



Л.В. Мельникова  
Ю.А. Сёмочкин

# ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



Практикум

 ИЗДАТЕЛЬСТВО МГУ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

Л. В. Мельникова, Ю. А. Сёмочкин

## ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
университета в качестве практикума для студентов специальностей  
250403 Технология деревообработки  
и 240406 Технология химической переработки древесины,  
специализации 260305

3-е издание, исправленное



Москва  
Издательство Московского государственного университета леса  
2008

УДК 674.8  
М48

*Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. на основе примерной программы дисциплины «Технология композиционных материалов»*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор В. Г. Бирюков;  
кандидат технических наук Г. В. Пресман, заведующий  
лабораторией древесных плит НИПТИ МОСМАШ

Работа подготовлена на кафедре  
технологии древесных плит и пластиков

**Мельникова, Л. В.**  
М48 Технология композиционных материалов : практикум / Л. В. Мельникова, Ю. А. Сёмочкин. – 3-е изд., испр. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 40 с.

В практикуме представлены лабораторные работы по всем основным видам композиционных материалов из древесины. Каждая лабораторная работа включает методические рекомендации по изготовлению и испытанию физико-механических свойств соответствующих материалов, а также индивидуальные задания по научно-исследовательским работам студентов.

УДК 674.8

© Л. В. Мельникова, А. Ю. Сёмочкин, 2005  
© ГОУ ВПО МГУЛ, 2008

## Введение

Основной целью данного пособия является практическое освоение технологии производства и методов физико-механических испытаний древесных композиционных материалов.

Композиционные материалы получили распространение сравнительно недавно и эффективно используются в настоящее время в различных отраслях народного хозяйства (строительстве, машиностроении, производстве мебели, электротехнике и т. д.).

Развитие производств этих материалов перспективно потому, что для их получения используются отходы деревообработки, что способствует комплексному использованию древесины.

К таким материалам относится арболит, сырьем для изготовления которого являются отходы лесо- и деревообрабатывающей промышленности.

В последнее время все больше внимания обращается на производство цельнопрессованных изделий из измельченной древесины. Прессование таких изделий не только позволяет использовать почти все виды отходов деревообработки, но и резко сократить число технологических операций, создать благоприятные условия для механизации и автоматизации процесса.

Методические указания содержат описание лабораторных работ по основным композиционным материалам, наполнителями которых являются древесные частицы.

В каждой лабораторной работе сформулирована ее цель, перечислены материалы и оборудование, необходимые для ее выполнения, описан ход выполнения работы и даны задания, рассчитанные на использование в учебных исследовательских работах студентов (УИРС).

Лабораторная работа №1  
ИЗГОТОВЛЕНИЕ АРБОЛИТА

*Цель работы*

Изучить технологический процесс получения строительных материалов типа арболита на основе цемента и различного вида отходов лесо- и деревообрабатывающих производств и определить влияние параметров режима изготовления на физико-механические показатели полученных изделий.

*Задание 1*

Определить состав арболита, на его основе изготовить образцы размером 100 × 100 × 100 мм.

*Материалы и реактивы*

**Заполнитель** – дробленка из отходов:

- лесопиления и деревообработки хвойных пород;
- лесозаготовок хвойных пород;
- лесопиления и деревообработки смешанных пород;
- лесозаготовок смешанных пород;
- дубильно-экстрактивного производства (одубина).

Насыпная плотность дробленки 120-150 кг/м<sup>3</sup>.

Влажность дробленки – (задается преподавателем).

**Вяжущее** – портландцемент марки 400 или 500.

*Химические добавки:*

- хлористый кальций в виде 10 %-го водного раствора плотностью 1,084 г/см<sup>3</sup>;
- жидкое стекло в виде водного раствора 20,9 %-й концентрации плотностью 1,2;
- сернокислый глинозем;
- окись кальция;
- вода.

*Оборудование и приборы*

Ситовой анализатор лабораторный; пресс-формы; винтовой пресс; весы торговые; емкость для взвешивания и замеса арболитовой смеси; мерный цилиндр; испытательная машина УМ-5; штангенциркуль; шкаф сушильный; весы технические; мензурки; бюксы.

*Ход выполнения работы*

Определяется состав арболита. Подбор состава арболита производится расчетно-экспериментальным методом. По табл. 1-4 определяется ориентировочный расход составляющих компонентов.

Ориентировочный расчет расхода портландцемента производится по табл.1.

Ориентировочный расход портландцемента

Т а б л и ц а 1

Вид заполнителя	Ориентировочный расход портландцемента марки 400 на 1 м <sup>3</sup> арболита, кг, в зависимости от его класса					
	В0,35	В0,75	В1,0	В1,5	В2,0	В2,5
Дробленка из отходов:						
лесопиления и деревообработки хвойных пород	240	260	280	300	330	360
лесозаготовок хвойных пород	260	280	300	320	350	380
лесопиления и деревообработки смешанных пород	270	290	310	330	360	390
лесозаготовок смешанных пород	290	310	330	350	380	-
одубина	280	300	320	340	370	400

Ориентировочный расход дробленки принимается по табл. 2.

Ориентировочный расход дробленки

Т а б л и ц а 2

Вид заполнителя	Ориентировочный расход сухого древесного заполнителя на 1 м <sup>3</sup> арболита класса, кг					
	В0,35	В0,75	В1,0	В1,5	В2,0	В2,5
Дробленка из отходов:						
лесопиления и деревообработки хвойных пород	140	160	180	200	220	240
лесозаготовок хвойных пород	150	170	190	210	230	250
лесопиления и деревообработки смешанных пород	180	180	200	220	240	250
лесозаготовок смешанных пород	140	160	180	200	220	240
одубина	160	180	200	220	275	290

С учетом влажности расход древесной дробленки составит:

$$D = \frac{D_0(100 + W\vartheta)}{100}, \quad (1)$$

где: D – расход дробленки заданной влажности, кг;

D<sub>0</sub> – расход сухой дробленки, взятой в табл. 2, кг;

Wϑ – заданная влажность дробленки, %.

По табл. 3. определяется ориентировочный расход воды.

Ориентировочный расход воды

Т а б л и ц а 3

Вид заполнителя	Ориентировочный расход воды на 1 м <sup>3</sup> арболита класса, л					
	В0,35	В0,75	В1,0	В1,5	В2,0	В2,5
Дробленка из отходов: лесопиления и деревооб- работки хвойных пород	260	280	300	330	380	400
	280	300	330	360	400	440
лесозаготовок хвойных пород	310	330	360	390	430	460
	310	330	360	390	430	60
лесопиления и деревооб- работки смешанных пород	210	230	250	270	300	370
	210	230	250	270	300	370

По табл. 4. определяется ориентировочный расход химической добавки.

Ориентировочный расход химической добавки

Т а б л и ц а 4

Вид химических добавок	Максимальный расход химической добавки на 1 м <sup>3</sup> арболита, кг, в зависимости от вида заполнителя	
	древесная дробленка	одубина
Хлористый кальций	8	8-9
Стекло натриевое жидкое	8	-
Комплексная добавка: сернистый глинозем	20	-
известь (окись кальция)	25	-

Хлористый кальций используется в виде водного раствора 10 %-й концентрации.

