборатории Уральского лесотехнического института (УЛТИ) под руководством проф. В.Н. Петри в семидесятых, начале восьмидесятых годов широко проводились научно-исследовательские работы по обоснованию и технологии производства лигно-углеводных древесных пластиков (ЛУДП). По этой тематике было подготовлено и защищено несколько кандидатских диссертаций. Для своевременной публикации новых научных разработок в 1973 г. в УЛТИ был выпущен межвузовский сборник научных трудов «Технология древесных плит и пластиков», в который вошли также статьи сотрудников других вузов. Ответственным за выпуск был доц. А.П. Берсенева.

Полученный положительный опыт выпуска межвузовского сборника научных трудов был повторен в 1975 г. (выпуск 2, научный редактор проф. В.Н. Петри). Редколлегия сборника состояла из преподавателей и научных сотрудников УЛТИ (А.А. Черемисин, И.А. Вахрушева, А.С. Аккерман, А.П. Берсенева, А.Д. Лазарева, В.Д. Волкова).

С 1976 г. (вып. 3) сборник приобрел более высокий статус и в дальнейшем ежегодно выходил с разрешения и по рекомендации Головного Совета вузов по лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству СССР. Выпуск сборника взяли на себя два вуза – Ленинградская лесотехническая академия (ЛЛТА) и Уральский лесотехнический институт, а точнее кафедра технологии древесных плит и пластиков ЛЛТА и кафедра механической обработки древесины УЛТИ (до 1984 г.), а затем кафедра технологии переработки пластмасс УЛТИ.

Ответственными редакторами сборника в разные годы были:

проф. В.Н. Петри (УЛТИ) – 1975 г.

проф. Н.М. Солечник (ЛЛТА) - 1976 г.

проф. Н.А. Модин (ЛЛТА) 1977-1980 гг.

## Электронный архив УГЛТУ

проф. А.А. Эльберт (ЛЛТА) 1981-1994 гг.

проф. В.М. Балакин (УГЛТА-УГЛТУ) 1995-2004 гг.

Ответственные секретари редколлегии:

доц. И.А. Вахрушева (УЛТИ) 1976-1986 гг.

доц. Н.И. Коршунова (УЛТИ-УГЛТА-УГЛТУ) 1987-2004 гг.

В разные годы в состав редколлегии сборника входили профессора В.Н. Петри (УЛТИ), А.А. Леонович (ЛЛТА), И.Б. Израелит (ЛЛТА), В.В. Глухих (УГЛТУ), доценты А.А. Берсенев (УЛТИ), В.Г. Дедюхин (УГЛТУ), Г.Л. Дранишников (АЛТИ), И.А. Гамова (ЛЛТА), Л.М. Сосна (ЛЛТА).

Основной труд и забота по формированию сборника (сбор статей, их рецензирование, экспертная оценка, общение с авторами) и изданию всецело возлагались на редколлегию УЛТИ. Издание (печать) сборника производилась вначале через редакционно-издательский отдел Уральского политехнического института, позднее (с 1987 г.) вся работа по редактированию и тиражированию сборника осуществлялась силами РИО УЛТИ (зав. РИО Н.П. Пашенко, редакторы Е.Л. Михайлова, Р.В. Сайгина).

В межвузовском сборнике публиковались статьи преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов вузов, а также сотрудников НИИ и проектных организаций как соавторов статей.

В сборнике рассматривались вопросы теории и практики получения и свойств пластиков и плит из древесных частиц без добавления или с добавлением связующих или химических модификаторов; повышения качества и интенсификации процесса производства плит, исследования новых видов связующего и его взаимодействие с компонентами древесины.

В материалах сборника нашли отражение все новые требования, возникающие с течением времени к производству ДПиП. Широко представлены материалы авторов по созданию малотоксичных и нетоксичных смол и получению безопасных при эксплуатации древесных плит.

Сборник выходил ежегодно довольно большим тиражом (1000 экз.), публикации сборника пользовались спросом на промышленных предприятиях по производству плит и пластиков и проблем с реализацией тиража не возникало. Однако с произошедшими в стране изменениями и новыми экономическими отношениями, повлекшими за собой значительное снижение объемов производства или даже прекращение его, ситуация с востребованностью и проведением научно-прикладных исследований очень осложнилась, что нашло отражение в периодичности выпуска сборника, его тираже и географии авторов публикаций (см. таблицу).

В приведенной ниже таблице представлены данные, касающиеся количества публикаций преподавателями и сотрудниками УГЛТУ (УЛТИ), ЛЛТА, других вузов, отдельно приведены данные по кафедре технологии переработки пластмасс УГЛТУ, в том числе с участием студентов.

# Электронный архив УГЛТУ

## Количественные данные публикаций сборника

Год издания	Выпуск	Всего статей	Статьи сотрудников вузов*					Объем сборника, печ. л.
			УЛТИ (УГЛТУ)	ЛЛТА (С-ПЛТА)	Другие ВУЗы	Кафедра ТППМ УГЛТУ	Со студентами	
1973	1	37	27	1	9	-	-	14,25
1975	2	42	31	4	7	-	-	13,75
1976	3	22	14	8	10	-	-	10
1977	4	21	1	3	7	2	-	9,2
1978	5	21	13	2	8	2	-	8,26
1979	6	24	11	4	9	1	-	8,2
1980	7	26	11	8	9	-	-	10,46
1981	8	30	17	7	7	3	3	10
1982	9	26	9	11	8	1	1	10
1983	10	24	5	11	13	3	1	9,5
1984	11	28	9	8	11	3	2	10,23
1985	12	24	8	12	4	2	1	9,5
1986	13	26	9	12	5	5	4	9,5
1987	14	23	11	11	3	6	6	7,9
1988	15	22	12	9	1	7	7	9,5
1989	16	23	10	8	7	6	6	9,1
1990	17	18	6	8	4	3	4	6,51
1991	18	18	7	8	3	5	4	5,58
1992	19	14	6	5	3	3	3	4,65
1994	20	16	6	9	1	6	3	5,81
1995	21	19	14	5	-	11	8	5,58
1997	22	23	17	-	6	12	12	7,43
1999	23	17	12	-	5	9	8	7,21
2002	24	11	11	-	-	9	8	4,88
2004	25	14	11	-	3	8	7	
		555	287	154	140	99	89	

\* Соавторами некоторых статей были сотрудники нескольких организаций.

Авторами статей в разные годы были преподаватели, научные сотрудники, аспиранты и студенты вузов, НИИ и других научных и научно-производственных организаций и промышленных предприятий. Ниже приведен список институтов и организаций (наименование вузов и организаций соответствуют времени публикаций статей в сборнике).

С-Петербургская лесотехническая академия;  
 Уральский государственный лесотехнический университет;  
 Московский лесотехнический институт;  
 Воронежская государственная лесотехническая академия;

## Электронный архив УГЛТУ

Брянский технологический институт;  
Львовский лесотехнический институт;  
Белорусский технологический институт;  
Хабаровский политехнический институт;  
Сибирский технологический институт;  
Кировский политехнический институт;  
Братский индустриальный институт;  
Красноярская государственная лесотехническая академия;  
Сибирский государственный технологический университет;  
Ленинградский технологический институт;  
Свердловский институт народного хозяйства;  
Ленинградский химико-фармацевтический институт;  
Таллинский политехнический институт;  
Московский химико-технологический институт;  
Днепропетровский химико-технологический институт;  
Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности;  
Ленинградский технологический институт ЦБП;  
Институт химии древесины АН Латвийской ССР;  
Украинский научно-исследовательский институт механической обработки древесины (УкрНИИмод);  
Институт повышения квалификации Минлеспрома СССР;  
Всесоюзный научно-исследовательский институт деревообрабатывающей промышленности (ВНИИдрев, г. Москва);  
Центральный научно-исследовательский институт фанеры (ЦНИИФ, г. Ленинград);  
НПО «Гидролизпром»;  
НПО «Пластполимер»;  
ВНПО ЦБП (г. Ленинград);  
НПО «Научфанпром» (г. Ленинград);  
СвердНИИПдрев (г. Свердловск);  
ПО «Уралхимпласт» (г. Н-Тагил);  
ПО «Витебскдрев» (г. Витебск);  
НИИПлесдрев (г. Тюмень).

**В.Г. Бурындин, В.В. Глухих,  
В.М. Балакин, В.Г. Дедюхин**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **КАФЕДРЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС 45 ЛЕТ**

Кафедра технологии переработки пластмасс основана в январе 1959 г. Основателем, организатором и первым заведующим кафедрой является директор Свердловского завода пластмасс Исаков Е.И.

За время существования кафедры подготовлено более 2000 инженеров очного и заочного обучения по следующим специальностям:

- Технология пластических масс (1959 – 1972 гг.) – 418 инженеров очной формы обучения и 178 инженеров заочной формы обучения;
- Технология переработки пластических масс (1970 – 1980 гг.) – 528 инженеров; (1995 – 2003 гг.) – 59 инженеров очной формы обучения и 18 инженеров заочной формы обучения, а также 3 бакалавра и 10 инженеров по ускоренной форме обучения (3,5 года) на базе специального среднего образования;
- Технология древесных плит и пластиков (1981 – 2003 гг.) – 693 инженера очной формы обучения и 141 инженер заочной формы обучения.

В начальный период кафедра готовила специалистов по технологии и переработке пластических масс. Поэтому основными направлениями НИР в период становления кафедры были:

- изыскание и изучение новых полимерных материалов и методов переработки их в изделия;
- оказание научно-технической помощи промышленным предприятиям.

За период 1961 – 1966 гг. были проведены исследования, которые внедрены на ряде предприятий Свердловска и области. Наиболее значимыми были: разработка технологии древотекстолита для Бобровского электроизоляционного завода (БИЗ) и Тавдинского фанерного комбината; внедрение технологии производства фольгированного гетинакса на БИЗе; разработка технологии по замене льняного масла на синтетические алкидные смолы для БИЗа и Уральского завода асботехнических изделий; разработка технологии обесфеноливания надсмольных вод и внедрение ее на БИЗе, что позволило снизить содержание фенола в надсмольных водах с 8,0 до 0,2 %. По этим направлениям работали преподаватели и сотрудники кафедры Е.И. Исаков, С.В. Гилев, Н.Г. Носенкова, Е.И. Евдокимов, М.В. Чарина, Л.С. Красильникова, Л.А. Наумова, О.П. Рудакова и др. В научно-исследовательских работах кафедры активное участие принимали студенты. В 1965 – 1970 гг. при кафедре работало студенческое общественное расчетно-технологическое

## Электронный архив УГЛТУ

бюро (СОРБ) под руководством доцента С.В. Гилева. Бюро на общественных началах выполнило ряд технологических расчетов по заявкам предприятий.

Под руководством зав. кафедрой, а затем декана, ректора института и руководителя группы проблемной лаборатории проф. Б.К. Красноселова с участием преподавателей кафедры и сотрудников проблемной лаборатории института (Г.И. Поповой, М.Д. Бабиной, М.В. Чариной, И.И. Перескоковой, Л.А. Наумовой, А.Г. Габец и др.) проводилась работа по разработке и получению новой марки фенопласта – КДФФ путем вторичной поликонденсации связующего из надсмольных вод в присутствии древесных опилок. Доцентом С.В. Гилевым при участии студентов была спроектирована, изготовлена и испытана лабораторная установка по непрерывному способу получения КДФФ – композиция древофенолоформальдегидная.

С 1962 по 1968 гг. под руководством зав. кафедрой доц. Е.И. Исакова совместно со Свердловским заводом пластмасс проводились работы по созданию электропроводящих полимерных композиций для производства труб к пневмозарядным устройствам для транспортировки взрывчатых веществ.

С приходом в 1967 г. на кафедру инженера-конструктора В.Г. Дедюхина стали проводиться исследования технологических свойств реактопластов (в основном стеклопластиков), новых методов исследований и расчета оптимальных режимов прессования толстостенных изделий.

Результаты исследований вошли в монографии: В.Г. Дедюхин, В.П. Ставров. Технология прессования и прочность изделий из стеклопластиков. – М.: Химия, 1968; В.Г. Дедюхин, В.П. Ставров. Прессованные стеклопластики. – М.: Химия, 1976; В.П. Ставров, В.Г. Дедюхин, А.Д. Соколов. Технологические испытания реактопластов. – М.: Химия, 1981. В 1982 г. по этой тематике Н.М. Мухиным защищена кандидатская диссертация.

Под руководством В.Г. Дедюхина и Н.М. Мухина проводились НИР по отработке оптимальных режимов прессования из реактопластов крупногабаритных, высоконагруженных деталей ответственных машин для Свердловских заводов им. Калинина и транспортного машиностроения, Миасского механического завода, Каменск-Уральского радиозавода, Уралмашзавода.

С переходом кафедры на подготовку инженеров по специальности «Технология древесных плит и пластиков», стали широко проводиться исследования в области древесных пластиков. Родоначальником работ в этой области можно считать доцента П.П. Третьяка, который занимался разработкой и исследованием свойств новых марок масс древесных прессовочных. Сейчас разработкой и исследованием свойств МДП на основе отходов деревообработки занимаются доценты В.Г. Дедюхин и Н.М. Мухин.

В 1978 г. с приходом на кафедру доц. В.М. Балакина и вместе с ним большой группы научных сотрудников были начаты широкие исследования в новой для кафедры области: синтез, изучение свойств и применение новых полимерных и олигомерных соединений для интенсификации технологиче-



ских процессов и улучшения эксплуатационных свойств композиционных материалов.

Перечислим основные направления и результаты научных исследований, выполненных за период с 1978 г. по настоящее время под руководством доц. В.М. Балакина:

- Синтез новых комплексообразующих ионитов с аминоалкилфосфоновыми группировками методом полимераналогичных превращений полиаминных, полистирольных, поливинилпиридиновых матриц.

В работе принимали участие: А.Г. Теслер, Г.О. Журко, Т.М. Афанасьева, Т.С. Выдрин. В результате этих исследований были разработаны методы и технологии получения новых азотфосфорсодержащих амфолитов серии АНКФ, предназначенных для выделения и разделения цветных, редких и благородных металлов из природных, технологических и сточных вод. Были выпущены опытно-промышленные партии амфолитов, проведены испытания по сорбционному извлечению меди из технологических сульфатных растворов и урана из фторидных сред.

- Синтез новых анионитов с азиниевыми группировками на основе сополимеров стирола, винилпиридинов с дивинилбензолом.

В работе принимали участие: А.Ф. Выдрин, Г.О. Журко, Е.В. Медведева, Т.М. Афанасьева. В результате этих исследований были разработаны методы и технологии получения новых анионитов серии АВХ, АВИ, АВФ, предназначенных для извлечения и разделения благородных и платиновых металлов из природных, технологических и сточных вод. Были выпущены опытно-промышленные партии анионитов и проведено испытание по сорбционному извлечению золота и серебра из цианистых растворов.

- Синтез и исследование свойств водорастворимых полимеров с аминоалкилфосфоновыми группировками.

В работе принимали участие: Ю.И. Литвинец, В.С. Таланкин, А.Г. Теслер, Л.М. Орлова, Л.Ю. Конова, О.М. Вихарева, М.В. Бызова, В.А. Мачульский, М.А. Тюкина, А.И. Ваганов, В.А. Сафронова. Были разработаны технологии получения новых ингибиторов солеотложений типа ПАФ, предназначенных для предотвращения отложения труднорастворимых солей в процессах нефтедобычи и нефтепереработки, упаривания минерализованных морских вод и в теплоэнергетике. С 1980 г. по разработанной на кафедре технологии организовано промышленное производство отечественных ингибиторов солеотложения ПАФ-13 (летние и зимние формы) на Чебоксарском ПО «Химпром», нашедших широкое применение в теплоэнергетике, в процессах добычи и подготовки нефти, что позволило отказаться от закупки импортных реагентов такого типа. Мощность установки составляет 3 тыс. т. в год.

Работы по созданию отечественных ингибиторов отложения солей были отмечены двумя серебряными и одной бронзовой медалями ВДНХ

## Электронный архив УГЛТУ

(В.М. Балакин, Ю.И. Литвинец, В.С. Таланкин), третьей премией и нагрудным знаком МИНВУЗа СССР в конкурсе на лучшую НИР, выполненную в вузах СССР за 1986 г. (В.М. Балакин, А.Г. Теслер, Ю.И. Литвинец, В.С. Таланкин).

- Синтез и исследование свойств водорастворимых мономерных и высокомолекулярных азиниевых солей.

В работе принимали участие: В.Г. Бурындин, Л.К. Герасимова, Г.О. Журко, Е.Я. Завьялова, Н.В. Деменова, И.В. Гунько, В.А. Мачульский, М.Г. Иванов, В.М. Шаврин, В.В. Глухих. Были разработаны технологии получения ингибиторов коррозии серии ТАИХ. Выпущена промышленная партия в объеме 400 тонн и проведено полупромышленное испытание ингибиторов на нефтедобывающем комплексе Западной Сибири.

Были получены новые полимерные и олигомерные азиниевые соли, обладающие высокими флокулирующими, антистатическими и антисептическими свойствами.

- Разработка технологий получения полимерных композиций с пониженной горючестью.

В работе принимали участие: Ю.И. Литвинец, Г.О. Журко, М.В. Семеновых, В.А. Сафронова. В результате исследований внедрена технология получения трудногорючего линолеума на Свердловском заводе «Стройпластполимер», а также технология получения самозатухающих пеноуретанов для сэндвич-панелей на Челябинском заводе профнастила.

По указанным направлениям кафедра успешно сотрудничала со многими предприятиями министерств химической, нефтехимической, нефтедобывающей промышленности (более 20 предприятий) и институтами цветной и металлургической промышленности, академии наук СССР и вузами (более 25 организаций). Большая часть работ выполнялась по программам ГК НТ и АН СССР.

С увеличением в стране производства ДСтП, для которых основным видом связующего являются карбамидоформальдегидные смолы (КФС), перед исследователями остро встал вопрос о снижении их токсичности.

С 1985 г. на кафедре были развернуты широкие исследования по изучению структуры и функционального состава КФС и взаимосвязи их со свойствами, возможности управления свойствами КФС технологическими приемами и модификацией различными соединениями, изучению процессов выделения формальдегида при отверждении КФС, из отвержденных полимеров и ДСтП и влиянию на этот процесс различных факторов.

При проведении этих исследований были внедрены и использованы различные физико-химические методы исследования. Впервые на Урале был внедрен европейский перфораторный метод определения содержания формальдегида в ДСтП, в последствие включенный в ГОСТ на ДСтП. Для исследования свойств КФС и ДСтП на их основе были использованы методы

## Электронный архив УГЛТУ

ИКС, ЯМР, термографии, внедрены методы WKI (определение выделения формальдегида из ДСтП), определение липкости смол, торсионного маятника, реологический и др.

Была разработана технология получения малотоксичных ДСтП класса Е2 с применением в качестве отвердителя реагента ОХА – отхода производства ПЭПА ОАО «Уралхимпласт». Эта технология апробирована и внедрена на 10 предприятиях – производителей ДСтП.

Проведена промышленная апробация технологии получения трудногорючих ДСтП с применением аминокилфосфонатов (Ревдинский ДОК).

В этих работах под руководством доц. В.М. Балакина принимали участие В.В. Глухих, Н.И. Коршунова, С.А. Орлов, Ю.И. Литвинец, В.С. Таланкин, Л.Ю. Майбунова, Л.Ю. Чебыкина, М.В. Бызова, В.Б. Войт, Е.Я. Завьялова и др.

С начала 90-х гг. основными направлениями исследований, проводимых на кафедре, являются:

- Синтез и исследование свойств модифицированных карбамидо- и фенолоформальдегидных олигомеров для получения экологически чистых древесных композиционных материалов.

Эти исследования выполняются под руководством В.М. Балакина. В работе принимали участие: Ю.И. Литвинец, В.В. Глухих, Н.И. Коршунова, В.Б. Войт, Л.В. Майбунова, А.С. Суров, Е.Я. Завьялова, Л.Ю. Чебыкина, Е.Е. Ульянова, М.В. Серебрякова, Ю.Ю. Горбунова, В.Д. Чепурных, Е.С. Синегубова, В.Г. Дедюхин, С.Н. Пазникова, А.В. Торицин, Ю.В. Заварницина, Е.О. Арефьев, С.В. Герасименко. Получены новые карбамидоформальдегидные олигомеры (КФО) путем модификации в процессе синтеза кремнийорганическими соединениями, неорганическими электролитами, алкиламинами, полиаминами, фенолсодержащими соединениями, глиоксалем и его производными. Разработана технология получения КФО, модифицированного полиэтиленполиаминами, и проведено промышленное апробирование технологии в условиях Тавдинского фанерного комбината. Разработана технология получения малотоксичной карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной реагентом ОХН – отходом производства ПЭПА ОАО «Уралхимпласт», КФ–О–103 и осуществлено промышленное внедрение на НПФ «Карбохим» (г. Дзержинск Нижегородской обл.).

В 1994 г. под руководством проф. В.В. Глухих сформировалось новое направление, целью которого явилось исследование функционального состава КФС и его влияние на токсичность и физико-механические свойства древесных композиционных материалов. Проведенные исследования позволили целенаправленно изменять функциональный состав КФС, что позволило разработать технологию получения новых марок карбамидных смол (ПКП-11, ПКП-20, ПКП-30, ПКП-40), которая внедрена на ОАО «Уралхимпласт» (г. Н-Тагил). Объем производства с применением разработанной технологии

## Электронный архив УГЛТУ

составляет 10 000–15 000 т/год. В работе принимают участие В.Г. Бурындин, Т.С. Выдрина, В.Б. Войт, С.В. Томилова, Т.А. Глазырина.

- Разработка методов и технологии получения новых карбамидо- и фенолоформальдегидных связующих для композиционных материалов на минеральных и углеродсодержащих наполнителях.

Руководство осуществлял В.М. Балакин. В работе принимали участие Н.И. Коршунова, Л.В. Майбурова, В.В. Глухих, Е.В. Медведева, Е.С. Ульянова, Ю.И. Литвинец, С.В. Герасименко. Разработана технология получения смолы, модифицированной кремнийорганическими соединениями марки КФ-ПВ и малотоксичной КФС марки КФ-ОВ и проведена промышленная апробация по применению смол на Березовском заводе строительных конструкций. Разработаны новые фенолоформальдегидные смолы с улучшенными свойствами для изготовления замазок (арзамит-5) из коксохимического фенола.

С 1994 г. научное руководство по созданию малотоксичных минераловатных плит осуществляет проф. В.В. Глухих. Результатом выполненных работ явилась разработка и внедрение технологии производства новой КФС марки ПКП-52 на ОАО «Уралхимпласт» (г. Н-Тагил). С применением ПКП-52 создано и осуществлено промышленное производство малотоксичных минераловатных плит на ОАО «Тизол» (г.Н-Тура) и ОАО «Билимбаевский завод теплоизоляционных материалов». Получено разрешение Областного центра санэпиднадзора на применение данных материалов в гражданском строительстве. На основе ПКП-52 создана технология изготовления нового теплоизоляционного материала «Тимлак». Получено разрешение на его применение в зданиях категории А – Г. «Тимлак» по пожарной опасности относится к категории негорючих материалов. Промышленное производство освоено на ОАО «Билимбаевский ТИМ». В работе принимают участие Т.С. Выдрина, В.Г. Бурындин, М.М. Ахатов, А.П. Быстрикова.

С 1996 г. под руководством доц. В.Г. Дедюхина и Н.М. Мухина сформировалось новое научное направление по разработке технологии получения изделий из экодревпластиков – древесных пластиков без добавления связующих в закрытых пресс-формах.

На протяжении 45 лет кафедра ведет подготовку специалистов высшей квалификации. Право руководства аспирантурой имели проф. Б.К. Красноселов и доцент Е.И. Исаков. Сейчас аспирантурой руководят проф., д-р техн. наук В.В. Глухих, проф., канд. хим. наук В.М. Балакин и проф., д-р техн. наук В.Г. Бурындин. За этот период защитили кандидатские диссертации:

- В.А. Котельников, П.П. Третьяк, О.А. Киселева (рук. проф. Б.К. Красноселов);
- Е.И. Свиридович, В.Г. Дедюхин, М.В. Чарина, О.В. Рабинзон (рук. доц. Е.И. Исаков);
- Н.М. Мухин (рук. доц. В.Г. Дедюхин);

## Электронный архив УГЛТУ

▪ В.В. Глухих, А.Г. Теслер, В.Г. Бурындин, А.Ф. Выдрин, В.С. Таланкин, Т.С. Выдрина, С.Н. Пазникова, Ю.В. Заварничина (рук. доц. В.М. Балакин);

▪ С.А. Орлов, В.Б. Войт, Л.В. Майбурова (рук. доц. В.М. Балакин и доц. В.В. Глухих);

▪ С.В. Томилова (рук. проф. В.В.Глухих и доц. В.Г. Бурындин).

Докторские диссертации защитили: В.В.Глухих (1994 г.) и В.Г. Бурындин (2000 г.).

Активное участие в публикации статей в межвузовском сборнике «Технология древесных плит и пластиков» принимают преподаватели и сотрудники кафедры. Ими опубликовано 125 статей, более половины статей в соавторстве со студентами.

Проведение научных исследований по указанным направлениям позволяет широко привлекать студентов III-V курсов к исследовательской работе. Ежегодно около 50 % выпускников специальности «Технология древесных плит и пластиков» выполняют дипломные работы. Студенты участвуют в конференциях различного уровня, а дипломные работы - во всероссийских и областных конкурсах. Подтверждением высокого уровня работ, выполняемых студентами, являются многочисленные награды (медали, дипломы и грамоты), что свидетельствуют о высоком уровне профессорско-преподавательского состава кафедры.

