

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Т. В. Соловьева, А. А. Пенкин

**ТЕХНОЛОГИЯ
ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ,
ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ,
ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ПЛАСТИКОВ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением высших учебных
заведений Республики Беларусь по образованию в области
природопользования и лесного хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов высших учебных
заведений специальности 1-48 01 05 «Химическая технология переработки
древесины» специализации 1-48 01 05 02
«Технология древесных плит и пластиков»*

Минск 2009

УДК 674.8(075.8)

ББК 37.133я73

С60

Рецензенты:

кафедра строительных и дорожных машин БНТУ
(доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
Иностранный член РААСН *А. В. Вавилов*);
доктор технических наук, главный научный сотрудник Института
проблем использования природных ресурсов и экологии
НАН Беларуси *Г. В. Наумова*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Соловьева, Т. В.

С60 Технология древесноволокнистых плит, технология древесностружечных плит, технология композиционных материалов и пластиков. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» специализации 1-48 01 05 02 «Технология древесных плит и пластиков» / Т. В. Соловьева, А. А. Пенкин. – Минск : БГТУ, 2009. – 144 с.
ISBN 978-985-434-898-8.

Учебное издание содержит лабораторные работы по дисциплинам «Технология древесных плит и пластиков» и «Технология древесных композиционных материалов и изделий». Применение лабораторного практикума в учебном процессе будет способствовать углублению и расширению знаний у студентов по названным курсам. Кроме того, материалы практикума позволят студентам приобрести навыки самостоятельной научно-исследовательской работы.

УДК 674.8(075.8)

ББК 37.133я73

ISBN 978-985-434-898-8

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2009

© Соловьева Т. В., Пенкин А. А., 2009

ВВЕДЕНИЕ

Древесноволокнистые (ДВП) и древесностружечные плиты (ДСтП), пластики на основе древесины и бумаги, изделия из измельченной древесины и связующих относятся к композиционным материалам. В связи с мировой тенденцией к расширению многоцелевого назначения древесины все более актуальными становятся вопросы создания новых видов композиционных материалов на ее основе и совершенствования их технологий. При этом преследуются цели как получения материалов с заранее заданным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, так и утилизации отходов лесо- и деревообработки, что является важным в период перехода народного хозяйства к рыночным отношениям.

В общем виде композиционными называют материалы, которые состоят из двух или более взаимно нерастворимых компонентов (фаз), имеющих между собой заметную границу раздела и адгезионное взаимодействие. Одну из фаз именуют матрицей, а другую – армирующим элементом или наполнителем. К древесным композиционным материалам относят структуры, наполненные древесиной в различных ее видах. В этом случае связующее выполняет роль матрицы, в которую заключен механический каркас из древесного материала. Такая структура придает древесному композиционному материалу особые механические свойства: высокую прочность при относительно малой плотности, жесткость и упругость, что достигается благодаря армирующим свойствам древесины и адгезионной способности матрицы.

Древесные композиционные материалы широко используют в промышленном и гражданском строительстве, производстве мебели, машиностроении. Область их применения с каждым годом постоянно расширяется.

Использование в качестве наполнителя композиционных материалов отходов других производств (опилок, дробленки, крошки, стружки-отходов и др.) создает реальные условия для перевода деревообрабатывающих предприятий на малоотходные и безотходные технологии. Кроме того, относительно низкая стоимость древесных композитов, высокая экономическая эффективность производства при малых трудозатратах и энергоемкости, хорошая механическая прочность, а также непрерывная возобновляемость лесных ресурсов обуславливают все возрастающий интерес к этим материалам.

Этому способствует проведение широких научных исследований по совершенствованию технологии, созданию нового оборудования

и разработке новых композиционных материалов с улучшенными прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Целью лабораторного практикума является закрепление студентами – будущими инженерами-технологами плитного производства – необходимых теоретических знаний в области теории и технологии древесных композиционных материалов, практическое овладение методами их анализа и контроля качества изделий, получение представления о работе на приборах, а также приобретение навыков научно-исследовательской работы по своей специальности.

Для правильного понимания предложенного в практикуме материала необходимы знания, полученные студентами при изучении таких дисциплин, как «Древесиноведение», «Синтез и применение полимеров в производстве древесных плит и пластиков», «Химия древесины и синтетических полимеров» и др.

Лабораторный практикум содержит 16 работ по названным технологиям, включающим описание методики получения и испытания материалов. Определенное внимание уделяется химическим и полимерным веществам, которые используются в композиции волокнистых материалов.

Перед тем как приступить к выполнению работы, студенты обязаны ознакомиться с теоретическим материалом, разобраться в сущности и последовательности всех операций. Допуск к работе они получают после проверки знаний преподавателем.

Выполненные работы оформляются всеми студентами самостоятельно в отдельных тетрадях и включают: характеристику используемых и получаемых материалов, расчет потребности сырья и материалов, описание последовательности выполняемых операций с указанием технологических параметров, результаты измерений и определений испытаний, их статистическую обработку и анализ в сравнении с требованиями ГОСТа, предъявляемыми к полученному материалу.

Лабораторная работа считается сданной только тогда, когда, наряду с оформленным отчетом, студент ответил на контрольные вопросы по конкретной технологии, перечень которых приведен в конце каждой лабораторной работы.

Каждая лабораторная работа принимается преподавателем, о чем свидетельствует его подпись в тетради.

Лабораторная работа № 1 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК** **ДРЕВЕСНЫХ ВОЛОКОН**

Цель работы – определить степень помола волокнистой массы на приборах Шоппер – Риглера, Дефибратор-секунда и ВНИИДрева; фракционный состав волокон на фракционаторе «Bauer McNett»; средневзвешенную длину волокна.

Материалы и оборудование: древесноволокнистая масса влажностью 4–17%; гидроразбиватель волокон; прибор СР-2 типа Шоппер – Риглера; прибор Дефибратор-секунда; прибор ВНИИДрева; микроскоп с микрометром; фракционатор волокон ФДМ или «Bauer McNett»; прибор Иванова; весы технические; мерная посуда емкостью 250 и 1000 мл; сушильный шкаф (105°C); фильтровальная бумага; секундомер.

Общие сведения

Древесные волокна являются материалом, из которого формируются древесноволокнистые плиты (ДВП). Получают их путем размола щепы на размольных аппаратах различных конструкций. Древесина в процессе изготовления из нее волокнистой массы подвергается механическим и тепловым воздействиям, во время которых она становится пластичной, и в ней происходят химические и структурные превращения, сопровождающиеся развитием внутренней поверхности волокон. Это позволяет на последующих технологических стадиях достигнуть сближения волокон между собой и создать условия для образования связей за счет функциональных реакционноспособных групп, обеспечивающих требуемые свойства плитного материала.

Качество волокон определяет в конечном итоге качество получаемых ДВП, поэтому является важнейшим технологическим параметром и оценивается по следующим основным показателям: характеру размола и степени помола, фракционному составу, сорности и прочностным показателям.

Древесноволокнистая масса с высокой степенью расщепления древесных частиц на волокна называется массой тонкого помола, или жирной; с низкой степенью расщепления – массой грубого помола, или садкой. Количественной оценкой рассматриваемого свойства является степень помола. Оценка качества массы производится по способности массы к обезвоживанию в единицу времени и определяется на приборах Шоппер – Риглера и Дефибратор-секунда.

Средние показатели требуемой степени помола при производстве твердых ДВП после первой ступени размола составляют 15–18 ДС, после второй – 20–26 ДС.

Кроме характеристики волокнистой массы по степени помола, используют данные ее фракционного состава. Большинство приборов для фракционирования основано на пропуске определенного количества разбавленной массы через сита с отверстиями, соответствующими группам их оценки.

Наиболее часто для анализа фракционного состава применяют фракционатор ФДМ с ситами № 9, 20 и 40 (номер сит равен числу отверстий на 1 см его длины).

Анализируемая проба древесной массы разделяется на четыре фракции, обозначаемые размерами ячеек. Фракционный состав оценивается долей каждой фракции (в процентах) от исходной пробы древесной массы.

Большое влияние на качество массы оказывает ее структура, характеризующая средней длиной и диаметром, отношением длины к диаметру и удельной поверхностью. Наибольшее значение для дефибраторной массы имеет диаметр волокна, который определяет не только гибкость, но и плотность упаковки волокон в плите. Влияние диаметра волокон на плотность их упаковки больше, чем длины; поэтому целесообразнее получать дефибраторную массу не за счет укорочения волокон, а за счет их утоньшения. Незначительное снижение толщины волокон дефибраторной массы будет способствовать лучшему их переплетению в ковре, повышению сопротивления разрыву и особенно изгибу.

Прочностные свойства древесноволокнистой массы обычно характеризуют одним показателем – сопротивлением разрыву с пересчетом его на разрывную длину. Определяют по ГОСТ 13525.1. Разрывная длина находится в прямой зависимости от степени помола. При разрыве отливок из садкой массы происходит в основном выдергивание волокон из толщи листа, и только незначительное количество волокон при этом разрывается, поэтому разрывная длина получается низкой. По мере повышения степени помола количество этих разрывов возрастает, сильно увеличивается разрывная длина, что указывает на рост сил сцепления между волокнами.

Порядок выполнения работы

Определение степени помола, фракционного состава, геометрических размеров волокон проводят на дефибраторной массе, предва-

рительно разбитой на дезинтеграторе. Дезинтегратор предназначен для мокрого роспуска древесной массы, листовой целлюлозы и других материалов до состояния волокнистой суспензии. Техническая характеристика дезинтегратора представлена в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика дезинтегратора

Показатель	Значение
Объем стакана, л	3
Диаметр стакана, мм	152
Диаметр пропеллера, мм	90 ± 0,2
Скорость вращения пропеллера, об/мин	3000
Число лопастей пропеллера, шт.	3
Электродвигатель:	
– тип	АОЛ-24
– мощность, кВт	0,27
– частота вращения, об/мин	1400
– напряжение, В	220/380
Габаритные размеры, мм	420×210×525
Масса, кг	30

При работе на дезинтеграторе бачок заполняется не более $\frac{2}{3}$ объема и подвешивается с помощью байонетного крепления, которое фиксируется пружинным штифтом. Включение осуществляется пакетным выключателем, расположенным на передней стенке аппарата.

Для всех указанных методов испытаний достаточно 20 г абсолютно сухого волокна. Указанное количество волокна заливают водой с таким расчетом, чтобы общая масса системы составляла 1000 г, и помещают в стакан дезинтегратора. Разбивку проводят в течение 10 мин. Отбор необходимого количества волокна для определения выполняют объемным способом с учетом концентрации волокнистой массы (2%).

Определение степени помола массы на приборе СР-2 типа Шоппер – Риглера. Степень помола массы определяют на приборе СР-2 типа Шоппер – Риглера (рис. 1). Принцип работы прибора основан на разной скорости отдачи воды массой различного помола при обезвоживании ее на сетке.

Верхняя снимающаяся часть прибора представляет собой цилиндр 1, дно которого обтянуто одинарной миткалевой сеткой № 40. Сетчатое дно цилиндра закрывается клапаном 2, края которого обтянуты резиновым кольцом, чтобы он плотно закрывал снизу цилиндр.

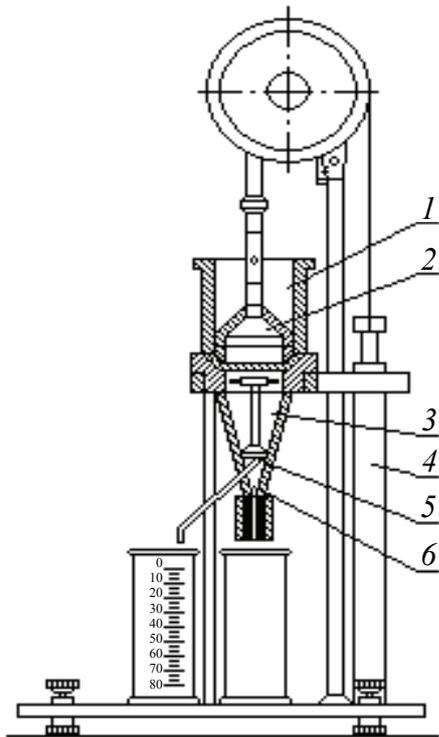


Рис. 1. Прибор СР-2 для определения степени помола:
 1 – цилиндр с сеткой; 2 – клапан;
 3 – конус; 4 – штатив;
 5 – боковое отверстие;
 6 – центральное отверстие

Нижняя часть прибора представляет конус 3, укрепленный на устойчивом штативе 4, и имеет два отверстия: центральное 6 (узкое) и боковое 5 (более широкое). Расположение этих отверстий выбрано так, чтобы вода, стекающая через слой массы и сетку из верхнего цилиндра, могла уходить через боковое отверстие лишь тогда, когда скорость стекания ее больше, чем пропускная способность центрального отверстия. В этом случае вся вода не успевает уйти через нижнее отверстие и скапливается в конусе, а оставшая часть вытекает через боковое переливное отверстие.

С повышением степени помола скорость водоотдачи убывает. При низкой степени помола вода стекает быстро, и большая ее часть уходит через широкое боковое отверстие в градуированный сосуд. При высокой степени помола вода настолько медленно стекает, что почти вся проходит через центральное узкое отверстие в другой сосуд.

Степень помола выражают в условных градусах Шоппер – Риглера. Перед ее определением необходимо внимательно ознакомиться с устройством прибора, принципом его работы и провести пробное определение на воде. Степень помола определяют при строгом соблюдении температуры массы, которая составляет 18–20°C.

Для измерения степени помола отбирают пробу объемом 100 см³, содержащую 2 г древесноволокнистой массы (в пересчете на абсолютно сухое волокно), помещают в мерный сосуд, доводят водой, имеющей температуру 18–20°C, до объема 1000 см³ и тщательно перемешивают до получения однородной суспензии.

Прибор Шоппер – Риглера устанавливают в исходное положение, для чего с помощью маховичка плотно закрывают коническим клапаном отверстие с ситом. В приемный цилиндрический сосуд переливают из мерного сосуда 1000 см³ водной суспензии древесноволокнистой массы. Под сливные трубки устанавливают градуирован-

ные сосуды. Для начала процесса обезвоживания массы конический клапан поднимают с помощью рукоятки. Дождавшись окончания спуска воды через боковую сливную трубу, по мензурке со шкалой отмеряют уровень наполнения, величина которого будет равняться степени помола.

Определение повторяют не менее трех раз, используя одну и ту же волокнистую массу. Затем волокнистую массу, осевшую на сетке прибора, отжимают, переносят на бумажный фильтр и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы для корректировки степени помола с учетом истинного содержания волокна в анализируемой суспензии. Затем с помощью диаграммы, представленной на рис. 2, вносят поправку в ранее полученный результат.