Содержание соли в литре такого раствора плотностью 1,084 составит 0,108 кг. Следовательно, для введения в арболит необходимого количества соли в виде 10 %-го раствора на 1 м<sup>3</sup> смеси его потребуется  $8 : 0,108 = 74,07$  л.

В найденном количестве раствора соли воды (Вх) содержится  $1,084 \times 74,07 - 8 = 72,3$  кг(л).

В древесной дробленке требуемой для изготовления арболита влаги (Вд) содержится:

$$В_d = D - D_0, \quad (2)$$

где: D – расход дробленки с учетом влажности;

D<sub>0</sub> – расход сухой дробленки, взятой по табл. 2.

С учетом воды, содержащейся в древесной дробленке и в растворе химической добавки, количество воды для изготовления 1 м<sup>3</sup> арболита будет равно:

$$В_p = В_т - В_x - В_d, \quad (3)$$

где: В<sub>p</sub> – расчетное количество воды;

В<sub>т</sub> – количество воды, найденное по табл. 3;

В<sub>x</sub> – количество воды, вводимое в арболит с химической добавкой.

На основании вышеприведенных расчетов и задания по УИРС заполняется табл. 5, где для каждого экспериментального образца указывается количество компонентов арболита в граммах или миллилитрах.

Состав образца арболита

Т а б л и ц а 5

Номер образца	Количество компонентов арболита			
	Цемент, г	Дробленка, г	Вода, мл	Химическая добавка в виде раствора, мл
1				
2				
3				

Рассчитывается теоретическая плотность для каждого образца арболита в сухом ρ<sub>сух</sub> и сыром ρ<sub>в</sub> состояниях по формулам:

$$\rho_{сух} = 1,15Ц + D_0 + X_d; \quad (4)$$

$$\rho_в = Ц + D_0 + X_d + В_т, \quad (5)$$

где Ц, D<sub>0</sub>, X<sub>d</sub>, В<sub>т</sub> – соответственно табличные значения расхода цемента, древесной дробленки, химической добавки и воды, г;

1,15 – масса цементного камня с учетом химически связанной воды, г.

Подготовка арболитовой смеси осуществляется в следующей последовательности: вначале взвешивают дробленку и цемент на торговых весах, затем дозируют химические добавки и воду.

*Смешивание компонентов* осуществляется в следующей последовательности: в емкость помещают древесную дробленку, растворы химических добавок, цемент и воду. Продолжительность смешивания компонентов должна быть не менее 3 минут и не более 15.

*Формование образцов* арболита производят путем заполнения форм размером 100 × 100 × 100 см смесью с последующей подпрессовкой их в винтовом прессе и замыканием.

*Термообработка образцов* осуществляется в термощкафу при температуре  $40 \pm 5$  °С и влажности (50-60)% в течение 12 часов.

*Распалубка* заключается в освобождении образцов из форм после термообработки.

*Выдержка* в помещении лаборатории при  $t^\circ = 16 \pm 2$  °С в течение 28 суток.

#### Варианты заданий по УИРС

##### Задание 1

1. Изучить влияние класса арболита на физико-механические показатели. Изготовить арболит из дробленки отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород фракции 10/5 классов В0,5; В0,75; В1,0.

2. Исследовать влияние фракционного состава дробленки на физико-механические свойства. Изготовить арболит класса В1,0 из дробленки лесопиления и деревообработки смешанных пород из фракции 10/7; 7/5; 5/3.

3. Определить влияние количества цемента на физико-механические свойства арболита. Изготовить арболит класса В0,75 из фракции 10/7 отходов деревообрабатывающих производств смешанных пород. Количество цемента в образцах предусмотреть равное табличному значению (табл.1), на 10 % больше и меньше табличного.

4. Изучить влияние воды на физико-механические показатели арболита. Изготовить арболит класса В 0,75 из стружки-отходов деревообрабатывающих производств фракции 10/7 с количеством воды, равным табличному значению (табл. 3), на 15% больше и меньше табличного.

5. Исследовать влияние количества химической добавки на физико-механические свойства арболита. Изготовить образцы арболита класса В0,5 из стружки-отхода деревообрабатывающих

производств фракции 7/5 с количеством химической добавки, равным табличному значению (табл. 4), на 20 % больше и меньше табличного.

6. Определить влияние качества химической добавки на физико-механические показатели арболита. Изготовить образцы арболита класса В0,5 из стружки-отхода деревообрабатывающих производств смешанных пород из фракций 10/7 с химическими добавками, указанными в табл. 4.

##### Задание 2

Определить физико-механические показатели арболита и объяснить, какое влияние на них оказывают технологические параметры режима изготовления.

##### Ход выполнения работы

Определить плотность арболита

Выдержанные в течение не менее 4 ч образцы арболита взвешивают на весах.

Объем образцов арболита определяют по результатам измерения сторон.

Плотность арболита  $\rho$  определяют по формуле (6):

$$\rho = \frac{m}{v}, \quad (6)$$

где  $m$  – масса образца, г (кг);

$v$  – объем образца, см<sup>3</sup> (м<sup>3</sup>).

##### Определение влажности

Из каждого образца арболита после испытания его на сжатие отбирают навеску около 100 г, взвешенную с точностью 0,1 г.

Навески помещают в сушильный шкаф, где высушивают при температуре 105-110 °С до постоянной массы.

Влажность  $W$  вычисляют в % по формуле (7):

$$W = \frac{g - g_1}{g_1} 100 \%, \quad (7)$$

где  $g$  – масса навески до высушивания, г;

$g_1$  – масса навески, высушенной до постоянной массы, г.

##### Определение предела прочности образца арболита при сжатии

Образцы арболита перед испытанием выдерживают в лаборатории в течение не менее 4 ч.



Лабораторная работа №2  
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

*Цель работы*

Получить плитные материалы на основе минеральных вяжущих; проанализировать физико-механические свойства этих плит в зависимости от параметров режима прессования и свойств исходных компонентов.

*Задание 1*

Изготовить образцы однослойных и трехслойных цементно-стружечных плит размеров 250 × 50 × 19 мм.

*Материалы и реактивы*

Стружка специально резанная с влажностью 6 %.

Стружка-отход деревообрабатывающих производств, причем влажность задается преподавателем.

Вяжущее – портландцемент марки 400 или 500.

Химические добавки:

- жидкое стекло в виде водного раствора 20,9 %-й концентрации, плотностью 1,2;
- сернокислый алюминий в виде водного раствора 21%-й концентрации, плотностью 1,23.

Вода.

*Оборудование и приборы*

Ситовой анализатор лабораторный; весы торговые; весы технические; поддоны алюминиевые с запорами; смеситель лабораторный; шкаф сушильный; эксикатор; емкость для замачивания образцов; универсальная испытательная машина; мерная посуда; емкости для взвешивания компонентов плиты; штангенциркуль; микрометр.

*Ход выполнения работы*

Вначале производят расчет компонентов цементно-стружечных плит в соответствии с рецептурой.

Рецептура ЦСП (на 1 м<sup>3</sup> плиты).