В настоящее время кафедра продолжает подготовку специалистов по очной и заочной формам обучения следующих специальностей:

260305 – технология древесных плит и пластиков;

250601 – технология переработки пластических масс и эластомеров.

Подготовку дипломированных специалистов ведет

высококвалифицированный профессорско-преподавательский коллектив:

- д-р техн. наук, профессор Бурындин Виктор Гаврилович (зав. кафедрой);
- д-р техн. наук, профессор Глухих Виктор Владимирович;
- канд. хим. наук, профессор Балакин Вячеслав Михайлович;
- канд. техн. наук, доцент Дедюхин Виктор Георгиевич;
- канд. хим. наук, доцент Выдрина Татьяна Степановна;
- канд. техн. наук, доцент Коршунова Нина Ивановна;
- канд. хим. наук, доцент Литвинец Юрий Иванович;
- канд. техн. наук, доцент Мухин Николай Михайлович;
- канд. техн. наук, доцент Пазникова Светлана Николаевна.

## МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Приведен краткий анализ методов интенсификации прессования древесностружечных плит. Выделены методы, которые не только сокращают продолжительность прессования, но и улучшают качество плит и расширяют их ассортимент.

Одним из способов повышения эффективности производства древесностружечных плит является сокращение цикла прессования. Данная задача может быть решена за счет снижения продолжительности основных  $\tau_{\text{осн}}$  и вспомогательных  $\tau_{\text{всп}}$  операций. Цикл прессования определяется суммированием не перекрываемых затрат времени на взаимосвязанные и параллельно протекающие реологические, адгезионные, тепло- и массообменные процессы.

Сокращение вспомогательных операций может быть достигнуто за счет перехода на более высокое значение удельного давления прессования ( $P_{\text{уд}} = 3,5 \dots 4,5$  МПа) и ускоренным сжатием стружечного пакета до окончательной толщины (рис. 1).

Указанный метод [1] создает условия для сохранения одинаковой эластичности стружки по толщине пакета.

Сокращение продолжительности прессования на 10...12% и уменьшение брака от расслаивания плиты в результате действия избыточного парогазового давления  $P_n$  достигается за счет использования сетчатых проницаемых поддонов [2]. Этот метод особенно эффективен при использовании высокотемпературных режимов прессования.

В качестве одного из вариантов сокращения продолжительности сушки пакета и снижения  $P_n$  может быть использовано порошкообразное связующее с нанесением его на стружку в поле постоянного электрического тока высокого потенциала. Для этой цели в СибГТУ был разработан электро-смеситель [3].

Продолжительность прессования  $\tau_{\text{осн}}$  зависит от реакционной способности связующего, качества и площади клеевых контактов между древесными частицами, т.е. от структуры пакета. Экспериментально показано [4], что когезионная прочность клеевого шва  $\sigma_{\perp}$  (рис. 2) в процессе горячего склеивания составляет примерно 30% от показателя предела прочности на растяжение перпендикулярно пласти у готовых плит (ГОСТ 10632-89) и в 8 раз меньше прочности точечного клеевого шва, полученного в аналогичных условиях при склеивании образцов из массивной древесины.

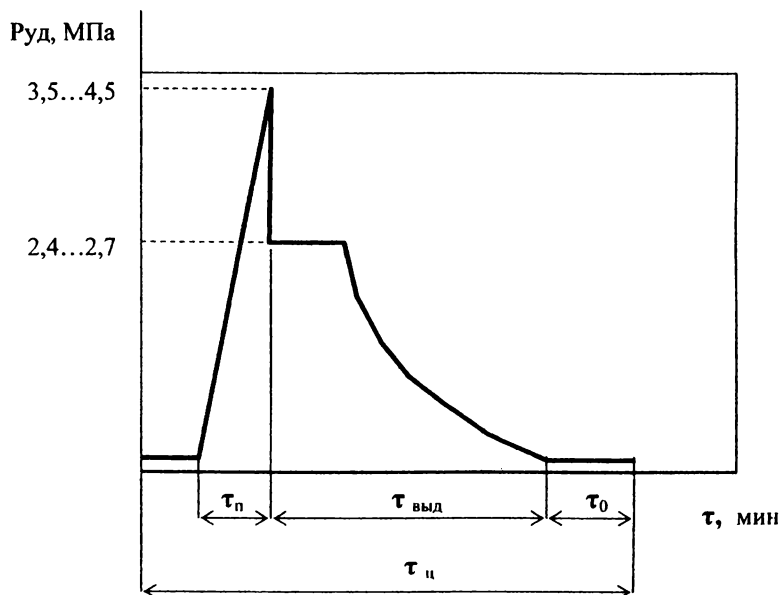


Рис. 1. Диаграмма прессования контактным способом равноплотных по толщине древесностружечных плит

Существенно сокращается удельная продолжительность прессования  $\tau_{y0}$  древесностружечных плит при сочетании кондуктивного и высокочастотного нагрева, а также при продувке стружечного пакета насыщенным паром (паровое прессование). Практическая реализация комбинированного нагрева не нашла широкого применения в связи с трудностями технического характера. Продувка пакета насыщенным паром весьма эффективна, но требует дополнительной операции – вакуумной сушки для удаления избыточной влаги.

В СибГТУ разработана технология прессования плит с продувкой перегретым паром [5] при температуре от 200 до 220 °С и давлении пара 0,12 МПа. Установлено, что при прессовании плит плотностью до 750 кг/м<sup>3</sup> удельная продолжительность прессования снижается до  $\tau_{y0} = 0,05$  мин/мм.

Для подвода пара к нижней пласти пакета в нагревательной плите просверливается дополнительная система каналов и отверстий, для отвода пара к верхней нагревательной плите подвешивается сетка. Прессование плит производится по диаграмме (рис. 3).

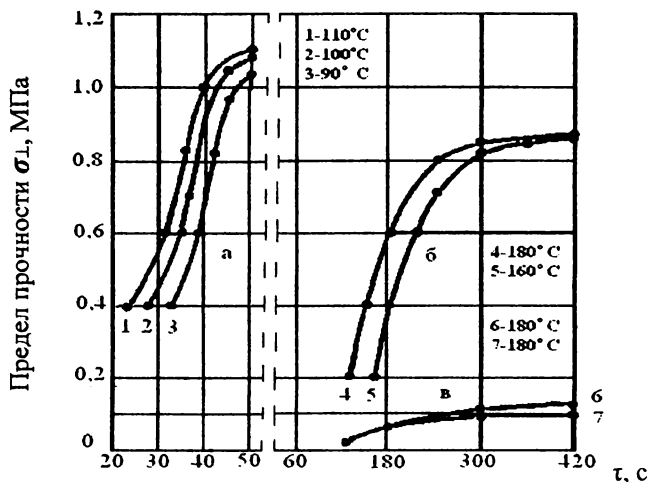


Рис. 2. Нарастание когезионной прочности  $\sigma_1$  клевого шва в процессе горячего склеивания:  
 а - пленочный клеевой шов, изотермические условия склеивания;  
 б - точечный клеевой шов, склеивание при переменной температуре;  
 в - склеивание древесных частиц в процессе прессования древесностружечной плиты;  
 1 - 5, 7 – лиственница; 6 - древесина пихты

Во избежание выдувания стружки из рабочего промежутка пресса пуск пара производится в точке *d* после сжатия пакета до плотности 500...550 кг/м<sup>3</sup>. Ввиду увеличения эластичности стружки упругое сопротивление пакета сжатию  $P_y$  резко снижается (участок *d-f*). После нагрева среднего слоя пакета до температуры 100 °С пуск пара прекращается. Окончательное сжатие пакета до заданной толщины происходит на участке *l-f*. Далее удельное давление плавно снижается и пресс раскрывается. Проекция участка *d-l* на ось абсцисс определяет продолжительность пуска пара, которая зависит от толщины стружечного пакета и составляет несколько секунд.

Продувку стружечного пакета перегретым паром рекомендуется применять в одноэтажных прессах для производства толстых ( $S \geq 30$  мм) плит. Полученные плиты имеют высокие физико-механические свойства и более равномерную плотность по толщине. В перспективе данный способ интенсификации должен найти широкое применение в технологиях непрерывного прессования плит.



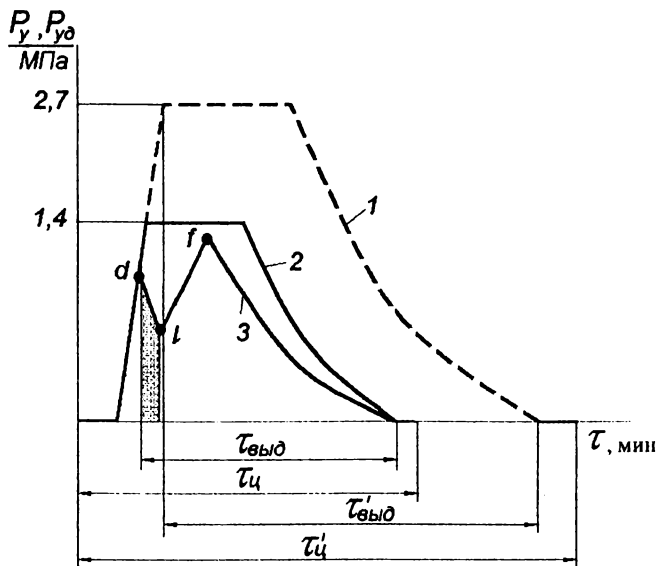


Рис.3. Диаграммы прессования древесностружечных плит:  
 1 - контактный способ нагрева; 2-продувка пакета перегретым паром;  
 3 - изменение упругого сопротивления пакета при продувке паром

### Литература

1. Денисов О. Б. Древесностружечные плиты с равномерной плотностью по толщине// Проблемы химико-лесного комплекса: Сб. тезисов докладов. - Красноярск, 1996. - С. 69.
2. Денисов О. Б., Юшков В. В. Продолжительность прессования древесностружечных плит с применением сетчатых поддонов// Экспресс информация «Плиты и фанера». - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1975. - Вып.3.- 7 с.
3. А.с. 642212 СССР. Устройство для смешивания древесных частиц со связующим/ В. Н. Востров, А. А. Вайс, Ю. С. Баранов (СССР). №2500514/29-15; заявлено 23.06.777; опубл. бюл.1978, №2.
4. Денисов О. Б. Склеивание древесных частиц в процессе прессования древесностружечных плит// Хольцтехнологи. - ГДР. - 1978. - №3. - С.139-141.
5. Таращанский Г.Л., Куликов И. Н., Суворова С. А. Интенсификация прогрета стружечного пакета путем продувки слоя перегретым паром. - Красноярск: КрасГУ, 1983. - Деп. в ВНИПИЭИлеспром, 1983. - 1099 лб. - 12 с.

## **О СПОСОБЕ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА КАРБАМИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ**

Приведены результаты исследований способа по снижению токсичности древесностружечных плит. Установлено, что ведение добавки к сырой стружке позволяет перевести плиты в класс эмиссии E1, при этом отмечено незначительное ухудшение физико-механических показателей готовых плит.

### **Введение**

Древесностружечные плиты (ДСтП), а также строительные и отделочные материалы на их основе традиционно широко используются в строительстве и мебельной промышленности. Основным достоинством данного материала является то, что его производство не требует использования высококачественной древесины и может быть основано на переработке отходов лесопиления и других деревообрабатывающих производств.

Анализ мирового рынка строительных материалов свидетельствует о ежегодном росте производства и потребления различных видов продукции и ДСтП. При этом отмечен наибольший рост производства древесностружечных плит из крупноразмерной ориентированной стружки (OSB). Благодаря высоким прочностным показателям при статическом изгибе данный материал с успехом используется в качестве заменителя клееной фанеры.

Основным фактором, сдерживающим рост объемов использования ДСтП в строительстве, является достаточно жесткое ограничение ПДК свободного формальдегида в воздухе жилых помещений, принятое в России ( $0,003 \text{ мг/м}^3$ ). Необходимо отметить, что это ограничение в несколько раз жестче, чем в ряде стран Европы, США и Японии, например в Германии и Нидерландах среднесуточное ПДК формальдегида составляет  $0,125 \text{ мг/м}^3$  [1].

Решением проблемы снижения токсичности является отыскание способов подавления эмиссии свободного формальдегида из древесностружечных плит без заметного снижения их физико-механических свойств.

Известно несколько основных направлений снижения токсичности ДСтП: нанесение на поверхность плит изолирующего слоя из облицовочных и лакокрасочных материалов; модификация связующего; разработка рациональных режимов прессования плит; обработка готовых плит или стружки веществами, способными образовывать устойчивые во времени соединения с формальдегидом. Эти вещества принято называть акцепторами или погло-

тителями. Наиболее перспективными, на наш взгляд, являются способы, основанные на обработке влажной стружки поглотителями формальдегида. Удержание формальдегида может происходить за счет его взаимодействия с различными функциональными группами, в том числе и с аминогруппами ( $\text{NH}_2$ ) [1]. В качестве источника аминогрупп нами предлагается использовать некоторые ароматические амины. Однако в настоящее время отсутствуют данные об использовании соединений указанного класса для снижения токсичности композиционных древесных материалов. Кроме того, остается открытым вопрос о влиянии введенного вещества на физико-механические показатели готовых плит. Таким образом, задача исследований сводится к всестороннему исследованию влияния предложенной добавки на свойства ДСтП.

## **Методика проведения исследований**

Для проведения исследований была использована стружка из смеси хвойных и лиственных пород, взятая с технологического потока ЗАО «Красноярский ДОК». В качестве связующего использовали смолу марки КФ-МТ-15, качество смолы подтверждено соответствующим сертификатом. Рабочая концентрация связующего составляла 55%. Количество связующего принималось из расчета 12% от массы стружки. В качестве отвердителя использовался хлорид аммония в количестве 1% от массы смолы.

Однослойную плиту получали путем плоского горячего прессования в лабораторном прессе типа ВП-9024-М при температуре плит пресса 170 °С. Толщина готовой плиты с плотностью 700 кг/м<sup>3</sup> составляла 15±1 мм, а длина и ширина 350 и 250 мм соответственно. Удельная продолжительность прессования составляла 0,5 мин/мм толщины плиты. В конце прессования производилась выдержка без давления в течение 1 мин.

В большеформатных плитах, запрессованных при прочих равных условиях, уровень содержания формальдегида (особенно в центральной их части) будет значительно выше, чем у малоформатных. Это связано с тем, что в процессе прессования некоторая часть свободного формальдегида может выходить из пакета вместе с паровоздушной смесью через кромки. Для устранения возможной погрешности нами использовалась герметизация рабочего промежутка пресса при помощи рамки с размерами в плане 355x255 мм, ее ширина – 50 мм, высота – 17 мм.

В качестве добавки использовались орто- и парааминофенол, метанитроанилин. Раствор, содержащий 100, 200 и 300 мг добавки, в количестве 250 мл наносили на влажную стружку методом распыления. Сушка стружки производилась в сушильном шкафу при температуре (100±5) °С до конечной влажности 2-4 %.

После прессования плиты кондиционировались в условиях лаборатории в течение 3 суток. Из полученных плит вырезались образцы стандартных размеров для проведения испытаний физико-механических свойств и

определения эмиссии формальдегида методом WKI. Испытания прочностных показателей проводились на разрывной машине P-5.

Данные экспериментов сравнивались с исследованиями контрольных образцов из плит, запрессованных по тем же режимам, но без введения добавки.

### **Обсуждение результатов исследований**

На первой стадии настоящих исследований одной из задач являлась разработка способа изоляции рабочего промежутка пресса, что позволило бы моделировать процесс прессования плит стандартного формата. В результате анализа по методу WKI было установлено, что разница в количестве формальдегида в образцах, полученных из центра плиты и периферийной ее части, не превышает 5%, что свидетельствует о качественной изоляции рабочего промежутка пресса по предложенному способу.

В результате проведенных исследований было установлено, что прочностные показатели плит с добавкой (в сравнении с плитами, не содержащими добавку) снижаются в среднем на 5-7%, водопоглощение и разбухание увеличивается на 3-4%.

Содержание свободного формальдегида в плитах, полученных из необработанной стружки соответствует классу эмиссии E2. Введение добавки в количестве 0,03...0,05% по отношению к массе сухой стружки позволяет перевести плиты в класс эмиссии E1. При увеличении количества добавки прочностные показатели снижаются.

Нами отмечено, что при обработке раствором реагента стружка окрашивается в оттенки желтого цвета. Это свидетельствует о протекании реакции между компонентами древесины и функциональными группами вводимого реагента. Вероятно, окрашенное соединение возникает в результате реакции конденсации карбонильных групп альдегида (либо кетона) компонентов древесины с аминогруппами ароматического амина по механизму, предложенному профессором Е. Ю. Беляевым [2]. Вместе с тем способность связывать формальдегид может свидетельствовать о наличии не прореагировавших аминогрупп.

### **Выводы**

1. Способ изоляции рабочего промежутка пресса с помощью рамки позволяет моделировать процесс прессования большеформатных плит поддонным способом.
2. Обработка сырой стружки водным раствором ароматического амина позволяет снизить количество свободного формальдегида и перевести плиты в класс эмиссии E1.
3. В результате введения добавки происходит снижение прочностных свойств плиты, при этом водопоглощение и разбухание несколько увеличиваются.

4. Оптимальным количеством предлагаемых добавок к массе стружки можно считать 0,003...0,005%.

## Литература

1. *Мартынов К. Я.* Комплексная защита древесины в строительных изделиях и конструкциях: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: НГАСУ, 1998. - 112 с.

2. *Беляев Е. Ю. и др.* Исследование крашения древесины. 1. Крашение водными растворами аминов// Химия растительного сырья. - 1998. - №.5. - С. 55-57.

УДК 674.81

**В.Г. Бурындин, В.Г. Дедюхин,  
Н.М. Мухин, И.А. Бабушкин**  
(Уральский государственный лесотехнический университет, ЗАО "Уралэнергосервискомплект")

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАСС ДРЕВЕСНЫХ ПРЕССОВОЧНЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ**

**Показана техническая и экономическая эффективность замены цветных металлов на массы древесные прессовочные при изготовлении комплектующих деталей запорной арматуры в наружных системах отопления и водоснабжения.**

В запорной арматуре в наружных системах отопления и водоснабжения применяется значительное количество деталей, изготавливаемых из дорогостоящих сплавов меди - бронзы и латуни. Данные детали имеют высокую себестоимость при изготовлении не только из-за цены металла, но и многооперационной технологии их производства.

В связи дефицитностью бронзы и латуни с целью снижения стоимости деталей ищутся возможности замены данных металлов на другие виды конструкционных материалов, в основном на полимерные композиционные материалы, не уступающие по своим эксплуатационным характеристикам, но более дешевые. Полимерные материалы широко применяются и в системах водоснабжения (трубы, детали запорной арматуры и т.п.) [1].

Из всех видов конструкционных полимерных композитов наиболее дешевыми являются массы древесные прессовочные (МДП). Они широко при-

## Электронный архив УГЛТУ

меняются в машиностроении для изготовления более 250 видов изделий конструкционного назначения взамен цветных и черных металлов [2].

По заданию ЗАО "Уралэнергосервискомплект" (г. Екатеринбург) на кафедре технологии переработки пластмасс проведена работа по изучению возможности замены бронзы и латуни на массы древесные прессовочные при изготовлении резьбовой втулки перемещения шпинделя и крепления маховика клиновой задвижки.

Для обоснования такой замены был проведен расчет прочности резьбовых втулок задвижки марки PN16 (Dy50). Определены распределения и величины напряжений, возникающих во втулке при вращении маховика при открытии и закрытии задвижки. Данная втулка имеет одну внутреннюю трапециевидную резьбу (*Гр16\*4, длина 30 мм*) и две наружных метрических (*M24\*2 и M30\*2*). В табл. 1 приведены результаты расчета напряжений во втулке для задвижки с  $D_v = 50$  мм, которые возникают при допустимом по паспорту усилию вращения в 346 Н (35,3 кгс) маховика диаметром 200 мм. Для сравнения даны прочностные показатели материалов, из которых можно изготавливать резьбовую втулку (марки материалов приведены в табл. 2).

Таблица 1

Напряжения в резьбовой втулке и механические свойства материалов

Вид напряжения, МПа	D <sub>50</sub>	I	II	III	IV	V	VI
Срез витков резьбы	11,4	335	105	59	45	47	47
Срез бурта втулки	24,3						
Смятие витков резьбы	17,4	550	182	98	74	118	196
Смятие бурта втулки	31,1						
Растяжение втулки	33,9	610	63	30	23	30	63
Растяжение втулки (в зоне резьб)	72,6						
Изгиб витков резьбы	40,5	445	144	79	60	63	122

В целях проверки возможности применения полимерных композитов для изготовления резьбовой втулки на кафедре была спроектирована, а затем и изготовлена (ЗАО "Уралэнергосервискомплект") одногнездная пресс-форма. Втулки прессовали из пресс-порошка 03-010-02, стекловолокниста АГ-4В (предварительно экструдированного) и массы древесной прессовочной (МДП-ТППМ), приготовленной на кафедре, следующего состава (по абсолютно сухой массе, %):

- древесный наполнитель (опил фракции 1,3...2,7 мм).....75;
- связующее (резольная фенолоформальдегидная смола марки СФ-011П, пульвербакелит с отвердителем уротропином)..... 25.

"Чистая" стоимость материала на одну резьбовую втулку

	Материал	Марка	ГОСТ	Цена, руб/кг	Масса втулки, кг	"Чистая" стоимость материала втулки, руб/шт.
I	Бронза	БрА9ЖЗЛ	493	75,00	0,257	19,29
II	Стеклопластик	АГ-4В	20737	118,29	0,055	6,50
III	Фенопласт (волокнит)	У2-301-07	5678	33,00	0,043	1,41
IV	Фенопласт (пресс-порошок)	03-010-02	5678	32,00	0,043	1,37
V	Масса древесная	МДПО-Ба	11368	28,85	0,042	1,21
VI	Древостеклопластик	ДПКА-1*	[3, 4]	-	0,047	-

\* Древостеклопластик ДПКА-1 разработан Гомельским институтом металлополимерных систем (Беларусь).

Предварительные испытания данных материалов показали, что они имели предел прочности при изгибе в следующих пределах, МПа:  
03-010-02 - 77; АГ-4В - 127; МДП-ТППМ - 86.

Первые опытные запрессовки показали, что после прессования при свинчивании резьбовых знаков со втулок из 03-010-02 и МДП-ТППМ происходит срез в зоне метрических резьб вследствие повышенной силы трения из-за большей поверхности резьбы. Это является практическим подтверждением расчетов прочности на растяжение втулки в зоне резьб (табл. 1). Для устранения данного отрицательного фактора было предложено изменить конструкцию втулки - заменить резьбовое крепление маховика задвижки на шпоночное. Расчет напряжений на смятие в шпоночном соединении показал, что их величина при допустимом усилии вращения равна 38,5 МПа.

Во второй серии прессования втулок со шпоночным пазом были получены качественные втулки без механических повреждений при распрессовках и свинчивании резьбового знака с трапецеидальной резьбой. В ЗАО "Уралэнергосервискомплект" полученные втулки были установлены в задвижках и проведены испытания на прочность. Усилие вращения измерялось динамометром с применением специального приспособления согласно ТУ на задвижки. Втулки из пресс-порошка 03-010-02 при вышеуказанном допустимом усилии вращения маховика нагрузки не выдержали, из МДП-ТППМ выдержали двукратное усилие, из АГ-4В не разрушились при нагрузке в 1000 Н. Сравнительные испытания бронзовых втулок при нагрузке в 1000 Н показали, что при данном усилии вращения происходит процесс хладотекучести материала в резьбовой зоне.

# Электронный архив УГЛТУ

Таким образом, проведенные технические расчеты, расчеты затрат на материалы (без учета всех производственных затрат на изготовление, табл. 2) и экспериментальная проверка показали возможность замены цветных металлов (в частности бронзы) на полимерные композиционные материалы, в том числе и массы древесные прессовочные. Для повышения прочности втулок из МДП необходимо их модифицировать, вводя в состав усиливающие наполнители. С этой точки зрения перспективным материалом для изготовления резьбовых втулок должны быть МДП с комбинированным наполнителем, содержащие, например, до 20 % стекловолоконного наполнителя [3].

## Литература

1. *Агапчев В.И., Виноградов Д.А., Мартяшева В.А.* Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов: Учеб. пособие. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - 74 с.
2. *Древесные композиционные материалы в машиностроении: Справочник/ А. И. Вигдорovich, Г.В. Сагалаев, А.А. Поздняков.* 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 240 с.
3. *Белый В.А., Врублевская В.И., Купчинов Б.И.* Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия. - Минск: Наука и техника, 1980. - 280 с.

УДК 674.81

**А.В. Артёмов, В.Г. Бурындин,  
В.Г. Дедюхин, В.В. Глухих**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ЗАВИСИМОСТЬ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ОТ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСНОГО ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО (ДП-БС)**

**Показано, что водопоглощение и прочность при изгибе древесного пластика сильно зависят от его плотности. Найдены математические уравнения зависимостей, позволяющие привести значения показателей к одинаковой плотности.**

Свойства древесных пластиков как на основе связующих, так и без связующих, существенно зависят от плотности пластика. Как правило, с повышением плотности свойства пластиков улучшаются.

Зависимость прочности при изгибе от плотности пластика важна, особенно при проведении исследовательских работ, так как не удается получить



пластики с одинаковой плотностью. Поэтому при сравнении различных партий и образцов по прочности на изгиб (или другого физико-механического показателя) необходимо учитывать их плотность, приводя этот показатель к одинаковой плотности.