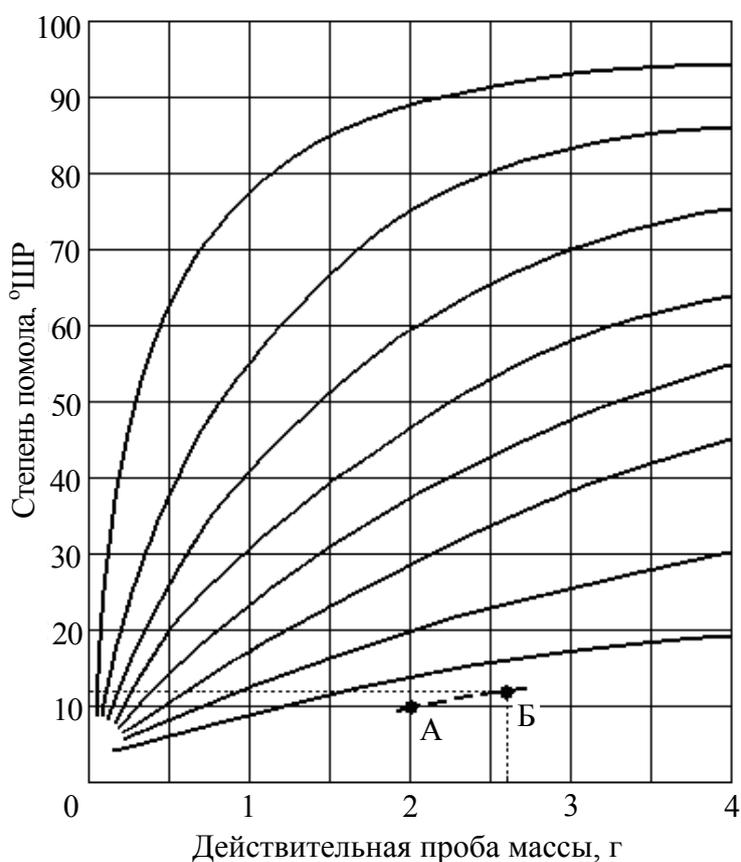


Рис. 2. Диаграмма корректировки степени помола для прибора СР-2

Для этого из точек, соответствующих полученному значению степени помола и массе высушенной пробы, проводят перпендикуляры до взаимного их пересечения в точке А. Если эта точка лежит на линии, то нужно искать пересечение этой кривой с перпендикуляром,

соответствующим значению 2 г а. с. в., т. е. определяют точку Б. В случае, если точка А находится между кривыми, то из этой точки проводят линию, параллельную ближайшей кривой. По найденной точке Б на оси ординат определяют действительное значение степени помола. Например, получен помол 12°ШР, масса высушенного волокна равна 2,6 г. Действительная степень помола будет составлять 10°ШР.

Определение степени помола массы на приборе Дефибратор-секунда. Прибор Дефибратор-секунда (рис. 3) состоит из неподвижного нижнего цилиндрического бака 2, продолжением которого является верхний цилиндр 5, свободно перемещаемый по вертикали между двумя направляющими шинами 6 опорных стоек станины 1. Диаметр верхнего цилиндра равняется 21,5 см. На внутренней поверхности цилиндра на расстоянии 275 мм от его основания нанесена риска. При заполнении цилиндра древесноволокнистой массой с концентрацией 1,28% до этой отметки объем массы составляет 10 л.

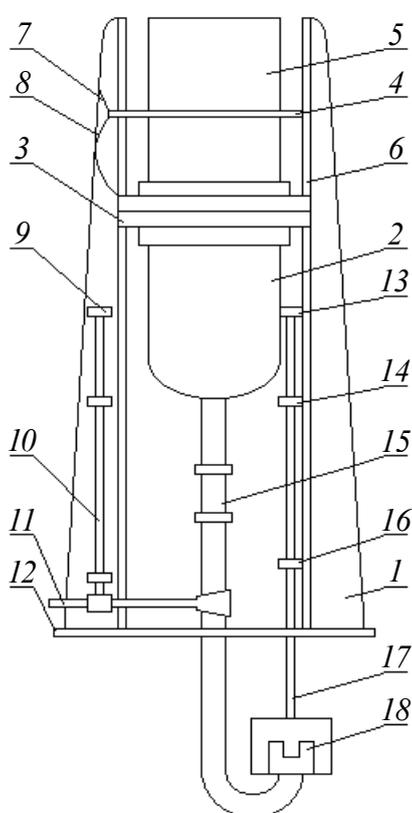


Рис. 3. Прибор Дефибратор-секунда:
 1 – станина; 2 – нижний бак;
 3 – рамка с сеткой; 4 – опорное кольцо;
 5 – верхний цилиндр;
 6 – направляющие шины; 7 – рычаг;
 8 – зажим; 9 – запорная рукоять;
 10, 11 – система подвода воды;
 12 – фундамент;
 13, 14, 16, 17, 18 – запорные клапаны;
 15 – стеклянная трубка

Между верхним цилиндром и нижним баком (сборником) расположена сетка, закрепленная в кольцевой рамке 3. Обычно применяется бронзовая сетка № 10. Рамка с сеткой снимается. Места соединения с цилиндрами уплотнены прокладками. Крепится цилиндр к сборнику пружинным зажимом 8. В сборник через вентиль и стеклянную трубку 15 подводится вода. Отвод воды осуществляется через эту же стеклянную трубку и сифон, на котором установлен спускной клапан. Последний открывается нажатием на запорную рукоять 9.

Расстояние между ситом и отверстием слива воды составляет 1 м. На стеклянной трубке име-

ется указатель уровня «10», по которому определяется момент опорожнения сборника.

Проверяют прибор путем залива в него воды через вентиль (при закрытом спускном клапане) до отметки в верхнем цилиндре. Затем вентиль закрывают, а спускной клапан открывают. Время истечения чистой воды должно составлять 10 с. Ход истечения контролируют по указателю уровня.

Перед началом работы проверяют чистоту сетки. Далее верхний цилиндр опускают на рамку с сеткой и его положение фиксируют зажимом. Отверстие трубки запирают спускным клапаном нажатием кнопки штока. Вентиль открывают, и вода заполняет сначала сифонную трубку, затем нижний цилиндрический бак и поднимается через сетку в верхний цилиндр. Прибор наполняют водой до уровня выше сетки на 5 мм. Древесноволокнистую массу, содержащую 128 г а. с. в., заливают в верхний цилиндр, перемешивают и разбавляют водой до достижения уровня риски. Вновь тщательно перемешивают массу, открывают спускной клапан и одновременно включают секундомер. Как только последняя порция истекающей массы пересечет указатель уровня на сливной трубе, секундомер выключают. Время истечения воды в секундах выражает степень помола в единицах ДС.

После замера размола верхний цилиндр поднимают и вынимают рамку с древесным волокном, осевшим на сетке. Волокно аккуратно отбирают, дополнительно отжимают в холодном прессе и сушат при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Корректировку результатов производят по диаграмме, приведенной на рис. 4.

Например, масса образца оказалась равной 120 г, а время обезвоживания составило 20 с. Нужно найти точку пересечения перпендикуляров осей абсцисс и ординат. Через точку пересечения проводят воображаемую линию параллельно ближайшей наклонной до пересечения с перпендикуляром, соответствующим значению 128 г, а затем по полученной точке на оси ординат устанавливают действительное значение степени помола. В данном примере оно будет равно 21 ДС.

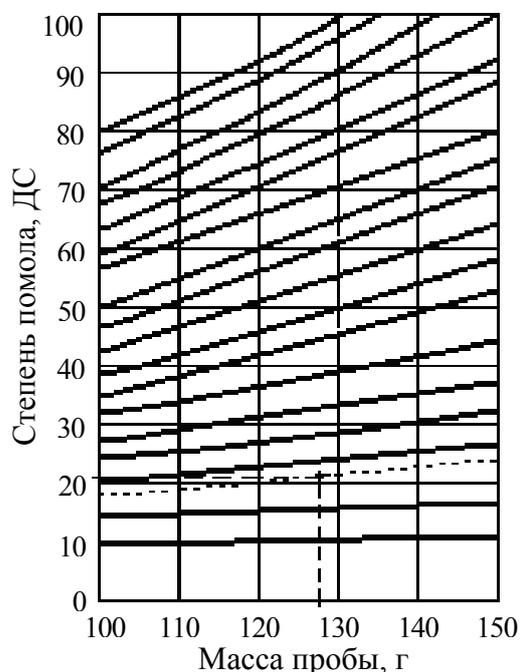


Рис. 4. Диаграмма корректировки степени помола для прибора ДС

Перевод показателей степени помола из одной единицы в другую производят в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

**Перевод значений градусов помола из дефибратор-секунды
в градусы Шоппер – Риглера**

ДС	12,0	17,0	22,0	28,0	35,0	41,8	51,0	61,0	72,0	87,0	100,0
°ШР	9,6	10,6	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0

Определение степени измельчения волокон на приборе ВНИИДрева. Для определения берут 5 г воздушно-сухого древесного волокна влажностью 4–15%, высыпают в рабочую трубку 1 (рис. 5),

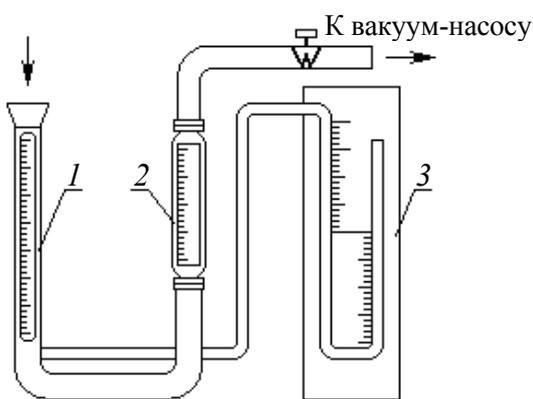


Рис. 5. Прибор ВНИИДрева для определения степени помола:
1 – рабочая трубка; 2 – ротаметр;
3 – жидкостный манометр

в которой вакуум-насосом создается разрежение. Волокно в потоке воздуха, имеющего скорость до 1 м/с по ротаметру 2, достигает стенки и покрывает ее тонким слоем. Величина разрежения под слоем волокна фиксируется жидкостным манометром 3 с градуировкой до 60 единиц (1 единица соответствует $9,8 \text{ Н/м}^2$), которая и определяет градус его помола, выраженный в единицах ВНИИДрева. Продолжительность измерения составляет 2–5 мин. Используя диаграмму, представленную на

рис. 6, можно перевести показатель степени помола единиц ВНИИДрева в дефибратор-секунду (ДС). Определение повторяют не менее трех раз.

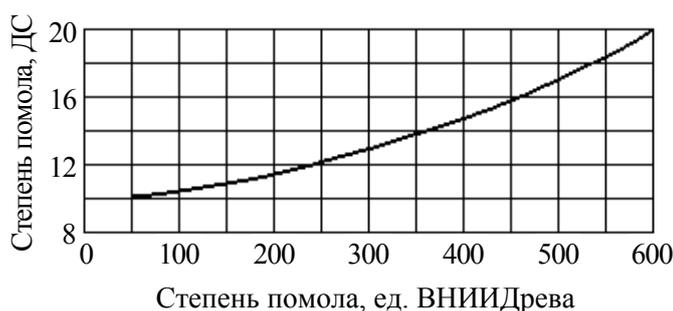


Рис. 6. Графическая зависимость для перевода степени помола волокна из единиц ВНИИДрева в дефибратор-секунду

Определение фракционного состава массы. Определение производят с помощью фракционатора «Bauer McNett», который пред-

ставлен на рис. 7. Перед проведением анализа состава волокнистой суспензии необходимо ознакомиться с устройством и принципом работы фракционатора.



Рис. 7. Установка для фракционирования массы

Прибор состоит из укрепленных на сборочной раме и последовательно соединенных четырех узлов, в каждом из которых находится сетка с соответствующей величиной пропускающего отверстия для улавливания волокна. Подача воды осуществляется каскадно с первой ступени во вторую и т. д. Скорость подачи воды в аппарат должна быть не менее 10 л/мин для обеспечения стока воды из внутренней чаши узла во внешнюю.

Рекомендованными сетками, используемыми для фракционирования древесной массы, являются следующие: 14 нитей на дюйм (отверстие 1,19 мм), 30 нитей на дюйм (0,595 мм), 50 нитей на дюйм (0,297 мм) и 100 нитей на дюйм (0,149 мм). Размер сетки подбирают таким образом, чтобы на ней не собиралось более 25% всего волокна.

Первый узел снабжен регулятором и измерителем давления, который необходим для контроля и поддержания его на достаточном уровне (300 кПа) для обеспечения стабильной работы фракционатора.

До начала работы на аппарате фильтрующие сетки помещают в резервуары и зажимают посредством пневматических цилиндров на

узлах, каждый из которых может управляться вручную. Затем открывают сборник волокна под каждым узлом и на перфорированную пластину нижней крышки вкладывают предварительно взвешенный кусок плотной ткани или фильтровальной бумаги. Сборники волокна плотно закрывают и в них вставляют металлические штепселя слива.

Путем нажатия кнопки «Подача воды» на блоке управления открывается соленоидальный клапан подачи воды, загорается зеленая лампочка и вода по калиброванной трубе поступает в аппарат. Необходимо отрегулировать подачу воды таким образом, чтобы обеспечивался ток воды со скоростью $(10 \pm 0,2)$ л/мин и умеренный перелив из воронки в стоковую чашку.

Когда все резервуары заполнены, включают двигатели, нажимая кнопку «Включение двигателей» на панели управления. Включение осуществится только в случае установки всех плексигласовых стекол безопасности, при этом на панели управления загорается белая лампочка. В течение 15 с в резервуар первого модуля с помощью воронки заливается расчетный объем древесной волокнистой массы с концентрацией 0,3–0,4%, содержащий $(10,00 \pm 0,05)$ г а. с. в. Путем нажатия кнопки «Включить таймер» устанавливается необходимое время фракционирования (15 мин). По его истечении автоматически отключается подача воды. После слива воды из резервуара последнего модуля происходит остановка двигателей, которая осуществляется автоматически через 30 с после того, как прекращается подача воды.

Затем удаляют штепселя слива, и волокнистая масса, которая осталась в резервуарах, стекает в сборники. Плексигласовые крышки снимают с резервуаров путем откручивания винтов крепления. Резервуары промывают водой для удаления волокна с фильтров и стенок и обеспечения более полного сохранения полученных фракций. После промывки крышки устанавливают на место, так как без них невозможен запуск двигателей.

Из сборников волокон извлекают ткань или фильтровальную бумагу с соответствующими фракциями, высушивают в сушильном шкафу при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и взвешивают с точностью до 0,005 г.

Содержание в древесной массе каждой фракции определяют по формуле

$$\Phi_i = \frac{M_i}{M} 100\%, \quad (1)$$

где M_i – масса а. с. в. в i -й фракции ($i = 14, 30, 50, 100$ меш), г; M – масса а. с. в., взятого для фракционирования, г.

Определение средневзвешенной длины волокон. Длину волокон определяют с помощью прибора Иванова, который представлен на рис. 8.