Стружка (абсолютно сухая), кг	300
Портландцемент марки 400, кг	750
Жидкое стекло (плотность 1,45 г/см <sup>3</sup> , концентрация 38%), кг	60
Сернокислый алюминий (твердый кристаллогидрат, кг)	40
Вода, кг	400

Химические добавки вводятся в цементно-стружечную смесь в виде растворов жидкого стекла с концентрацией 20,9 % и плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> и сернокислого алюминия концентрацией 21% и плотностью 1,23. Чтобы подсчитать количество воды для приготовления рабочих растворов химикатов используем формулу (9):

$$q = \frac{Q \cdot (k_1 - k_2)}{k_2}, \quad (9)$$

где:  $q$  – количество воды для доведения раствора нужной концентрации;

$Q$  – количество раствора;

$k_1, k_2$  – концентрация растворов до и после разбавления.

Для кристаллического сернокислого алюминия, вводимого в цементно-стружечную смесь, равно: 150,4 + 40 = 190,4 кг или 190,4 × 1,23 = 155 л.

Поскольку жидкое стекло имеет концентрацию 38%, то в 60 кг его содержится 60 × 0,38 = 22,8 кг.

Количество воды уже имеющейся в растворе равно 60 – 22,8 = 37,2 кг.

По формуле (9) рассчитывают количество воды, необходимое для доведения раствора жидкого стекла до рабочей концентрации.

Общее количество воды –  $W$  – состоит из воды, содержащейся в приготовленных растворах химикатов –  $W_x$  и имеющейся в стружке –  $W_d$ , в зависимости от ее влажности.

Пересчет количества воды производится по аналогии с расчетом в работе №1.

После определения состава одного кубометра цементно-стружечной плиты производится пересчет компонентов для каждой плиты и заполняется табл. 8.

Состав ЦСП

Т а б л и ц а 8

Но- мер	Компоненты ЦСП				
	Цемент, г	Стружка, г	Химические добавки		Вода, мл
			мл	мл	
1					
2					
3					
4					

Данные расчета заносят в табл. 9.



## Расчет количества воды для приготовления растворов

Т а б л и ц а 9

Наименование химикатов	Исходное состояние	Характеристика рабочего раствора химикатов, рекомендуемого для ЦСП		Количество воды, л		Количество рабочего раствора (кг/л), необходимого для изготовления 1 м <sup>3</sup> ЦСП
		плотность, кг/л	концентрация, %	для приготовления рабочего раствора в объеме, необходимом для 1 м <sup>3</sup> ЦСП	содержащейся в рабочем растворе в объеме, необходимом для изготовления 1 м <sup>3</sup> ЦСП	
1	2	3	4	5	6	7
Жидкое стекло	жидкость плотностью 1,45	1,2	20,9	49,1	86,3	$\frac{109,1}{90,9}$
Сернокислый алюминий	твердый кристаллогидрат	1,2	21,0	150,4	150,4	$\frac{190,4}{155}$

*Взвешивание* стружки и цемента производится на торговых весах.

*Смешивание* компонентов осуществляется в смесителях в следующей последовательности: подача стружки, подача воды, введение раствора сернокислого алюминия, перемешивание, введение раствора жидкого стекла, перемешивание, подача цемента, перемешивание. Готовая смесь выгружается из смесителя.

*Формирование* плиты осуществляется в поддонах. Затем пакет ставится в гидравлический пресс.

*Прессование* осуществляется в течение не более 3 минут до получения плит заданной толщины. Спрессованные в поддонах плиты замыкаются специальными фиксаторами и помещаются в термощкаф.

*Термообработка* плит производится при  $t^{\circ} = 80^{\circ} \text{C}$  и влажности не менее 60 % в течение 4 часов.

После термообработки плиты освобождаются от поддонов, укладываются в штабель, закрываются полиэтиленовой пленкой и хранятся в помещении лаборатории в течение 14-18 суток.

*Сушка* ЦСП осуществляется в термощкафу при температуре 90 °С до конечной влажности 12 %, после чего из них изготавливаются образцы для испытания физико-механических свойств.

## Задания по УИРС

1. Исследовать влияние фракционного состава стружки цементно-стружечной плиты на физико-механические показатели ЦСП.

Изготовить однослойные плиты из стружки фракций: 10/7; 7/5; 5/3; 3/2.

2. Изучить влияние толщины плиты на физико-механические показатели ЦСП.

Изготовить плиты из стружки фракции 7/5 и толщиной 24, 19, 16 и 10 мм

3. Определить влияние доли наружных слоев на физико-механические показатели ЦСП. Изготовить плиты, в которых внутренние слои имеют стружку фракции 10/5, а наружные – 3/5. Доля наружных слоев в плите следующая: 1,0; 0,7; 0,5; 0,3.

4. Изучить влияние количества цемента на физико-механические показатели ЦСП.

Изготовить плиты со следующим содержанием цемента:

1) 700 кг; 2) 750 кг; 3) 800 кг; 4) 850 кг из расчета на 1 м<sup>3</sup> плиты толщиной 16 мм из стружек фракции 10/7.

5. Исследовать влияние количества воды на физико-механические показатели ЦСП. Изготовить цементно-стружечную плиту толщиной 16 мм из фракций стружки 10/7 и влажностью 3 % со следующим содержанием воды на 1 м<sup>3</sup> ЦСП: 1) 120 кг; 2) 210 кг; 3) 300 кг; 4) 400 кг.

6. Изучить влияние количества химических добавок на физико-механические показатели ЦСП. Для этого изготовить ЦСП с содержанием химических добавок на 10 %, 15 % меньше и на 10 % больше табличного значения.

## Задание 2

Определить физико-механические показатели ЦСП и объяснить, какое влияние на них оказывают параметры режима изготовления.

## Ход выполнения работы

*Определение плотности*

Выпиливают образцы размером  $100 \times 100 \times h$  мм (где  $h$  – толщина образца, равная толщине плиты) и определяют плотность по методике, изложенной в лабораторной работе №1.

*Определение водопоглощения и разбухания*

Изготавливают образцы размером  $100 \times 100 \times h$  (где  $h$  – толщина образца, равная толщине плиты), затем их взвешивают с погрешностью не более 0,01% собственной массы, определяют толщину в четырех точках, расположенных на расстоянии 25 мм от краев образца. За толщину образца принимают среднее арифметическое четырех измерений. Образцы погружают в сосуд с питьевой водой каждый в вертикальном положении на  $(20 \pm 1)$  °С. Через 24 часа образцы вынимают из воды, осушают фильтровальной бумагой и не позднее чем через 10 мин после извлечения взвешивают и измеряют толщину в тех же точках.

Водопоглощение  $\Delta W$  в % вычисляют с погрешностью не более 1% по формуле (10):

$$\Delta W = \frac{(m_1 - m)}{m} \cdot 100, \quad (10)$$

где:  $m$  – масса образца до увлажнения, г;

$m_1$  – масса образца после увлажнения, г.

Разбухание по толщине  $\Delta h$  в % вычисляют по формуле (11):

$$\Delta h = \frac{(h_1 - h)}{h} \cdot 100, \quad (11)$$

где:  $h$  – толщина образца до увлажнения, см;

$h_1$  – толщина образца после увлажнения, см.