В литературе имеются сведения о взаимосвязи свойств древесностружечных плит (ДСтП) и их плотности. В работе [1, с.68] по результатам испытаний, проведенных на трех заводах по изготовлению ДСтП, полученных в течение двух лет, найдены зависимости между плотностью и прочностью при изгибе, прочностью при растяжении перпендикулярно пласти и разбуханием. Всего проанализировано 198 производственных партий плит марки П-А.

В работе [2] проведен анализ данных шести заводов и получены закономерности изменения свойств ДСтП от их плотности. Эти закономерности в диапазоне плотностей  $650-800 \text{ кг/м}^3$  приняты в виде прямых и соответствующих уравнений зависимости свойств (прочность при изгибе, прочность при растяжении перпендикулярно пласти, выделение формальдегида, водопоглощение и разбухание) от плотности.

В работе [3] показана зависимость показателей горючести от плотности массы древесной прессовочной (МДП). Так, например, с увеличением плотности МДП с  $700$  до  $1100 \text{ кг/м}^3$  время зажигания увеличилось с  $60$  до  $160$  с.

На рис. 1 (прямая 1) приведена зависимость прочности при изгибе от плотности, которая описывается уравнением

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,0521\rho - A, \quad (1)$$

где  $A=18,4$  – для ДСтП.

Для приведения прочности, например к плотности  $700 \text{ кг/м}^3$ , можно воспользоваться уравнением

$$\sigma_{700} = \sigma_0 - 0,0521(\rho_0 - 700), \quad (2)$$

где  $\sigma_0$  и  $\rho_0$  – прочность и плотность опытной партии.

В работе [4, с.22] дана формула для приведения прочности при изгибе к плотности  $700 \text{ кг/м}^3$  для ДСтП, изготовленных из специальной стружки (формула применима для плотностей от  $500$  до  $900 \text{ кг/м}^3$ ):

$$\sigma_{700} = \sigma_0 / (0,0036\rho - 1,5). \quad (3)$$

Зависимости прочности при изгибе от плотности ДСтП, изготовленных из специальной стружки и стружки отходов, выражаются соответственно следующими формулами

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,065 \rho - B \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,0425 \rho - C, \quad (5)$$

где  $B = 23,2$ ;  $C = 17,9$ .

Зависимости, описываемые уравнениями (4) и (5), показаны на рис. 1 прямыми 2 и 3 соответственно.

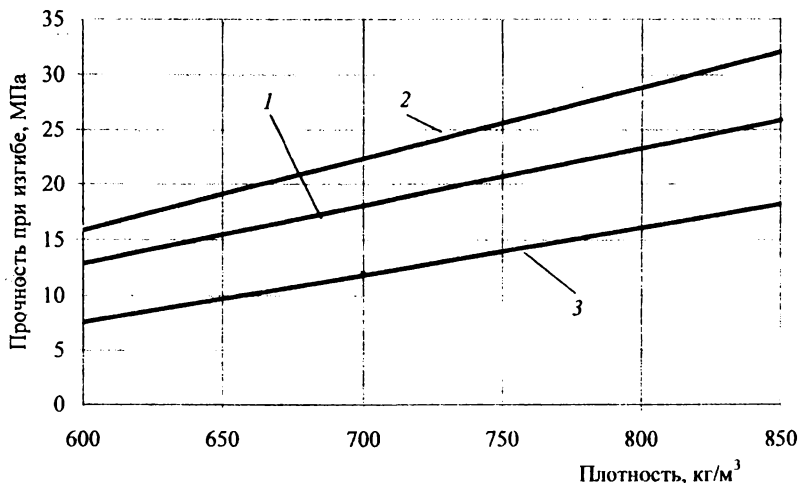


Рис. 1. Зависимости прочности при изгибе от плотности древесностружечных плит, полученные по уравнениям: (1) - 1; (4) - 2; (5) - 3

Для приведения прочности при изгибе к плотности ДСтП, равной  $700 \text{ кг/м}^3$ , изготовленных из стружки отходов, используется уравнение

$$\sigma_{700} = \sigma_0 / (0,0029\rho - 1,07). \quad (6)$$

В данной работе авторами предпринята попытка получить аналогичные зависимости для древесного пластика без добавления связующих (ДП-БС). Для доказательства правильности выбора вида уравнения регрессии при описании физико-механических свойств пластика (прочность при изгибе, водопоглощение) от его плотности, для примера использовались данные зависимости между прочностью при изгибе и плотностью пластика, полученного из лиственницы.

По данным работы [5] были построены различные зависимости, определены их уравнения и величины достоверности аппроксимации. Результаты представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, величина коэффициента корреляции для разных видов зависимостей не имеет большого различия. Наибольшее значение этой величины имеет экспоненциальная зависимость, наименьшее – логарифмическая. Ввиду трудности описания и расчета степенной и экспоненциальной функций считаем возможным пользоваться линейной зависимостью для описания физико-механических свойств пластика (прочность при изгибе, водопоглощение) от его плотности.

Зависимости между прочностью при изгибе и плотностью пластика, полученного из лиственницы

Зависимость	Уравнение	Коэффициент корреляции (величина достоверности аппроксимации), $R^2$
Линейная	$y=0,0512x - 42,7$	0,8408
Логарифмическая	$y=59,974\ln(x) - 406,3$	0,8217
Степенная	$y=2 \cdot 10^{-9} x^{3,245}$	0,8833
Экспоненциальная	$y=0,6659e^{0,0027x}$	0,8906
Полиномиальная (2 степень)	$y= 0,0001 x^2 - 0,2048 x + 108,98$	0,8849

По результатам анализа литературных данных [5,6] получены зависимости между прочностью при изгибе и водопоглощением от плотности ДП-БС, которые представлены в виде прямых на рис. 2-4.

На рис. 2 показаны зависимости между прочностью при изгибе и плотностью ДП-БС, полученных на основе различного древесного сырья. Уравнения прямых этой зависимости представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уравнения зависимости прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе древесного сырья различной породы

Порода древесины	Уравнение	Коэффициент корреляции, $R^2$
Лиственница	$\sigma_{изг}=0,0512\rho - 42,7$	0,8408
Сосна	$\sigma_{изг}=0,0442\rho - 35,9$	0,8574
Ель	$\sigma_{изг}=0,0569\rho - 49,6$	0,8665
Береза	$\sigma_{изг}=0,055\rho - 46,3$	0,6028
Осина	$\sigma_{изг}=0,054\rho - 43,2$	0,7955

В связи с незначительным различием угла наклона данных зависимостей считаем возможным использование обобщенного уравнения линейной регрессии для всех рассмотренных пород древесины. Уравнение имеет вид:  $\sigma_{изг}=0,0532\rho - 44,5$  ( $R^2 = 0,8447$ ). Графическая зависимость приведена на рис. 3.

Зависимость водопоглощения от плотности ДП-БС также является важной характеристикой качества материала. Если водопоглощение очень большое или образец в воде вообще разрушился, то это свидетельствует, о том, что из данного материала и при данных режимах образование пластика

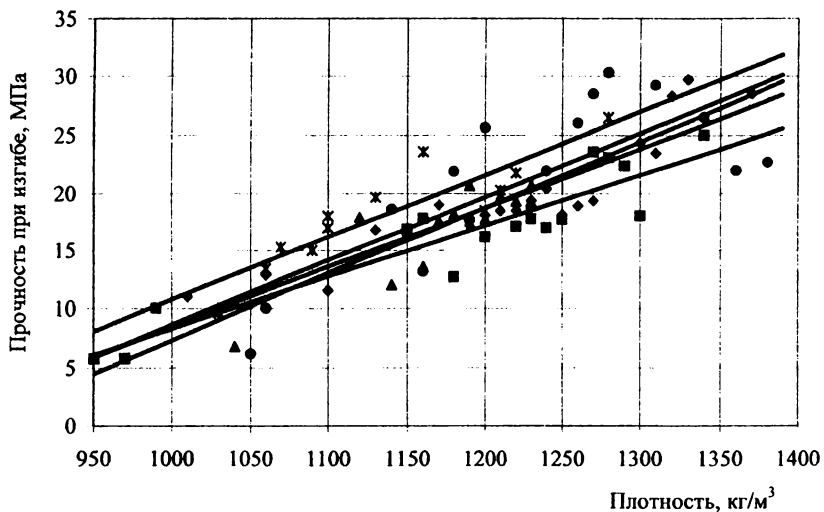


Рис 2. Зависимость прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины:

◆ лиственница ■ сосна ▲ ель ● береза × осина

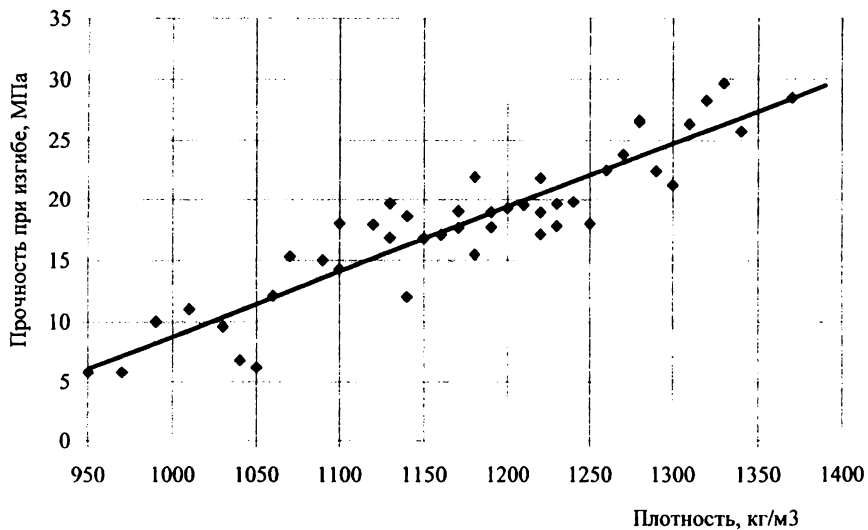


Рис. 3. Зависимость прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины (лиственница, сосна, ель, береза, осина)

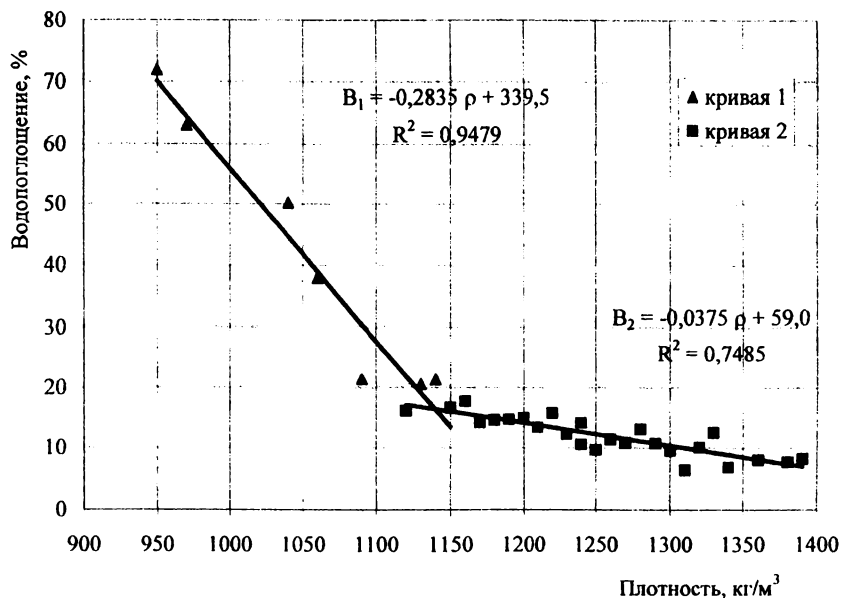


Рис. 4. Зависимость водопоглощения от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины (лиственница, сосна, ель, береза, осина)

не произошло. То есть произошло только образование брикета, полученного из древесных частиц при высоком давлении.

В табл. 3 приведены зависимости между водопоглощением и плотностью ДП-БС (в виде уравнений линейной регрессии), полученных на основе данных для различного древесного сырья.

Таблица 3

Уравнения зависимости водопоглощения от плотности ДП-БС, полученного из сырья различных пород древесины

Породы древесины	Уравнение	Коэффициент корреляции, $R^2$
Лиственница	$B = 125,4 - 0,0885\rho$	0,7419
Сосна	$B = 114,7 - 0,0814\rho$	0,8352
Ель	$B = 269,4 - 0,2152\rho$	0,9008
Береза	$B = 146,4 - 0,1055\rho$	0,4994
Осина	$B = 71,9 - 0,047 \rho$	0,8036

## Электронный архив УГЛТУ

При анализе данных по водопоглощению для всех рассмотренных пород древесины видно, что наилучшим вариантом является разделение базы данных на две области: первая – при значении плотности ДП-БС меньше  $1140 \text{ кг/м}^3$  и вторая – более  $1140 \text{ кг/м}^3$ . Результаты обработки данных представлены на рис. 4.

Первой области соответствует уравнение

$$B_1 = 339,5 - 0,2835\rho \quad (R^2 = 0,9479),$$

второй области

$$B_2 = 59,0 - 0,0375\rho \quad (R^2 = 0,7485).$$

Проведенный анализ полученных закономерностей между прочностью при изгибе и водопоглощением от плотности древесного пластика без добавления связующих позволяет сделать следующие выводы.

1. Полученные зависимости свойств ДП-БС от его плотности позволяют сравнивать различные партии и образцы по физико-механическим свойствам (прочности при изгибе и водопоглощению), приводя свойства к одинаковой плотности пластика.

2. Из рис. 3 видно, что имеется высокая достоверность зависимости прочности при изгибе пластика от его плотности. По данной зависимости можно производить сравнения по прочности при изгибе ДП-БС, имеющих различную плотность, независимо от породы древесины, из которой был получен пластик.

Зная прочность при изгибе опытной партии ( $\sigma_o$ ), по уравнению можно рассчитать прочность при изгибе опытной партии, приведенной к плотности контрольной партии ( $\sigma_{ок}$ ):

$$\sigma_{ок} = \sigma_o - a(\rho_o - \rho_k), \quad (7)$$

где  $\rho_o$  – плотность опытной партии,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_k$  – плотность контрольной партии,  $\text{кг/м}^3$ ;

$a$  – тангенс угла наклона прямой ( $a = 0,0532$ ).

Сравнение опытной партии с контрольной производится по формуле

$$\frac{\sigma_{ок}}{\sigma_k} = \frac{\sigma_o - a(\rho_o - \rho_k)}{\sigma_k} \quad (8)$$

где  $\sigma_k$  – прочность при изгибе контрольной партии, МПа.

3. Из рис. 4 видно, что имеет место существенная зависимость водопоглощения пластика от его плотности, причем тангенс угла наклона прямых в первой и второй областях различен. Такая зависимость, вероятно, свидетельствует о том, что при плотности ДП-БС менее  $1150 \text{ кг/м}^3$  образуется только

# Электронный архив УГЛТУ

спрессованный брикет, а образование пластика происходит только тогда, когда его плотность более  $1150 \text{ кг/м}^3$ .

Используя следующее уравнение, можно производить перерасчет фактического водопоглощения на водопоглощение при заданной плотности:

$$B_{ок}^i = B_o - a_i(\rho_o - \rho_k) \quad (9)$$

где  $B_{ок}^i$  - условное водопоглощение, приведенное расчетом к заданной плотности ( $\rho_k$ ), %;

$B_o$  - водопоглощение при фактической плотности ( $\rho_o$ ), %;

$a_i$  - тангенс угла наклона прямых в первой и во второй областях

( $a_1 = -0,2835$ ;  $a_2 = -0,0375$ ).

## Литература

1. Дедюхин В.Г. и др. Неиспользованный резерв снижения материалоемкости производства древесностружечных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. - Екатеринбург, 1995. - С. 69-72.

2. Дедюхин В.Г., Глухих В.В. Метод сравнения свойств ДСтП с различной плотностью/ Метод. указания для студентов спец. 260302. - Екатеринбург: УГЛТА, 1994. - 16 с.

3. Литвинец Ю.И., Дедюхин В.Г., Смольникова Е.В. Исследование горючести облицовочной плитки из древесного пластика// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1995. - С. 56-62.

4. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1965. - 296 с.

5. Плитные материалы и изделия из древесины и других одресневевших остатков без добавления связующих/ Под ред. В.Н. Петри. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 360 с.

6. Минин А.Н. Технология пьезотермопластиков. М.: Лесн. пром-сть, 1965. - 296 с.

7. Минин А.Н., Бучнёва Е.А., Соколова А.К., Боронникова В.Л. Роль модифицирующих агентов в процессе получения древесных пластиков без добавления в пресс-материал связующих// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. - Екатеринбург, 1985. - С.51-56.

**Ю.И. Литвинец, В.М. Балакин,  
В.А. Богданова, О.В. Дайлидко**  
(Уральский государственный  
лесотехнический университет)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИИЗОЦИАНАТНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Изучены свойства полиизоцианатных связующих и масс древесных прессовочных марки МДПО на их основе. Показано, что целесообразно применять полиизоцианаты в количестве 5-7% в виде ацетоновых растворов. Изучены физико-механические свойства МДПО и облицовочной плитки на основе полиизоцианатов отечественного и зарубежного производства.**

Мелкие отходы (стружка, опилки, пыль), получаемые в основном от лесопильных и деревообрабатывающих станков (пиление, строгание, фугование, шлифование, фрезерование и т.п.), могут быть с успехом использованы для изготовления прессованных деталей. Технология получения изделий прессованием известна давно. Для прессования деталей различного назначения применяется измельченная древесина, пропитанная синтетическим связующим – масса древесная прессовочная (МДП). Согласно ГОСТ 11368-89 в качестве связующего в МДП применяются фенолоформальдегидные и мочевиноформальдегидные смолы. На основе стандартных МДП рядом предприятий страны производятся различные цельнопрессованные изделия и детали. В основном это конструкционные и антифрикционные детали машин (вкладыши, втулки, ползуны, ролики и корпуса подшипников), детали тары, мелкие мебельные детали (ручки, вкладыши, опоры и т.п.), рукоятки инструментов, коробки, футляры и др., а также прессованные изделия и детали строительного назначения: погонажные изделия, наличники, вентиляционные решетки, детали окон, дверей, элементов встроенной мебели, паркетной и облицовочной плитки и т.п.

Изготовление перечисленных изделий и деталей из МДП позволяет резко сократить число технологических операций, создать наиболее благоприятные условия для механизации и автоматизации производственного процесса и, таким образом, существенно повысить производительность труда. При этом повторно используются отходы древесины, что снижает себестоимость продукции и обеспечивает получение значительного экономического эффекта. Практически не ограничена сырьевая база древесных отходов.

Однако несмотря на возможные большие объемы потребления производство изделий и деталей из МДП, прежде всего для мебельного и строительного производства, не нашло широкого применения. Это объясняется



прежде всего высокой токсичностью применяемых связующих - фенолоформальдегидных и мочевиноформальдегидных смол. Эти связующие содержат свободный формальдегид (до 1%), фенол (до 0,5%) и даже после отверждения в готовых изделиях способны выделять эти вредные для человека вещества в количествах, превышающих требования Минздрава, причем выделение токсичных веществ в окружающую среду происходит длительное время, усиливаясь при повышении влажности и температуры воздуха.

В данной работе в качестве связующего для измельченной древесины предлагается применять полиизоцианаты (ПИЦ). Полиизоцианатные связующие, по сравнению с другими, имеют ряд преимуществ: не выделяют вредных токсичных веществ, хорошо склеивают мелкие древесные частицы, с успехом могут быть использованы для изготовления изделий строительного назначения. Измельченная древесина, смешанная с полиизоцианатным связующим, по ряду признаков и свойств отличается от традиционных масс древесно-прессовочных, и относится к типу древесных полимерных композиций (ДПК). Расход полиизоцианатных связующих в несколько раз меньше, чем традиционных связующих, при сохранении высоких физико-механических показателей изделий, что свидетельствует о большей экономности производства МДПО.

Анализ литературы показывает, что применение ПИЦ в качестве связующего в МДП практически не изучено. В то же время по форме используемых древесных частиц, требованиям к физико-механическим показателям МДП существенно отличаются от древесных плит, и закономерности, полученные для последних, не могут полностью использоваться для МДП, особенно марки МДПО (из опилок). Для древесно-полимерных композиций типа МДПО необходимо определение оптимального расхода связующего с учетом требований ГОСТ, исследование и, если необходимо, изменение технологических свойств полиизоцианатных связующих.

В качестве связующего для измельченной древесины использовали одноконтентные полиизоцианаты: отечественный полиизоцианат марки А (ПИЦ А) и полиизоцианат фирмы "Bayer AG" (ФРГ) под торговым названием Desmodur VP PU 1520 A20L.

В качестве древесного наполнителя применяли опилки – отходы от деревообрабатывающих станков: породный состав смешанный - сосна, береза; фракционный состав - фракция после просеивания отходов от деревообрабатывающих станков на сите 5,2 мм и оставшаяся на сите 2,8 мм; влажность: 5 – 10 %.

МДПО получали смешением опилок с влажностью 5-6% со связующим в смесителе планетарного типа. Из полученной композиции прессовали стандартные образцы согласно ГОСТ 11368-89.

## Исследование растворов полиизоцианатов

Связующие смешиваются с древесным наполнителем обычно в смеси-теле, для равномерного распределения по поверхности древесных частиц связующие должны иметь оптимальную вязкость.

Вязкость товарных полиизоцианатов по вискозиметру ВЗ-246 при 20°C составляет: ПИЦ А – 82 с; Desmodur VP PU – 219 с.

Это значительно больше, чем требуется при нанесении методом распыления (20...40 с). В связи с этим была изучена возможность использования органических растворителей для приготовления рабочего раствора связующего с условной вязкостью в пределах 20-40 с по вискозиметру ВЗ-246 (ГОСТ 9070-75).

Для предварительного отбора растворителя был проведен следующий эксперимент: в пробирку помещали 5 мл полиизоцианата, добавляли 1,5 мл растворителя, тщательно перемешивая стеклянной палочкой. Смесь выдерживали при комнатной температуре в течение 6 ч. Периодически визуальнo в проходящем свете оценивали однородность полученного раствора, выделенные газообразных продуктов, изменение вязкости и т.п.

Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Растворимость полиизоцианатов в растворителях

Растворитель	Поведение ПИЦ в растворителе
Ацетон	Однородный раствор, медленное нарастание вязкости
Этанол	Через 5 мин после добавления растворителя идет разогрев массы с выделением газа (бурно), масса желатинизируется, затем отверждается
Циклогексанон	Через 3 ч после добавления растворителя в массу происходит медленное выделение газа, вязкость постепенно нарастает
1,4-диоксан	Через 35 минут после добавления растворителя идет выделение газа (не интенсивно), масса желатинизируется
Вода	Не смешивается

На основании полученных результатов в качестве растворителя был выбран ацетон. В процессе эксперимента было отмечено постепенное нарастание вязкости ацетоновых растворов ПИЦ. Для подтверждения этого получена зависимость условной вязкости растворов (100 мл ПИЦ + 25мл ацетона) от времени (рис. 1).

Графики зависимостей на рис. 1 показывают, что вязкость ацетоновых растворов ПИЦ со временем возрастает, однако в течение шести часов она не превышает технологических требований.

При выдержке растворов полиизоцианатов в течение 24 ч в открытой емкости вязкость раствора полиизоцианата марки А составляет 46 с, а вязкость Desmodur VP PU измерить не удастся, так как в растворе появляются комочки, которые застревают в отверстии вискозиметра.

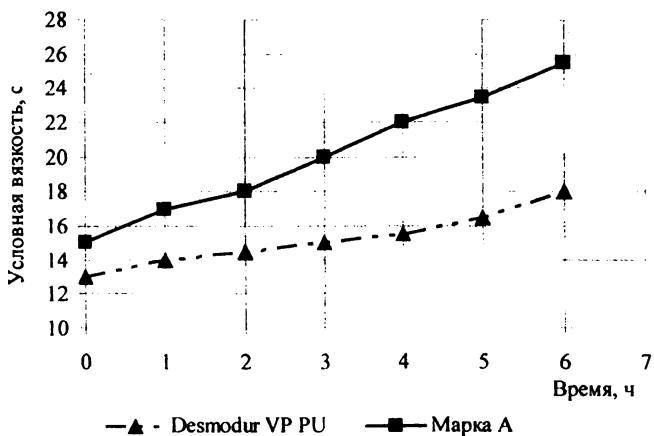


Рис. 1. Изменение вязкости растворов полиизоцианатного связующего во времени

Для определения минимально возможного количества ацетона получена зависимость условной вязкости ацетоновых растворов ПИЦ от массовой доли ацетона (рис. 2).

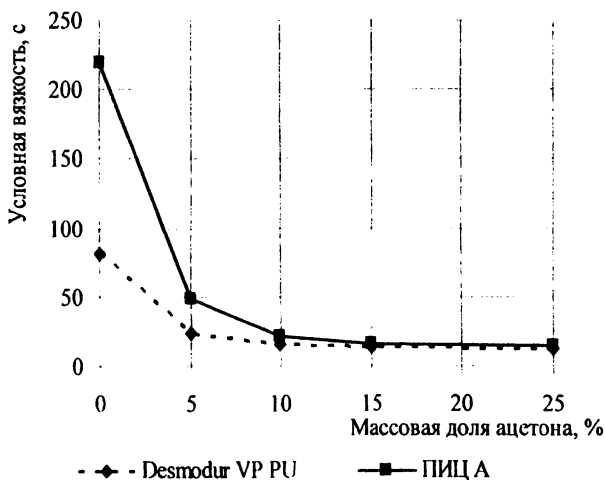


Рис. 2. Зависимость вязкости растворов связующего от массовой доли ацетона

Анализируя данные рис. 2 можно принять для обоих полиизоцианатов массовую долю ацетона примерно 5%. Это обеспечивает получение растворов с приемлемой для технологии осмоления древесных частиц вязкостью.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что для получения рабочих растворов полиизоцианатных связующих целесообразно использовать в качестве растворителя ацетон, причем его количество очень небольшое – не более 5 мас. проц. Небольшой объем добавляемого в полиизоцианат ацетона не приводит к ухудшению таких эксплуатационных свойств связующего, как пожароопасность, токсичность и т.п.