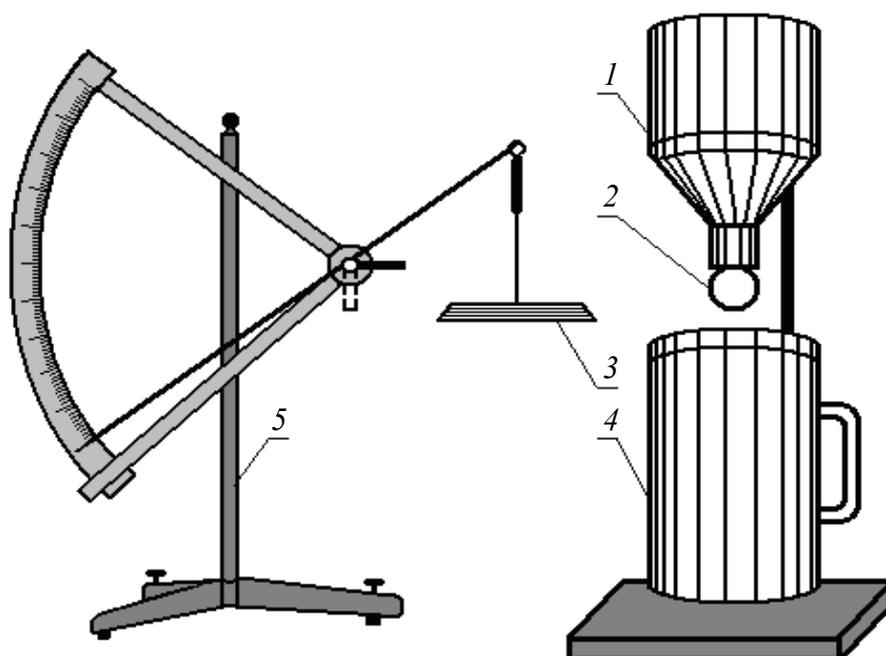


Рис. 8. Прибор Иванова для определения средневзвешенной длины волокон:
1 – воронкообразный сосуд; 2 – откидной клапан; 3 – рамка;
4 – кружка; 5 – рычажные весы

Прибор состоит из воронкообразного сосуда 1 с нижним отверстием диаметром 40 мм, закрываемым откидным клапаном 2. Между конической и цилиндрической частями воронки помещается проволочное горизонтально установленное кольцо, на которое ставится рамка 3 – основной рабочий орган прибора. Рамка представляет собой решетку, набранную из тонких металлических лезвий обтекаемой формы и имеющую стержень с крючком, с помощью которого она может взвешиваться на рычажных весах 5. Размер нормальной рамки составляет 100×100 мм, расстояние между лезвиями – 10 мм. Для облегчения стока воды рамке придана форма двускатной кровли.

Перед началом определения взвешивают сухую рамку на рычажных весах. Для анализа берут 6 г а. с. в. (300 мл приготовленной волокнистой суспензии), разбавляют 2 л воды и после тщательного перемешивания выливают в сосуд при закрытом клапане. Затем в сосуд устанавливают рамку и открывают клапан. Волокнистую массу спускают в кружку 4, а рамку вместе с волокнами, которые задержались

на линейках, выдерживают 3 мин, переносят на сухой лист фильтровальной бумаги и выдерживают 1 мин, меняя через 30 с местоположение рамки. Затем ее взвешивают на рычажных весах.

Вес сырых волокон, выраженный в дециграммах, дает весовой показатель, который характеризует длину волокна. По табл. 3 этот весовой показатель переводится в средневзвешенную длину волокна.

Таблица 3

Таблица перевода весового показателя в средневзвешенную длину волокна

Весовой показатель, дг	Длина волокна, мм	Весовой показатель, дг	Длина волокна, мм
8	0,5	73	1,6
14	0,6	79	1,7
21	0,7	84	1,8
26	0,8	90	1,9
32	0,9	97	2,0
38	1,0	104	2,1
44	1,1	112	2,2
50	1,2	124	2,3
56	1,3	140	2,4
62	1,4	167	2,5
67	1,5		

Результаты определений оформляют в виде табл. 4.

Таблица 4

Показатели качества древесного волокна

Показатель	Значение
Степень помола:	
– по прибору Шоппер – Риглера, °ШР	
– по прибору Дефибратор-секунда, ДС	
– по прибору ВНИИДрева, ед. ВНИИДрева	
Фракционный состав, %:	
– I фракция	
– II фракция	
– III фракция	
– IV фракция	
– V фракция	
Средневзвешенная длина волокна, мм	

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика древесных волокон в массе.
2. Способы определения степени помола древесноволокнистой массы, виды помола.
3. Определение фракционного состава древесноволокнистой массы.
4. Прочностные свойства древесноволокнистой массы.

Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЩЕПЫ И СТРУЖКИ

Цель работы – определить для щепы наличие коры и гнили, толщину и качество срезов, породный состав; для стружки – фракционный состав, геометрическую форму и размер стружек.

Материалы и оборудование: древесная щепа; древесная стружка; 1%-ный раствор калия марганцевокислого; 12%-ный раствор серной кислоты; 1%-ный раствор водного аммиака; толщиномер ручной; шаблон-угломер; лупа с трех- или четырехкратным увеличением; стакан фарфоровый и стакан из металлической сетки емкостью 1 л; набор сит: 10/7, 7/5, 5/3, 3/2, 2/1, 1/0,5, 0,5/0,25, 0,25/0; технические весы с точностью взвешивания 0,1 г; металлическая линейка; метрическая шкала с увеличительной линзой.

Общие сведения

В изготовлении древесных плит на начальной стадии исходное сырье измельчается до щепы или стружки. В производственных условиях оценка качества щепы и стружки является повседневной работой заводской или цеховой лаборатории. На основе полученных характеристик корректируется технологический регламент изготовления плит. Знание степени значимости полученных характеристик создает основу научного подхода к организации производственного процесса.

Технологическая щепа является прекрасным сырьем для изготовления древесного волокна и стружки, используемой в ДСтП. Ее получают из некондиционной малоценной древесины, отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки, которые по форме и размерам не могут быть разделены на сортименты.

В производстве ДВП используется щепа, которая должна удовлетворять требованиям, представленным в табл. 5.

Характеристика кондиционной щепы

Параметр	Значение
Размеры, мм:	
– длина (вдоль волокон)	10–15 (оптимальная 25)
– толщина, не более	5
Угол среза, град	30–60
Фракционный состав, % щепы, не прошедшей сито с отверстиями, мм, не более:	
– 30	10
– 10	79
– 5	10
Допустимые примеси (по массе), %, не более:	
– коры	15
– гнили	5
– минеральных включений	1

Оптимальная длина щепы для сухого способа производства плит при использовании для размола рафинеров составляет 15–18 мм. Большинство предприятий, выпускающих ДВП, работают на смеси древесины хвойных и лиственных пород. Для сухого способа производства предпочтительна щепа из древесины лиственных пород, так как получаемые из нее короткие со стабильными размерами волокна обеспечивают при воздушном формовании более равномерную плотность ковра.

Щепа, применяемая в производстве ДСтП, должна удовлетворять следующим требованиям:

- размеры для плит плоского прессования, мм:
 - длина 20–60 (оптимальная – 40)
 - толщина не более 30
- для плит экструзионного прессования, мм:
 - длина 5–40 (оптимальная – 20)
 - толщина не более 30

В технологической щепе разрешается содержание коры не более 12%, гнили – не более 5%; минеральные примеси (уголь, камень, известь, металлические включения и др.) не допускаются. Влажность щепы не должна превышать 29% относительного или 40% абсолютного содержания влаги.

Для характеристики однородности или неоднородности щепы по размерам устанавливают ее фракционный состав, т. е. разделяют ее на размерные группы с определением в каждой из них массы

в процентах от общего количества щепы, которое принимают за 100%. Для фракционирования используют наборы сит с определенным диаметром отверстий. Ситоанализатор с ситами приводится в колебательное движение. Часть щепы задерживается на более крупных ситах, остальная последовательно проходит через каждое последующее сито с более мелкими отверстиями. Самые мелкие частицы поступают на сплошной поддон, а самые крупные остаются на верхнем сите. Перед анализом щепы из нее удаляют кору и гниль. Фракционный состав щепы для ДСтП приведен в табл. 6.

Таблица 6

Рекомендуемый фракционный состав щепы

Показатель	Размеры отверстий на ситах, мм					Поддон
	50	30	10	5	2	
Допустимые ос-татки на ситах, %	3 (длиной не более 80 мм)	Не менее 90		–	–	Не более 7

Щепу получают резанием на рубительных машинах и учитывают в кубических метрах плотной массы с точностью до $0,1 \text{ м}^3$, принимая для перевода насыпного объема щепы в плотную массу следующие значения коэффициента: 0,36 – до отправки потребителю; 0,4 – при перевозке железнодорожным и автомобильным транспортом до 50 км; 0,42 – на расстояние более 50 км.

Для производства плит применяют древесные частицы различной формы и размеров. Наиболее прочные плиты получают из специально изготовленной стружки. Использование длинной стружки (свыше 50 мм) ухудшает прочностные показатели плит, вызывает затруднения при транспортировке, смешивании со связующим, формировании стружечного ковра. С ростом ширины стружки прочность плит падает, ухудшается шероховатость их поверхности.

Наибольшее влияние на показатели механических свойств ДСтП оказывает толщина стружки, определяющая отношение площади поверхности к массе стружки и изменяющая расход связующего, который устанавливается по отношению к ее величине. С увеличением толщины стружки свыше 0,6 мм прочность плит резко снижается. Размеры стружки определяются как среднее арифметическое из замеров 50 отдельных стружек. На основании изложенных закономерностей в производстве ДСтП рекомендуется применять размеры древесных частиц, представленные в табл. 7.

Размеры древесных частиц для изготовления ДСтП

Плиты	Размеры древесных частиц, мм		
	длина	ширина	средняя толщина
Трехслойные:			
– наружный слой	До 20	До 3	0,15–0,25
– внутренний слой	До 40	До 12	0,35–0,45
Однослойные	До 20	До 6	0,25–0,35
Многослойные	До 30	До 6	0,25–0,45
Экструзионные	До 20	До 3	0,60–0,70

Для изготовления ДСтП следует использовать стружку с соотношением толщины, ширины и длины, равным соответственно 1 : 10 : 100.

В последние годы производят плиты с мелкоструктурированной поверхностью, в которых для формирования наружных слоев используется специально изготовленная микростружка и даже шлифовальная пыль. Фракционный состав и размеры древесных частиц зависят от технологии и применяемого оборудования.

Примесь коры в стружке во всех случаях снижает прочность ДСтП примерно на 5–10%.

Большое влияние на качественные характеристики плит оказывает порода древесины. Прочность ДСтП тем выше, чем меньше плотность исходной древесины. При одинаковом содержании связующего плиты из хвойных и мягких лиственных пород древесины (тополь, липа, ива) примерно на 20% прочнее, чем из березовой древесины. Чем ниже прочность исходной древесной породы, тем выше прочностные свойства ДСтП. Это, вероятно, объясняется более тесным соприкосновением древесных частиц, занимающих больший объем, т. е. из стружек легких древесных пород. С целью повышения показателей механических свойств трехслойных плит рекомендуется использовать для наружных слоев древесину хвойных и мягких лиственных пород, а для внутреннего слоя – древесину твердых лиственных пород. При таком распределении сырья при прочих равных условиях получают плиты с высокой прочностью при статическом изгибе и разрыве перпендикулярно пласти.

Порядок выполнения работы

Определение наличия в щепе коры и гнили. Для испытания берут щепу в количестве $(0,5 \pm 0,05)$ кг. Отбор коры и гнили производят вручную. Взвешивают отдельно кору и гниль с точностью до 0,1 г. Содержание коры и гнили рассчитывают по следующей формуле:

$$X = \frac{q}{G}100\%, \quad (2)$$

где q – масса коры и гнили, г; G – исходная масса щепы, г.

Определение толщины щепы и качества срезов. Замерам подвергается оптимальная фракция щепы. Такой по ГОСТ 15815 для ДВП мокрого способа является щепа длиной 10–30 мм, для ДВП сухого прессования – 10–20 мм, для ДСтП плоского прессования – 10–50 мм, для ДСтП экструзионного прессования – 2–30 мм.

Из оптимальной фракции отбирают наиболее крупную (по толщине) щепу общей массой G_T , равной (100 ± 5) г. Поштучно производят одноразовый замер ее толщины ручным толщиномером. Щепу толщиной, превышающей допустимую (для ДВП она составляет 5 мм, а для ДСтП – 3 мм), взвешивают с точностью до 0,1 г. Содержание утолщенной щепы определяют по соотношению

$$X_T = \frac{q_T}{G_T}100\%, \quad (3)$$

где q_T – масса утолщенной щепы, г; G_T – общая масса щепы, г.

Допустимой следует считать величину X_T , не превышающую установленное стандартом процентное содержание самой крупной фракции.

Щепу, используемую для производства ДВП, проверяют на качество срезов. Для этого щепу из навески G_T при поштучном замере толщины подвергают оценке качества среза с помощью лупы и шаблона-угломера. Щепу, имеющую мятые кромки, или щепу, угол среза у которой не равен $30\text{--}60^\circ$, взвешивают с точностью до 0,1 г. Содержание щепы с некачественным срезом вычисляют по следующей формуле:

$$X_c = \frac{q_c}{G_T}100\%, \quad (4)$$

где q_c – масса щепы с некачественным срезом, г.

Определение породного состава щепы. Определение породного состава щепы производят после ее фракционирования. Из смеси оптимальной и крупной фракций отбирают среднюю пробу и сокращают ее массу методом квартования до (100 ± 5) г. Отобранную для испытания щепу помещают в стакан из металлической сетки, который, в свою очередь, опускают в фарфоровый стакан. Затем щепу заливают раствором марганцевокислого калия так, чтобы он покрывал ее целиком. Выдерживают щепу в этом растворе 2 мин, после чего

сетчатый стакан со щепой вынимают из фарфорового стакана и поднимают над ним для стекания избытка раствора марганцевокислого калия. Щепы в сетчатом стакане промываются проточной водой. Содержимое фарфорового стакана сливается обратно в емкость, а сам он ополаскивается водой и используется для последующих анализов. Затем аналогичным образом производится обработка щепы раствором соляной кислоты (в течение 2 мин). После промывки щепы (в сетчатом стакане) и отдельно фарфорового стакана ее опять помещают в фарфоровый стакан и заливают раствором аммиака. Через 1 мин щепу вынимают и без промывки водой высыпают на фильтровальную бумагу.

В процессе обработки листовая щепа (дуб, клен, береза, осина, бук) окрашивается в пурпурно-красный цвет, а хвойная (сосна, пихта, ель, кедр, лиственница) приобретает желтую окраску.

Разделив щепу по цвету, взвешивают ее с точностью до 1 г, затем содержание той или иной породы ($X_{хв}$, $X_{л}$) определяют по формуле

$$X_{хв} = \frac{G_1}{G_1 + G_2} 100\%, \quad X_{л} = \frac{G_2}{G_1 + G_2} 100\%, \quad (5)$$

где G_1 – масса щепы хвойной породы, г; G_2 – масса щепы лиственной породы, г.