*Определение предела прочности при статическом изгибе*

Вырезают образцы шириной 100 мм и длиной 250 мм. Замеряют образцы следующим образом. Ширину образца по его поперечной оси с точностью 0,1 мм. Толщину образца измеряют в двух точках, расположенных по его поперечной оси на расстоянии 25 мм от кромок. За толщину образца принимают среднее арифметическое значение результатов измерения в двух точках. Затем образец устанавливают в испытательную машину и нагружают с равномерной скоростью. Фиксируется максимальная нагрузка, при которой происходит разрушение образца.

Предел прочности при изгибе  $\sigma_{и}$  вычисляют по формуле (12)

$$\sigma_{и} = 0,1 \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (12)$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, кгс;  
 $l$  – расстояние между опорами, см;  
 $b$  – ширина образца, см;  
 $h$  – толщина, см.

Результаты экспериментальной работы записываются в виде табл. 10.1 и 10.2.

Таблица 10.1

Но- мер	Влажность			Параметры образца до вымачивания						
	Масса, г		Влаж- ность, %	среднее арифме- тическое значение толщины, см	длина об- разца, см	ширина образца, см	плот- ность образца, г/см <sup>3</sup>			
до высу- шивания	после высу- шивания	1						2	3	4
1										
2										
3										
4										

Таблица 10.2

Параметры об- разца после вы- мачивания		Водо- погло- щение, %	Раз- буха- ние, %	Разру- шающая нагрузка при ис- пытании на изгиб, кгс	Тол- щина, см	Шири- на, см	Предел прочности при стати- ческом изгибе, МПа			
средне- арифме- тическое значение толщины, см	масса образца, г							9	10	11

*Порядок оформления отчета*

Отчет должен иметь введение, описание порядка выполнения работы, должен иметь результаты экспериментов и их обработку в виде табл. 10. Графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге.

Лабораторная работа №3  
ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ПРЕСС-МАССЫ  
И ИЗДЕЛИЙ НА ЕЕ ОСНОВЕ

*Цель работы*

Изучить технологию изготовления пресс-композиций и переработать ее в изделие.

*Материалы и реактивы*

Древесная пресс-крошка.  
Фенолоформальдегидный олигомер СБС-1 35 %-ной концентрации. Олеиновая кислота.

*Оборудование и приборы*

Химические стаканы на 1 л, весы технические, емкость для древесной пресс-массы, смеситель лабораторный, металлические противни, сушильный шкаф, весы аналитические, бюксы, эксикатор, пресс гидравлический, пресс-формы, штангенциркуль, универсальная испытательная разрывная машина, стеклянные палочки.

*Задание 1*

Получить пресс-композицию на основе древесной пресс-крошки в количестве 100 г и фенолоформальдегидного олигомера и произвести ее анализ.

*Ход выполнения работы*

Рассчитывается количество связующего  $Q_{ж}$  г, необходимое для осмоления древесных частиц по формуле (13):

$$Q_{ж} = \frac{G_0 \cdot P}{K} = \frac{G_w \cdot P \cdot 100}{K \cdot (100 + W\vartheta)}, \quad (13)$$

где:  $G_0$  – навеска абсолютно сухих древесных частиц, г;

$G_w$  – навеска влажных древесных частиц, г;

$P$  – норма расхода связующего, %;

$K$  – концентрация связующего, %;

$W\vartheta$  – влажность древесных частиц, %.

Олеиновая кислота берется в количестве 2 % от связующего (по массе сухого вещества). Рассчитанное количество связующего взвешивается в химическом стакане, затем вводится олеиновая кислота и тщательно перемешивается. Взвешивается заданное количество древесных частиц и загружается в смеситель. При перемешивании медленно вводят жидкие компоненты и перемешивание продолжают в течение 10 мин.

Полученную пресс-композицию выгружают из смесителя и раскладывают тонким слоем на металлические противни. Сушка композиции сначала проходит в естественных условиях в течение 20 мин. Затем противни с пресс-композицией устанавливают в сушильный шкаф, где при температуре  $85 \pm 5$  °С она высушивается до содержания влаги и летучих веществ 8-10 %.

*Задание 2*

Произвести определение содержания влаги и летучих веществ в приготовленной пресс-композиции.

*Ход выполнения работы*

В предварительно взвешенный бюкс помещается 3-4 г испытуемого материала и взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Бюкс с открытой крышкой помещается в термостат с температурой 150 °С и выдерживается в течение 25 мин, затем бюкс переносится в эксикатор и охлаждается до комнатной температуры. Бюкс с закрытой крышкой взвешивают вторично на аналитических весах.

Относительное содержание влаги и летучих веществ рассчитывается по формуле (14)

$$W = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g} 100, \quad (14)$$

где  $g$  – масса бюкса;

$g_1, g_2$  – масса бюкса, с материалом соответственно до и после удаления летучих веществ.

*Задание 3*

На основе пресс-композиции спрессовать изделие в пресс-форме и методом планирования эксперимента установить влияние плотности изделия и фракционного состава наполнителя на его механические характеристики.

*Ход выполнения задания*

Рассчитывается количество древесной пресс-массы необходимое для получения изделия размером  $(12 \times 1,5 \times 1$  см) заданной плотности по формуле (15)

$$G_{п} = \rho \cdot v \left(1 + \frac{W}{100}\right), \quad (15)$$

где  $\rho$  – плотность образца в спрессованном состоянии, г/см<sup>3</sup>, (табл. 12);

$v$  – объем образца, см<sup>3</sup> (18 см<sup>3</sup>);

$W$  – содержание влаги и летучих, % (задание №1).

Взвешивают рассчитанное количество древесной пресс-крошки и заполняют пресс-форму.

Параметры режима прессования:

- температура плит пресса 170 °С;
  - удельная продолжительность выдержки 2 мин/мм;
  - температура охлажденной пресс-формы 60 °С.
- Устанавливают пресс-форму в пресс, нагретый до температуры 170 °С, плиты пресса смыкают и через каждую минуту фиксируют температуру плит пресса и температуру пресс-формы.

Для определения удельного давления при прессовании контролируют манометрическое давление в момент закрытия пресс-формы. Расчет давления прессования  $P_{уд}$  осуществляется по формуле (16):

$$P_{уд} = 0,1 \frac{P_M \cdot \pi D^2}{4S}, \quad (16)$$

- где:  $P_{уд}$  – давление прессования, МПа;  
 $P_M$  – манометрическое давление в системе, кг/см<sup>2</sup>;  
 $D$  – диаметр плунжера пресса, см;  
 $S$  – площадь изготавливаемой детали, см<sup>2</sup>.

По окончании прессования пресс-форму вынимают из пресса, разбирают и извлекают деталь.

После 24-часовой выдержки детали в комнатных условиях производят её испытание на статический изгиб и сжатие. Выполнение и обработка результатов проводится методом полнофакторного эксперимента.

#### Задание 4

Определить физико-механические характеристики образца цельнопрессованного изделия из измельченной древесины.

#### Ход выполнения работы

##### Определение плотности

Образец после 24-часовой выдержки замеряется микрометром по всем трем направлениям с точностью до 0,1 мм и взвешивается на весах с точностью до 0,01 г.

Результаты замера образца заносятся в табл. 11.

Вычисляется плотность образца по формуле 6.

##### Определение предела прочности при статическом изгибе

Образец устанавливают в испытательную машину для испытания на статический изгиб, с расстоянием между опорами 10 см.