### **Исследование свойств МДПО на основе полиизоцианатных связующих**

Физико-механические свойства МДПО из древесных опилок и полиизоцианатов в товарном виде и в виде ацетонового раствора были изучены по стандартным методикам на МДПО по ГОСТ 11368-89.

Расход связующего составлял 1, 3, 5, 7 % 100%-го вещества от массы абсолютно сухой древесины.

Исследовались следующие стандартные физико-механические показатели ДПК: текучесть пресс-материала по приведенному диаметру диска, прочность при изгибе, водопоглощение. Каждый показатель определен по результатам испытаний шести образцов.

По данным определения построены графики соответствующих зависимостей (рис. 3), анализ которых позволяет сделать следующие выводы.

При применении в качестве связующего раствора полиизоцианата физико-механические показатели ДПКМ существенно лучше по сравнению с применением товарных ПИЦ (без растворителя). Текучесть по диску практически одинакова и для товарного полиизоцианата и для раствора полиизоцианата, причем значения показателя текучести низкие.

Улучшение основных физико-механических показателей ДПКМ на основе ацетонового раствора ПИЦ объясняется более равномерным распределением связующего по поверхности древесных частиц. Учитывая небольшое количество требуемого ацетона (5%), можно рекомендовать использование рабочего ацетонового раствора полиизоцианатов.

Также по данным рисунков можно заключить, что при увеличении расхода раствора связующего и товарного связующего все физико-механические показатели ДПКМ улучшаются. При этом наиболее оптимальным является 5%-ный расход связующего как для ПИЦ А, так и для Desmodur VP PU в товарном виде и в виде раствора в ацетоне.

Сравнение физико-механических показателей (см. рис. 3) показывает, что они практически одинаковы у ДПКМ на основе ПИЦ А и Desmodur VP PU, т.е. как связующие эти полиизоцианаты практически не отличаются.

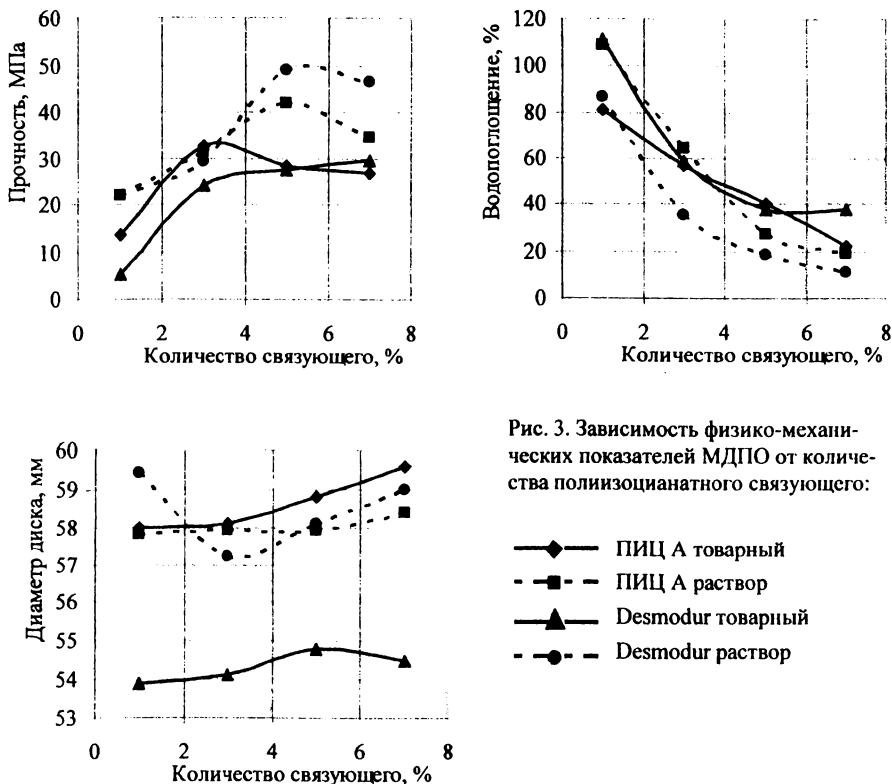


Рис. 3. Зависимость физико-механических показателей МДПО от количества полиизоцианатного связующего:

- ◆— ПИЦ А товарный
- ПИЦ А раствор
- ▲— Desmodur товарный
- Desmodur раствор

Учитывая, что ПИЦ А отечественного производства значительно дешевле импортного Desmodur VP PU, использование ПИЦ А в качестве связующего в МДПО следует признать экономически более выгодным.

### Изучение жизнеспособности ДПК на основе раствора полиизоцианатов и отходов деревообработки

Под жизнеспособностью пресс-композиции понимают время, в течение которого ДПК (древесный наполнитель + связующее) может быть использована для прессования изделий без ухудшения физико-механических показателей. Жизнеспособность МДП на основе традиционных связующих (фенолоформальдегидных, карбамидоформальдегидных) достаточно велика – до 6 месяцев. Полиизоцианаты, как известно, способны реагировать с водой, содержащейся в древесине, с влагой воздуха, а также при обычной тем-

пературе с гидроксильными группами компонентов древесины. Следовательно, можно предполагать, что жизнеспособность ДПК на основе ПИЦ будет ограниченной, для технологических целей необходимо точно знать предельно допустимое время использования приготовленной пресс-массы.

Для определения времени жизнеспособности исследовали физико-механические показатели (прочность при изгибе и водопоглощение) ДПК на основе древесного опила и ацетонового раствора ПИЦ (5% ацетона) при разном времени использования пресс-композиции. Для этого готовили партию ДПК при расходе ПИЦ 5%, затем прессовали стандартные образцы на прочность и водопоглощение через следующие промежутки времени, ч: 0,25; 2,0; 24; 120.

Изменение физико-механических показателей ДПКМ во времени показано на рис. 4.

Анализ зависимостей рис. 4 показывает, что ДПК сохраняют полностью свои свойства не более двух часов с момента их получения. В дальнейшем резко снижаются водостойкость (повышается водопоглощение) и прочность при изгибе прессованных образцов. Максимально возможное предельное время использования пресс-композиций при допустимом снижении физико-механических показателей не может превышать 3-4 часов.

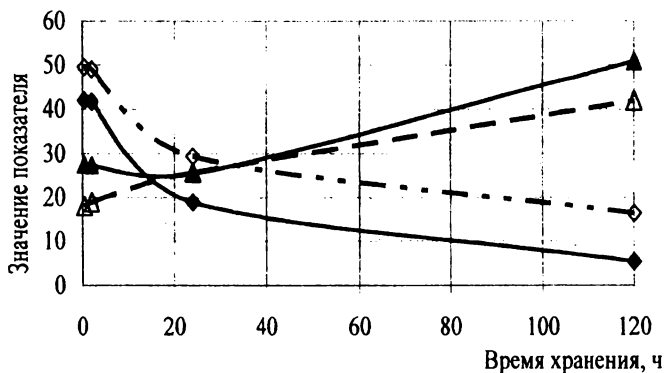


Рис. 4. Изменение физико-механических показателей ДПКМ на основе раствора ПИЦ (расход 5%) при хранении:

- ◆— ПИЦ А - прочность при изгибе, МПа
- ▲— ПИЦ А - водопоглощение, %
- ◇— Desmodur - прочность при изгибе, МПа
- △— Desmodur - водопоглощение, %

Таким образом, ДПК на основе полиизоцианатов должны быть использованы практически сразу после приготовления, они не могут долго храниться, транспортироваться.

## Получение и свойства облицовочной плитки из древесных опилок и полиизоцианата

В качестве изделия из МДПО на основе полиизоцианата была получена плитка облицовочная из древесного пластика (ПОД).

ПОД представляет собой плитку стандартных размеров 150x150x0,6 мм, плотностью 900-1100 кг/м<sup>3</sup>, отпрессованную в стационарной обогреваемой пресс-форме из ДПК на синтетическом связующем.

Физико-механические показатели ПОД на основе ПИЦ (расход 5%) и на основе карбамидоформальдегидной смолы КФ-МТ-15 (расход 12%) приведены в табл. 2.

Водостойкость облицовочной плитки на основе ПИЦ А при его расходе 5% и на основе смолы КФ-МТ-15 одинакова, а прочность при изгибе у плитки с ПИЦ А почти на 23% выше. Внешний вид и качество поверхности у плиток на этих связующих одинаковы.

Таблица 2

Физико-механические показатели облицовочной плитки на основе древесных опилок и различных связующих

Показатель	ПИЦ марки А (5%)	КФ-МТ-15 (12%)
Прочность при изгибе, МПа	27,2	22,0
Разбухание по толщине за 24 ч, %	24,5	25,7
Водопоглощение за 24 ч, %	51,2	52,8
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	900	1000

Основные преимущества полиизоцианатов как связующих в древесных композиционных материалах (небольшой расход, нетоксичность) в наибольшей степени могут быть реализованы при их использовании в изделиях для строительства (плинтуса, наличники, облицовки, встроенная мебель и т. п.) и мебельной промышленности (ящики, накладные детали, полки, шкафчики и т.д.). Изделия для этих отраслей должны обязательно отделяться, так как декоративные свойства изделий из ДПК невысоки. Отделка изделий из ДПК может производиться в готовом виде традиционными способами (цветными эмалями, облицовыванием пленочными и листовыми материалами), что не должно вызывать каких-либо технологических сложностей, так как принципиально структура поверхности изделий из ДПК на основе ПИЦ не отличается от древесностружечных плит или древесно-слоистых пластиков.

Однако наиболее перспективна отделка изделий из ДПК в процессе прессования, когда одновременно формируется прессованное изделие и соз-

дается защитно-декоративное покрытие на его поверхности. Совмещенная с прессованием отделка может осуществляться только методом облицовывания, и наиболее подходящими для этого облицовочными материалами являются бумажно-смоляные пленки – ламинат, синтетический шпон; эластичный ДБСП «Элапласт»; некоторые виды термостойких полимерных пленок.

В данной работе изучено облицовывание бумажно-смоляными пленками в процессе изготовления прямоугольной плитки размерами 152x112x10 мм из древесных опилок фракции 2,8...5,2 мм и полиизоцианата марки А. Для облицовывания использовали следующие облицовочные материалы:

- ламинат для многэтажного пресса; масса 290 г/м<sup>2</sup>;
- декоративный синтетический шпон отечественного производства марки А на основе бумаг различной толщины; масса 170; 230 г/м<sup>2</sup>;
- рулонный синтетический шпон отечественного производства марки РП; масса 190 г/м<sup>2</sup>;
- импортные тонкослойные бумажно-смоляные пленки высокой эластичности; масса 120 г/м<sup>2</sup>.

Облицовочный материал, вырезанный по формату изделия, укладывали на поверхность засыпанной в горячую форму и выровненной пресс-массы, на пленку укладывали полированную металлическую пресс-прокладку, на нее нагретый до температуры прессования пунсон. Собранный пресс-форму помещали между плитами пресса с температурой 140...150 °С и прессовали в течение 4 мин при давлении 2,5 МПа. Пресс-форму разбирали в горячем виде, извлекали отпрессованную плитку и охлаждали до комнатной температуры. Через 24 ч проводили оценку состояния облицованной поверхности плитки визуальную, а также адгезии покрытия методом крестообразного надреза.

Основной вывод по результатам этой части работы следующий:

облицовывание поверхности изделий из ДПК на основе полиизоцианатов вполне возможно и технологически осуществимо, при этом:

- для облицовывания изделий из ДПК на основе полиизоцианатов не пригодны тонкие бумажно-смоляные пленки;
- наилучшее качество покрытия дают бумажно-смоляные пленки массой 1 м<sup>2</sup> не менее 200 г, т.е. полученные из бумаги-основы массой не менее 130 г/м<sup>2</sup>;
- для получения высококачественного глянцевого покрытия можно использовать ламинат;
- целесообразно применять бумажно-смоляные пленки светлых тонов, более высокое качество покрытия получается при использовании имитации под красное дерево, дуб и т.п.

Используя эти рекомендации, проверена возможность облицовывания плитки ПОД бумажно-смоляными пленками: листовым синтетическим шпоном массой 280 г/м<sup>2</sup> и ламинатом для многэтажного пресса.



Облицовывание лицевой стороны проводили одновременно с прессованием: на поверхность ДПК в горячей форме укладывали лист облицовочного материала, вставляли пуансон и прессовали по обычным режимам.

Защитно-декоративное покрытие из этих материалов придает плитке красивый внешний вид, адгезия покрытия высокая. При этом недостаточно четко проявляются декоративные элементы – пересекающиеся перпендикулярно выпуклые линии, которые плохо формируются и в необлицованной плитке из-за плохой текучести пресс-массы. Следовательно, поверхность облицовочной плитки должна быть гладкой, без выступающих декоративных элементов. Приведенные результаты позволяют заключить, что полиизоцианаты являются эффективным, малорасходным и нетоксичным связующим для ДКМ различного типа.

УДК 678.02+678.652'41'21

**А.В. Торицин, В.М. Балакин**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ НА СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИНАМИ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ И ДСТП НА ИХ ОСНОВЕ**

Рекинетическими исследованиями процесса отверждения связующих на основе смол, модифицированных полиэтиленполиаминами, с использованием в качестве отверждающего агента хлорида аммония, найдены величины времени гелеобразования и константы скорости реакции отверждения. Показано увеличение времени гелеобразования от количества модификатора. Получены линейные корреляционные закономерности влияния разветвленности, выделения формальдегида из отвержденных смол, радиусов НМЧ, содержания метилольных групп в олигомере на время гелеобразования. Найдены корреляционные зависимости времени гелеобразования на свойства древесностружечных плит (выделение формальдегида из плит, предел прочности при изгибе и разбухание по толщине).

Как известно из литературы [1-3], модификация полиэтиленполиамины (ПЭПА) в процессе синтеза приводит к изменению физико-химических свойств олигомеров и физико-механических свойств и токсичности древесностружечных плит.

Одним из условий получения ДСтП является полнота протекания реакций отверждения. Процесс отверждения характеризуется временем желатинизации и временем гелеобразования.

В качестве объектов исследования в данной работе были использованы синтезированные в лабораторных условиях карбаминоформальдегидные олигомеры, модифицированные полиэтиленполиаминами марки «А» на первой стадии синтеза, с частичной заменой карбамида на ПЭПА в количестве 0,5...6 %.

У полученных олигомеров определяли содержание метилольных групп и разветвленность методом ИК-спектроскопии [4], выделение формальдегида из КФП [5] и радиусы надмолекулярных частиц [6].

Время гелеобразования определяли непосредственно в рабочем узле ротационного вискозиметра «Реотест-2» при температуре 60 °С. Эта температура была выбрана в качестве оптимальной для различных марок КФО на основании исследований [7]. Средние значения представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что введение ПЭПА в состав олигомера приводит к уменьшению константы скорости реакции отверждения. С увеличением количества модификатора увеличивается время гелеобразования (рис. 1).

Время гелеобразования зависит от функционального состава олигомеров прежде всего от содержания метилольных групп и разветвленности полученных олигомеров. Данные зависимости являются корреляционно-линейными. Зависимость времени гелеобразования от массовой доли метилольных групп представлена на рис 2.

Таблица 1

Время гелеобразования и константа скорости реакции отверждения для смол, модифицированных полиэтиленполиаминами

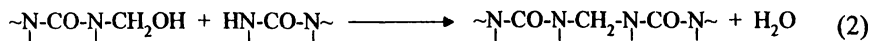
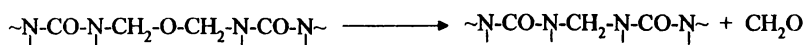
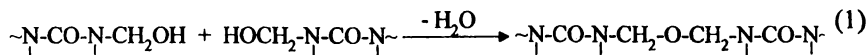
Условное обозначение смолы	Время гелеобразования, мин	Константа скорости реакции отверждения
КФ-МТ-15 (контроль)	22,1	$0,32 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-0,5	27,5	$0,25 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-1	23,1	$0,30 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-1,5	22,8	$0,31 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-2	25,6	$0,27 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-4	35,3	$0,19 \times 10^3$
КФ-ПЭПА-6	32,6	$0,21 \times 10^3$

С увеличением массовой доли метилольных групп происходит уменьшение времени гелеобразования. Это связано с тем, что увеличение метилольных групп увеличивает скорость протекания реакций отверждения.

На рис. 3 показана зависимость времени гелеобразования от разветвленности олигомера. С увеличением разветвленности увеличивается время гелеобразования. При отверждении модифицированных смол протекают реакции между метилольными группами, приводящие к малоустойчивым метилэфирным связям, которые распадаются с выделением формальдегида

## Электронный архив УГЛТУ

(реакция 1), а также реакции аминогрупп карбамида и ПЭПА с метилольными (реакция 2):



У контрольного образца (КФ-МТ-15) и модифицированных ПЭПА олигомеров изучали структуру с помощью метода измерения спектра мутности на фотоколориметре и рассчитывали радиус частиц [6]. Увеличение радиусов надмолекулярных частиц приводит к уменьшению времени гелеобразования, а следовательно, к увеличению константы скорости реакции отверждения (рис. 4). Это связано с тем, что при увеличении радиусов НМЧ происходит образование водородных связей между атомами водорода и не поделенными электронными парами атомов кислорода и азота, которые участвуют в реакциях отверждения.

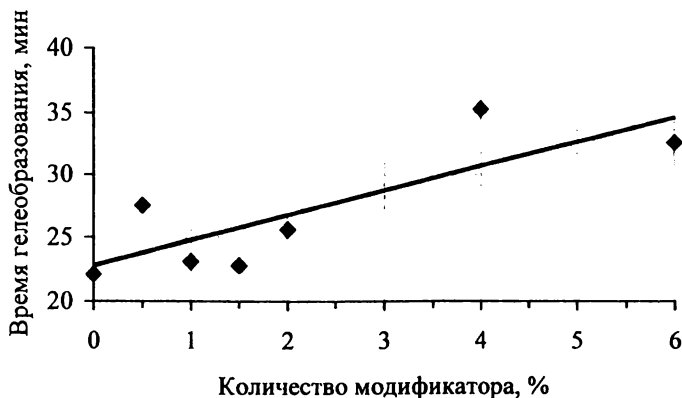


Рис. 1. Зависимость времени гелеобразования от количества модификатора ( $r = 0,82$ )

При изучении зависимости выделения формальдегида из КФП от времени гелеобразования наблюдали, что с увеличением  $t^*$  уменьшается выделение формальдегида (см. рис 5). Это свидетельствует о преобладании реакций (2). Процесс отверждения проходит более полно при модификации ПЭПА в количестве 4–6 % от массы первой порции карбамида.

Поскольку величина времени гелеобразования отражается и на свойствах древесностружечных плит, были изготовлены и испытаны в лабораторных условиях однослойные древесностружечные плиты толщиной 16 мм.

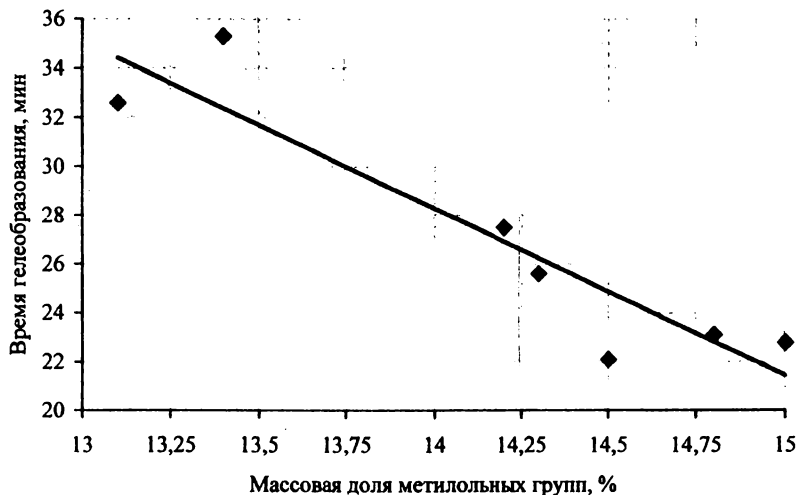


Рис. 2. Зависимость времени гелеобразования от содержания метилольных групп для смол, модифицированных ПЭПА марки «А» ( $r = -0,96$ )

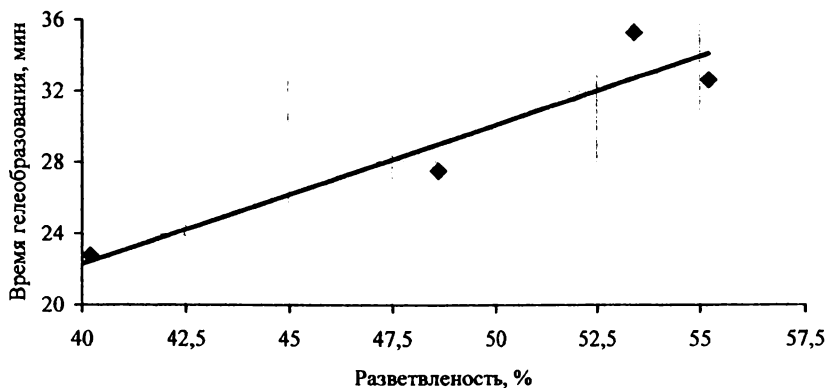


Рис. 3. Зависимость времени гелеобразования от разветвленности олигомеров, модифицированных ПЭПА марки «А» ( $r = 0,96$ )

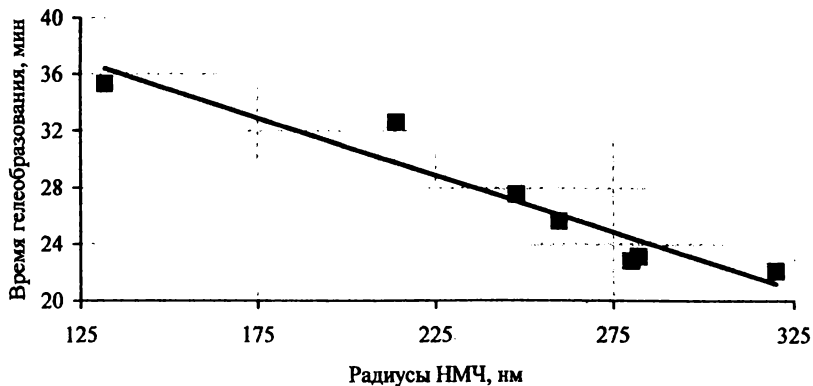


Рис. 4. Зависимость времени гелеобразования от радиусов НМЧ олигомеров, модифицированных ПЭПА марки «А» ( $r = -0,95$ ).

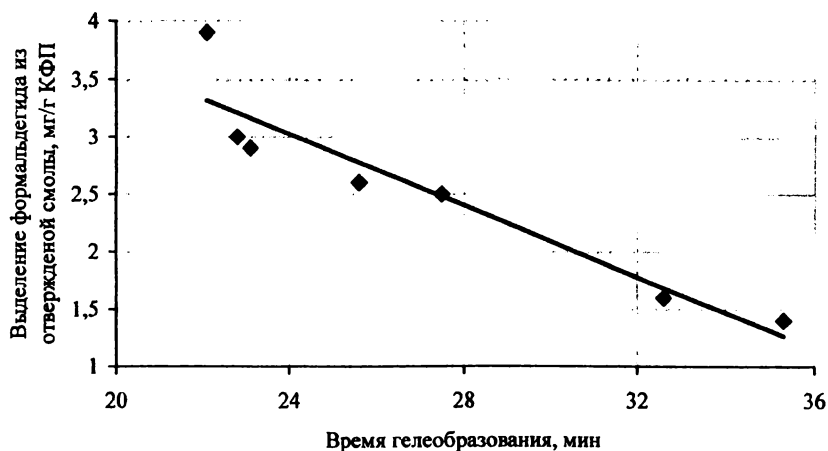


Рис. 5. Зависимость выделения формальдегида из КФП, модифицированных ПЭПА марки «А», от времени гелеобразования ( $r = -0,94$ ).

Древесностружечные плиты были получены при следующих условиях: расход смолы 12%; отвердитель – 20 %-ный раствор хлорида аммония, расход 1 %; температура прессования 160 °С; давление 2,5 МПа; время выдержки 0,5 мин/мм толщины плиты. Физико-механические свойства древесностружечных плит (ДСтП) определяли по ГОСТ 10632-88 [8], выделение

# Электронный архив УГЛТУ

формальдегида из плит по методу WKI при температуре 60 °С в течение 4 ч [9]. Свойства ДСтП представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства и токсичность ДСтП на основе модифицированных смол

Условное обозначение	Влажность, %	Водопоглощение за 24 ч, %	Разбухание по толщине за 24 ч, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Выделение формальдегида из плит по методу WKI, мг/100 г абс. сух. плиты
КФ-МТ-15	6	65	26	16,5	22
КФ-ПЭПА-0,5	6	60	24	16,3	23
КФ-ПЭПА-1	7	56	18	11,7	32
КФ-ПЭПА-1,5	7	60	22	15,2	24
КФ-ПЭПА-2	6	69	23	22,3	25
КФ-ПЭПА-4	6	56	22	28,3	18
КФ-ПЭПА-6	5	58	16	29,1	11
КФ-ПЭПА-8	5	66	17	26,6	13

На рис. 6–8 показаны линейные корреляционные зависимости токсичности, предела прочности при изгибе и разбухания ДСтП от времени гелеобразования.