Определение фракционного состава стружки. Качество древесной стружки оценивают путем определения ее фракционного состава, влажности, геометрической формы и размеров.

В приборе для фракционирования применяют набор из восьми круглых сит диаметром 200 мм, пять из которых имеют круглые отверстия диаметром 10, 7, 5, 3 и 2 мм, остальные три сита – сетчатые ячейки размером 1,0×1,0; 0,5×0,5; 0,25×0,25 мм. В основании установлена чаша, собирающая пыль. Набор сит накрыт крышкой и закреплен на установочной площадке стяжными гайками. Площадка вместе с ситами приводится во вращательно-поступательное движение с одновременным встряхиванием.

Взятую для испытаний пробу делят методом квартования до получения навески для одного анализа около 50 г. Влажность взятой стружки не должна превышать 6%, что обеспечивает лучшее отделение мелочи и пыли. Навеску высыпают на верхнее сито анализатора. Время фракционирования одной навески стружки составляет 5 мин.

По окончании отсева стружки разбирают сита, каждую фракцию взвешивают на весах с точностью до 0,01 г. Количественное содержание фракций в навеске выражают в процентах к общей массе. Номер фракции обозначается размерами сит, между которыми она

была отобрана. Например, для данного случая: $-/10$; $10/7$; $7/5$; $5/3$; $3/2$; $2/1$; $1,0/0,5$; $0,5/0,25$; $0,25/0$ (дно).

Количество анализов для взятой пробы должно быть не менее трех. Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое. Полученные данные сравнивают с показателями, установленными технологической инструкцией по производству ДСтП. Иногда пользуются показателем среднего фракционного размера стружек $\Phi_{\text{ср}}$, мм, который вычисляется по следующей формуле:

$$\Phi_{\text{ср}} = \frac{g_{10}d_{10} + g_7d_7 + \dots + g_{0,5}d_{0,5} + g_{0,25}d_{0,25}}{g_{10} + g_7 + \dots + g_{0,5} + g_{0,25} + g_0}, \quad (6)$$

где $g_{10}, g_7, \dots, g_{0,5}, g_{0,25}, g_0$ – количество стружек отдельных фракций, г или %; $d_{10}, d_7, \dots, d_{0,5}, d_{0,25}$ – размер отверстий сита отдельных фракций, мм.

Поскольку размер мелкой фракции (пыли) приравнивается к нулю, множитель с d_0 в числителе формулы не указывается.

На качество ситового анализа большое влияние оказывает время рассева материала. Оптимальная продолжительность отсева устанавливается опытным путем, исходя из того, что просеивание считается законченным, если за наблюдаемый отрезок времени масса фракции на сите не изменяется или уменьшается не более чем на 0,02 г. Если для обычной стружки оптимальная продолжительность отсева составляет 5 мин, то для мелкой стружки, полученной после вторичного измельчения в молотковых или зубчато-ситовых мельницах, – 10–15 мин, причем сев ведется с воздействием побудителей.

В качестве побудителей применяются кусочки резины размером $10 \times 5 \times 3$ мм, которые помещаются на каждое сито (по 5 шт.).

Фракционный состав стружки изображается в виде гистограммы, пример которой приведен на рис. 9.

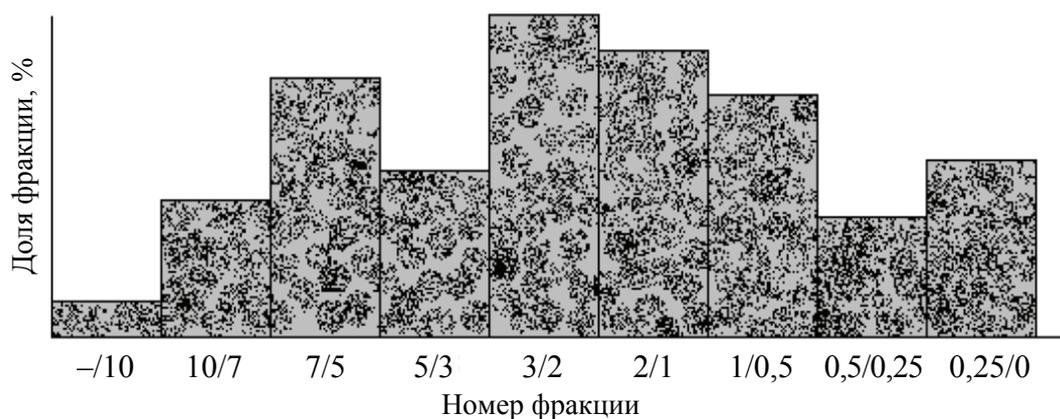


Рис. 9. Пример построения гистограммы

Определение геометрической формы и размеров стружек.
Отбирают пробу, количество стружек в которой должно составлять 50–100 шт. (примерно 100 г). Считается, что для контроля технологического процесса достаточно 50 шт. стружек, т. е. 50 замеров, а при специальных исследованиях не менее 100. В зависимости от геометрической формы стружку относят к той или иной группе.

Плоская стружка – стружка, ширина которой в несколько раз больше толщины.

Игольчатая стружка – стружка с незначительной шириной, близкой к толщине.

Скрученная стружка – стружка-отход при строгании или фрезеровании.

Кубикообразные частицы – частицы стружки, имеющие примерно одинаковые размеры по длине, ширине и толщине.

Мелочь и пыль – частицы фракции 1/0.

Затем определяют массу отдельных фракций и рассчитывают их процентное содержание в стружке.

Определение геометрических размеров стружек производят для плоской и игольчатой стружек. Для первой измеряют длину, для второй – толщину. Указанные величины определяют измерительными приборами с точностью по длине стружки до 1,0 мм. Длина стружки находится вдоль направления волокон древесины.

По полученным данным рассчитывают средние значения размеров стружки, а для полной характеристики производят статистическую обработку результатов измерений (см. прил. 1).

Сравнение полученных вариационных коэффициентов для длины и ширины стружки позволяет судить, какой из размеров является наиболее изменчивым.

Полученные данные сводят в табл. 8.

Таблица 8

Качественная характеристика щепы и стружки

Анализируемый образец	Показатели качества						
	Содержание коры, %	Содержание гнили, %	Породный состав, %		Содержание кондиционной щепы, %	Геометрическая форма	
			лиственная древесина	хвойная древесина		процент фракции	средний размер, мм
Щепа							
Стружка							

Анализируя данные табл. 8, устанавливают их соответствие требованиям ГОСТа, что и фиксируют в выводах по работе.

Контрольные вопросы

1. Основные показатели, которые характеризуют древесную щепу, используемую в производстве ДВП.
2. Основные показатели, которые характеризуют древесную щепу, используемую в производстве ДВП.
3. Основные показатели, характеризующие древесную стружку.
4. Получение древесной щепы в промышленных условиях.
5. Получение древесной стружки в промышленных условиях.

Лабораторная работа № 3 ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Цель работы – изготовить трехслойную ДСтП марки П-2 и определить показатели ее качества. Плотность плиты ρ , долю слоев $i_n, i_{вн}$, расход связующего $D_n, D_{вн}$, влажность стружки $W_n, W_{вн}$, влажность плиты $W_{пл}$, температуру прессования, вид используемой добавки и ее дозировку $P_n, P_{вн}$ задает преподаватель.

Материалы и оборудование: древесная стружка (две фракции); карбамидоформальдегидная смола; растворы разных видов отвердителей; формалин; 0,1 и 0,01 н. растворы йода; 1 н. и 10%-ный растворы едкого калия; 1 н. раствор едкого натра; 1 н. и в соотношении 1 : 1 растворы серной кислоты; 0,1 и 0,01 н. растворы тиосульфата натрия; 1%-ный раствор крахмала; 50%-ный раствор изопропилового спирта; свежеприготовленный 5%-ный раствор солянокислого фенилгидразина; 5%-ный раствор калия железосинеродистого; пластмассовая емкость на 10 л; стеклянный стакан вместимостью 150 мл; стеклянные банки с крышками объемом 500 мл; колбы конические объемом 200 или 250 мл с притертыми крышками; бюретка объемом 25 мл (2 шт.); пипетки (объемом 1, 2, 5, 10 мл с делениями по 0,01 и 0,1 мл и без делений на 15 и 50 мл); пробирки с шлифованными пробками на 15 или 25 мл; дистанционные планки с коробом для формования стружечного брикета; пресс гидравлический с электрообогревом; сушильный шкаф; весы технические; пила; насадка для испытаний образцов ДСтП; вибрационное сепарирующее устройство для

фракционирования стружки; толщиномер ручной; штангенциркуль; резиновая тесьма; спектрофотометр или ФЭЖ.

Общие сведения

Древесностружечной называют плиту, изготовленную путем прессования осмоленных древесных частиц под воздействием давления и высокой температуры. Древесные частицы (стружки) получают измельчением различных видов сырья на стружечных станках. Меняя технологию изготовления и композицию плиты, производят большое количество разнообразных видов плит.

ДСтП являются перспективным конструкционно-отделочным материалом для мебельной промышленности и строительства. По показателям прочности и жесткости ДСтП приближаются к древесине хвойных пород и, кроме того, имеют одинаковые прочностные свойства по всем направлениям плоскости плиты. Они хорошо обрабатываются деревообрабатывающим инструментом, склеиваются как по пласти, так и по кромкам, окрашиваются или отделываются лакокрасочными материалами, шпоном, бумагой или пластмассами. Плитам можно придать био-, огнестойкость и гидрофобность.

ДСтП классифицируют по следующим признакам:

– в зависимости от способа прессования: плиты плоского прессования (частицы расположены параллельно их плоскости) и экструзионного (частицы расположены перпендикулярно к их плоскости);

– в соответствии с конструкцией: однослойные (имеют одинаковые размеры древесных частиц и количество связующего по всей толщине), трехслойные (наружные слои изготавливают из более мелких и тонких древесных частиц с большим количеством связующего по сравнению с внутренним слоем), пятислойные (состоят из одного внутреннего, двух одинаковых симметрично расположенных промежуточных и двух наружных слоев, отличающихся один от другого размерами частиц и содержанием связующего) и многослойные плиты (размер частиц постепенно возрастает от поверхности к середине плиты, а содержание связующего вещества, соответственно, уменьшается);

– применительно к плотности: малой (менее 500 кг/м^3), средней ($500\text{--}650 \text{ кг/м}^3$) и высокой ($650\text{--}750 \text{ кг/м}^3$);

– по виду используемых древесных частиц: специально изготовленная стружка, отходы деревообрабатывающих производств, дробленка и опилки;

- в зависимости от вида обработки древесных частиц для формирования наружных слоев: плиты из специально изготовленных древесных частиц и плиты с мелкоструктурированной поверхностью;
- по гидрофобности: плиты повышенной, средней и низкой водостойкости;
- в соответствии с видом обработки: шлифованные и нешлифованные плиты;
- применительно к виду отделки поверхности: необлицованные и облицованные плиты.

Основные свойства ДСтП можно разделить на две группы: физические (цвет, шероховатость поверхности, качество кромок, коробление, плотность, влажность, гигроскопичность, разбухание и др.) и механические (прочность на изгиб, разрыв перпендикулярно пласти, растяжение, сжатие, модуль упругости, твердость поверхности, сопротивление выдергиванию гвоздей и шурупов).

В качестве связующего в производстве ДСтП применяют главным образом карбамидоформальдегидные и значительно реже феноло- и меламиноформальдегидные смолы. При добавлении одинакового количества этих связующих получают плиты с близкими показателями механических свойств. Однако водостойкость плит на феноло- и меламиноформальдегидном связующем выше, чем на карбамидоформальдегидном.

Карбамидоформальдегидные смолы – продукт конденсации карбамида и формальдегида, доля которого в них зависит от мольного соотношения между отдельными компонентами. Формальдегид находится в смоле практически в связанном состоянии, и лишь незначительная его часть – в свободном. При получении ДСтП карбамидоформальдегидные олигомеры под воздействием теплоты и катализатора отверждаются с образованием формальдегида, однако некоторая его часть не вступает в реакцию и остается в плите. В процессе эксплуатации плит он выделяется в окружающую среду.

Согласно литературным данным, формальдегид, содержащийся в плитах, может взаимодействовать с влагой воздуха с образованием метиленгликоля, который затем полимеризуется. Клеевые мостики, образующиеся при прессовании между отдельными древесными частицами, имеют «лабильные связи», которые особенно при высокой температуре и влажности, в присутствии кислоты или щелочи могут разрушаться с выделением формальдегида. На рис. 10 показана модель отвержденной карбамидоформальдегидной смолы в плите. Наряду с гидролитически нестойкими метилольными группами

отвержденные смолы содержат более трудногидролизуемые метиленаэфирные и устойчивые к гидролизу метиленовые группы.

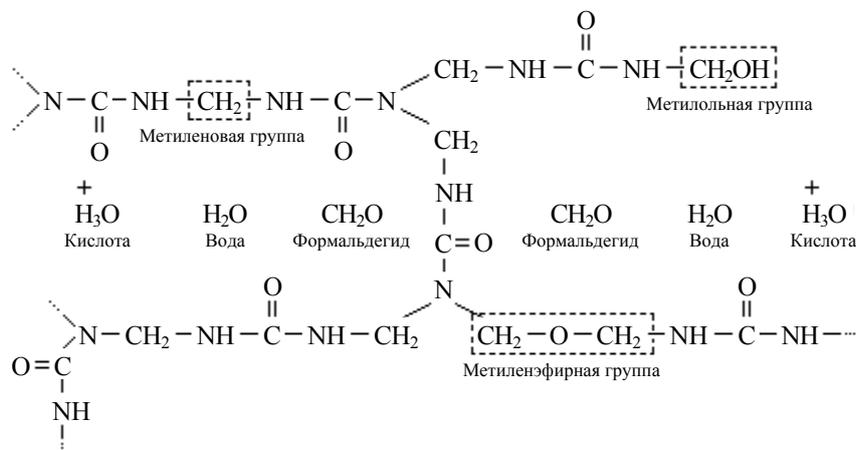


Рис. 10. Схема частично отвержденной смолы в клеевых слоях древесных материалов

Количество формальдегида, выделяющегося из ДСтП, зависит от условий изготовления (вида древесины, типа связующего, режима прессования) и эксплуатации плит (влажности воздуха, температуры и кратности воздухообмена).

Важную роль в плитном производстве играет не только научное, но и практическое развитие методик по определению выделения формальдегида из ДСтП. С помощью измерительных методов можно оценить эффективность мероприятий по снижению токсичности плит.

Методы испытаний на содержание свободного формальдегида в древесных материалах делят на две группы:

- 1) лабораторные, в которых для испытаний используются небольшие по размеру образцы плит (один из таких методов – WKI предлагается к выполнению в данном лабораторном практикуме);
- 2) камерные, применяемые для испытаний крупноразмерных образцов в специальных камерах, где могут быть созданы определенные климатические условия.