Машину включают и фиксируют максимальное усилие, при котором происходит разрушение образца.

Предел прочности при статическом изгибе определяется по формуле (12).

##### Определение предела прочности при сжатии

Из изделия выпиливается образец с размерами 1,5 × 1,5 × 1,0 см и устанавливается на шаровые опоры испытательной машины УМ-5 для испытания на сжатие перпендикулярно плоскости прессования. Машину включают на рабочий режим и фиксируют максимальное усилие, при котором происходит разрушение образца.

Предел прочности на сжатие определяют по формуле (17)

$$\sigma_{сж} = 0,1 \frac{P_{сж}}{S}, \quad (17)$$

где  $P_{сж}$  – максимальное усилие сжатия, кг;

$S$  – площадь образца, см<sup>2</sup>.

Данные заносятся в табл. 11.

#### Результаты испытания образцов пластика

Т а б л и ц а 11

Но- мер	Размеры образца, см			Масса образ- ца, г	Плот- ность образ- ца, г/см <sup>3</sup>	Мак- сималь- ное уси- лие раз- рушения при из- гибе, кг	Пре- дел проч- ности при изги- бе, МПа	Макси- маль- ное уси- лие раз- руше- ния при сжа- тии, кг	Пло- щадь образ- ца, см <sup>2</sup>	Предел проч- ности при сжа- тии, МПа
	дли- на	ши- рина	тол- щина							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										

В этой работе применяется метод полнофакторного эксперимента (план ПФЭ 2<sup>2</sup>) для установления влияния фракционного состава древесной пресс-крошки и плотности изделия на предел прочности при статическом изгибе и сжатии. Для построения

плана ПФЭ  $2^2$  выбирается диапазон варьирования каждого фактора.

$X_1$  — обозначение фракционного состава, который будет варьироваться на двух уровнях: на верхнем — 7/5 и нижнем — 3/2.

$X_2$  — обозначение плотности образца  $\rho$ , которая будет варьироваться от 1,3 г/см<sup>3</sup> на верхнем уровне и на нижнем до 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Общее число опытов ПФЭ —  $N$  — равно  $2^2 = 4$ .

Данные для составления матрицы приведены в табл. 12.

Натуральные значения факторов

Т а б л и ц а 12

Исследуемый фактор	Размерность	Значения факторов	
		верхнее	нижнее
Фракционный состав	-	7/5	3/2
Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,3	1,1

Введем кодированные обозначения факторов. Нижний уровень варьирования каждого фактора кодируется как (-1), верхний как (+1). Тогда план ПФЭ для двух факторов  $2^2$  — будет иметь следующий вид (табл. 13).

План ПФЭ  $2^2$ 

Т а б л и ц а 13

№ опыта	$X_1$	$X_2$	$Y_1$	$Y_2$
1	-1	-1		
2	+1	-1		
3	-1	+1		
4	+1	+1		

Выходные величины:  $Y_1$  — предел прочности при испытании на статический изгиб;  $Y_2$  — предел прочности при испытании на сжатие перпендикулярно плоскости прессования.

После проведения эксперимента определяются коэффициенты уравнения регрессии, имеющего вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2. \quad (18)$$

Коэффициенты регрессии вычисляются по формулам:

$$b_0 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4}; \quad (19)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{j=1}^4 x_{1j} y_j}{4} = \frac{x_{11} \cdot y_1 + x_{12} \cdot y_2 + x_{13} \cdot y_3 + x_{14} \cdot y_4}{4} = \frac{-y_1 + y_2 - y_3 + y_4}{4}; \quad (20)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{j=1}^4 x_{2j} y_j}{4} = \frac{x_{21} \cdot y_1 + x_{22} \cdot y_2 + x_{23} \cdot y_3 + x_{24} \cdot y_4}{4} = \frac{-y_1 - y_2 + y_3 + y_4}{4}. \quad (21)$$

В найденное уравнение регрессии (в кодированных обозначениях) подставляют значения факторов  $X_1$  и  $X_2$ .

Таким образом вычисляют значения выходной величины  $y$ , представленные уравнением регрессии:

$$y_1^i = b_0 + b_1(-1) + b_2(-1); \quad (22)$$

$$y_2^i = b_0 + b_1(+1) + b_2(-1); \quad (23)$$

$$y_3^i = b_0 + b_1(-1) + b_2(+1); \quad (24)$$

$$y_4^i = b_0 + b_1(+1) + b_2(+1) \quad (25)$$

и т. д.

Для вычисления дисперсии, характеризующей ошибку эксперимента, при отсутствии дублированных опытов, прибегают к специально проведенной серии экспериментов из некоторого числа  $m$  — дублированных опытов.

Оценка дисперсии, характеризующей ошибку эксперимента:

$$S_y^2\{y\} = \sum_{j=1}^m \frac{(y_j - \bar{y})^2}{m-1}; \quad (26)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j}{m}. \quad (27)$$

Величина  $f_y = (m-1)$  является в данном случае числом степеней свободы связанным с  $S_y^2\{y\}$ .

Результаты специальной серии экспериментов из 3 дублированных опытов приведены в табл. 14.

Результаты серии дублированных опытов

Т а б л и ц а 14

№ опыта	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
1	80	92
2	78	98
3	72	84

Дисперсия коэффициентов регрессии характеризует точность, с которой они найдены. Для планов ПФЭ они равны друг другу и определяются по формуле:

$$S^2\{b_{ij}\} = \frac{S^2\{y\}}{N}. \quad (28)$$

Значимость коэффициентов регрессии оценивают с помощью  $t$ -критерия Стьюдента в следующем порядке.

Для каждого коэффициента регрессии вычисляется расчетное  $t$ -отношение:

$$t_{расч} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}}, \quad (29)$$

где  $S\{b_{ij}\}$  – среднее квадратическое отклонение коэффициента  $b_i$ , равное корню из дисперсии коэффициентов регрессии. Из таблицы  $t$  – распределения по величине уровня значимости  $q = 0,05$  выбирают табличное  $t$ -отношение –  $t_{табл}$  (см. табл. 15).

Проверяется условие  $t_{расч} \leq t_{табл}$ .

Коэффициенты регрессии, для которых это условие выполняется, являются незначимыми.

Значения  $t$ -критерия Стьюдента  
при уровне значимости 0,05

Т а б л и ц а 15

Число степеней свободы $f_y$	Значения $t_{табл}$	Число степеней свободы $f_y$	Значения $t_{табл}$
1	12,71	5	2,57
2	4,30	6	2,45
3	3,18	7	2,36
4	2,78	8	2,31

Проверка адекватности модели осуществляется по  $F$ -критерию Фишера.

Вычисляется сумма квадратов, характеризующих адекватность модели  $S_{ад}$ . При отсутствии дублированных опытов:

$$S_{ад} = \sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2. \quad (30)$$

Вычисляется число степеней свободы  $f_{ад}$ , связанное с дисперсией адекватности:

$$f_{ад} = N - P, \quad (31)$$

где  $P$  – число оцениваемых коэффициентов.