С увеличением времени гелеобразования уменьшается выделение формальдегида из плит (рис. 6).

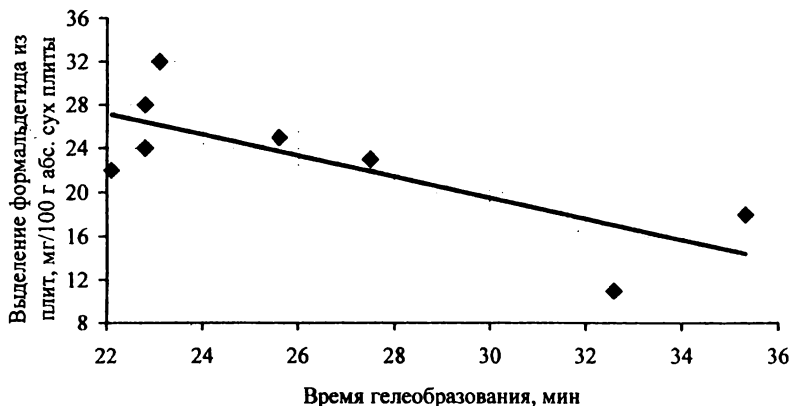


Рис. 6. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП на основе смол, модифицированных ПЭПА марки «А», от времени гелеобразования ( $r = -0,76$ )

Из рис. 7 видно, что прочность композиционного материала, изготовленного на основе модифицированного олигомера, напрямую зависит от скорости образования сетчатой структуры. С увеличением времени гелеобразования КФО увеличивается прочность при изгибе древесностружечных плит.

Разбухание по толщине связано с сетчатой структурой отвержденного связующего. С увеличением показателя разбухания время гелеобразования уменьшается (рис. 8).

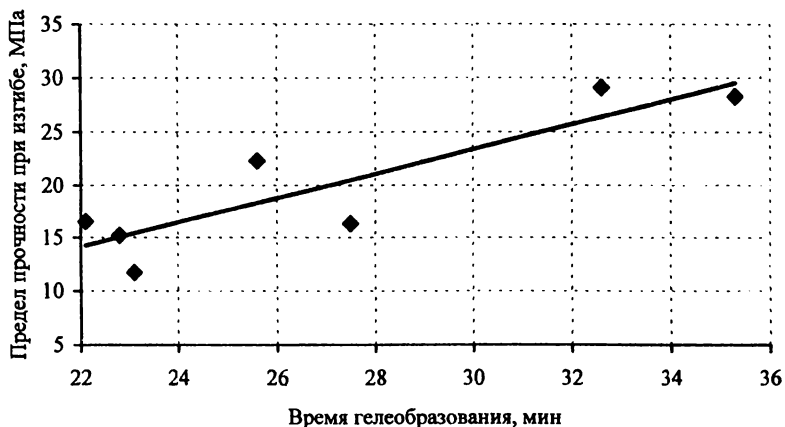


Рис. 7. Зависимость предела прочности при изгибе ДСтП на основе смол, модифицированных ПЭПА марки «А», от времени гелеобразования ( $r = 0,88$ )

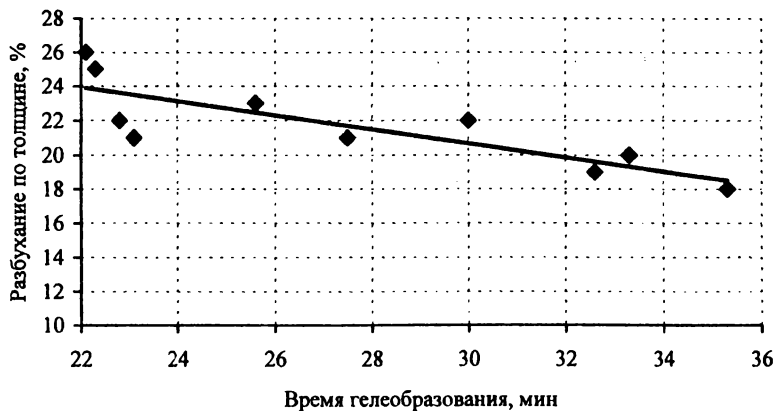


Рис. 8. Зависимость разбухания по толщине ДСтП на основе смол, модифицированных ПЭПА марки «А», от времени гелеобразования ( $r = -0,82$ )

Из вышеизложенного видно, что для прогнозирования свойств композиционных материалов на основе олигомеров, модифицированных ПЭПА, можно использовать значения выделения формальдегида из КФП и время достижения гель-точки.

Таким образом, модификация карбаминоформальдегидных олигомеров в процессе синтеза полиэтиленполиаминами приводит к существенным улучшениям свойств как олигомеров, так и древесностружечных плит на их основе. Изготовленные на основе модифицированных олигомеров ДСтП получают с пониженным выделением формальдегида. Использование КФ-ПЭПА-6 обеспечивает снижение токсичности плит в 2 раза по сравнению с контролем. При этом остальные свойства плит не ухудшаются.

## Литература

1. Глухих В.В. Снижение токсичности древесных композиционных материалов на основе оптимизации химического состава карбамидных олигомеров. Автореф. дис. ... докт. тех. наук. - Екатеринбург, 1994. - 172 с.
2. Robert O. Ebewelle, George E. Myers, Bryan H. River, James A. Koutky. Polyamine modified urea-formaldehyde resins. I. Synthesis, structure, and properties/ Journal of Applied Polymer Science, 1991. - Vol. 47. - P. 2997–3012.
3. Литвинец Ю.И., Балакин В.М., Торицин А.В. Исследование модификации карбаминоформальдегидной смолы полиэтиленполиаминами// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1995. -С. 17-22.
4. Коршунова Н.И. и др. Исследование структуры карбаминоформальдегидных олигомеров и полимеров методом ИК-спектроскопии// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Свердловск., 1991. - С. 46 – 51.
5. Коршунова Н.И., Маслюк М.Ф. Зависимость между выделением формальдегида при отверждении карбаминоформальдегидных связующих, из полимеров и древесностружечных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. УГЛТА, Екатеринбург, 1991. - С. 40-46.
6. Вшивков С.А. и др. Изучение структуры и свойств карбаминоформальдегидных олигомеров при старении// Высокомолекулярные соединения. - Серия А. – Т. 37. - № 1, 1995. - С. 56 – 59.
7. Войт В.Б. Реологические закономерности структурирования карбаминоформальдегидных олигомеров. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: НИИПМ, 1993. - С. 122.
8. ГОСТ 10632-88. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств. Введ. 01.01.89 г. - М.: Изд-во стандартов, 1988.
9. Roffael E., Melhorn Z. Methode zur Beuteilung den formaldehyde abgabe von spanplatten// Holz und Kunststoffe verarbeitung, 1977. – Т. 10. - P. 769–777.



А.В. Торицын, В.М. Балакин  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КАРБАМИДО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭТИЛЕНДИАМИНОМ

Установлено, что изменение количества этилендиамина, вводимого при синтезе смолы на первой стадии, приводит к изменению свойств древесностружечных плит на их основе. Найдены корреляционные зависимости радиусов НМЧ и времени гелеобразования от количества добавляемого этилендиамина. Показано изменение свойств карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных этилендиамином, в процессе их хранения. Установлено, что в процессе хранения олигомеров происходят реакции конденсации, приводящие к увеличению радиусов НМЧ, условной вязкости и времени желатинизации, уменьшению массовой доли свободного формальдегида и выделения формальдегида из отвержденной смолы.

В предыдущих работах [1-4] показана возможность модификации этилендиамином карбамидоформальдегидных олигомеров на первой стадии синтеза в количестве 0,02–0,05 молей от первой порции карбамида (моль от п.п.к.). Данные смолы получаются с пониженным содержанием формальдегида.

Снижение содержания свободного формальдегида в олигомерах и токсичности ДСтП напрямую связано со строением получаемых карбамидаминоформальдегидных олигомеров (КАФО). Поэтому была изучена структура олигомеров, модифицированных этилендиамином, с помощью метода ИК-спектроскопии. По полученным ИК-спектрам рассчитывали содержание в КАФО метилольных групп, монометилкарбамида, общее количество циклов (уроновых и триазиновых) и степень разветвленности по методике, описанной в литературе [5, 6]. Средние значения результатов исследований представлены в табл. 1.

Модификация этилендиамином в процессе синтеза приводит к существенным изменениям в химическом составе олигомеров, а именно, к уменьшению содержания метилольных групп и монометилкарбамида, общего содержания циклов и увеличению степени разветвленности олигомера. Исходя из полученных данных видно, что карбамидаминоформальдегидные олигомеры имеют линейно-разветвленное строение.

При увеличении количества модификатора происходит рост содержания метилольных групп. Остальные показатели (содержание монометилкарбамида, общего содержания циклов, степень разветвленности) изменяются незначительно. У контрольного образца (КФ-МТ-15) и модифицированных этилендиамином (КФ-ЭДА-0,02, КФ-ЭДА-0,03, КФ-ЭДА-0,04,

# Электронный архив УГЛТУ

КФ-ЭДА-0,05) олигомеров изучали структуру с помощью метода измерения спектра мутности на фотоколориметре и рассчитывали радиус частиц [7]. Зависимость радиусов надмолекулярных частиц от количества модификатора (этилендиамина) представлена на рис. 1.

Таблица 1  
Химический состав модифицированных смол по данным ИК-спектроскопии

Условное обозначение смолы	Содержание метилольных групп, %	Общее содержание циклов, %	Содержание моно-метилолкарбамида, %	Степень разветвленности, %
КФ-МТ-15	14,5	21,0	38,1	39,8
КФ-ЭДА-0,02	10,9	13,2	30,9	46,5
КФ-ЭДА-0,03	11,5	13,1	33,1	41,1
КФ-ЭДА-0,04	13,0	14,6	30,4	46,2
КФ-ЭДА-0,05	14,1	14,4	33,5	44,9

Из рис. 1 видно, что при увеличении количества этилендиамина в олигомере увеличиваются радиусы НМЧ. Увеличение радиусов объясняется увеличением молекулярной массы и образованием крупных ассоциатов.

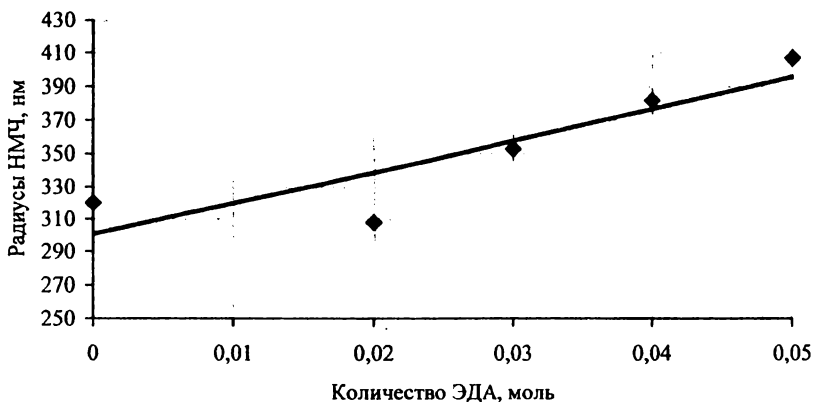


Рис. 1. Зависимость радиусов НМЧ от количества этилендиамина в олигомере ( $r = 0,88$ )

Одним из условий получения изделий из композиционных материалов является полнота протекания реакций отверждения. Показатель «время желатинизации» можно охарактеризовать как визуально регистрируемое время до момента затвердевания отверждающейся композиции при 100 °С. При этом нельзя с уверенностью сказать, какие конкретные физические и химические процессы протекают в этот момент в исследуемом материале. По времени гелеобразования можно судить о скорости протекания процесса от-

верждения, а по времени желатинизации лишь о скорости нарастания отверждения композиции смолы с различными добавками.

С технологической точки зрения наибольший интерес представляет время достижения геле-точки, поскольку именно на стадии гелеобразования закладывается структура отверждающегося полимера, определяющая конечные физико-механические свойства композиционного материала.

Точка гелеобразования  $t^*$  [8] является одной из наиболее важных характеристик процесса отверждения, поскольку характеризует достижение некоторой критической степени превращения. Из общих положений вытекает возможность экспериментального определения точки гелеобразования как момента потери текучести реакционной системой.

Таким образом, характер изменения вязкости на стадии гелеобразования определяется, во-первых, изменением молекулярных характеристик олигомера и, во-вторых, микрофазовым расслоением системы вблизи точки релаксационного перехода, каковым является гелеобразование.

Изменение вязкости в процессе гелеобразования представляют монотонно возрастающей кривой, отражающей рост молекулярной массы вплоть до образования единой пространственной структуры, охватывающей весь объем отверждающегося материала.

Время гелеобразования определяли непосредственно в рабочем узле ротационного вискозиметра «Реотест-2» при температуре 60 °С. Эта температура была выбрана в качестве оптимальной для различных марок КФО на основании исследований [8, 9]. После определения времени гелеобразования рассчитывали константу скорости реакции отверждения смолы. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Время гелеобразования и константа скорости реакции отверждения для смол, модифицированных этилендиамином

Условное обозначение смолы	Время гелеобразования, мин	Константа скорости реакции отверждения
КФ-МТ-15	22,1	$0,32 \times 10^3$
КФ-ЭДА-0,02	23,0	$0,30 \times 10^3$
КФ-ЭДА-0,03	32,5	$0,22 \times 10^3$
КФ-ЭДА-0,04	36,3	$0,19 \times 10^3$
КФ-ЭДА-0,05	35,6	$0,20 \times 10^3$

Из представленных в табл. 2 данных видно, что модификация этилендиамином приводит к увеличению времени гелеобразования по сравнению с контролем. Так как константа скорости реакции отверждения является величиной обратной времени гелеобразования, то при модификации она уменьшается (табл. 2). Рассматривая увеличение времени гелеобразования от ко-

личества вводимого этилендиамина, можно проследить линейную корреляционную зависимость (рис. 2).

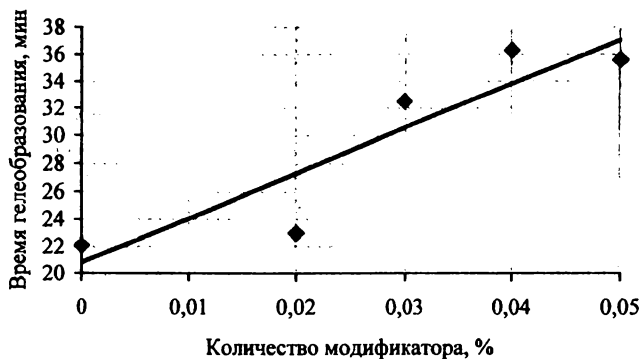


Рис. 2. Зависимость времени гелеобразования от количества этилендиамина в олигомере ( $r = 0,91$ )

При модификации этилендиамином в количестве 0,05 моль происходит увеличение времени гелеобразования на 61 %.

Для смол, которые применяются в производстве ДЖМ, очень важным показателем является их стабильность при хранении. В процессе хранения идет структурирование, увеличение молекулярной массы олигомера, снижение количества метилольных групп. Это косвенно подтверждается увеличением времени желатинизации и вязкости, снижением растворимости. Поэтому представляло интерес для синтезированных олигомеров изучить изменение физико-химических свойств в процессе хранения.

Для смол, модифицированных этилендиамином, было исследовано влияние продолжительности хранения с момента изготовления до 60 суток на ряд свойств, в частности: время желатинизации, радиус НМЧ, условную вязкость, массовую долю свободного формальдегида, массовую долю метилольных групп и выделение формальдегида из отвержденной смолы. Для сравнения было исследовано влияние продолжительности хранения на свойства контрольной смолы (КФ-МТ-15). Результаты представлены на рис.3 – 7.

При хранении олигомеров, модифицированных этилендиамином, наблюдалось увеличение вязкости. Очевидно, это связано с большой реакционной способностью образующихся олигомеров и углублением процесса конденсации, так как этилендиамин имеет две реакционно-способные аминогруппы. У этих смол отмечалась хорошая растворимость в воде, что обусловлено высокой концентрацией гидрофильных аминогрупп, которые в водной среде достаточно гидратированы. На 60-е сутки после изготовления

модифицированные этилендиамином олигомеры имели условную вязкость ниже, чем у контрольной смолы (рис. 3).

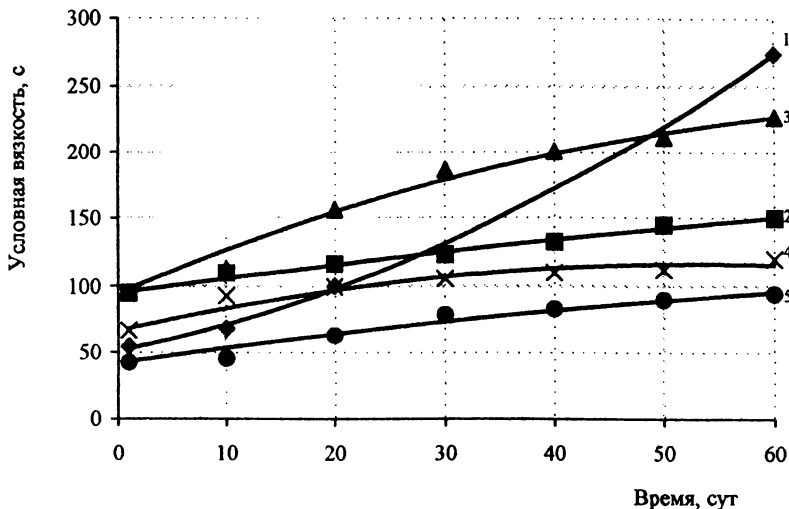


Рис. 3. Изменение условной вязкости в процессе хранения смол, модифицированных ЭДА: 1 – контрольная смола (КФ-МТ-15); 2 – смола КФ-ЭДА-0,02; 3 – смола КФ-ЭДА-0,03; 4 – смола КФ-ЭДА-0,04; 5 – смола КФ-ЭДА-0,05

При хранении модифицированных ЭДА олигомеров наблюдается постепенное увеличение времени желатинизации в процессе хранения (рис. 4). За 60 суток время желатинизации увеличилось на 8...18 % у модифицированных олигомеров (КФ-ЭДА-0,02 – 18,3 %, КФ-ЭДА-0,03 – 7,6 %, КФ-ЭДА-0,04 – 11,4 %, КФ-ЭДА-0,05 – 13,0 %), тогда как у контрольной смолы (КФ-МТ-15) этот показатель увеличился на 50,3 %. Очевидно, рост показателя «время желатинизации» обусловлен тем, что в процессе хранения происходит дальнейшая конденсация, взаимодействие amino- и амидогрупп со свободным формальдегидом. Таким образом, при хранении модифицированных олигомеров с увеличением времени желатинизации должна уменьшаться массовая доля свободного формальдегида. Это подтверждают данные, представленные на рис. 5.

В процессе хранения олигомеров наблюдалось увеличение размеров НМЧ (рис. 6). Этот процесс сопровождался существенным увеличением вязкости систем. Эти результаты подтверждают литературные данные [3] об агрегировании НМЧ со временем в результате образования водородных связей между атомами водорода и неподеленными электронными парами атомов кислорода и азота, входящих в состав частиц КФО.

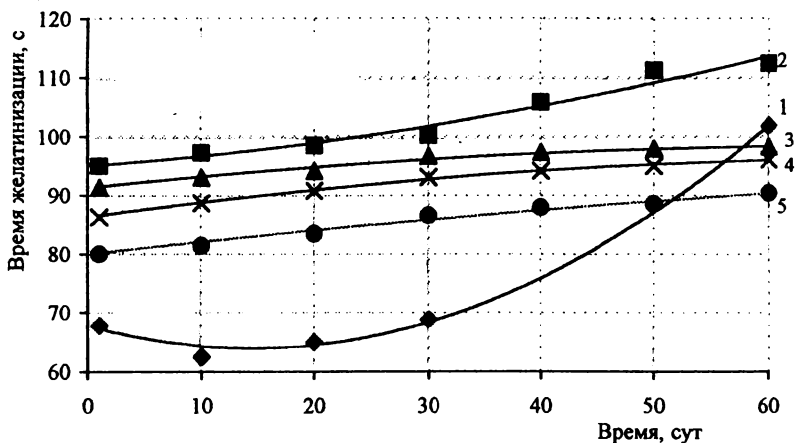


Рис. 4. Изменение времени желатинизации в процессе хранения смол, модифицированных ЭДА: 1 – контрольная смола; 2 – смола КФ-ЭДА-0,02; 3 – смола КФ-ЭДА-0,03; 4 – смола КФ-ЭДА-0,04; 5 – смола КФ-ЭДА-0,05

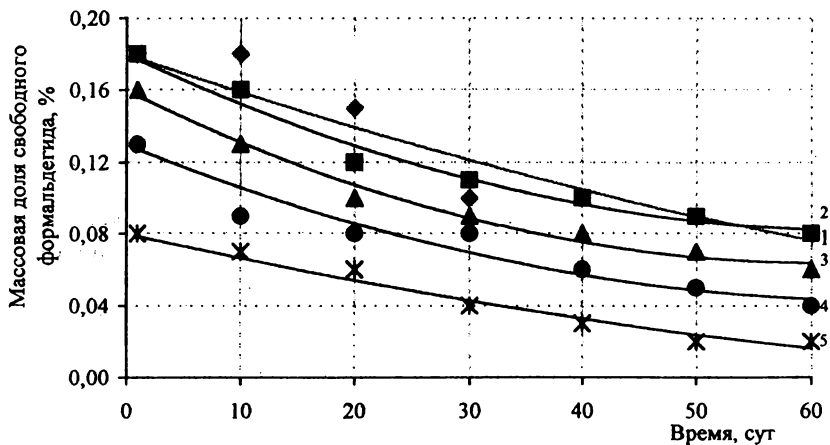


Рис. 5. Изменение массовой доли свободного формальдегида в процессе хранения смол, модифицированных ЭДА: 1 – контрольная смола; 2 – смола КФ-ЭДА-0,02; 3 – смола КФ-ЭДА-0,03; 4 – смола КФ-ЭДА-0,04; 5 – смола КФ-ЭДА-0,05

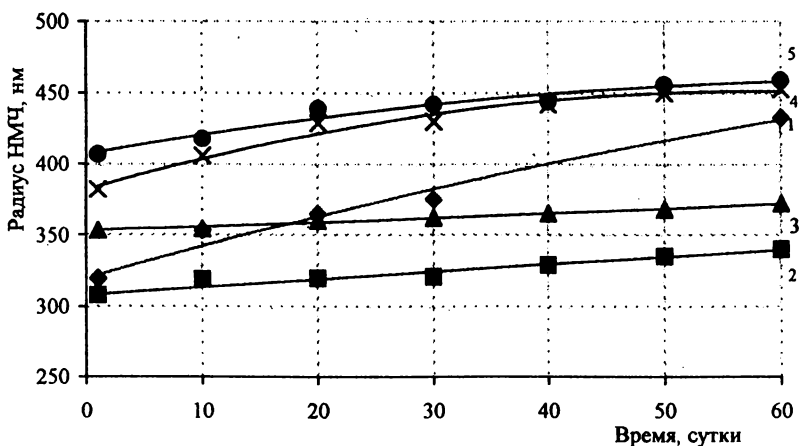


Рис. 6. Изменение радиусов надмолекулярных частиц в процессе хранения смол, модифицированных ЭДА: 1 – контрольная смола; 2 – смола КФ-ЭДА-0,02; 3 – смола КФ-ЭДА-0,03; 4 – смола КФ-ЭДА-0,04; 5– смола КФ-ЭДА-0,05

Таким образом, при хранении КАФО протекают два процесса: дополнительная поликонденсация, приводящая к уменьшению доли свободного формальдегида, и увеличение размеров НМЧ, вызванное как ростом молекулярной массы олигомера, так и межмолекулярным взаимодействием. При этом уменьшения растворимости олигомеров в воде не происходит из-за высокой концентрации гидрофильных аминогрупп, которые в водной среде достаточно гидратированы.

Одним из показателей, оценивающих токсичность как олигомеров, так и древесностружечных плит, изготовленных на их основе, является выделение формальдегида из отвержденной смолы. С увеличением времени хранения олигомеров происходило уменьшение этого показателя. Это связано с изменением структуры КАФО в процессе их хранения. После 20 суток хранения отмечалось уменьшение выделения формальдегида из отвержденной смолы на 10 – 20 % от первоначального значения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что карбамидоформальдегидные олигомеры, модифицированные этилендиамином, при хранении могут изменять свой функциональный состав. При хранении смол происходят реакции конденсации, приводящие к увеличению условной вязкости, времени желатинизации олигомеров и радиусов НМЧ, уменьшению массовой доли свободного формальдегида и выделения формальдегида из отвержденной смолы.