Порядок выполнения работы

Расчет потребности в сырье, химикатах и их подготовка. Расчет массы стружки для внутреннего и наружных слоев проводят исходя из массы готовой плиты, которую определяют по заданной плотности ρ , г/см³; и размерам плиты – толщине δ , см, и площади S , см²:

$$m = \rho S \delta. \quad (7)$$

В состав плиты входят: связующее, химические добавки и вода. С учетом их содержания расход абсолютно сухой стружки по слоям составит:

– для внутреннего слоя

$$m_{\text{вн}} = \frac{10^4 m i_{\text{вн}}}{(100 + W_{\text{пл}})(100 + D_{\text{вн}} + P_{\text{вн}})}; \quad (8)$$

– для наружных слоев

$$m_{\text{н}} = \frac{10^4 m i_{\text{н}}}{(100 + W_{\text{пл}})(100 + D_{\text{н}} + P_{\text{н}})}. \quad (9)$$

Навески стружки для изготовления плиты по слоям равны:

– для внутреннего слоя

$$g_{\text{вн}} = \frac{m_{\text{вн}}(100 + W_{\text{вн}})}{100}; \quad (10)$$

– для наружных слоев

$$g_{\text{н}} = \frac{m_{\text{н}}(100 + W_{\text{н}})}{100}. \quad (11)$$

Взвешивание стружки производят в полиэтиленовых пакетах на технических весах с точностью до 1 г.

Расход связующего на одну плиту для каждого слоя рассчитывают по формуле

$$g_{\text{св}} = \frac{m_{\text{сл}} D}{C}, \quad (12)$$

где $m_{\text{сл}}$ – масса абсолютно сухой стружки в слое, кг; D – расход связующего для заданного слоя, %; C – концентрация связующего, %.

Аналогично расходу связующего вычисляется расход других химических добавок. В качестве добавок могут использоваться вещества, повышающие огне-, биостойкость, гидрофобность ДСтП.

Расход отвердителя для каждого слоя находят по следующей формуле:

$$g_{\text{от}} = \frac{g_{\text{св}} C P_{\text{от}}}{100 C_{\text{от}} \rho_{\text{от}}}, \quad (13)$$

где $P_{\text{от}}$ – расход отвердителя, % от массы а. с. смолы; $C_{\text{от}}$ – концентрация отвердителя, %; $\rho_{\text{от}}$ – плотность раствора отвердителя, кг/м³.

Наиболее распространенным отвердителем для карбамидоформальдегидных смол при производстве ДСтП является хлорид аммония. Для внутреннего слоя применяется, как правило, 20%-ный раствор NH_4Cl , а для наружных слоев – комбинированный отвердитель, в состав которого входит хлорид аммония, мочевина, аммиачная вода. В табл. 9 представлены рекомендуемые составы отвердителей.

Таблица 9

Составы отвердителей

Компоненты отвердителя	Количество компонентов в составе, %				
	1	2	3	4	5
Хлористый аммоний	20	20	20	15	20
Карбамид	–	–	–	30	–
Аммиачная вода (25%-ный раствор)	–	35	10	20	25–30
Вода	80	45	70	35	50–55

Для получения кондиционной стружки ее сепарируют на вибрационном сепарирующем устройстве, где происходит отделение пыли и крупной фракции. В лабораторный сепаратор загружают стружку, включают электродвигатель и рассеивают ее на отдельные фракции в течение 10–15 мин. Для изготовления трехслойных плит отбирают фракцию 7/5 в количестве $\frac{2}{3}$ от массы заданной плиты и фракцию 3/1 в количестве $\frac{1}{3}$.

Определение влажности стружки. В чистый предварительно взвешенный бюкс помещают около 5 г стружки, закрывают его крышкой и взвешивают с точностью до 0,0002 г. Затем открытый бюкс вместе с крышкой ставят в сушильный шкаф с температурой $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ и выдерживают в нем до достижения стружкой постоянной массы. Бюкс вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе над хлоридом кальция и взвешивают. Влажность стружки вычисляют по формуле

$$W_{\text{стр}} = \frac{M_0 - M}{m} 100\%, \quad (14)$$

где M_0 и M – масса бюкса с навеской соответственно до и после сушки, г; m – масса навески, г.

Влажность стружки должна находиться в следующих пределах: наружный слой – 5–7%; внутренний слой – 3–5%.

Приготовление связующего. Рабочий раствор связующего готовят разбавлением исходного раствора до концентрации 50–54%. Взвешивание производят в стеклянном стакане на технических весах с точностью до 0,1 г. Туда же добавляют расчетное количество раствора отвердителя и приготовленное связующее перемешивают на протяжении 5–10 мин.

Смешивание стружки со связующим. Смешивание стружки со связующим и добавками может осуществляться двумя способами: отдельной обработкой стружки, проводимой последовательно каждым компонентом, и обработкой стружки одним составом, включающим все добавки в композицию плиты.

Нанесение связующего и добавок на стружку выполняют в лабораторном смесителе, обеспечивающем пневматическое распыление, или вручную, отдельно для наружных и внутреннего слоев, производя тщательное перемешивание композиции в течение 10–12 мин.

Формирование стружечного брикета. Стружечный брикет формируют вручную с помощью короба, который помещают на металлический поддон. Вначале в форму насыпают половину стружки наружного слоя, равномерно распределяя ее по всей площади. Затем формируют внутренний и верхний наружный слой. После формирования в форму вставляют пуансон и подпрессовывают при удельном давлении 0,5–1,0 МПа на протяжении 40–60 с. После снятия давления форму удаляют и снимают пуансон.

Горячее прессование плит. Полученный брикет помещают в горячий гидравлический пресс, устанавливают дистанционные планки и накрывают металлическим листом. Смыкают плиты прессы и начинают повышать давление в соответствии с диаграммой прессования, приведенной на рис. 11.



Рис. 11. Диаграмма прессования ДСтП

Продолжительность прессования (выдержки) плиты при максимальном давлении определяют по графику, представленному на рис. 12.

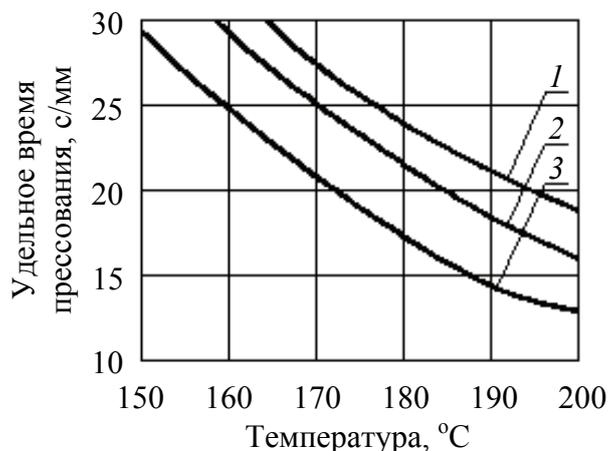


Рис. 12. Зависимость удельного времени прессования от температуры при плотности плит:
1 – 800 кг/м³; 2 – 700 кг/м³; 3 – 600 кг/м³

Усилие прессования P , МН, рассчитывают исходя из площади прессуемого стружечного брикета F , м², и удельного давления прессования $P_{уд}$, МПа, с учетом изменения размеров брикета при прессовании, вводя коэффициент 1,15:

$$P = 0,01P_{уд}F \cdot 1,15. \quad (15)$$

После выдержки в прессе и снижения давления до нуля плиту вынимают из пресса, охлаждают и размечают для раскроя размером 100×100, 50×200, 50×50, 25×25 мм с целью испытаний.

Определение физико-механических и эксплуатационных свойств древесностружечных плит. Исследования показателей качества плит производят через 24 ч после выгрузки их из пресса.

Для определения *плотности* ДСтП используют образцы размером 100×100× S мм. Плотность вычисляют с точностью до 10 кг/м³ по формуле

$$\rho = \frac{m}{b\ell S}, \quad (16)$$

где m – масса образца, кг; b – ширина образца, м; ℓ – длина образца, м; S – толщина образца, м.

Массу образца определяют путем взвешивания с точностью до 0,01 г. Длину и ширину образца измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм в двух местах параллельно его кромкам, толщину –

в четырех точках образца, равноудаленных от центра и кромки, с точностью до 0,01 мм. За длину и ширину образца принимают среднее арифметическое значений результатов замеров двух параллельных сторон, за толщину – среднее арифметическое значений четырех замеров.

Разбухание определяют на образцах размером 100×100 мм путем их установки вертикально в решетчатую форму и погружения в сосуд с водой на 2 ч. Плита за этот период времени значительно изменяет свои линейные размеры и интенсивно поглощает воду. Высота слоя воды над образцами составляет около 20 мм. Температура воды равна $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. После истечения положенного времени образцы извлекают из воды, промокают фильтровальной бумагой. Измеряют толщину микрометром в тех же точках, как и до погружения.

Линейное разбухание рассчитывают с точностью до 1% по следующей формуле:

$$N = \frac{S_1 - S}{S} 100\%, \quad (17)$$

где S_1 – толщина образца после выдержки в воде, см; S – толщина исходного образца, см.

Определение *предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти* проводят на образцах размером 50×50 мм, приклеивая их синтетическим клеем или смолой к колодкам под давлением $2 \cdot 10^5$ Па (рис. 13). Влажность колодок не должна превышать $(3 \pm 2)\%$. После затвердевания клея испытательный блок помещают в захваты разрывной машины так, чтобы вертикальная ось приспособления с образцом совпадала с осями захватов машины. Скорость нагружения при проведении испытания составляет 10 мм/мин.

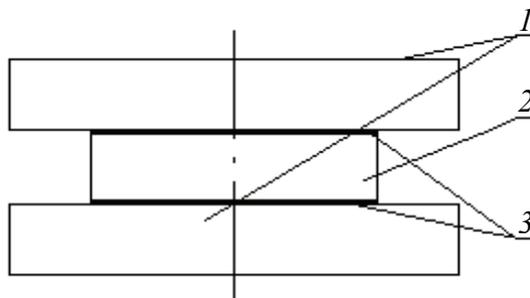


Рис. 13. Подготовка образца к определению предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти:
1 – колодки; 2 – испытываемый образец;
3 – клей

Фиксируют разрушающее усилие и рассчитывают предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти с точностью до $1 \cdot 10^4$ Па по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{\ell b}, \quad (18)$$

где P_{\max} – разрушающее усилие, Н; l – длина образца, м; b – ширина образца, м.

Определение *предела прочности при изгибе* проводят на образцах размером $200 \times 50 \times S$ мм. Для испытаний используют разрывную машину ИР 5057-50, которая служит для деформирования образцов под действием возрастающей нагрузки с фиксированием конечного результата.

Разрывная машина (рис. 14) состоит из следующих узлов: виброопор 1 , на которых размещена установка; каркаса 3 с закрепленным на нем приводом; направляющих и ходовых винтов, кото-

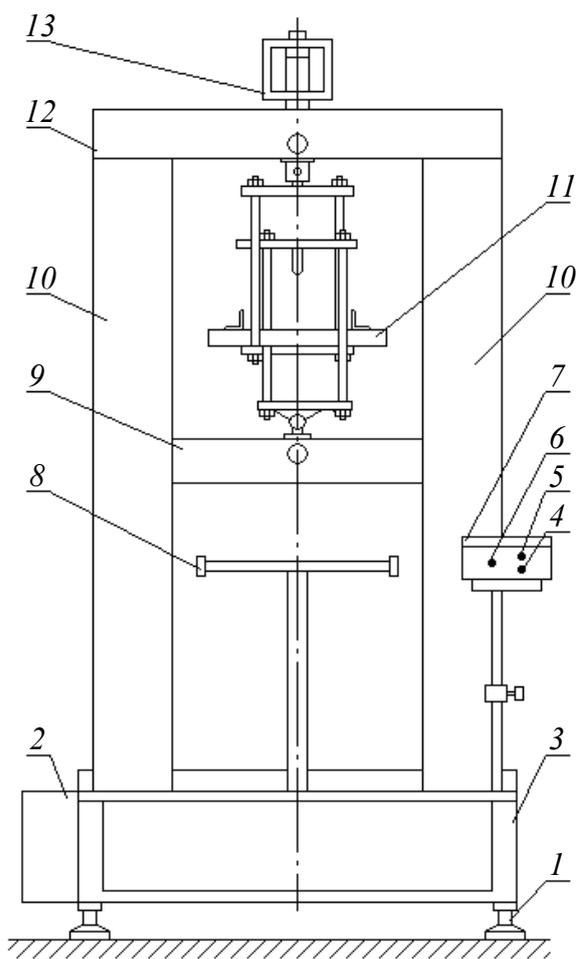


Рис. 14. Вид измерительной машины:
 1 – виброопоры; 2 – кожух; 3 – каркас;
 4 – кнопка «Вниз»; 5 – кнопка «Вверх»;
 6 – кнопка «Стоп»; 7 – кнопочная панель;
 8 – стол; 9 – подвижная траверса;
 10 – ограждение для винтов;
 11 – насадка для испытания изгиба;
 12 – неподвижная траверса; 13 – датчик

рые закрыты для безопасности ограждениями 10 ; стола 8 ; сменной насадки 11 для закрепления образцов; подвижной 9 и неподвижной 12 траверс соответственно; кнопочной станции 7 ; силоизмерительного датчика 13 .

Для проведения испытаний включают машину с помощью кнопки «Сеть», расположенной на передней панели блока питания. Выбирают режим одиночного испытания, когда управление осуществляется с помощью кнопок 4 , 5 , 6 . Задают необходимую скорость нагружения клавишей «Переключение диапазонов скоростей» и устанавливают ее 10 мм/мин по измерителю скорости с помощью тумблеров-регуляторов «Грубо» и «Точно», которые находятся на панели блока автоматики.

Ручкой «Датчик» выставляют диапазон значения номинальной нагрузки, который может изменяться от $0,05$ до 50 кН. Кнопкой «Установка нуля» задают нулевое значение на-

грузки по цифровому табло, которое расположено на панели блока измерителя силы.

Перед проведением испытания измеряют ширину b и толщину S образца с точностью до 0,1 мм на середине его длины. Образец помещают на опоры насадки 11, расстояние ℓ между которыми составляет 150 мм, и подают с кнопочной панели команду на движение подвижной траверсы 9 в направлении вверх. После разрушения образца траверсу останавливают с помощью нажатия кнопки 6. Цифровое табло фиксирует максимальную нагрузку, при которой произошло разрушение образца. Разгружают машину путем нажатия кнопки 4, опуская траверсу и освобождая образец. С помощью кнопки «Пуск» обнуляют значение нагрузки, подготавливая машину к следующему испытанию.

По разрушающему усилию рассчитывают предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$, МПа, по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{3P_{\max}\ell}{2bS^2}. \quad (19)$$

Определение содержания свободного формальдегида по методу WKI. Для испытания используют 10 образцов ДСтП. Из плиты на расстоянии не менее 50 мм от поперечной кромки выпиливают образцы размером 25×25 мм и соответствующей толщины S . Отобранные для определения влажности образцы в количестве 4 шт. взвешивают на аналитических весах с точностью 0,001 г и сушат при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постоянного значения. Масса образца считается постоянной, если при взвешивании через 4 ч ее величина не отличалась от предыдущего значения более чем на 0,1%.