Вычисляется дисперсия адекватности:

$$S_{ад}^2 = \frac{S_{ад}}{f_{ад}}. \quad (32)$$

С помощью  $F$ -критерия Фишера (табл. 16) для уровня значимости  $q = 0,05$  проверяется однородность дисперсии адекватности  $S_{ад}^2$  (с числом степени свободы  $f_{ад}$ ) и дисперсии, характеризующей ошибку эксперимента  $S^2\{y\}$  (с числом степеней свободы  $f_y$ ).

По формуле

$$F = \frac{S_{ад}}{S^2\{y\}} \quad (33)$$

вычисляется критерий Фишера.

По табл. 16 определяется критерий Фишера.

Если вычисленный (по формуле 32) критерий меньше найденного при уровне значимости 0,05, то уравнение регрессии адекватно исследуемому явлению.

Значения  $F$ -критерия Фишера

Т а б л и ц а 16

$f_{ад}$	$f_y$				
	1	2	3	4	5
1	164,4	199,5	215,7	224,6	230,6
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1

#### Порядок оформления отчета

Каждая подгруппа получает задание на проведение эксперимента. Эксперимент выполняется в соответствии с матрицей планирования (табл. 13). Отчет составляется после выполнения всех экспериментов, предусмотренных матрицей планирования каждым студентом индивидуально.

Отчет должен иметь краткое введение, данные по выполнению заданий 1,2, данные по изменению температуры и удельного давления во время прессования (графическую зависимость). Отчет по заданиям 3 и 4 составляется в той же последовательности, как указано в данной работе с составлением всех таблиц, расчетов и графической интерпретации полученной математической модели. Закончить отчет необходимо анализом полученной расчетом на ЭВМ математической модели.

Лабораторная работа №4  
ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЬНОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
ДРЕВЕСНОКЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ

*Цель работы*

Для пресс-композиции, на основе карбамидоформальдегидной смолы, опилок и пылевидной фракции, изготовить изделия из измельченной древесины и определить физико-механические показатели.

*Материалы и реактивы*

Опилки влажностью  $W_d = 6\%$ .  
Карбамидоформальдегидная смола КФ-МТ, концентрацией 55%.  
Хлористый аммоний.  
Олеиновая кислота.

*Оборудование и приборы*

Химические стаканы; весы; технические емкости для древесной пресс-массы; смеситель лабораторный; металлические противни; сушильный шкаф; бюксы; эксикатор; пресс гидравлический; пресс-форма; штангенциркуль; стеклянные палочки; емкость для замачивания изделий.

*Задание 1*

Получить пресс-композицию на основе опилок хвойных пород и древесной пыли.

*Ход выполнения работы*

Приготавливается партия пресс-композиции (100 г) с различным содержанием в ней пылевидной фракции (табл. 18). Для этого в химический стакан помещается навеска связующего и необходимое количество олеиновой кислоты, добавляется 1% хлористого аммония и тщательно размешивается. Норма расхода связующего дана в задании, а количество связующего определяется по формуле 13 настоящих указаний. Тщательно перемешиваются в смесителе древесные частицы с приготовленным связующим. Выгруженная из смесителя пресс-композиция равномерно раскладывается на противни и затем ставится в сушильный шкаф на 15 мин при температуре 70-80 °С.

Определяется содержание летучих веществ по методике, изложенной в лабораторной работе № 3.

*Задание 2*

Получить изделие из приготовленной пресс-массы объемом 50 см<sup>3</sup> и плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup>.

*Ход выполнения работы*

Рассчитывается количество древесной пресс-массы, необходимое для получения изделия по формуле (14). Взвешивается нужное количество древесной пресс-крошки и заполняется пресс-форма. Устанавливается пресс-форма в пресс при температуре плит 145 °С. Длительность прессования 1,5 мин на 1 мм толщины изделия. Температура охлаждения изделия 80 °С.

В момент закрытия пресс-формы фиксируются показания манометра и по формуле (16) рассчитывается удельное давление прессования.

После окончания прессования пресс-форму извлекают из пресса, разбирают её и вынимают изделие (деталь).

Деталь выдерживают в комнатных условиях в течение 24 ч и определяют плотность, водопоглощение и разбухание.

Обработку результатов эксперимента проводят по методике для полнофакторного эксперимента ПФЭ 2<sup>2</sup> (табл. 17).

Для построения плана выбираем диапазон варьирования каждого фактора.

$X_1$  – обозначим содержание связующего в пресс-композиции, которое на верхнем уровне примем равным 20 %, на нижнем – 12 %.

$X_2$  – обозначим содержание пыли в пресс-композиции, на верхнем уровне это содержание равно 25%, на нижнем – 10 %.

Затем составляем табл. 18.

В качестве выходных величин исследуется водопоглощение за 24 часа, которое обозначим  $Y_1$  и разбухание по толщине изделия, обозначаемое  $Y_2$ .

План ПФЭ 2<sup>2</sup>

Таблица 17

№ опыта	$X_1$	$X_2$	$Y_1$	$Y_2$
1	-1	-1		
2	+1	-1		
3	-1	+1		
4	+1	+1		

## Натуральные значения факторов

Т а б л и ц а 18.

Исследуемый фактор	Размерность	Верхнее значение фактора	Нижнее значение фактора
Содержание связующего	%	20	12
Содержание пыли	%	25	10

Каждая группа студентов выполняет задание в соответствии с планом ПФЭ.

*Задание 3*

Определить плотность, водопоглощение и разбухание полученного образца цельнопрессованного изделия из измельченной древесины.

*Определение плотности*

Определение плотности производится по методике, изложенной в лабораторной работе №3.

*Определение водопоглощения и разбухания*

Образец после снятия заусениц взвешивается на весах с точностью до 0,01 г. Затем на образце фиксируется четыре точки, в которых с помощью микрометра измеряется толщина с точностью до 0,01 мм. Образец опускается в воду и выдерживается в течение 24 ч при температуре 20°C. После выдержки образцы промокают фильтровальной бумагой, взвешивают и определяется толщина образца в фиксированных точках.

Вычисляется водопоглощение  $\Delta W$  по формуле (10), а разбухание  $\Delta h$  по формуле (11).

Данные эксперимента заносят в табл. 19.

## Результаты испытаний пластика

Т а б л и ц а 19.

Номер	Масса образца, г		Плотность образца, г/см <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Толщина образца, мм								Разбухание, %, среднее значение
	до вымачивания	после вымачивания			до вымачивания				после вымачивания				
					1	2	3	4	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Расчет коэффициентов регрессии и обработка результатов эксперимента проводится по методике, описанной в лабораторной работе №3 по программам для ПЭВМ, имеющимся на кафедре.

*Порядок оформления отчета*

Каждая подгруппа выполняет эксперимент по заданию в соответствии с его матрицей планирования.

Отчет составляется каждым студентом после выполнения экспериментов, запланированных матрицей (табл. 19).

Отчет должен иметь введение, данные по выполнению заданий 1 и 2, в отчете должна быть диаграмма прессования детали (изменение температуры плит пресса и удельного давления в процессе прессования).

Отчет по заданию 3 должен быть представлен в виде таблицы (табл. 19).

Вычисления коэффициента регрессии и обработка результатов эксперимента должны быть представлены в той же последовательности, как указано в лабораторной работе №3.

Отчет должен заканчиваться необходимым анализом полученной математической модели.

## Лабораторная работа №5

## ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАСТИКОВ ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

*Цель работы*

Получить пластики из опилок без связующего и сравнить их физико-механические показатели.