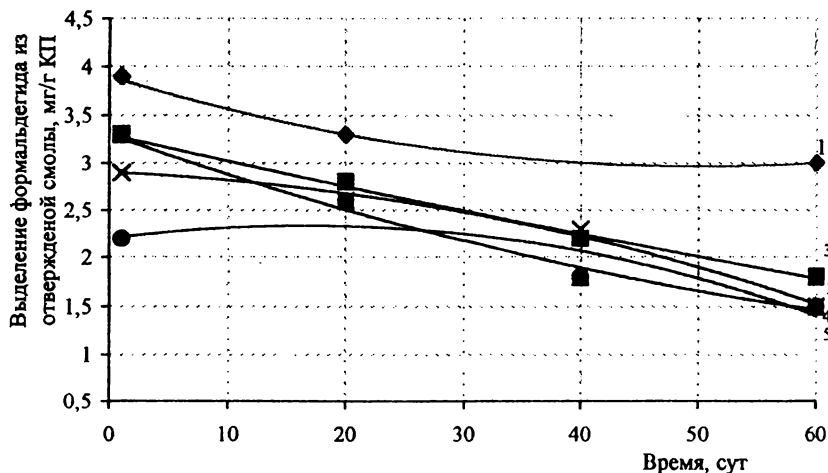


Рис. 7. Изменение выделения формальдегида из отвержденной смолы в процессе хранения смол, модифицированных ЭДА: 1 – контрольная смола, 2 – смола КФ-ЭДА-0,02; 3 – смола КФ-ЭДА-0,03; 4 – смола КФ-ЭДА-0,04; 5 – смола КФ-ЭДА-0,05

Поскольку стандартные показатели свойств КФО не характеризуют их реальную токсичность в составе ДСтП, были изготовлены и испытаны в лабораторных условиях однослойные древесностружечные плиты толщиной 16 мм. Древесностружечные плиты были получены при следующих условиях: расход смолы 12%; отвердитель – 20 %-ный раствор хлорида аммония, расход 1 %; температура прессования 160 °С; давление 2,5 МПа; время выдержки 0,5 мин/мм толщины плиты. Физико-механические свойства древесностружечных плит (ДСтП) определяли по ГОСТ 10632-88 [10], выделение формальдегида из плит по методу WKI при температуре 60 °С в течение 4 часов [11]. Средние результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3

Токсичность и физико-механические свойства древесностружечных плит на основе карбаминоформальдегидных смол

На основе какой смолы изготовлена плита	Влажность, %	Водопоглощение, %	Разбухание по толщине, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Выделение формальдегида по методу WKI, мг/100 г абс. сух. плиты
КФ-МТ-15	6	65	26	16,5	22
КФ-ЭДА-0,02	6	72	23	21,1	10
КФ-ЭДА-0,03	6	71	22	23,0	9
КФ-ЭДА-0,04	6	69	22	24,8	2
КФ-ЭДА-0,05	6	61	21	25,1	2



# Электронный архив УГЛТУ

Рассматривая данные (табл. 3), можно увидеть, что существуют линейные корреляционные зависимости между количеством ЭДА, вводимого при синтезе олигомера, на некоторые свойства древесностружечных плит (разбухание по толщине, предел прочности при изгибе и выделение формальдегида из ДСтП) (рис. 8 – 10).

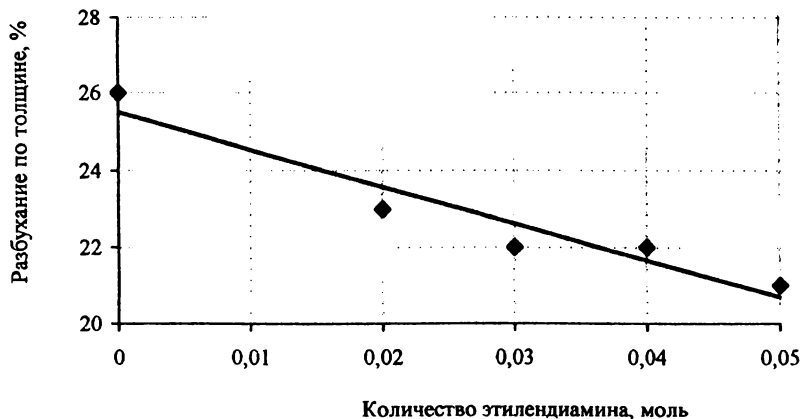


Рис. 8. Корреляционная зависимость между количеством этилендиамина, вводимого при синтезе смолы, и разбуханием плит по толщине на их основе ( $r = -0,96$ )

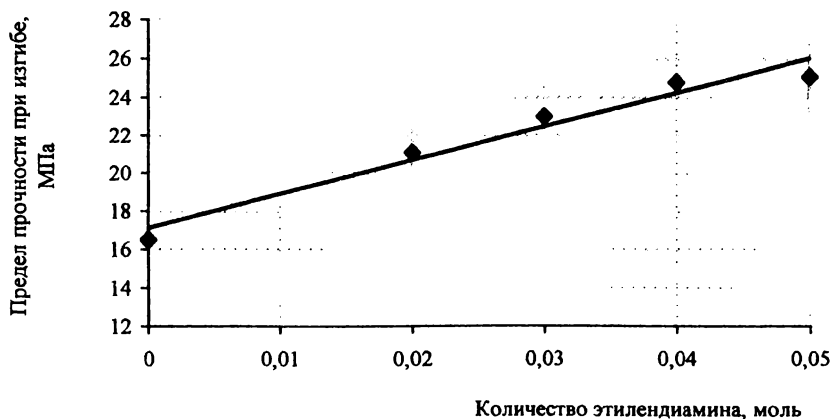


Рис. 9. Корреляционная зависимость между количеством этилендиамина, вводимого при синтезе смолы, и пределом прочности при изгибе плит на их основе ( $r = 0,98$ )

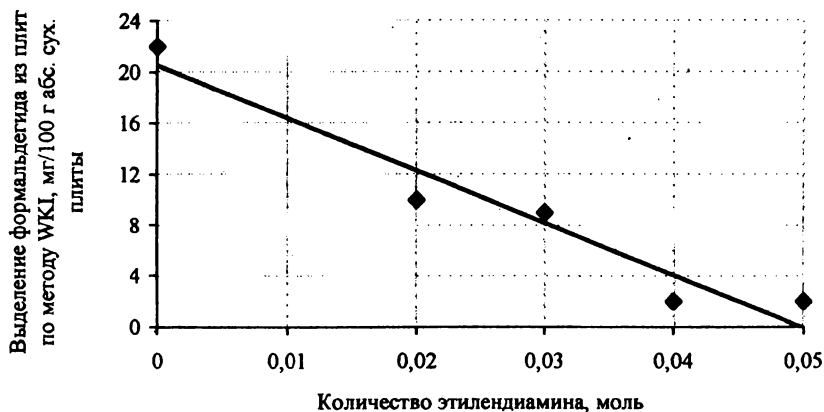


Рис. 10. Корреляционная зависимость между количеством этилендиамина, вводимого при синтезе смолы, и выделением формальдегида из плит на их основе ( $r = -0,97$ )

Из представленных корреляционных зависимостей видно, что при увеличении количества вводимого в процессе синтеза смолы этилендиамина происходит уменьшение разбухания по толщине и выделение формальдегида из ДСтП, при этом увеличивается предел прочности при изгибе. Выше было показано, что ДСтП на основе КФО, модифицированных этилендиамином в количестве 0,04 и 0,05 моль от п.п.к., соответствуют классу эмиссии E1. По сравнению с контролем разбухание по толщине уменьшается на 15 % для КФО, модифицированной ЭДА в количестве 0,04 моль от п.п.к. и на 19 % для КФО, модифицированной ЭДА в количестве 0,05 моль от п.п.к.; выделение формальдегида из плит уменьшается на 91 %; предел прочности при изгибе увеличивается на 50 % и 52 % соответственно.

Изменение свойств древесностружечных плит происходит связи с изменением структуры олигомеров за счет модификации их этилендиамином, появлением новых реакционных групп, способных присоединять в процессе отверждения «свободный» формальдегид.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что изменение количества этилендиамина, вводимого при синтезе смолы на первой стадии, приводит к изменению свойств древесностружечных плит на их основе.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Найдены корреляционные зависимости радиусов НМЧ и времени гелеобразования от количества добавляемого этилендиамина.

- 2 Показано изменение свойств карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных этилендиамином, в процессе их хранения. Установлено, что в процессе хранения олигомеров происходят реакции конденсации,

приводящие к увеличению радиусов НМЧ, условной вязкости и времени желатинизации, уменьшению массовой доли свободного формальдегида и выделения формальдегида из отвержденной смолы.

3. Установлено, что модификация олигомеров приводит к уменьшению выделения формальдегида из плит, т. е. к получению малотоксичных плит.

4. Показано влияние строения этилендиамина на свойства КАФО и на древесностружечные плиты на их основе.

5. Определено, что на основе олигомеров, модифицированных этилендиамином в количестве 0,04 и 0,05 моль от п.п.к. можно получить плиты класса эмиссии Е-1.

6. Найден корреляционные зависимости свойств древесностружечных плит на основе карбамидоформальдегидных смол, модифицированных этилендиамином, от количества модификатора.

### Литература

1. *Торицин А.В., Балакин В.М., Рязкина Ю.С.* Малотоксичные древесностружечные плиты на основе карбамидоаминоформальдегидных смол// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1999. -С. 62-70.

2. *Торицин А.В.* и др. Синтез и исследования свойств модифицированных аминами карбамидоформальдегидных смол// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1997. - С. 64-69.

3. *Балакин В.М., Торицин А.В., Тимошенко Н.Л.* Карбамидоаминоформальдегидные смолы для производства древесностружечных плит// Деревообрабатывающая промышленность, 1998. - № 4. - С. 21–23.

4. *Балакин В.М., Литвинцев Ю.И., Торицин А.В.* Использование модифицированных карбамидоформальдегидных смол для механохимической переработки древесины// Известия вузов. Лесной журнал, 1998. - № 1. - с. 111-115.

5. *Молоткова Н.Н.* Функциональный состав олигомеров и его влияние на химическую структуру отвержденных мочевиноформальдегидных смол: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. - М., 1988. - 24 с.

6. *Коршунова Н.И.* и др. Исследование структуры карбамидоформальдегидных олигомеров и полимеров методом ИК-спектроскопии// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Свердловск, 1991. - С. 46 – 51.

7. *Вишневков С.А.* и др. Изучение структуры и свойств карбамидоформальдегидных олигомеров при старении// Высокомолек. соед. 1995.- Серия А. – Т. 37. - № 1. - С. 56 – 59.

8. *Войт В.Б.* Реологические закономерности структурирования карбамидоформальдегидных олигомеров// Дис. ... канд. хим. наук. - М.: НИИПМ, 1993. - С. 122.

9. *Войт В.Б., Хусаинов Д.Ф.* Свойства ДСтП с точки зрения реокинетики отверждения карбамидоформальдегидной смолы в процессе ее старения// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1997. - С. 6 – 83.

10. ГОСТ 10632-88. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств. Введ. 01.01.89 г. - М.: Изд-во стандартов, 1988.

11. *Roffael E., Melhorn Z. Methode zur Beuteilung den formaldehyde – abgabe von spanplatten// Holz. und Kunststoffe verarbeitung, 1977. - T. 10. - P. 769–777.*

УДК 674.815-41

**В.Г. Бурындин, В.В. Глухих,  
С.В. Томилова**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## ПОЛУЧЕНИЕ КФС ЛИНЕЙНО-РАЗВЕТВЛЕННОЙ СТРУКТУРЫ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

В настоящей работе изучены некоторые закономерности соконденсации карбамида, формальдегида с мономерами линейного строения (диметилкарбамид, метилдипикарбамид), и установлено их влияние на функциональный состав и структуру КФО. Показано, что синтезированные таким способом КФС имеют линейно-разветвленное строение и позволяют изготавливать малотоксичные ДСтП с уровнем эмиссии формальдегида из плит менее 10 мг/100 г плиты.

Технологии химической переработки древесины в древесные композиционные материалы (ДКМ) являются высокорентабельными способами получения необходимой обществу продукции: древесных плит и пластиков, фанеры, масс древесных прессовочных, древесно-клеевых композиций и др. По прогнозам специалистов ООН, до 2010 г. в ряду различных видов ДКМ опережающими темпами будет развиваться производство древесностружечных плит (ДСтП) [1].

Увеличение объема производства и потребления листовых ДКМ требует улучшения качества синтетических связующих, используемых при их изготовлении.

В промышленном производстве ДСтП в различных странах в качестве связующих применяются в основном термореактивные синтетические олигомерные химические соединения: карбамидоформальдегидные, карбамидомеламиноформальдегидные и фенолоформальдегидные смолы. Доля карбамидоформальдегидных смол (КФС) среди всего объема используемых в производстве ДСтП синтетических смол составляет не менее 90 %. В настоящее время и в ближайшее будущее за КФС сохранится приоритет как за основным компонентом связующих для получения ДСтП.

## Электронный архив УГЛТУ

Применение КФС в производстве ДСтП придает плитам некоторые недостатки, из которых главным остается токсичность, обусловленная выделением из ДСтП формальдегида. Этот недостаток плит сдерживает рост объемов их применения, особенно в производстве мебели и в строительстве.

Установлено, что на токсичность готовых ДКМ влияет ряд факторов [2-4]: природа связующего, отвердителя и других добавок, режимы горячего прессования, влажность и породный состав древесной стружки и др.

Общепризнанным считается, что уровень выделения формальдегида из ДСтП зависит главным образом от физико-химического строения используемых КФС, которое определяется коллоидным строением КФС, физическим строением макромолекул карбамидоформальдегидных олигомеров (КФО) и их надмолекулярных образований в смоле, а также химическим строением макромолекул КФО.

Смолы, которые обеспечивают получение в традиционных условиях ДСтП определенного класса эмиссии формальдегида, принято называть смолами соответствующего класса (Е3, Е2, Е1). Смолой класса Е0 называют КФС, которая обеспечивает получение экологически безопасных ДСтП по традиционной технологии изготовления плит (без увеличения расхода смолы, применения акцепторов формальдегида, существенного изменения режимов горячего прессования и других технологических факторов).

В настоящей работе рассмотрена научная гипотеза, которая заключается в возможности получения экологически безопасных ДКМ с КФС за счет создания оптимального функционального состава смол. При оптимальном функциональном составе КФС в смоле должно находиться определенное количество метилольных групп (МГ), которые должны участвовать в процессах отверждения КФО и адгезионном взаимодействии с древесиной, обеспечивая механическую прочность ДКМ. Повышенное содержание в смоле амидных групп с подвижными атомами водорода должно увеличивать вероятность образования метиленовых групп при отверждении и участвовать в реакциях со свободным формальдегидом. Увеличение доли метиленовых групп в смоле способствует повышению адгезионного взаимодействия с древесиной.

Исходя из общих закономерностей процесса поликонденсации формирование химического строения и функционального состава готовых КФС, их молекулярная масса должна определяться содержанием и соотношением моно-мерных продуктов, образующихся на первой стадии синтеза КФО. Это согласуется с предположением R.M. Rampon [5], что на щелочной стадии конденсации карбамида и формальдегида имеется больше возможностей в изменении структуры КФО, чем на кислой стадии, но не подтверждено экспериментально.

Целью настоящей работы является установление некоторых закономерностей взаимосвязи функционального состава линейно-разветвленных

КФС, полученных путем соконденсации карбамида, формальдегида и линейными производными карбамида (метилендикарбамид, диметилкарбамид), с их свойствами на примере изготовления ДСтП.

КФС получали приготовлением конденсационного раствора, содержащего карбамид, формалин и сомономер, с последующей поликонденсацией с переменной рН. Начальное мольное соотношение формальдегид:карбамид равно 1,95-1,97. В качестве регулятора рН использовали едкий натр и бензолсульфокислоту. Глубину степени конденсации регулировали по величине «водного числа», которое представляет собой объемное отношение вода:смола ( $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), при котором происходит помутнение раствора. Общее мольное соотношение формальдегид:карбамид равно 1,1. При синтезе КФС с использованием производных карбамида линейного строения на стадии щелочной конденсации в качестве регулятора степени поликонденсации и молекулярной массы вводился этиленгликоль в количестве 0,004 моль/моль карбамида.

Синтез метилендикарбамида ( $\text{NH}_2\text{-CO-NH-CH}_2\text{-NH-CO-NH}_2$ ) осуществлен по методике [6]. Структура соединения подтверждена спектрами ЯМР<sup>1</sup>H и ИК-спектроскопии [7, 8].

Получаемый продукт (МДК) представляет собой бесцветный кристаллический порошок, растворимый в воде. Физические свойства метилендикарбамида следующие: температура плавления 174-222 °С, плохо растворяется в холодной воде (1 : 10), легко при нагревании до 30–40 °С.

Синтез диметилкарбамида ( $\text{HO-CH}_2\text{-NH-CO-NH-CH}_2\text{OH}$ ) проведен по методике [6]. Структура соединения подтверждена спектрами ЯМР<sup>1</sup>H и ИК-спектроскопии [7, 8].

Получаемый продукт (ДМК) представляет собой бесцветные призматические кристаллы. Физические свойства ДМК следующие: температура плавления 115-120 °С, легко растворяется в холодной воде, в теплом метиловом и этиловом спирте.

### **Изучение свойств КФС, полученных соконденсацией карбамида и формальдегида с метилендикарбамидом**

Для выявления возможности использования метилендикарбамида в качестве сомономера карбамида и формальдегида и изучения влияния его количества на свойства смол и ДСтП были синтезированы КФС с добавлением МДК в количестве до 5 мас. ч./100 мас. ч. карбамида.

Смолы, полученные соконденсацией карбамида, формальдегида и метилендикарбамида, условно обозначены КФС-МДК. Результаты исследования структуры и физико-химических свойств КФС-МДК представлены на рис. 1, 2 и в табл. 1, 2.

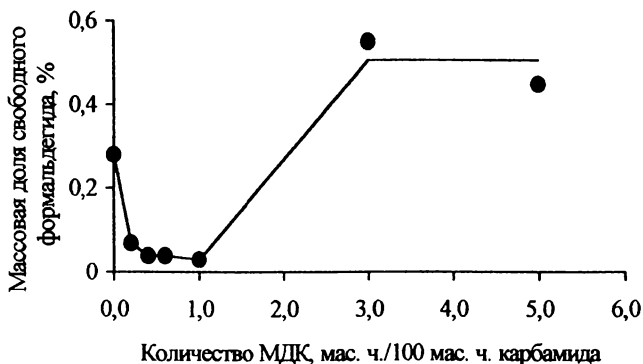


Рис. 1. Зависимость изменения массовой доли свободного формальдегида в КФС от количества метилنديкарбамида

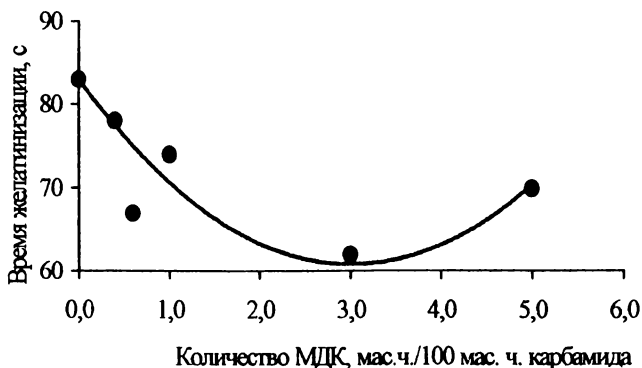


Рис. 2. Зависимость изменения времени желатинизации КФС при 100 °С от количества метилنديкарбамида ( $R = 0,77$ )

Результаты ЯМР  $^1\text{H}$  и ИК-спектроскопии смол КФС-МДК свидетельствуют о содержании в их составе следующих реакционноспособных групп и группировок: карбонильных, метоксильных, метилольных, метилольных производных карбамида, первичных и вторичных амидных, амидометиленовых и метилэндфирных.

Анализ спектров показал отсутствие в структуре КФС-МДК циклических группировок, что позволяет судить об их линейно-разветвленном строении. Результаты свидетельствуют, что содержание метилольных групп в КФС в зависимости от количества вводимого МДК носит колебательный характер; зависимость содержания монометилолкарбамида и третичного

азота имеет экстремум при количестве добавки, равном 3 мас. ч./100 мас. ч. карбамида.

По данным ЯМР<sup>1</sup>H (табл. 1), в КФС-МДК с увеличением количества метилендикарбамида от 1 до 5 мас. ч./100 мас. ч. карбамида наблюдается значительное увеличение содержания первичных и вторичных амидных групп и амидометиленовых группировок. Также возрастает мольный избыток первичных и вторичных амидных групп по отношению к метилольным.

Эти результаты свидетельствуют об обогащении структуры КФС метиленовыми группировками при увеличении количества вводимого МДК.

Таблица 1

Содержание функциональных группировок в КФС-МДК по данным ЯМР<sup>1</sup>H

Условное обозначение образца олигомера	Содержание функциональных группировок и соединений в олигомерах, моль/кг сух. ост. см.						Содержание циклов, %	
	-CH <sub>2</sub> OH	-OCH <sub>3</sub>	=NH	-NH <sub>2</sub>	=N-CH <sub>2</sub> -	ПА+ВА МГ		
КФС-МДК-1	4,14	0,53	7,61	7,77	7,61	15,38	3,71	0
КФС-МДК-5	6,78	0,84	12,76	16,27	13,22	29,03	4,28	0

При соконденсации карбамида и формальдегида с метилендикарбамидом происходит снижение содержания массовой доли свободного формальдегида в случае введения МДК в количестве до 1 мас. ч./100 мас. ч. карбамида, при большем количестве добавки значение этого показателя увеличивается. Отмечается снижение времени желатинизации КФС при 100 °С, особенно при количестве МДК, равном 3 мас. ч./100 мас. ч. карбамида. Смешиваемость смол с водой при введении сомономера снижается по сравнению с контрольным образцом (табл. 2).

Таблица 2

Предельная смешиваемость воды с КФС-МДК, при которой наблюдается коагуляция, по объему

Без МДК	Количество МДК при синтезе КФС, мас. ч./100 мас. ч. карбамида					
	0,2	0,4	0,6	1,0	3,0	5,0
4	2	2	3	2	3	2

Как свидетельствуют полученные результаты, соконденсацией карбамида и формальдегида с метилендикарбамидом можно получать КФС, удовлетворяющие по своим свойствам технологическим требованиям для использования их в производстве ДСтП.

Для изучения свойств ДСтП синтезированные КФС-МДК были использованы в качестве связующих.

Анализ свойств плит (рис. 3, 4), проведенный после статистической обработки результатов эксперимента и сравнения нескольких средних, пока-



зал снижение токсичности плит с введением сомономера, при этом наиболее рациональным количеством МДК считаем 1 мас. ч./100 мас. ч. карбамида.

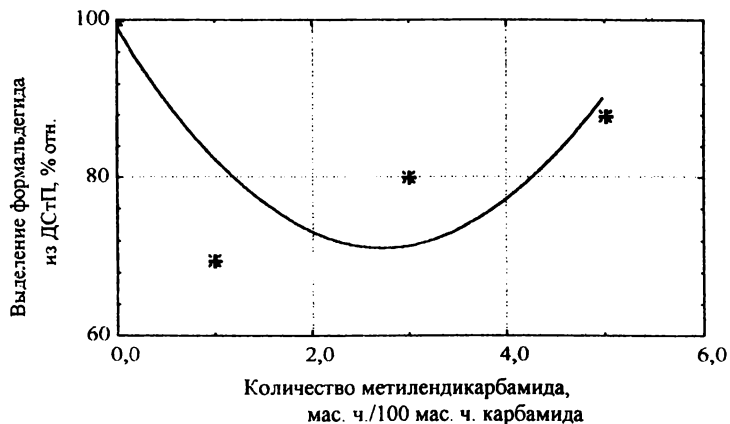


Рис. 3. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от количества метилنديкарбамида в составе КФС ( $R=0,61$ )

Добавление больших количеств МДК (3-5 мас. ч./100 мас. ч. карбамида) при синтезе, как показали результаты, приводит в равной степени к меньшему снижению токсичности ДСтП по сравнению с контрольным образцом.

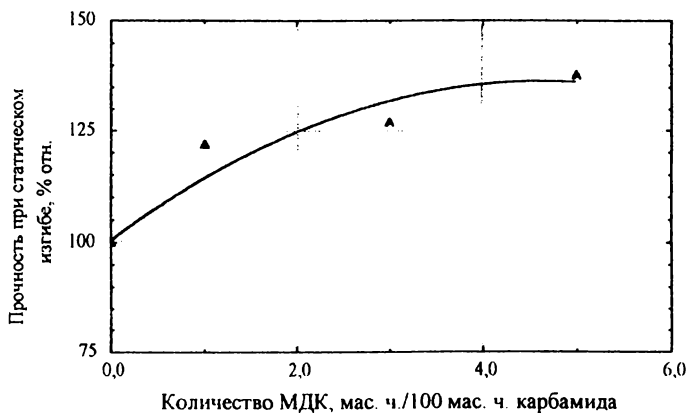


Рис. 4. Зависимость предела прочности ДСтП при статическом изгибе от количества метилنديкарбамида в составе КФС ( $R=0,91$ )

Введение в состав олигомера метиленовых группировок более 3 мас. ч./100 мас. ч. карбамида способствует повышению прочности ДСтП. Водопоглощение и разбухание плит по толщине за 24 часа остаются на уровне контрольного образца.

Результаты показывают, что установленное рациональное количество метилендикарбамида при синтезе КФС позволяет снизить выделение формальдегида из ДСтП на 35% с сохранением прочностных показателей контрольного образца.

Однако соконденсацией карбамида, формальдегида с метилендикарбамидом удалось получить КФС только класса токсичности Е1.