Образцы для определения формальдегида взвешивают, соединяя попарно резиновой тесьмой пласт к пласти, подвешивают в полиэтиленовые или стеклянные банки емкостью 500 мл, содержащие 50 мл дистиллированной воды, и герметично закрывают (рис. 15). Банки с образцами и одну банку для холостого опыта выдерживают в сушильном шкафу при температуре $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Затем их охлаждают в холодильнике 0,5 ч для достижения полной сорбции

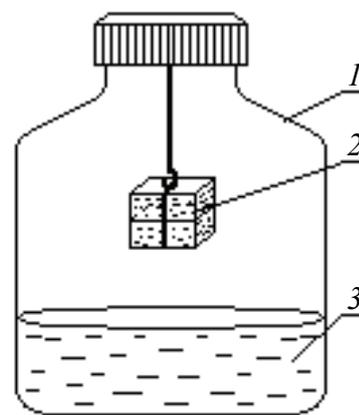
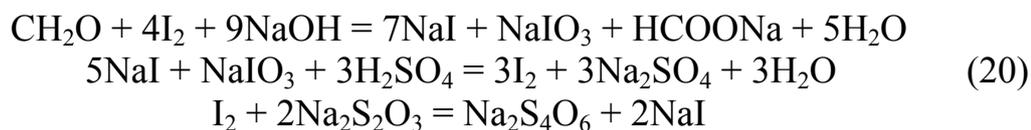


Рис. 15. Установка для определения свободного формальдегида методом WKI:
1 – банка с плотно закрывающейся крышкой;
2 – образцы плит;
3 – дистиллированная вода

формальдегида водой, после чего проводят анализ воды на содержание формальдегида. Чувствительность метода – 0,005 мг/мл раствора.

Определение содержания свободного формальдегида методом йодометрического титрования. Формальдегид в щелочной среде реагирует с йодом. Выделившийся при последующем подкислении избыток свободного йода оттитровывают тиосульфатом натрия:



Из банки пипеткой отбирают 10 мл анализируемого раствора и вносят в коническую колбу с пришлифованной пробкой емкостью 200–250 мл. В колбу приливают 15 мл 0,01 н. раствора йода. Затем добавляют по каплям 1 н. раствор едкого натра до появления бледно-желтой окраски и оставляют в темном месте при комнатной температуре на 15 мин. После истечения заданного времени в колбу приливают 1 мл раствора серной кислоты (1 : 1) и выделившийся йод оттитровывают 0,01 н. раствором тиосульфата натрия. В конце титрования, когда раствор приобрел светло-желтую окраску, добавляют несколько капель 1%-ного раствора крахмала и продолжают титрование до бледно-синей окраски. Титрование считается законченным, если при внесении одной капли тиосульфата анализируемый раствор полностью обесцвечивается. Одновременно проводят титрование холостой пробы. 1 мл 0,01 н. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ раствора соответствует 1,5 мг CH_2O .

Влажность образцов плит вычисляют с погрешностью не более 0,1% по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} 100\%, \quad (21)$$

где m_1 и m_0 – масса образцов до и после сушки соответственно, г.

Содержание свободного формальдегида в образце рассчитывают до первого знака после запятой по следующей формуле:

$$C = \frac{0,75(b - a)(100 + W)}{m}, \quad (22)$$

где C – содержание формальдегида, мг/100 г а. с. плиты; b – количество 0,01 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование холостого опыта, мл; a – количество 0,01 н. раствора тио-

сульфата натрия, израсходованного на титрование избытка йода, мл; W – влажность образца, %; m – масса образца до испытания с точностью 0,01 г.

За величину выделения формальдегида из данной плиты принимают среднее из трех параллельных проб.

Метод фотометрического определения свободного формальдегида. Данный способ основан на реакции взаимодействия формальдегида с солянокислым фенилгидразином. Предел обнаружения – 0,5 мкг в анализируемом объеме раствора.

Готовят 1%-ный раствор формальдегида из формалина, имеющего концентрацию 30%. Проверяют концентрацию раствора йодометрическим титрованием. Взвешивают колбу вместимостью 250 мл до и после внесения в нее 5 мл приготовленного раствора формальдегида. В колбу добавляют 25 мл 0,1 н. раствора йода, приливают 10 мл 1 н. раствора КОН и через 15–20 мин выдержки в темноте в плотно закрытой колбе приливают 15 мл раствора серной кислоты. Вновь выдерживают раствор в течение 10 мин в темноте и титруют выделившийся йод 0,1 н. раствором тиосульфата натрия до обесцвечивания, добавляя в конце титрования 1 мл 1%-ного раствора крахмала. Параллельно проводят контрольный опыт с 5 мл дистиллированной воды.

Содержание формальдегида вычисляют по формуле

$$X_{\text{ф}} = \frac{0,0015(V_1 - V_2)K}{m} 100\%, \quad (23)$$

где V_1 – объем тиосульфата натрия, израсходованный на титрование контрольного образца, мл; V_2 – объем тиосульфата натрия, израсходованный на титрование рабочего раствора, мл; K – поправочный коэффициент; m – навеска образца, г.

Стандартный раствор, содержащий 10 мкг/мл формальдегида, готовят в день анализа соответствующим разбавлением 1 мл 1%-ного раствора в 1000 мл дистиллированной воды.

В колориметрические пробирки вносят по 5 мл пробы, которую готовят в соответствии с табл. 10, приливают 0,2 мл 5%-ного раствора солянокислого фенилгидразина, перемешивают и оставляют на 15 мин. Затем добавляют 0,1 мл 5%-ного раствора ферроцианида калия и взбалтывают. По истечении 10 мин вносят 1 мл 10%-ного раствора едкого натра, взбалтывают и через 30 мин фотометрируют в кювете с толщиной слоя 1 см при длине волны 520 нм по сравнению с контрольной пробой (номер стандарта «0»).

Составы растворов для построения калибровочной кривой

Номер стандарта	Стандартный раствор, мл	Содержание 50%-ного изопропилового спирта	Содержание формальдегида, мкг
0	0	5,00	0
1	0,05	4,95	0,5
2	0,10	4,90	1,0
3	0,20	4,80	2,0
4	0,40	4,60	4,0
5	0,60	4,40	6,0
6	0,80	4,20	8,0
7	1,00	4,00	10,0

После проведения фотометрирования всех стандартных растворов строят калибровочный график зависимости содержания формальдегида от светопропускания, пример которого представлен на рис. 16.

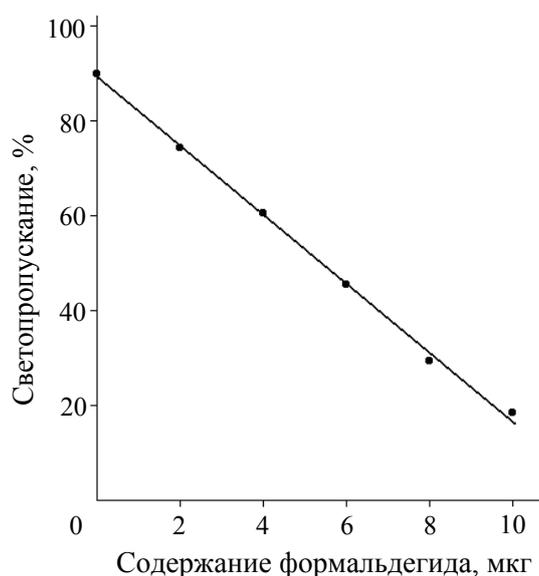


Рис. 16. Зависимость содержания формальдегида от светопропускания при длине волны 520 нм

Содержание формальдегида, выделившегося из ДСтП и поглощенного водой по методу WKI, определяют следующим образом. В колбы с пришлифованными пробками вносят 1 мл анализируемого раствора и разбавляют до 100 мл дистиллированной водой. Из полученного раствора отбирают пробу объемом 5 мл и вносят в колориметрическую пробирку, приливают 5 мл изопропилового спирта, а также солянокислый фенилгидразин, феррицианид калия и едкий натр по вышеприведенной методике. После 30-минутной

выдержки пробу анализируют на спектрофотометре или ФЭЖе, применяя светофильтр с длиной волны 520 нм.

Расчет содержания свободного формальдегида ведут по формуле

$$C = \frac{C_{\phi}}{m} 100\%, \quad (24)$$

где C_{ϕ} – содержание формальдегида по калибровочному графику, мг;
 m – навеска образца плиты, г.

Результаты испытаний оформляют в виде табл. 11.

Таблица 11

Физико-механические показатели испытаний ДСтП

Показатель	Значение показателя по заданию*	Результаты испытаний
Толщина плиты, мм	16	
Влажность, %	5–12	
Плотность, кг/м ³	550–820	
Разбухание за 2 ч, %	12–15	
Предел прочности при изгибе, МПа	14–16	
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	0,30	
Содержание свободного формальдегида в плите, мг/100 г плиты	10–30	

* Приводятся значения показателей по ГОСТ 10632.

Полученные результаты сравнивают с заданными и приводят их анализ в случае имеющегося несоответствия.

Контрольные вопросы

1. Классификация и области применения ДСтП.
2. Характеристика и свойства карбамидоформальдегидных смол для получения ДСтП.
3. Расчет потребности древесного сырья и компонентов связующего для ДСтП.
4. Технология горячего прессования ДСтП.
5. Основные показатели качества ДСтП и их определение.

Лабораторная работа № 4

ИСПЫТАНИЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Цель работы – исследовать качественные характеристики карбаминоформальдегидных смол.

Материалы и оборудование: карбаминоформальдегидные смолы различных марок; березовый шпон; 20%-ный раствор хлорида аммония; безводный или кристаллический сернистокислый натрий; 0,5 М раствор соляной кислоты; 40%-ный раствор хлората магния (готовят из безводного $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$); 0,1 М раствор гидроксида натрия или калия; стеклянная посуда: бюксы; стаканы емкостью 100–200 мл (6 шт.); пробирки; пипетки объемом 5 мл с делениями (2 шт.); пипетка объемом 20 мл; цилиндры емкостью 25 и 100 мл; стеклянные палочки; стальная палочка диаметром 4 мм; автоматический титратор Шиллинга (объем бюретки 25 мл с ценой деления 0,05); эксикатор; водяная баня; термометр стеклянный, обеспечивающий измерение температуры от 0 до 100°C; вискозиметр ВЗ-4; сушильный шкаф; лабораторный рН-метр марки рН-340 с хлорсеребряным и стеклянным электродами; блок автоматического титрования БАТ-15; весы аналитические; весы лабораторные электронные (предел взвешивания до 500 г); мешалка магнитная; термостат с установленной температурой (20 ± 1)°C; испытательная машина; горячий пресс; электроплитка; фильтровальная бумага; секундомер.

Общие сведения

Карбаминоформальдегидные смолы в виде олигомеров (КФО) получают в среде с переменным значением рН: сначала в нейтральной или слабощелочной среде при соотношении формальдегида к карбамиду (2,0–1,5) : 1 при температуре 80–100°C, а затем, когда образуется достаточное количество метилольных групп, в слабокислой – для ускорения конденсации образуемых на первой стадии метилольных производных карбамида с образованием продуктов, имеющих линейные и циклические звенья и способных в дальнейшем отверждаться.

Для получения олигомеров, обладающих удовлетворительными свойствами, продукты конденсации подвергают вакуумированию при рН 6,0–7,5 и температуре 65–70°C, в результате чего процесс поли-

конденсации протекает более глубоко. Затем проводят доконденсацию с дополнительной порцией карбамида при температуре 60–65°C до конечного заданного мольного соотношения с получением продукта – карбамидоформальдегидной смолы (КФС).

КФС – это смесь олигомеров различной молекулярной массы линейной, разветвленной или циклической структуры, содержащих реакционноспособные группы: $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{NH}_2$ и $-\text{OH}$.

Состав, строение и свойства КФС зависят от количественного соотношения карбамида и формальдегида, а также от условий синтеза: температуры, продолжительности, pH реакционной среды и др.

В качестве катализаторов отверждения КФС используют органические и неорганические кислоты, а также вещества кислотного характера. Процесс отверждения карбамидных олигомеров – образование поперечных сшивок между макромолекулами в результате взаимодействия метилольных ($-\text{CH}_2\text{OH}$) групп между собой и водородом амидной группы. Поэтому качество отвержденного продукта тем лучше, чем больше в исходном олигомере метилольных групп.

КФС в больших объемах применяют в деревообрабатывающей промышленности (производстве фанеры, ДСтП, мебели, слоистых пластиков и др.) благодаря их ценным свойствам – высокой скорости отверждения, хорошей адгезии к древесине, доступности исходного сырья, простоте технологии получения, дешевизне, бесцветности и отсутствию запаха. К их недостаткам следует отнести сравнительно малую реакционную способность и водостойкость, невысокую термо- и теплостойкость, а также токсичность.

Многообразие марок КФО обусловлено различными их свойствами, назначением и областями применения материалов. Так, в производстве ДСтП используют олигомеры марок КФ-Ж и КФ-МТ, которые имеют небольшое содержание свободного формальдегида (0,1–0,3%) и обладают достаточно высокой скоростью отверждения (30–60 с). Недостатком олигомеров марки КФ-МТ является то, что они характеризуются небольшой адгезионной прочностью и водостойкостью, что объясняется высокой степенью разветвления КФО и малым количеством поперечных сшивок у отвержденных полимеров, низкой водостойкостью амидных связей, а также значительной гидрофильностью метилольных групп, имеющих в конечном полимере.

Некоторые показатели свойств КФС, которые используют в производстве ДСтП, приведены в табл. 12.

Основные свойства КФС

Показатель	Норма для марок					
	КФ-МТ	КФ-МТ-5	КФ-МТ-10	КФ-МТ-15	КФ-НФП	КФ-МТ-ПС-1
Внешний вид	Однородная суспензия от белого до светло-желтого цвета без механических включений					
Массовая доля сухого остатка, %	66 ± 2				66 ± 1	65 ± 2
Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,15	0,05	0,10	0,15	0,12	0,15
Вязкость по ВЗ-4, с	30–80			50–80	40–70	50–90
Концентрация водородных ионов, рН	7,5–8,5					7,0–8,0
Время желатинизации при 100°С, с	40–60	40–70		50–70	35–55	50–70
Смешиваемость с водой, об. ч/об. ч	1 : 2	(1 : 2)–(1 : 10)			1 : 5	1 : 2

В производстве плит количество связующего, добавляемого к стружке, невелико (8–12% в пересчете на сухой остаток), поэтому имеет место точечное склеивание древесных частиц между собой. Жидкое связующее, смешанное с отвердителем, наносят на стружку методом распыления во вращающихся барабанах. Решающее значение в технологическом процессе играют такие свойства смол, как вязкость по ВЗ-4 (находится в пределах 30–70 с) и жизнеспособность связующего с отвердителем (5–7 ч, а при раздельном нанесении – не ниже 1,5–2,0 ч).