*Материалы и реактивы*

Опилки влажностью 8-12 %. Опилки, предварительно гидролизованные влажностью 6-8 %.

*Оборудование и приборы*

Весы технические, емкости для пресс-массы, бюксы, пресс гидравлический, пресс-формы, штангенциркуль, универсальная испытательная разрывная машина, стеклянные палочки.

*Задание 1*

Изготовить пластики в пресс-форме размером 120x15x10 мм и плотностью 1,3 г/см<sup>3</sup>.



*Ход выполнения работы*

Производится предварительный расчет навески опилок с учетом их влажности и объема по формуле 15.

Навеска загружается в пресс-форму. Пресс-форма устанавливается в гидравлический пресс, снабженный устройством для охлаждения плит. Прессование осуществляется по режиму, приведенному в табл. 20.

## Режимы прессования пьезотермопластиков

Таблица 20

Параметры	Пластики из гидролизированных опилок	Пластики из обычных опилок
Влажность	8-12	6-8
Давление прессования, МПа	15	25
Температура прессования, °С	160	185-195
Продолжительность прессования, мин/мм	1,0	1,0
Охлаждение пресс-формы под давлением до температуры 25-30 °С, мин/мм	0,5	1,0
Продолжительность снижения давления	-	3

После окончания прессования, пластики выгружаются из пресс-формы, кондиционируются, выдерживаются не менее 24 часов в помещении лаборатории и подвергаются испытаниям.

*Задание 2*

Провести испытания физико-механических характеристик пьезотермопластиков. Определение плотности, прочности при статическом изгибе и сжатии, а также водопоглощение и разбухание за 24 часа, производится по методикам, изложенным в лабораторных работах № 2,3. Данные испытаний заносят в табл. 21.

## Результаты испытания пьезотермопластиков

Таблица 21

Но- мер	Размеры, см				объем, см <sup>3</sup>	плотность, г/см <sup>3</sup>	Размеры после увлажнения, см				масса после увлажнения, г	водопоглощение, %	разбухание, %	максимальное усилие изгиба, кгс	предел прочности при изгибе, МПа	усилие разрушения при сжатии, кгс	предел прочности при сжатии, МПа
	масса, г	длина	ширина	толщина			толщина										
							Iг	IIг	IIIг	IVг							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

*Порядок оформления отчета*

Каждая подгруппа получает индивидуальное задание на проведение эксперимента.

Отчет должен иметь краткое введение, данные по выполнению заданий, диаграмму прессования пластика, заполненную табл. № 21. Закончить отчет необходимо сравнительным анализом свойств пьезотермопластиков.

## Лабораторная работа №6

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНО-СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ

Древесно-слоистые пластики изготавливают из листов лущеного шпона, пропитанных спирторастворимыми фенолформальдегидными смолами резольного типа (бакелитовые лаки), и спрессованных между собой при температуре, обеспечивающей переход смолы в стадию С, и под большим давлением.

Пластики ДСП относятся к композиционным материалам, в которых роль основного формирующего материала выполняет шпон, а роль матрицы – фенолформальдегидная резольная смола.

Древесно-слоистые пластики выпускаются в виде четырех основных марок: ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В и ДСП-Г. Буквы А, Б, В, Г указывают порядок укладки листов шпона в пластике.

ДСП-А – волокна шпона во всех направлениях имеют параллельное направление или через каждые 5 слоев шпона с параллельным направлением волокон чередуется с одним слоем шпона под углом 20-25° к смежным слоям.

ДСП-Б – каждые 8-12 слоев шпона с параллельным направлением волокон древесины чередуется с одним слоем, имеющим перпендикулярное направление.

ДСП-В – волокна древесины шпона в смежных слоях взаимно перпендикулярны.

ДСП-Г – волокна древесины шпона в смежных слоях последовательно смещены на угол 45°.

Вместе с указанными марками пластика выпускаются их подвиды: ДСП-Б-а, ДСП-Б-м, ДСП-Б-о, ДСП-Б-т, ДСП-Б-э, ДСП-В-м, ДСП-В-э, ДСП-Г-м, где буквы а, м, о, т, э определяют конкретное назначение пластика: а – для авиации, э – для электротехнической промышленности, м – для самосмазывающихся подшипников, т – для текстильных машин, о – общего назначения.

**Цель работы**

Изучить процесс получения древесно-слоистого пластика и определить его физико-механические свойства.

**Задание 1**

Осуществить пропитку березового лущеного шпона влажностью не более 8 %, толщиной 0,5+0,8 мм.

В соответствии с заданием (см. стр. 31) вырезать листы шпона с размерами 150 x 150 мм. Рассчитать количество листов шпона, необходимое для изготовления пластика заданной толщины (по заданию) по формуле (34)

$$n = \frac{S_1}{(1-K)S_2}, \quad (34)$$

где: n – количество листов шпона;

S<sub>1</sub> – заданная толщина пластика, мм;

S<sub>2</sub> – толщина шпона, мм;

K – коэффициент упрессовки, K=0,45+0,48.

**Пропитка.** Уложить шпон в кассету и поместить в ванну для пропитки. Ванну заполнить смолой СБС-1 (или ЛБС-1) концентрацией 40 %. Ванну с кассетой установить в термощкаф на 40-60 минут при температуре 60 °С.

**Сушка.** После окончания пропитки кассету со шпоном вынимают из термощкафа и приступают к его сушке. При толщине шпона 0,5 мм температуру в сушильном шкафу устанавливают 80-90 °С и выдерживают в течение 30 минут.

После сушки шпон укладывают в стопы для выравнивания влаги. Содержание влаги и летучих веществ в шпоне должно быть от 3 % до 6 %.

Затем шпон обрезают ножницами в соответствии с размером пластика и заданием.

Сборка пакета пластика осуществляется в соответствии с его маркой, полученной в задании.

Сформированный из шпона пакет укладывают на полированные стальные прокладки, предварительно смазанные олеиновой кислотой.

**Прессование.** Вначале рассчитывают манометрическое давление, исходя из давления прессования, площади пакета и диаметра плунжера пресса, по формуле (35).

$$P_M = \frac{P_{уд} \cdot S \cdot K}{F}, \quad (35)$$

где: P<sub>M</sub> – манометрическое давление в гидросистеме пресса, кг/см<sup>2</sup>;

P<sub>уд</sub> – давление прессования пластика, кг/см<sup>2</sup>;

S – площадь пластика, см<sup>2</sup>;

F – площадь плунжера пресса в см<sup>2</sup>;

K – коэффициент, учитывающий потери на трение системы, K=0,95.

Режимы прессования ДСП при рабочей температуре плит пресса 150±5°, удельном давлении 14,2.....14,7 МПа и охлаждении водой до 40 °С приведены в табл.22.