### Изучение возможности получения КФС соконденсацией карбамида и формальдегида с диметилкарбамидом

Для выявления возможности использования диметилкарбамида в качестве сомономера карбамида и формальдегида и изучения влияния его количества на свойства смол и ДСтП были синтезированы КФС с добавлением ДМК в количестве до 5 мас. ч./100 мас. ч. карбамида. Введение больших количеств ДМК, в частности 7 мас. ч./100 мас. ч. карбамида, приводит к выпадению осадка на стадии синтеза и в дальнейшем не рассматривалось.

Смолы, полученные соконденсацией карбамида, формальдегида и диметилкарбамида, условно обозначены КФС-ДМК. Результаты исследования структуры и физико-химических свойств КФС-ДМК представлены на рис.5, 6 и в табл. 3.

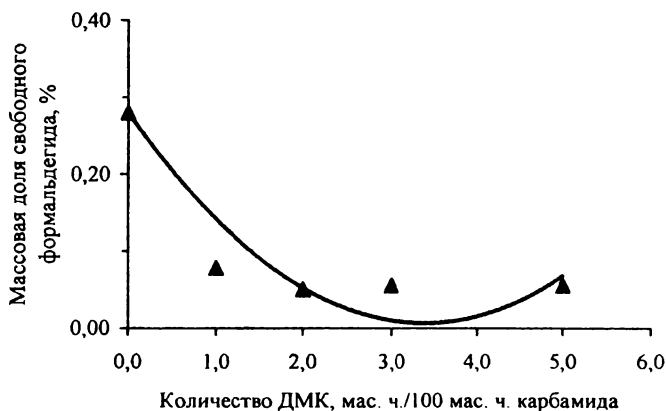


Рис. 5. Зависимость изменения массовой доли свободного формальдегида в КФС от количества ДМК ( $R = 0,85$ ).

По данным ИК-спектроскопии, образцы КФС-ДМК содержат в своем составе те же реакционноспособные группировки, что и КФС-МДК. Увели-

# Электронный архив УГЛТУ

чение количества вводимого ДМК при синтезе смолы не изменяет функциональный состав КФС по содержанию метилольных групп, третичного азота и монометилолкарбамида. В составе КФС-ДМК отсутствуют циклические группировки, что позволяет судить о линейно-разветвленном строении полученных смол.

Таблица 3

Предельная смешиваемость воды с КФС-ДМК, при которой наблюдается коагуляция, по объему

Без ДМК	Количество ДМК при синтезе КФС, мас.ч./100 мас.ч. карбамида			
	1,0	2,0	3,0	5,0
4	3	2	3	3

Добавление диметилолкарбамида при синтезе КФС позволяет снизить массовую долю свободного формальдегида в смолах пропорционально увеличению количества сомономера (см. рис. 5). Наблюдается тенденция к снижению времени желатинизации при 100 °С, аналогичная соконденсации карбамида и формальдегида с МДК на этой стадии (рис. 6). КФС-ДМК, подобно КФС-МДК, имеют более низкую смешиваемость по сравнению с контрольным образцом (табл. 3).

Результаты исследования свидетельствуют о возможности получения соконденсацией карбамида, формальдегида и диметилолкарбамида карбамидных смол, удовлетворяющих по своим свойствам технологическим требованиям для изготовления ДСтП.

Для изучения возможности изготовления ДСтП класса Е0 синтезированные КФС-ДМК были использованы в качестве связующих.

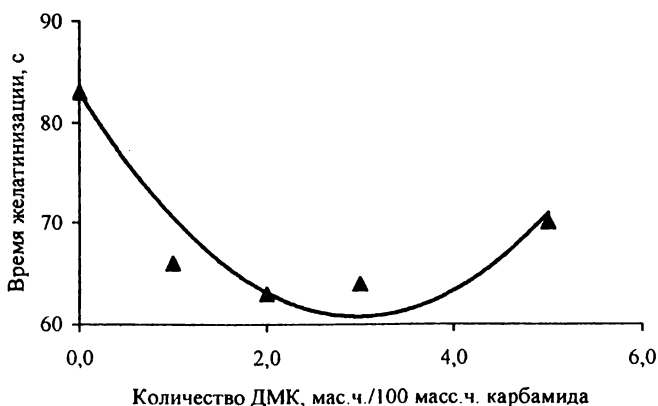


Рис. 6. Зависимость изменения времени желатинизации смолы при 100 °С от количества ДМК ( $R = 0,87$ )

Анализ свойств плит (рис. 7, 8), проведенный после статистической обработки результатов эксперимента и сравнения нескольких средних, показал, что введение ДМК в количестве от 1 до 5 мас. ч./100 мас. ч. карбамида позволяет достигнуть большего снижения токсичности ДСтП по сравнению с модификацией МДК (рис. 7).

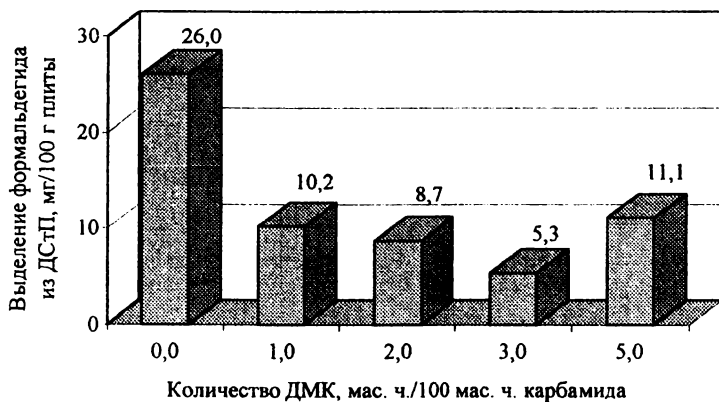


Рис. 7. Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от количества диметилкарбамида в составе КФС

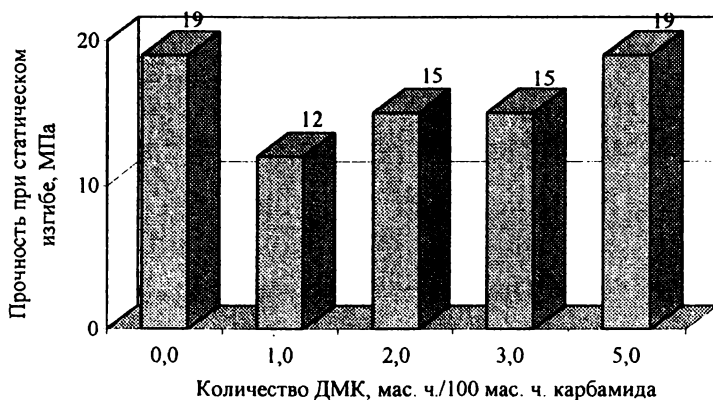


Рис. 8. Зависимость прочности ДСтП при статическом изгибе от количества диметилкарбамида в составе КФС

Однако прочность таких плит (рис. 8) при малых количествах ДМК ниже, а при количестве 5 мас. ч./ 100 мас. ч. карбамида – на уровне контрольной плиты. Считаем, что снижение прочности связано с типом вводимого сомономера, не имеющего в своем составе более прочных метиленовых связей. Водопоглощение и разбухание плит по толщине за 24 часа не изменяется по сравнению с контрольным образцом.

В ходе исследований установлено, что соконденсацией карбамида и формальдегида с диметилкарбамидом удается получать смолы класса токсичности Е1.

Изучение возможности получения КФС класса Е0 соконденсацией карбамида и формальдегида с линейными производными карбамида показало неэффективность использования метилендикарбамида или диметилкарбамида в качестве сомономеров.

### Литература

1. *Бекетов В.Д.* Тенденции и прогнозы развития производства листовых древесных материалов// Плиты и фанера. Обзорн. информ. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. - Вып. 7. - 64 с.
2. *Эльберт А.А.* Химическая технология древесностружечных плит. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 224 с.
3. *Щедро Д.А.* Химические процессы при прессовании ДСтП и влияние их на выделение формальдегида// Плиты и фанера. Обзорн. информ. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988. - Вып. 2. - 48 с.
4. *Роффээль Э.* Выделение формальдегида из древесностружечных плит. - М.: Экология, 1991. - 224 с.
5. The chemical structure of UF resins / *R.M. Rammon, W.E. Jonhs, J. Magnuson, A.K. Dunker* // *J. Adhes.*, 1986. - V. 19. - P. 115-135.
6. *Duclairoir C., Brial J. C.* Analyse par Résonance Magnétique Nucléaire des Polycondensats Urée-Formol// *J. Appl. Polymer. Sci.*, 1976. - V.20, - P.1371-88.
7. *Myers G.E.* Investigation of Urea-Formaldehyde polymer cure by infrared // *J. Appl. Polym. Sci.* 1981. - V.26. - №3. - P.747-764.
8. Изучение строения мочевиноформальдегидных смол методом ЯМР<sup>1</sup>H / *И.Я.Слюним, С.Г.Алексеева, Я.Г.Урман* и др.// *Высокомолек. соед. Сер. А*, 1978. - Т. 20. - № 6. - С.1418-1426.

**С.Н. Пазникова, В.М. Балакин,  
В.В. Шагинурова**  
(Уральский государственный лесотех-  
нический университет)

## **ВЛИЯНИЕ АЗОТФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ГОРЮЧЕСТЬ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Изучены огнезащитные свойства составов серии Аммофон, содержащих полиаминометиленфосфонаты аммония и неорганические соли. Установлен класс их огнезащищающей способности и оптимальный расход.**

На сегодняшний день древесина и древесные материалы на ее основе (фанера, ДСтП, ДВП и др.) остаются одними из наиболее применяемых в строительстве материалов. Это объясняется тем, что эти материалы не только легко поддаются механической обработке, но и обладают рядом свойств, таких как относительно высокая прочность, малая теплопроводность и др. [1].

Однако наряду с достоинствами, выгодно отличающими древесные материалы от других строительных материалов, они обладают и недостатками, главными из которых являются легкая воспламеняемость и горючесть. В связи с этим важное значение приобретает проблема огнезащиты древесных материалов различными способами [2].

Основным способом снижения пожарной опасности деревянных изделий является применение покрытий и пропиточных огнезащитных составов органической или неорганической природы. В связи с ужесточением требований к пожарной безопасности натуральных и синтетических материалов различного назначения эффективная огнезащита изделий из древесины становится все более актуальной проблемой. Разработке эффективных средств огнезащиты уделяется большое внимание, поскольку немногие существующие средства огнезащиты способны снижать пожарную опасность древесины в условиях реального пожара [3].

Несмотря на то, что в последние годы предложен ряд доступных огнезащитных составов для древесины и древесных плит, исследования в этом направлении развиваются, так как во многих случаях известные антипирены оказывают отрицательное влияние на физико-механические показатели плит, тем более что обычно эти составы эффективны при большом расходе (до 40-50 %). Одной из причин того, что исследования по созданию огнестойких древесных плит до сих пор не вышли из стадии опытного производства, является также отсутствие технологии производства специальных антипиренов для древесных плит.

С помощью антипиренов можно замедлить или подавить отдельные стадии горения древесного материала. Эффективные антипирены изменяют механизм пиролиза, уменьшая выход горючих продуктов, или ингибируют пламенное горение, в результате чего количество тепла при экзотермическом процессе окисления в газовой фазе уменьшается. Обугливание поверхности препятствует расходу этого тепла при плавлении или разложении антипиренов. Наибольшее количество антипиренов, предложенных и используемых, включают в свой состав азотфосфорсодержащие соединения (аминоалкиленфосфоновые кислоты, N- ациламиноалкилфосфонаты, амифол, нитрилотриметиленфосфоновая кислота, диаммоний фосфат и др.) [4-8]. При небольших добавках в целлюлозные материалы они более действенно ингибируют горение древесины. Азотсодержащие соединения, используемые как антипирены, при горении образуют инертные газы, разбавляющие горючие летучие продукты. Остатки фосфорсодержащих кислот содействуют развитию процессов дегидратации при пиролизе, выделяющаяся при этом вода также снижает концентрацию горючих летучих продуктов, а затраты тепла на реакцию и испарение снижают температуру окружающей среды [9].

С целью исследования влияния азотфосфорсодержащих огнезащитных составов на горючесть древесных материалов в лабораторных условиях были получены аммонийные соли аминоалкилфосфоновых (Аммафон 1 - Аммафон 5) по методике [10] и алкилфосфоновых кислот (Аммафон 6). Для получения аминоалкилфосфоновых кислот нами были использованы алифатические амины: аммиак (I), полиэтиленполиамин (II), моноэтаноламин (III), кубовый остаток моноэтаноламина (IV), диметиламин (V). Аммафон 6 был получен путем нейтрализации аммиаком раствора оксиэтилендифосфоновой кислоты (ОЭДФК), выпускаемой промышленностью (ТУ 2439-363-05763441-2002).

Характеристика свойств полученных азотфосфорсодержащих огнезащитных составов, содержащих аминоалкилфосфонаты аммония и алкилфосфонаты аммония представлена в табл. 1.

Первичную оценку огнезащитающей способности составов проводили экспресс-методом по ГОСТ 30028.3-98 на образцах древесины, изготовленных из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны с плотностью 0,45-0,55 г/см<sup>3</sup>. Древесина должна соответствовать требованиям ГОСТ 2140-81.

Было изучено влияние количества поглощенного состава при максимальной массовой доле сухих веществ рабочих растворов составов на горючесть древесины и установлено, что у древесины, пропитанной огнезащитными составами, не наблюдается самостоятельного горения пламенем и тления. Сделан также вывод, что в интервале 110-255 кг/м<sup>3</sup> поглощение огнезащитного состава не оказывает существенного влияния на потерю массы образцов при сжигании, составляющую от 10 до 14% (табл. 2).

Характеристика свойств огнезащитных составов

Условное название	Исходный амин	Плотность, г /см <sup>3</sup>	pH	Массовая доля сухих веществ, %
Аммафон 1	I, II	1,185	7,2	46,8
Аммафон 2	II	1,140	7,3	42,4
Аммафон 2*	II	1,145	7,1	41,7
Аммафон 2**	II	1,140	7,2	42,5
Аммафон 3	III	1,120	7,0	26,8
Аммафон 4	IV	1,120	7,2	26,4
Аммафон 5	V	1,090	7,3	24,5
Аммафон 6 ***	-	1,200	5,5	40,2

\* фракция 1 и 2 полиэтиленполиамин с низкой молекулярной массой;

\*\* фракция полиэтиленполиамин с высокой молекулярной массой;

\*\*\* на основе ОЭДФК.

Таблица 2

Влияние поглощения огнезащитного состава на потерю массы при горении древесины

Условное название огнезащитного состава	Массовая доля сухих веществ, %	Поглощение огнезащитного состава, кг/м <sup>3</sup>	Потеря массы, %
Аммафон 1	19,3	109,26	11,88
Аммафон 2	42,4	254,69	11,08
Аммафон 2*	41,7	288,16	11,96
Аммафон 2**	42,5	285,04	10,50
Аммафон 3	26,8	178,02	12,21
Аммафон 4	26,4	177,30	10,32
Аммафон 5	24,5	161,10	14,61
Аммафон 6	40,2	301,68	5,96
Пиралакс	29,5	211,19	7,25

Кроме промышленного образца ОЭДФК также для сравнения свойств и эффективности синтезированных в лаборатории соединений в данной работе применяли промышленный образец огнезащитного состава «Пиралакс».

Определение оптимального расхода огнезащитного состава проводили с Аммафон 2, Аммафон 3 и Аммафон 4, а для сравнения использовали образцы огнезащитных составов, выпускаемые промышленностью, типа Аммафон 1, Аммафон 6 (на основе промышленной ОЭДФК) и «Пиралакс», варьируя массовую долю сухих веществ от 42,5% до 2% (табл. 3).

При увеличении массовой доли сухих веществ огнезащитного состава его поглощение образцами древесины увеличивается, а потеря массы уменьшается (рис 1).



**Влияние массовой доли сухих веществ огнезащитных составов на их поглощение и потерю массы при горении древесины**

Условное название огнезащитных составов	Массовая доля сухих веществ, %	Поглощение огнезащитных составов, кг/м <sup>3</sup>	Потеря массы, %
Аммафон 1	19,3	109,3	12
	9,2	50,9	15
	7,0	37,8	18
	4,5	22,9	17
	1,1	5,8	22
Аммафон 2	42,4	254,7	11
	16,4	148,4	18
	8,3	50,3	20
	4,0	23,9	37
	1,7	68,3	13
Аммафон 3	26,8	178,0	12
	17,9	116,3	16
	6,2	41,3	15
	4,0	24,9	19
	2,7	14,8	18
Аммафон 4	26,4	177,3	10
	18,4	136,0	12
	7,9	52,0	15
	5,6	35,4	18
	2,0	12,4	35
Аммафон 6	40,2	301,7	6
	17,2	110,0	12
	6,9	40,0	15
	4,4	24,5	20
	2,0	10,9	33
Пиралакс	29,5	211,2	7
	17,1	103,6	10
	7,0	43,7	16
	4,2	25,7	18
	2,0	11,0	23

С уменьшением массовой доли сухих веществ до 2-4% наблюдается самостоятельное горение образцов пламенем и тление.

С увеличением поглощения огнезащитного состава потеря массы образца уменьшается, однако при этом класс огнезащитающей способности состава также снижается. Согласно ГОСТ 30028.3-98 огнезащитные составы Аммафон 3 с массовой долей сухих веществ 2,7% и 4% относятся к I классу огнезащитающей способности, Аммафон 4 с массовой долей сухих веществ 5,6% - ко II классу, с ростом данного показателя - к III классу. Аммафон 2 с массовой долей сухих веществ 8,2 % и более к III классу огнезащитающей способности.

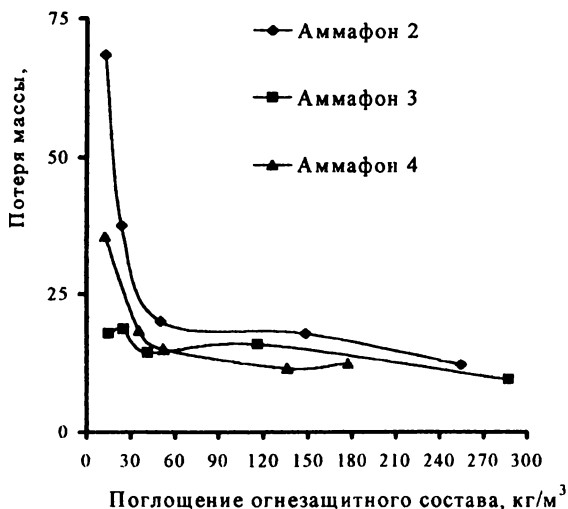


Рис. 1. Зависимость потери массы образца от поглощения огнезащитного состава, синтезированного в лабораторных условиях

Для определения оптимальной массовой доли сухих веществ промышленных огнезащитных составов также была определена потеря массы образцов в зависимости от их поглощения (рис.2).

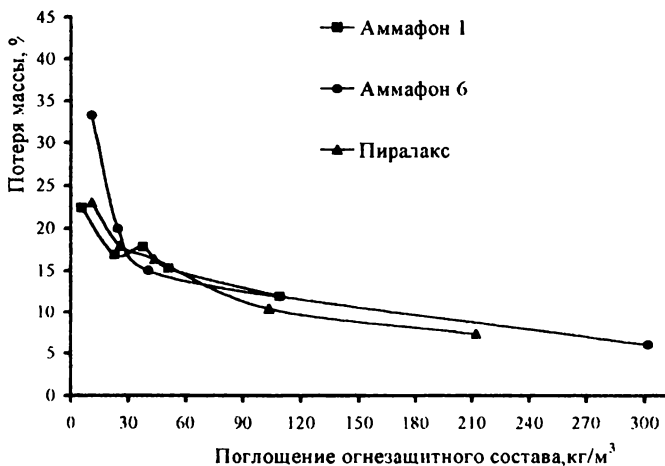


Рис. 2. Зависимость потери массы образца от поглощения огнезащитных составов, выпускаемых промышленностью

1. Способы и средства огнезащиты древесины: Руководство. Переработанное и доп. - М.: ВНИИПО, 1994. - 53 с.
2. *Комар А. Г.* Строительные материалы и изделия. - М.: Высш. шк., 1983. - 487 с.
3. *Тычино Н.А., Яцукович А. Г.* Огнезащитная пропиточная композиция для древесины, образующая пористый теплоизолирующий слой на ее поверхности. Пожаровзрывобезопасность, 1999. - №1. - С. 35-39.
4. *Леонович А.А.* Химический подход к проблеме снижения пожароопасности древесных материалов. Пожаровзрывобезопасность, 1996. - №3. -С.10-14.
5. *Леонович А.А., Васильев В.В.* Обеспечение огнезащищенности древесностружечных плит с помощью амидофосфата КМ. Деревообрабатывающая пром-сть, 1997. - № 5. - С. 6-7.
6. *Балакин В.М.* и др. Исследование влияния огнезащитных составов из отходов химических производств на свойства древесноволокнистых плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Свердловск, 1987. - С. 88-94.
7. *Балакин В.М.* и др. Исследование влияния нитрилотриметиленфосфоновой кислоты на свойства древесных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Свердловск, 1990. - С. 42-48.
8. *Балакин В.М., Литвинец Ю.И., Таланкин В.С.* Исследование влияния полиаминометиленфосфоната на свойства древесностружечных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Свердловск, 1984. -С. 70-74.
9. Пат. 2130828 Россия МПК<sup>6</sup> В 27 D 1/04. Способ изготовления огнезащищенной фанеры/ *Балакин М.И., Бирюков В.Г., Мишков С.Н., Соболев А.В.* Моск. гос. ун-т леса. № 98105547/13; Заявл. 20.03.1998; Оpubл. 27.05.1999, Бюл. № 15.(РЖХ 00.10-69.56П, 2000).
10. *Балакин В.М., Литвинец Ю.И., Таланкин В.С.* Исследование оптимальных условий получения азотфосфорсодержащего полиэлектролита ПАФ-1/ ЖПХ, 1979. - Т. 2. - №2. - С. 292-294.
11. ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. Введен 01.07.99. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - С. 7.

**И.В. Яцун, Ю.И. Ветошкин**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КЛЕЕВОГО СЛОЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В НЕМ СВЯЗУЮЩЕГО ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ**

Для визуального представления и количественной оценки распределения связующего в зоне клеевого слоя в качестве адгезива в клееной конструкции предложено применять фольгу из легкоплавкого сплава ВУДа. Слой связующего из сплава ВУДа толщиной 0,3 мм в клееном материале распределяется следующим образом: толщина сплошного клеевого слоя составляет от 0,176 до 0,181 мм, глубина проникновения связующего в толщину шпона составляет от 0,306 до 0,323 мм.

Предложенный метод дает визуальное представление о распределении связующего при формировании клеевых соединений на основе древесины, а также позволяет количественно определить толщины структурных элементов клеевого слоя.

Разносторонние исследования распределения связующего в зоне клеевого слоя и его структуры дают представления о взаимодействии адгезива с древесиной, которые позволяют судить о качестве склеивания.

Адгезия клеевого слоя к поверхности древесины обеспечивается разными факторами [1]:

- межмолекулярными силами, т.е. силами взаимодействия между молекулами связующего и поверхности;
- механическим заклиниванием связующего в порах и микронеровностях поверхности субстрата («якорное зацепление»);
- взаимным проникновением (диффузией) молекул связующего.

Клеевое соединение условно можно представить в виде слоистого композита (рис. 1), причем толщина связующего и зоны древесины, пропитанной адгезивом меньше толщины склеиваемого шпона.

Глубина проникновения связующего в древесину различна и зависит от многих факторов, таких как плотность древесины, строение (ранняя или поздняя), количества и величины капилляров и пор, влажности древесины, условий склеивания (температура, давление и т.д.) [2,3,4,5].

Толщина клеевого слоя не является постоянной величиной, явно выраженной по всей поверхности склеивания, и определяется, прежде всего, природой связующего, его расходом, поверхностными свойствами древесины [5].

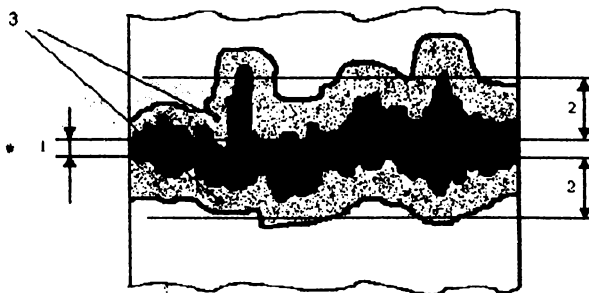


Рис.1. Схема распределения связующего в зоне контакта склеивания: 1- толщина сплошного клеевого слоя; 2- зона древесины, питаемая связующим; 3- древесина

До настоящего времени для исследования распределения связующего в зоне клеевого слоя при склеивании шпона применялся весовой метод [6]. Из образцов клееного материала (фанеры) выполнялись микросрезы, приблизительно одной толщины, в продольном направлении материала вдоль волокон шпона лицевой стороны фанеры, которые впоследствии взвешивались на аналитических весах. Этот метод является очень трудоемким, а также не дает наглядности представления распределения слоя связующего по толщине клеевого материала.

Для визуального представления и количественной оценки распределения связующего в зоне клеевого слоя в качестве адгезива в клееной конструкции была выбрана фольга из легкоплавкого сплава ВУДа (толщиной  $0,3 \pm 0,02$  мм). Использование этого материала объясняется хорошими жидкотекучими свойствами при низкой температуре плавления ( $68^{\circ}\text{C}$ ), способностью быстро затвердевать (кристаллизоваться) при понижении температуры, а также стойкостью к действию рентгеновских лучей. В качестве склеиваемого материала использовались листы березового лущеного шпона, толщиной  $1,5 \pm 0,1$  мм.