В производстве плитной продукции должны использоваться карбамидные связующие, содержащие незначительное количество свободного формальдегида, ввиду того, что он способен выделяться не только при изготовлении ДСтП, но и при их эксплуатации.

Улучшение экологических характеристик плит в последние годы достигнуто за счет совершенствования химических свойств используемых синтетических смол и, в первую очередь, за счет снижения содержания свободного формальдегида. С этой целью изменяют режим синтеза смол: молярное соотношение карбамида и формальдегида (1 : 1,3)–(1 : 1,1), температуру и рН реакционной массы. Однако производство малотоксичных смол при низком молярном соотношении ведет к ухудшению некоторых показателей смол, а в конечном итоге и к снижению физико-механических показателей плит. Это приводит к необходимо-

сти возрастания расхода связующего или повышения плотности плит, вызывая увеличение материалоемкости и себестоимости продукции.

Порядок выполнения работы

Определение массовой доли сухого остатка. В сушильном шкафу устанавливают температуру $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. Бюксы перед испытанием тщательно промывают и высушивают при этой температуре до постоянной массы. Около 2 г испытуемого вещества взвешивают в бюксе с точностью до 0,0002 г и равномерно распределяют по его дну покачиванием. Затем крышку открывают и вместе с бюксом помещают в сушильный шкаф на расстояние от стенок не ближе 25 мм. Через 2 ч бюкс вынимают, закрывают крышкой, помещают в эксикатор с прокаленным хлоридом кальция и охлаждают 25–30 мин. Затем пробу взвешивают и вновь помещают в сушильный шкаф. Повторное взвешивание проводят через каждые 30 мин до постоянной массы образца с точностью до 0,0002 г.

Проводят три параллельных опыта. За результат испытания принимают среднее арифметическое трех параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не превышает 0,8%, и записывают его с точностью до 0,1%.

Расчет массовой доли сухого остатка осуществляют по формуле

$$X_1 = \frac{g_1}{g_2} 100\%, \quad (25)$$

где g_1 и g_2 – масса навески смолы до и после сушки соответственно, г.

Определение вязкости по ВЗ-4. Прибор ВЗ-4 представляет собой цилиндр, переходящий в нижней части в конус и имеющий калибровочное сопло диаметром 4 мм для истечения жидкости. В верхней его части находится желобок для слива избытка жидкости. Вместимость вискозиметра составляет 100 мл.

Крепят воронку вискозиметра на штативе и регулируют горизонтальность прибора. Перед началом работы термостатируют испытуемую смолу при $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. При проведении испытания сопло вискозиметра закрывают пальцем и устанавливают под ним стакан. В вискозиметр заливают испытуемую смолу так, чтобы образовался выпуклый мениск над его верхней частью. Выжидают 1–2 мин для поднятия образовавшихся пузырьков воздуха на поверхность. Избыток смолы и пузырьки воздуха удаляют стеклянной палочкой, сдвигая их по верхнему краю в горизонтальном направлении. Сопло вискозиметра открывают и одновременно включают секундомер.

Время свободного истечения смолы непрерывной струей в секундах составляет ее вязкость по вискозиметру ВЗ-4.

За величину условной вязкости испытуемой смолы принимают среднее арифметическое трех параллельных определений, которую вычисляют по формуле

$$\eta_y = \tau K, \quad (26)$$

где τ – среднее арифметическое значение времени истечения испытуемой жидкости, с; K – поправочный коэффициент вискозиметра, указанный в паспорте прибора.

Определение концентрации водородных ионов (рН). Проводят с помощью лабораторного рН-метра, который перед началом работы прогревают в течение 20 мин. Электроды промывают дистиллированной водой и проверяют правильность показаний прибора по стандартным буферным растворам и дистиллированной воде. Наливают испытуемый раствор смолы в стакан объемом 20 мл. Предварительно протерев электроды фильтровальной бумагой, погружают их в смолу.

Переключателем устанавливают диапазон работы прибора на пределах 1–14 рН. По шкале «Грубо» определяют величину рН и переключают диапазон измерений в интервал значений, в который попадает предварительно найденное значение показателя концентрации водородных ионов. По шкале «3 рН» устанавливают значение рН раствора смолы с точностью до 0,1. Определение повторяют и за результат берут среднее из двух измерений. Затем выключают прибор, электроды тщательно промывают, обтирают насухо и помещают в дистиллированную воду.

Определение продолжительности желатинизации. Данный показатель косвенно характеризует скорость реакции отверждения термореактивных полимеров. Испытание проводят в присутствии кислых катализаторов при температурах 20 и 100°С.

Время желатинизации при 20°С характеризует жизнеспособность смолы, позволяет рассчитать и приготовить такое количество связующего, которое должно быть переработано за время, не превышающее этот показатель. Таким образом, за продолжительность желатинизации при 20°С принимают время, в течение которого композиция с введенным в нее отвердителем переходит из жидкого состояния в гелеобразное.

В химический стакан помещают 20 г смолы и 1% от его массы 20%-ного раствора хлорида аммония (в пересчете на сухое вещество). Смесь тщательно перемешивают на протяжении 3–5 мин. Приготовленную смесь (клей) помещают в термостат, включают часы и выдер-

живают до момента потери текучести. За результат берут среднее трех параллельных определений.

Для установления продолжительности желатинизации при 100°C в стакане взвешивают 50 г смолы температурой $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ с точностью до 0,1 г. Затем в стакан пипеткой добавляют 2,5 мл 20%-ного раствора хлорида аммония (1% от массы смолы в пересчете на сухой хлорид аммония) и после тщательного перемешивания палочкой в течение 5 мин получают клеевой раствор.

В пробирку помещают около 2 г клеевого раствора и опускают в кипящую водяную баню так, чтобы уровень клеевого раствора в пробирке был на 10–20 мм ниже уровня воды в водяной бане. Затем включают секундомер и непрерывно перемешивают клей металлической палочкой до начала желатинизации. Продолжительность желатинизации оценивают временем в секундах, в течение которого композиция с введенным в нее отвердителем переходит из жидкого состояния в гелеобразное. За результат испытания принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не превышает 2 с.

Определение смешиваемости смолы с водой. Смешиваемость смолы с водой имеет важное значение в процессе приготовления связующего в производстве ДСтП, она не должна приводить к их коагуляции и изменению физико-механических свойств отвержденных композиций.

В цилиндр наливают 10 мл смолы и, постепенно перемешивая, добавляют 100 мл дистиллированной воды порциями по 10 мл температурой $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$. После внесения каждой порции воды содержимое цилиндра встряхивают до полного смешения смолы с водой. При этом в ней не должен образовываться хлопьевидный осадок, не должна происходить коагуляция смолы и в течение 5 мин не должно наблюдаться расслоения. Добавление к 10 мл смолы равного объема дистиллированной воды показывает совмещение или несовмещение смолы с водой в соотношении 1 : 1. Приливание дополнительно 10 мл воды отражает совмещение в соотношении 1 : 2 и т. д. Смешивание прекращается, когда следующая добавленная порция 10 мл дистиллированной воды вызывает коагуляцию системы.

Определение массовой доли свободного формальдегида. Для проведения испытания предварительно готовят подкисленный раствор сернистокислого натрия следующим образом. Помещают 20 г безводного (или 40 г кристаллического) Na_2SO_3 в стакан и, перемешивая, добавляют 100 мл дистиллированной воды. После полного растворения соли в стакан с помощью цилиндра приливают 25 мл 0,5 М раствора

соляной кислоты, тщательно перемешивают и выдерживают раствор 60–90 мин. Приготовленный раствор хранят в плотно закрытой темной посуде (не более 2 недель). Перед проведением испытания необходимо тщательно промыть электроды дистиллированной водой и протереть фильтровальной бумагой, проверить рН-метр по буферным растворам с рН 4,09; 6,86 и 9,18 в соответствии с инструкцией.

Тумблеры блока автоматического титрования устанавливают следующим образом: значение рН – положение 9,4; время выдержки – положение 15; импульсная подача – положение 1,5.

Около 5 г смолы взвешивают в стеклянном стакане емкостью 150 мл с погрешностью не более 0,02 г, ставят на магнитную мешалку и, интенсивно перемешивая, добавляют пипеткой 5 мл раствора перхлората магния, затем приливают 100 мл дистиллированной воды. После растворения навески (допускается слабая муть) добавляют пипеткой 20 мл кислого раствора сульфита натрия. В стакан погружают электроды и титруют 0,1 М раствором гидроксида натрия или калия. При рН 9,4 клапан подачи титранта автоматически закрывается. Реактивы к каждой навеске добавляют непосредственно перед титрованием. Одновременно проводят контрольный опыт без смолы с теми же реактивами и в таких же количествах.

Массовую долю свободного формальдегида вычисляют по формуле

$$X_2 = \frac{(V_1 - V_2)0,003}{m}100\%, \quad (27)$$

где V_1 – объем 0,1 М раствора гидроксида натрия или калия, израсходованный на титрование контрольного опыта, мл; V_2 – объем 0,1 М раствора гидроксида натрия или калия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, мл; 0,003 – количество свободного формальдегида, соответствующее 1 мл раствора щелочи концентрацией точно 0,1 М, г; m – масса навески смолы, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не превышает 0,05%.

Определение адгезионной прочности клеевого шва при растяжении. Для проведения этого испытания используют полоски березового шпона размером 100×10 мм, склеиваемые анализируемыми образцами смол с введенным в них отвердителем, в качестве которого используют 20%-ный раствор хлорида аммония (1% от массы а. с. смолы). Площадь склеивания составляет 1,5 см².

Расход смолы равен 500 г/м². Наносят ее на обе полоски шпона пипеткой. Склеивание производят путем их совмещения, согласно рис. 17, затем закладывают между металлическими листами и помещают в горячий пресс. Смыкают плиты прессы и выдерживают при температуре (160 ± 5)°С в течение 7 мин. Для каждого вида смолы готовят по 6 образцов. Склеенные образцы охлаждают при комнатной температуре на протяжении 2 ч. Затем каждую полоску шпона разрезают по ширине на две полоски, половину из которых испытывают на разрыв без кипячения, вторую – после кипячения в воде в течение 1 ч.

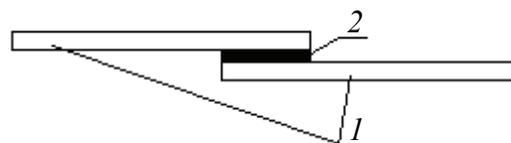


Рис. 17. Схема склеивания полосок шпона:
1 – шпон; 2 – клеевой шов

Разрушающее усилие определяют на испытательной машине ИР 5057-50 при скорости нагружения 100 мм/мин, закрепляя полоски шпона в зажимное устройство. Адгезионную прочность σ_a , МПа, рассчитывают по соотношению

$$\sigma_a = \frac{P}{S}, \quad (28)$$

где P – усилие, при котором разрушился образец, Н; S – площадь склеивания, м².

Результаты испытаний оформляют в виде табл. 13.

Таблица 13

Результаты определения показателей качества КФС

Показатель	Единица измерения	Значение показателя для образцов смол	
		№ 1	№ 2
Массовая доля сухого остатка	%		
Вязкость по ВЗ-4	с		
Концентрация водородных ионов	pH		
Время желатинизации при 100°С	с		
Смешиваемость с водой	об. ч/об. ч		
Массовая доля свободного формальдегида, не более	%		
Адгезионная прочность клеевого шва: – в сухом состоянии – после кипячения в воде в течение 1 ч	МПа		

Составляют заключение о качестве смол путем сравнения результатов испытаний с паспортными данными КФС, выданными для анализа.

Контрольные вопросы

1. Современные марки КФС, используемых в плитном производстве, их отличительные особенности.
2. Синтез КФС.
3. Свойства КФС, применяемых в плитном производстве.
4. Методы испытаний КФС.

Лабораторная работа № 5 ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ УПРОЧНЯЮЩИХ ДОБАВОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Цель работы – приготовить некоторые виды упрочняющих добавок и исследовать их качественные характеристики.

Материалы и оборудование: альбумин черный технический; фенолоформальдегидная смола; березовый шпон; 0,1 н. раствор бромид-бромата калия; 0,1 н. раствор тиосульфата натрия; 10%-ный раствор йодида калия; 0,1 н. раствор йода; спирт этиловый (ректификат); 50%-ный раствор едкого натра; 10%-ный раствор соляной кислоты; реактив Несслера; бромная вода; раствор соляной кислоты плотностью 1190 кг/м³; 1%-ный раствор крахмала; стеклянная посуда: пикнометры на 5 мл; пипетки объемом 20, 25 и 50 мл; бюксы; круглодонная колба вместимостью 500 мл; мерная колба объемом 1000 мл; пробирки; конические колбы с притертыми пробками на 250 мл; бюретка вместимостью 25 мл; стеклянные палочки; сушильный шкаф (до 200°C); горячий пресс; испытательная машина; парообразователь; весы аналитические и технические; вакуумный сушильный шкаф с насосом; эксикатор с водоотнимающим веществом; термометр с диапазоном 0–30°C и с ценой деления 0,2°C; секундомер; резиновая груша.

Общие сведения

Для придания ДВП необходимых свойств, обеспечения нормального функционирования оборудования в технологии их производства используют фенолоформальдегидные и карбамидоформальдегидные смолы, альбумин, высыхающие масла и др.

Фенолоформальдегидные смолы (ФФС) – продукт поликонденсации фенолов с формальдегидом в присутствии кислых или щелочных

катализаторов. На образование олигомеров и их свойства влияют: химическое строение сырья, молярное соотношение фенола и формальдегида, pH реакционной среды, продолжительность и температура реакции. В зависимости от условий поликонденсации образуются резольные (термореактивные) или новолачные (термопластичные) фенолоформальдегидные олигомеры (ФФО). В процессе переработки они отверждаются с образованием трехмерных продуктов сложного пространственного строения, фрагмент изображения которого представлен на рис. 18.

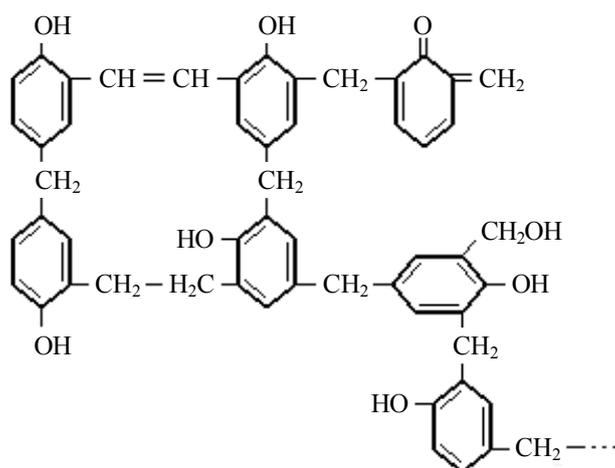


Рис. 18. Схема отвержденной ФФО

Механизм образования резолов сложен и не до конца установлен. На начальной стадии при температуре 40–45°C в щелочной среде происходит образование фенолятов, которые превращаются в хиноидные структуры. В присутствии оснований фенол находится в виде анионов. При этом ионный заряд распространяется на всю сопряженную систему фенольного кольца, облегчая замещение в *орто*- и *пара*-положения. Эти анионы, обладающие нуклеофильными свойствами, легко реагируют с электрофильным формальдегидом с образованием анионов, которые могут превращаться в метиленхиноны с повышением температуры до 50–70°C. Реакция фенола с формальдегидом протекает с большим выделением тепла, поэтому необходимо строго следить за поддержанием требуемой температуры реакционной смеси. В этот период наблюдается образование начальных продуктов и их частичная поликонденсация.