**Режимы прессования ДСП**

Т а б л и ц а 22

Толщина ДСП, мм	Продолжительность фаз цикла прессования, мин				Общая продолжительность цикла прессования, мин
	Основной выдержки	Охлаждения			
		Воздушного	Комбинированного	Водой	
15	30	15	15	30	90
20	30	20	20	35	105
25	35	25	25	40	125
30	45	30	30	45	150
35	50	33	32	55	170
40	60	35	35	60	190
45	75	38	37	65	215
50	85	40	40	75	240
55	95	43	42	85	265
60	105	45	45	90	285

Цикл прессования включает основную выдержку при заданной температуре и включенном обогреве пресса, затем так называемую фазу воздушного охлаждения прессуемого материала при сомкнутых плитах пресса без подачи в плиты пресса теплоносителя. Это осуществляется в целях подготовки к подаче в плиты пресса холодной воды. После воздушного охлаждения пресс охлаждают водой с целью снятия в прессуемом пластике внутренних напряжений.

При промышленном производстве из-за значительной массы плит пресса к концу воздушного охлаждения температура не успевает снизиться до величины (100 – 110) °С. С целью обеспечения

мягкого режима охлаждения используют комбинированное охлаждение, которое заключается в том, что во второй половине воздушного охлаждения в плиты пресса с интервалом 5...10 минут подают воду в течение 30 – 60 с.

Для лабораторного пресса можно осуществлять воздушное охлаждение в течение суммы продолжительности воздушного и комбинированного периода фазы охлаждения по табл. 22.

При необходимости получения ДСП толщиной менее 15 мм в одном промежутке пресса прессуют несколько пакетов (2 – 3) с разделительными прокладками из фольги.

После прессования образцы древесно-слоистого пластика выдерживаются при нормальных условиях в течение 24 часов, после чего испытывают их физико-механические свойства.

#### Задание 2

Испытать физико-механические свойства древесно-слоистых пластиков.

Для определения влажности и объемного разбухания берут пластики, имеющие размеры  $100 \times 100 \times S$  мм, ( $S$  – толщина образца).

Образцы для определения влажности могут иметь любую форму, а площадь образцов должна быть не менее  $25 \text{ мм}^2$ . Влажность определяют на измельченных образцах.

Определение водопоглощения древесных пластиков за 24 часа производят на образцах размером  $50 \times 50 \times S$  мм.

Перед испытанием на влагопоглощение, водопоглощение и объемное разбухание образцы выдерживают при температуре  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $65 \pm 5 \%$  в течение 120 ч. Допускается испытывать образцы без выдержки.

#### Определение плотности и влажности

При определении плотности образцы взвешивают, затем определяют их линейные размеры.

Измерение образцов  $100 \times 100 \times S$  мм производят в пяти точках с точностью 0,01 мм.

За толщину образца принимают среднее арифметическое результатов пяти измерений.

Длину и ширину измеряют в двух точках параллельно кромкам с точностью до 0,01 мм.

Плотность  $\rho$  в  $\text{кг/м}^3$  ( $\text{г/см}^3$ ) вычисляют с точностью до 1  $\text{кг/м}^3$  ( $0,01 \text{ г/см}^3$ ) по формуле:

$$\rho = \frac{m}{b \cdot S \cdot l}, \quad (36)$$

где:  $m$  – начальная масса образца в кг;

$l, b, S$  – длина, ширина, толщина образца в (см), м.

Влагопоглощение ( $\Delta W_{\text{вл}}$ ) и водопоглощение  $\Delta W_{\text{вд}}$  в % вычисляют с точностью до 1 % по формулам:

$$\Delta W_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100; \quad (37)$$

$$\Delta W_{\text{вд}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (38)$$

где  $m$  – масса образца до увлажнения, г;

$m_1$  – масса образца после увлажнения, г.

Объемное разбухание ( $P_0$ ) в % вычисляют с точностью до 1 % по формуле

$$P_0 = \frac{S_1 \cdot b_1 \cdot l_1 - S \cdot b \cdot l}{S \cdot b \cdot l}, \quad (39)$$

где  $S$  – толщина образца, см;

$b$  – ширина образца, см;

$l$  – длина образца, см;

$S_1$  – толщина образца после увлажнения, см;

$b_1$  – ширина образца после увлажнения, см;

$l_1$  – длина образца после увлажнения, см.

#### Испытание образцов на статический изгиб

Образцы древесно-слоистого пластика изготавливают в форме прямоугольника  $15 \times 15 \times 250$  мм. Допускаются образцы, изготовленные в форме прямоугольной призмы квадратного сечения со стороной квадрата равной толщине продукции и длиной 15-кратной толщине образца.

При толщине образца менее 6 мм испытания на изгиб не проводят.

При испытании образцов древесно-слоистых пластиков расстояние между опорами равно 12h. Методика испытаний приведена в предыдущей работе.

Предел прочности при статическом изгибе вычисляют по формуле:

$$\sigma_{и} = 0,1 \frac{3P_{\max} l}{2bh^2}, \quad (40)$$

где:  $P_{\max}$  – максимальная нагрузка, кг;

$l$  – расстояние между опорами, см;

$b$  – ширина образца, см;

$h$  – толщина образца, см.

#### Варианты заданий по УИРС

1. Изготовить древесно-слоистый пластик марки ДСП-А.
2. Изготовить древесно-слоистый пластик марки ДСП-Б.
3. Изготовить древесно-слоистый пластик марки ДСП-В.
4. Изготовить древесно-слоистый пластик марки ДСП-Г.
5. Испытать физико-механические характеристики, сравнить их и объяснить полученный результат.

#### Порядок оформления отчета

Каждая группа получает индивидуальное задание на проведение эксперимента.

В каждом отчете должна быть приведена диаграмма пресования пластика и данные физико-механических испытаний ДСП.

Закончить отчет необходимо сравнительным анализом свойств ДСП.

#### Рекомендуемая литература

1. Щербаков А.С., Гамова И.А., Мельникова Л.В. Технология композиционных древесных материалов: Учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1992. – 340 с.
2. Пижурин А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 192 с.
3. Мельникова Л.В. Технология композиционных материалов из древесины: Учебник для вузов. – М.: МГУЛ, 2002. – 234 с.
4. Шулепов И.А., Доронин Ю.Г. Древесные слоистые пластики. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 206 с.

## Оглавление

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АРБОЛИТА.....	4
Лабораторная работа №2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ.....	12
Лабораторная работа №3. ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ПРЕССМАССЫ И ИЗДЕЛИЙ НА ЕЕ ОСНОВЕ.....	18
Лабораторная работа №4. ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЬНОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСНО-КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ.....	26
Лабораторная работа №5. ПОЛУЧЕНИЕ ПЛАСТИКОВ ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ.....	29
Лабораторная работа №6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСНО-СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ.....	31
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	37

Учебное издание

Мельникова Людмила Васильевна  
Сёмочкин Юрий Александрович

### ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под редакцией профессора Л. В. Мельниковой  
Редактор Л. Г. Кулагина  
Компьютерный набор и верстка авторов

По тематическому плану внутривузовских изданий учебной литературы на 2008 г.

Подписано в печать 06.10.2008. Формат 60×90 1/16. Бумага 80 г/м<sup>2</sup>  
Гарнитура «Таймс». Ризография. Усл. печ. л. 2,5.  
Тираж 320 экз. Заказ № 572.

Издательство Московского государственного университета леса.  
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.  
E-mail: [izdat@mgul.ac.ru](mailto:izdat@mgul.ac.ru)

По вопросам приобретения литературы издательства ГОУ ВПО МГУЛ  
обращаться в отдел реализации.  
Телефон: (498) 687-37-14.