Из полученных образцов клееного материала выполнялись микросрезы на микротоме в поперечном направлении, толщиной  $0,2 \pm 0,01$  мм. Полученные образцы подвергались электронному сканированию (рис.2, а), а затем укладывались по ходу рентгеновских лучей и отображались на пленке. В качестве источника рентгеновских лучей использовался аппарат РУМ-2М с режимом облучения: напряжение трубки 40 КэВ, сила тока 60 мА, время выдержки 3 с, расстояние 1 м. Пленки подвергались электронному сканированию (для увеличения изображения).

Полученные снимки (рис.2, б) свидетельствуют о том, что в структуре клеевого слоя четко выделяются две зоны. Первая, более тонкая – зона сплошного клеевого слоя, которая представлена в виде светлых линий,

имеющих плотное и однородное строение. Вторая – зона проникновения связующего в толщину шпона, представленная менее светлыми пятнами.

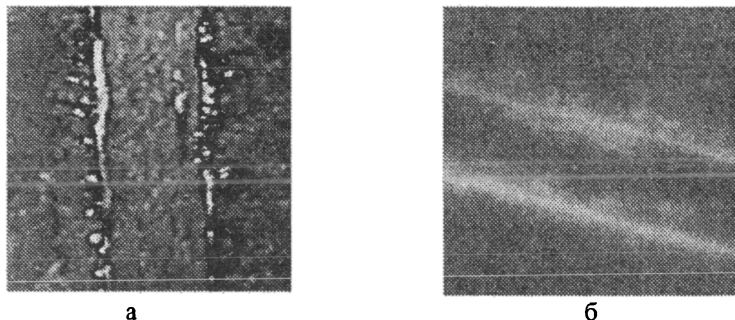


Рис. 2. Распределение связующего в зоне клеевого слоя при формировании клеевых соединений (увеличение в 15 раз): а – снимок, полученный электронным сканированием; б – снимок, полученный методом рентгенографии

По полученным фотографиям определялась глубина проникновения связующего в толщину шпона и толщина сплошного клеевого слоя клеевого материала. Полученные результаты подвергались математической обработке (табл. 1).

Таблица 1

Основные характеристики математической обработки результатов эксперимента по определению распределения связующего по толщине шпона в пакете клеевого материала методом рентгенографии

$h$ , мм	Исследуемая величина	$n$ , шт.	$\bar{h}$ , мм	$S$ , мм	$S_h$ , мм	$\nu$ , %	$\xi$ , %	$M_y \pm$ , мм	$t_{9,0.95}$
3,5	$h_1$ , мм	6	0,323	0,0028	0,0011	0,841	0,343	0,0029	2,57
	$h_2$ , мм	6	0,176	0,0038	0,0016	3,304	1,349	0,0039	
4,0	$h_1$ , мм	6	0,318	0,0045	0,0018	1,415	0,578	0,0047	2,57
	$h_2$ , мм	6	0,179	0,002	0,0049	1,769	0,722	0,0021	
4,5	$h_1$ , мм	6	0,306	0,0059	0,0024	1,928	0,784	0,0062	2,57
	$h_2$ , мм	6	0,181	0,0054	0,0022	5,4	2,204	0,0057	

Примечание.  $h$  – толщина слоистого материала;  $h_1$  – глубина проникновения адгезива в толщину шпона;  $h_2$  – толщина сплошного клеевого слоя

Из табл. 1 видно, что слой связующего из сплава ВУДа, толщиной 0,3 мм в клеевом материале распределяется следующим образом: толщина сплошного клеевого слоя составляет от 0,176 до 0,181 мм, глубина проникновения связующего в толщину шпона составляет от 0,306 до 0,323 мм.

1. *Дворецков Г.* О проблемах склеивания материалов в мебельных и столярных производствах// Все о мебели, 2002. - №11. - С. 72-75.
2. *Ковальчук Л.М.* Технология склеивания. - М.: Лесн. пром-сть, 1973. -208 с.
3. *Куликов В.А.* Производство фанеры. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 368 с.
4. *Кириллов А.Н.* Конструкционная фанера. - М.: Лесн. пром-сть, 1981. - 112 с.
5. *Чубинский А.Н.* Формирование клеевых соединений древесины. СПб., 1992. - 164 с.
6. *Ветошкин Ю.И.* Исследование процесса образования контакта клея со шпоном при склеивании последнего. Дис. ... канд. техн. наук. - Л., 1980. - 186 с.

УДК 674.037

**М. В. Газеев**

(Уральский государственный лесотехнический университет)

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ НА ДРЕВЕСИНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОПИТЫВАЮЩЕГО ТОНИРУЮЩЕГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ АЛКИДНЫХ СМОЛ**

Исследован процесс формирования покрытия на древесине с применением пропитывающего тонирующего состава на основе алкидных смол. Установлено, что содержащийся в пропитке растворитель (уайт-спирит), являясь неполярным, не взаимодействует с целлюлозными волокнами древесины, не вызывает их набухание. Содержащаяся в пропитке алкидная смола препятствует поднятию ворса древесины, так как усадочные напряжения, возникающие в пленке, значительно меньше липкости смолы. Пропитку тонирующую на основе алкидных смол можно рекомендовать для крашения с получением высококачественных декоративных покрытий на древесине и древесных материалах.

Получение высококачественных, защитно-декоративных покрытий на древесине с применением пропитывающего тонирующего состава на основе алкидных смол имеет ряд преимуществ, не поднимает ворс древесины, обеспечивает равномерность цвета и совмещение операций крашения и грунтования. Данные особенности предполагает природа компонентов состава: уайт-спирит как неполярный растворитель предотвращает набухание древе-

сины; алкидная смола обладает липкостью, обеспечивающей удержание ворса древесины и снижение шероховатости подложки.

Отделка изделий из древесины предназначена для защиты от поверхностного разрушения и придания красивого внешнего вида. Выбор лакокрасочных материалов зависит не только от породы древесины, но и от условий эксплуатации изделий.

Древесина обладает рядом специфических свойств и имеет пористое строение, эти особенности требуют создания специальной технологии нанесения лакокрасочных материалов. Рациональное использование древесины можно обеспечить путем эффективного проведения отделочных операций, во многом определяющих качество получаемой продукции. Анализ современной технологии отделки показывает, что лакокрасочные материалы выбирают без учета особенностей строения древесины, ее физических и химических свойств, что вызывает повышение требований к качеству подготовки поверхности под отделку, с большим количеством технологических операций и, как следствие, весьма значительное повышение трудоемкости и продолжительности цикла отделки. Ряд материалов, таких как водные красители, используют в ограниченном масштабе в связи с неравномерной окраской поверхности (особенно хвойных пород), длительным циклом сушки и образованием ворса за счет набухания волокон древесины. Высокая стоимость зарубежных лакокрасочных материалов для древесины и отсутствие отечественных аналогов определяет актуальность разработки соответствующих новых отделочных материалов.

Главным конкурентом зарубежных фирм по выпуску красящих составов выступило ООО «Опытное производство лакокрасочных материалов» г. Екатеринбург, выпустив поренбеиц с названием - пропитка тонирующая на основе алкидных смол.

Кафедра механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета провела испытания и теоретическое исследование процесса взаимодействия пропитки тонирующей с древесной подложкой. В результате испытаний установлено, что пропитки на основе алкидных смол позволяют получать высококачественное покрытие, равномерно распределенное на подложке, с равномерной окраской, сохраняя и выявляя при этом естественную текстуру древесины.

Красящий состав представляет собой смесь атмосферостойкого алкидного связующего и светостойких пигментов. Данный состав имеет следующие преимущества:

- не поднимает ворса древесины;
- обеспечивает равномерность цвета;
- обеспечивает совмещение операций грунтования и крашения (сокращение производственного цикла отделки, высвобождение производственных площадей, улучшение культуры производства);
- обладает антисептическими свойствами;



- имеет большую цветовую гамму;
- снижает себестоимость отделки.

Поверхность древесины представляет собой перерезанные полости клеток, которые образуют канавки, углубления и направленные внутрь каналы. Сорбция поверхностными слоями древесины наносимых на нее жидкостей и растворителей может сопровождаться ее набуханием. Ряд красящих составов на водной основе вызывает набухание древесины и поднятие ворса. Это обусловлено тем, что агент, вызывающий набухание, проникает в аморфные участки целлюлозных микрофибрилл и в участки между микрофибриллами. Набухание обосновано полярностью жидкости, т.е. чем выше полярность жидкости, тем больше степень набухания [3].

Идея о том, что в ходе сорбции воды образуется раствор в аморфных областях целлюлозы, была выдвинута Катцем, он предложил, что вода при взаимодействии с целлюлозой образует гидраты [4].

Полярность древесины связана с ее диэлектрической проницаемостью. Набухание, а следовательно и деформация поверхности древесины, неодинакова в различных жидкостях и зависит от диэлектрической проницаемости. Максимальное набухание древесины отмечается в воде; с уменьшением степени диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  степень поглощения жидкостей уменьшается. Древесина практически не набухает в жидкостях с  $\epsilon \leq 5$  – ароматических (уайт-спирит) и особенно алифатических углеводородах (бензол, толуол, ксилол), наблюдается лишь их частичное впитывание. Таким образом, состав растворителей в лакокрасочных материалах, наносимых непосредственно на древесину, влияет на стабильность поверхности [1, 6].

Уайт-спирит, входящий в состав пропитки тонирующей, является непolarным растворителем с низкой степенью диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , что говорит о том, что данный растворитель не взаимодействует с древесиной. Следовательно, нет набухания и поднятия ворса древесины.

Пропитка тонирующая представляет собой смесь пленкообразующего, пигментной пасты и растворителя. Пленкообразование - это процесс перехода лакокрасочного материала из жидкого или вязкотекучего состояния в твердое, с образованием адгезионного покрытия на поверхности подложки [1].

Формирование покрытий из растворов пленкообразователей происходит обычно за счет удаления растворителей испарением. В результате испарения растворителя из неподвижной твердеющей пленки также медленно сокращается толщина лакокрасочного покрытия до конечной толщины и продолжается втягивание его в углубления подложки. Наблюдается нарастание усадочных напряжений в покрытии, и, как следствие, возникает возможность появления ворса на поверхности подложки из древесины. В сохнувшем покрытии образуются усадочные напряжения, вызывающие усадку пленки. Пленка тянет за собой ворсинки древесины, повышая ее шероховатость (рис. 1).

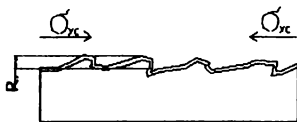


Рис. 1. Напряжения, возникающие в покрытии при сушке

Найдем напряжения, возникающие в лакокрасочном составе, используя метод, основанный на измерении отклонения от первоначального положения свободного конца консольно закрепленной упругой металлической пластины с лакокрасочным покрытием (рис. 2) [2].

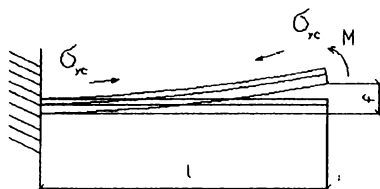


Рис. 2. Образец для определения внутренних напряжений

На стальную пластинку наносится состав пропитки тонирующей в соответствии с расходом 100-120 г/м<sup>2</sup>. Одним концом пластинка жестко закрепляется. Перемещения свободного конца пластинки отслеживаются с помощью микроскопа.

В результате проведенных опытов, прогиб пластинки составил  $f=0,0000625$  см. Зная перемещения пластинки, найдем усадочные напряжения, возникающие в покрытии. Усадочные напряжения условно принимаем за распределенную нагрузку  $\sigma_{yc} = q$ , действующую на балку с защемленным концом. Для определения перемещений в заданной балке уравнение прогибов будет иметь вид [5], см

$$f = \frac{ql^4}{8EJ} \quad (1)$$

Выразим из (1) распределенную нагрузку  $q$ , Н/см

$$q = \frac{8 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^4}, \quad (2)$$

где:  $q$  - распределенная нагрузка, Па;

$l$  - длина пластинки, см;

$E$  - модуль упругости стали ( $1,96 \cdot 10^5$  МПа);

$J$  - момент инерции, см<sup>4</sup>;  $J = \frac{b \cdot h^3}{12}$ , где  $b$ ,  $h$  - размеры поперечного сечения пластинки, см.

Распределенная нагрузка  $q=0,015 \text{ Н/см}$  действует на ворс древесины и должна вызывать его поднятие и увеличение шероховатости древесной подложки. Поднятия ворса не происходит, следовательно, существует нагрузка, противодействующая нагрузке  $q$ . Предположим, что пропитка тонирующая обладает липкостью, способной удержать ворс, препятствуя его поднятию. Липкость сочетает в себе ряд факторов, характеризующих термодинамическую работу. К ним относятся: адгезия, когезия, поверхностное натяжение, вязкость. Для подтверждения испытываем пропитку тонирующую на липкость. Схема установки для испытания на липкость представлена на рис. 3. Пропитку испытывали после часовой выдержки красящего состава с толщиной слоя  $25 \text{ мкм}$ .

За критерий оценки липкости принимается величина удельной силы отрыва. Результаты измерения липкости представлены на графике (рис. 4).

Принимаем за удельную силу отрыва  $m=34,9 \text{ г}$ . Пересчитаем массу  $m$  как нагрузку  $L$ , действующую на единицу площади,  $\text{Н/см}^2$

$$L = \frac{m \cdot g}{S} \quad (3)$$

Величина  $L=0,0356 \text{ Н/см}^2$  – липкость пропитки тонирующей, или давление, которое пропитка способна выдержать. Для соизмерения  $\sigma_{\text{лип}}$  с  $\sigma_{\text{ус}}$ , перемножим  $L$  на ширину стальной пластинки, на которую наносили состав при измерении  $\sigma_{\text{ус}}$ .  $\sigma_{\text{лип}} = L \cdot b = 0,0356 \cdot 0,7 = 0,025 \text{ Н/см}^2$ . (4)

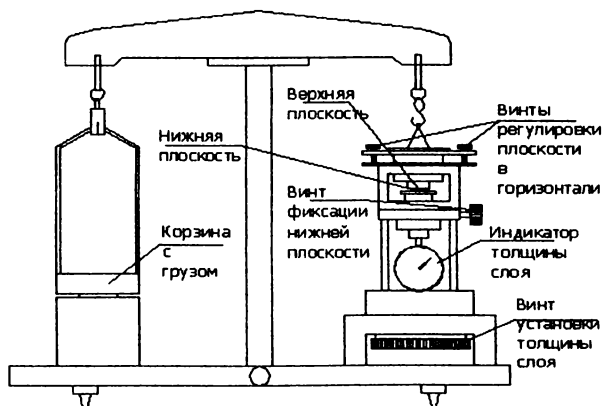


Рис. 3. Схема установки для испытания на липкость

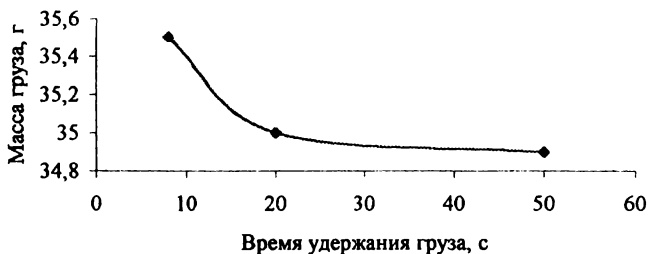
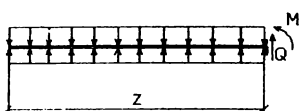
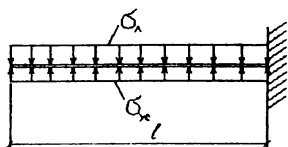


Рис. 4. График изменения липкости красящего состава

Сравнение полученных результатов подтверждает теорию липкости состава,  $\sigma_{\text{лип}} \geq \sigma_{\text{ус}}$ .

Переведем напряжения, возникающие в пропитке тонирующей, на древесину. Представим условно ворсинку древесины, как балку с защемленным концом, а напряжения, возникающие в пропитке тонирующей как распределенную нагрузку, действующую на балку. Зная размеры древесных волокон древесины сосны, условно зададимся длиной балки [7]. Принимаем условную длину балки  $l=3\text{мм}$ . Определим величину поперечных сил  $Q$ ,  $N$ , и изгибающих моментов  $M$ ,  $N\cdot\text{см}$ , возникающих в балке, и построим эпюры (рис. 5).



$$\sum F_y = 0; \quad (5)$$

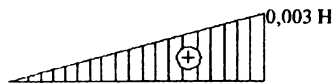
$$Q - \sigma_n \cdot z + \sigma_{yc} \cdot z = 0; \quad (6)$$

$$Q = \sigma_n \cdot z - \sigma_{yc} \cdot z; \quad (7)$$

$$\sum M = 0; \quad (8)$$

$$-\sigma_n \cdot z \cdot \frac{z}{2} + \sigma_{yc} \cdot z \cdot \frac{z}{2} - M = 0; \quad (9)$$

$$M = -\sigma_n \cdot \frac{z^2}{2} + \sigma_{yc} \cdot \frac{z^2}{2}. \quad (10)$$



Эпюра поперечных сил  $Q$



Эпюра изгибающих моментов  $M$

Рис. 5. Эпюры  $Q$  и  $M$

Результаты вычисления эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при  $\sigma_{\text{лип}}=0,025 \text{ Н/см}$  и  $\sigma_{\text{ус}}=0,015 \text{ Н/см}$ , сведены в таблицу.

# Электронный архив УГЛТУ

## Величины поперечных сил Q и изгибающих моментов M

Z, см	Q, Н	M, Н·см
0	0	0
0,05	0,0005	-0,0000125
0,1	0,001	-0,00005
0,15	0,0015	-0,0001125
0,2	0,002	-0,0002
0,25	0,0025	-0,0003125
0,3	0,003	-0,00045

Исследуя процесс формирования покрытия на древесине с применением пропитки тонирующей, можно сделать следующие выводы:

- содержащийся в пропитке растворитель (уайт-спирит) является неполярным и не взаимодействует с целлюлозными волокнами древесины, не вызывает их набухания;

- содержащаяся в пропитке алкидная смола обладает липкостью, препятствующей поднятию ворса древесины, так как усадочные напряжения возникающие в пленке, значительно меньше ее липкости:

$$\sigma_{л} = 0,025 \text{ Н/см} > 0,015 \text{ Н/см} = \sigma_{ус};$$

Таким образом, на основании проведенных экспериментов и сравнительного анализа пропитку тонирующую на основе алкидных смол можно рекомендовать для крашения с получением высококачественных декоративных покрытий на древесине и древесных материалах.

### Литература

1. Жуков Е.В., Онегин В.И. Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: Учебник для вузов. - М.: Экология, 1993. - 304 с.
2. Карякина М.И. Лабораторный практикум по техническому анализу и контролю производств лакокрасочных материалов и покрытий: Учебное пособие для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. - 208 с.
3. Оболенская А.В., Щеголев В.П.: Пер. с англ./ Под ред. Б.Л. Браунинга. Химия древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1967.
4. Колосовская Е.А., Лоскутов С.Р., Чудиков Б.С. Физические основы взаимодействия древесины с водой. - Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. - 216 с.
5. Беляев М.Б., Белявский Л.А// Под ред. В.К. Качурина. Сборник задач по сопротивлению материалов. - М.: Наука, 1970. - 432 с.
6. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия. - Т.3. - С. 282.
7. Швам Е.Е. Древесиноведение. Издание 2-е испр., и дополн. - Екатеринбург: БРИЗ-Урал, 2000. - 190 с.

**В.Г. Дедюхин, В.М. Балакин, Н.М. Мухин,  
Н.И. Коршунова, В.Г. Бурындин,**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ЕЩЕ РАЗ О ТЕРМИНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ЛИТЕРАТУРЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

В предыдущем выпуске сборника [1] обсуждалась правомерность применения ряда терминов: плитные, листовые и пленочные материалы; мягкие древесные отходы; мощность цеха (установки, завода и т. д.); статический изгиб; предел прочности при изгибе.

В настоящей статье предлагается обсудить правомерность использования еще ряда терминов.

### ***Удельное сопротивление выдергиванию шурупов***

Что за показатель свойства материала – сопротивление? Какова размерность этого показателя? Если принять слово сопротивление как синоним слову напряжение, т. е. при сопротивлении в материале возникают напряжения, а они имеют размерность  $\text{Н/м}^2 = \text{Па}$  или  $\text{кгс/см}^2$ . Что такое удельное сопротивление? Сопротивление отнесено к чему?

В ГОСТе [2] показатель удельное сопротивление выдергиванию шурупов имеет размерность  $\text{Н/м}$ ,  $\text{кгс/мм}$ , в работе [3]  $\text{Н/мм}$ . Эти размерности показывают усилие выдергивания, отнесенное к единице глубины ввинчивания, следовательно это удельное усилие!

Предлагается термин «удельное сопротивление выдергиванию шурупов» заменить на термин «*удельное усилие выдергиванию шурупов*», единицы измерения оставить прежними.

Если шуруп ввинчивать на одну и ту же длину, тогда в размерности усилие, деленное на длину, показатель длины станет лишним и размерность будет определяться только усилием в  $\text{Н}$  или  $\text{кгс}$ , как это принято в США [3].

### ***Удельное сопротивление выдергиванию гвоздей***

В работе [3] удельное сопротивление выдергиванию гвоздей определяется по формуле  $g = P_{\text{max}} / \pi d l$ ,  $\text{МПа}$ , где  $P_{\text{max}}$  – наибольшая нагрузка,  $\text{Н}$ ,  $d$  и  $l$  в  $\text{м}$ . Неясно, почему  $P_{\text{max}}$  нагрузка, а не сила (усилие), почему наибольшая? Почему  $g$  в  $\text{МПа}$ , а не в  $\text{Па}$ ?

Здесь слово «сопротивление» синоним слову «напряжение», т. е. усилие, отнесенное к площади или удельное усилие. Следовательно, в сочетании «удельное сопротивление» слово удельное – лишнее. Предлагается этот показатель называть «сопротивление выдергиванию гвоздей».

# Электронный архив УГЛТУ

## Литература

1. *Дедюхин В.Г.* и др. О терминологии в производстве древесных плит и пластиков// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. научн. трудов. - Екатеринбург: УГЛТА, 2002. - С.78.

2. ГОСТ 10632-73. Метод определения удельного сопротивления выдергиванию гвоздей и шурупов. - М.: Изд-во стандартов, 1976.

3. *Шварцман Г.М., Щедро Д.А.* Производство древесностружечных плит. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 320 с.

4. *Мелони Т.* Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 416 с.

# Электронный архив УГЛТУ

## Содержание

<b>Коршунова Н.И., Балакин В.М.</b> 25 выпусков межвузовского сборника научных трудов «Технология древесных плит и пластиков».....	3
<b>Бурындин В.Г., Глухих В.В., Балакин В.М., Дедюхин В.Г.</b> Кафедре технологии переработки пластмасс 45 лет.....	7
<b>Денисов О. Б., Соколов В. Л.</b> Методы интенсификации прессования древесностружечных плит.....	14
<b>Денисов О. Б., Соколов В. Л.</b> О способе снижения токсичности древесностружечных плит на карбамидных связующих.....	18
<b>Бурындин В.Г., Дедюхин В.Г., Мухин Н.М., Бабушкин И.А.</b> Применение масс древесных прессовочных в производстве комплектующих деталей запорной арматуры.....	21
<b>Артёмов А.В., Бурындин В.Г., Дедюхин В.Г., Глухих В.В.</b> Зависимость водопоглощения и прочности при изгибе от плотности древесного пластика без связующего (ДП-БС).....	24
<b>Литвинец Ю.И., Балакин В.М., Богданова В.А., Дайлидко О.В.</b> Исследование свойств полиизоцианатных связующих для древесно-полимерных композиционных материалов.....	32
<b>Торицин А.В., Балакин В.М.</b> Изучение влияния времени гелеобразования на свойства модифицированных полиэтиленполиаминами карбамидоформальдегидных олигомеров и ДСтП на их основе.....	41
<b>Торицин А.В., Балакин В.М.</b> Изучение структуры и свойств карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных этилендиамином.....	49
<b>Бурындин В.Г., Глухих В.В., Томилова С.В.</b> Получение КФС линейно-разветвленной структуры с заданными свойствами.....	60
<b>Пазникова С.Н., Балакин В.М., Шагинурова В.В.</b> Влияние азотфосфорсодержащих огнезащитных составов на горючесть древесных материалов.....	70
<b>Яцун И.В., Ветошкин Ю.И.</b> Метод исследования структуры клеевого слоя и распределения в нем связующего при формировании клеевых соединений на основе древесины.....	76
<b>Газеев М. В.</b> Теоретическое исследование процесса формирования защитно-декоративного покрытия на древесине с применением пропитывающего тонирующего состава на основе алкидных смол.....	79
<b>Дедюхин В.Г., Балакин В.М., Коршунова Н.И., Бурындин В.Г., Мухин Н.М.</b> Еще раз о терминологии, применяемой в литературе по технологии древесных плит и пластиков.....	86



Научное издание

## **ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ И ПЛАСТИКОВ**

Редактор Р.В. Сайгина

Подписано к печати 27.04.04

Бумага тип. №1

Уч.-изд. л. 4,8

Печать офсетная

Тираж 100 экз.

Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. 5,11

Заказ 1004 С. №4

---

Уральский государственный лесотехнический университет  
620032, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

623640, Свердловская обл., г. Талица, ул. Исламова, 2  
ГУП СО «Талицкая типография».

# Электронный архив УГЛТУ