Дальнейший рост температуры до 96–98°C ускоряет поликонденсацию, происходит образование смеси фенолоспиртов, снижение содержания свободного фенола и формальдегида в продуктах реакции

и нарастание вязкости. Затем температуру снижают до 70–85°C, загружают вторую порцию формалина, и реакция поликонденсации фенолоспиртов идет дальше до образования олигомерных соединений – смеси линейных и разветвленных молекул, которые состоят из 4–6 бензольных колец, соединенных между собой метиленовыми и диметиленэфирными группами и содержащих 2–6 гидроксиметильных групп. Молекулярная масса таких соединений, называемых резольными смолами, составляет 300–2000.

Наличие в цепях молекул ФФО гидроксильных и гидроксиметильных групп, являющихся полярными и реакционноспособными, обуславливает высокую адгезию резольных смол к древесине, а также их растворимость в спирте, ацетоне, водных основаниях.

Отверждение резольных олигомеров происходит при нагревании (150–180°C) в присутствии ускорителей или без них. В отвержденном сетчатом полимере наравне с поперечными сшивками образуется значительное количество водородных связей, которые придают материалам на их основе высокую термостойкость, гидрофобность и прочность.

Жидкие резольные смолы используют в деревообрабатывающей промышленности, а также для производства водостойкой фанеры, древеснослоистых пластиков, ДВП и в отдельных случаях ДСтП. Для производства ДВП рекомендуется применять ФФО с пониженной вязкостью, такие как СФЖ-3014, СФЖ-3024 и др.

По химическим и физико-механическим свойствам ФФО должны соответствовать показателям, представленным в табл. 14.

Таблица 14

Основные свойства жидких резольных ФФО

Показатель	Нормы для марок олигомеров				
	СФЖ-3011	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3016	СФЖ-3024
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость от красновато- до темно-вишневого цвета				
Условная вязкость по ВЗ-4, спз	120–400	40–130	17–90	150–450	90–200
Сухой остаток, %	43–47	39–43	46–52	>55	38–42
Содержание щелочи, %	3,0–3,5	4,5–5,5	6,5–7,5	1,0	5,5–6,5
Содержание свободного фенола, %, не более	1,0–2,5	0,09–0,18	0,05–0,10	5,00	0,10
Содержание свободного формальдегида, %, не более	0,50–1,00	0,10–0,18	0,05–0,10	4,00	0,10

Показатель	Нормы для марок олигомеров				
	СФЖ-3011	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3016	СФЖ-3024
Предел прочности при скальвании клеевого слоя фанеры, МПа, не менее:					
– в сухом состоянии	2,2–3,5	2,0–3,0	2,0–3,0	–	2,0–2,5
– после кипячения в воде в течение 1 ч	1,9	1,5	1,5	–	1,5
Срок хранения при 5–20°С, мес.	1–2	2–3	2–4	1–2	2–3

Для увеличения срока хранения до 4 мес. и стабильности свойств ФФС горячего отверждения применяют стабилизаторы: этиленгликоль, диэтиленгликоль, полиацетальгликоль, которые вводят в процессе синтеза.

На клеящие свойства ФФС влияют их молекулярная масса, содержание мономерных веществ и количество функциональных групп. Исследованиями установлено, что чем меньше в смоле содержание свободного фенола, тем ниже температура, требующаяся для ее отверждения. В то же время при повышении температуры в процессе практического использования возрастают прочность и водостойкость ФФС.

ДСтП на основе резольных фенольных смол отличаются повышенной водо-, атмосферо- и термостойкостью. Для их производства рекомендуют применять олигомеры с пониженной вязкостью. Однако, обладая высокими физико-механическими свойствами, ФФО требуют более длительных периодов прессования и высокой температуры. К недостаткам ДСтП на основе резольных олигомеров относятся специфический запах и темная окраска.

Порядок выполнения работы

Приготовление альбуминового клея и раствора фенолоформальдегидной смолы. В качестве упрочняющей добавки обычно используют альбуминовый клей и фенолоформальдегидную смолу марок СФЖ-3014 или СФЖ-3024. Рецепт приготовления упрочняющих составов приведена в табл. 15.

Для приготовления альбуминового клея в мешалку заливают воду температурой 25°С и загружают альбумин. Включают мешалку

и смесь тщательно перемешивают около 1,5 ч до исчезновения комков. Затем добавляют формалин или известь и опять тщательно подмешивают в течение 0,25 ч. Готовый клей разбавляют водой при комнатной температуре до 3–5%-ной концентрации и применяют для проклейки древесноволокнистой массы.

Таблица 15

Рецептура приготовления упрочняющих составов

Компонентный состав	Содержание компонентов	
	%	г
Альбуминовый клей: – альбумин	14,0	100
– формалин (40%-ной концентрации) или известь (при 50%-ном содержании оксида кальция)	1,4	10
– вода	84,6	600
Раствор фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3024: – фенолоформальдегидная смола (по сухому остатку)	25,0	100
– вода	75,0	300

Рабочий раствор фенолоформальдегидной смолы готовят путем ее разбавления водой при температуре 15–20°C и доведения концентрации раствора до 5–10%.

Испытания упрочняющих добавок. Определение *плотности* производят пикнометрическим методом следующим образом. Чистый сухой пикнометр, взвешенный на аналитических весах с точностью до 0,0002 г, заполняют дистиллированной водой с помощью пипетки до совпадения нижнего мениска с риской на пикнометре. После повторного взвешивания воду удаляют, пикнометр высушивают в сушильном шкафу при 100–120°C до постоянной массы. Аналогично производят заполнение и взвешивание пикнометра с раствором ФФС и альбуминовым клеем.

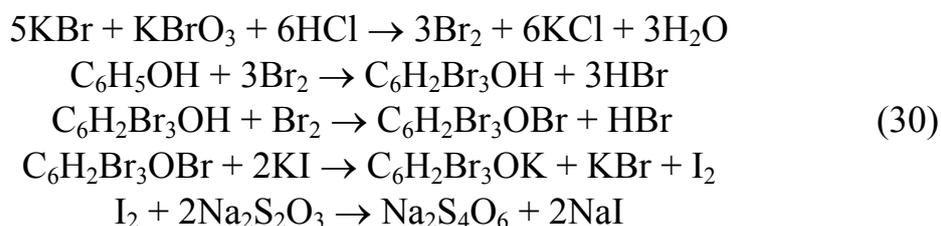
Плотность ρ , г/см³, рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{(g_2 - g_0)\rho_{\text{вод}}}{g_1 - g_0}, \quad (29)$$

где g_2 – масса пикнометра с фенолоформальдегидной смолой, г; g_0 – масса сухого пикнометра, г; $\rho_{\text{вод}}$ – плотность воды при температуре определения, г/см³; g_1 – масса пикнометра с водой, г.

Определение *условной вязкости* и *сухого остатка* проводят в соответствии с методиками, приведенными в лабораторной работе № 4.

Определение *содержания свободного фенола* выполняют по методу Коппешара путем его отгонки с водяным паром и обработки отгона (дистиллята) бромид-броматным раствором в кислой среде по реакциям (30). Вначале образуется трибромфенол, а при избытке бромирования идет дальше с образованием конечного продукта трибромкрезолбром. Если по окончании реакции к смеси прилить раствор йодида калия, то избыток брома и бром, замещающий водород гидроксильной группы, вытесняют эквивалентное количество йода, который титруют 0,1 н. раствором тиосульфата натрия:



Таким образом, на 1 моль фенола расходуется 6 эквивалентов брома.

До начала анализа готовят бромид-броматный раствор. Для этого в 1000 мл дистиллированной воды растворяют 2,1 г бромата калия и 9,25 г бромида калия и прибавляют равный объем 2 н. раствора соляной кислоты. В бюксе отвешивают 10–12 г ФФС, помещают в круглодонную колбу объемом 500 мл и прибавляют 200 мл дистиллированной воды, после чего ее присоединяют к парообразователю и, пропуская пар, отгоняют фенол в колбу. Отгонку продолжают до тех пор, пока проба отгона не перестанет давать муть под действием бромной воды. Для этого убирают колбу и 2–3 мл дистиллята собирают в пробирку, в которую по стенке прибавляют несколько капель бромной воды. По окончании отгонки дистиллят из колбы и пробирок переносят в мерную колбу, разбавляют до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

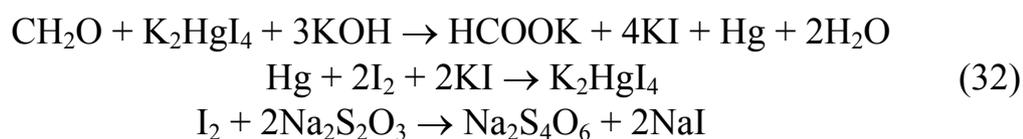
Для определения фенола 25 мл дистиллята вносят пипеткой в коническую колбу объемом 250 мл с притертой пробкой, приливают 50 мл бромид-броматного раствора, выдерживают во льду 10 мин, прибавляют 5 мл соляной кислоты ($\rho = 1190 \text{ кг/м}^3$), закрывают пробкой, тщательно перемешивают и выдерживают 15 мин. Затем вводят 5 мл 10%-ного раствора йодида калия, закрывают пробкой, перемешивают и через 15 мин титруют выделившийся йод 0,1 н. раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски, в конце титрования добавляют 1 мл раствора крахмала в качестве индикатора и титруют до обесцвечивания раствора.

Параллельно проводят холостой опыт. Содержание фенола в олигомере $X_{\text{фен}}$, %, вычисляют по формуле

$$X_{\text{фен}} = \frac{1000V_1 - V_2FK}{25g} 100 = 400 \frac{(V_1 - V_2)FK}{g}, \quad (31)$$

где V_1 – объем 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование в холостом опыте, мл; V_2 – объем 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование испытуемого раствора, мл; F – количество фенола, г, соответствующее 1 мл 0,1 н. раствора тиосульфата натрия (0,001567 для фенола); K – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора тиосульфата натрия к точно 0,1 н.; g – навеска смолы, г.

Определение свободного формальдегида. Свободный формальдегид отгоняют из олигомера с водяным паром и определяют в дистилляте, окисляя его в щелочной среде реактивом Несслера, по следующим реакциям:



Выделившуюся ртуть после подкисления растворяют в растворе йода и избыток его титруют раствором тиосульфата натрия.

Перед началом анализа готовят реактив Несслера следующим образом. Смешивают 25 г металлической ртути с 25 г кристаллического йода, прибавляют 55 г йодида калия и 100 мл дистиллированной воды, смесь энергично взбалтывают до обесцвечивания (допускается слабо-желтая окраска), фильтруют в мерную колбу вместимостью 500 мл, разбавляют дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают.

Отбирают 25 мл дистиллята, полученного при определении содержания свободного фенола, и переносят в коническую колбу с притертой пробкой вместимостью 250 мл. Затем прибавляют 10 мл реактива Несслера, 25 мл 50%-ного раствора едкого натра, закрывают пробкой и взбалтывают в течение 5 мин. Когда содержимое колбы приобретает темно-серую окраску (выделение ртути), смесь подкисляют 50 мл 10%-ной соляной кислоты и, не давая ей охладиться, приливают 20 мл 0,1 н. раствора йода. Колбу закрывают пробкой, взбалтывают до полного растворения ртути и избыток йода титруют 0,1 н. раствором тиосульфата натрия, прибавляя к концу определения в качестве индикатора 1 мл раствора крахмала и титруя до обесцвечивания.

Параллельно проводят холостой опыт. Расчет содержания свободного формальдегида в олигомере $X_{\text{ф}}$, %, вычисляют по следующей формуле:

$$X_{\text{ф}} = \frac{0,0015(V_1 - V_2)K \cdot 1000}{25g} 100 = 6 \frac{(V_1 - V_2)K}{g}, \quad (33)$$

где 0,0015 – количество формальдегида, соответствующее 1 мл 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, г; V_1 – объем 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование в холостом опыте, мл; V_2 – объем 0,1 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование испытуемого раствора, мл; K – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора тиосульфата натрия к точно 0,1 н.; g – навеска смолы, г.

Определение содержания нелетучих веществ. Испытание осуществляют методом высушивания вещества под вакуумом при температурах, не сопровождающих реакции структурирования. В стеклянном бюксе взвешивают навеску смолы массой 1,0–1,5 г с точностью до 0,0002 г и помещают в вакуумный сушильный шкаф при температуре $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. На дно шкафа устанавливают фарфоровую чашку с водоотнимающими веществами (P_2O_5 , NaOH). Сушку производят при остаточном давлении 0,3–0,4 ГПа в течение 40–60 мин. Сухой остаток рассчитывают по формуле

$$X_1 = \frac{g_2 - g_0}{g_1 - g_0} 100\%, \quad (34)$$

где g_2 – масса стаканчика с высушенным олигомером, г; g_0 – масса сухого стаканчика, г; g_1 – масса стаканчика со смолой, г.

Определение содержания нелетучего остатка при конденсации. В стеклянном бюксе взвешивают 0,5–1,0 г фенолоформальдегидной смолы с точностью до 0,0002 г, помещают в сушильный шкаф и выдерживают при 190°C на протяжении 10 мин. Затем охлаждают в эксикторе и повторно взвешивают. Содержание нелетучего остатка при поликонденсации находят по следующей формуле:

$$X_2 = \frac{g_1}{g_0} 100\%, \quad (35)$$

где g_1 и g_0 – масса смолы после и до высушивания соответственно, г.

Определение адгезионной прочности клеевого шва при растяжении. Для проведения этого испытания используют полоски березового шпона размером 100×10 мм, которые склеивают анализируемыми

образцами смол без введения отвердителя. Площадь склеивания составляет $1,5 \text{ см}^2$. Расход смолы равен 500 г/м^2 . Методика испытания аналогична определению адгезионной прочности для КФС и изложена в лабораторной работе № 4. Различие заключается в режиме выдержки в прессе: температура плит пресса составляет $(180 \pm 5)^\circ\text{C}$, время – 8 мин. Адгезионную прочность σ_a , МПа, рассчитывают по формуле

$$\sigma_a = \frac{P}{S}, \quad (36)$$

где P – усилие, при котором разрушился образец, Н; S – площадь склеивания, м^2 .

Результаты испытаний оформляют в виде табл. 16.

Таблица 16

Показатели качества упрочняющих добавок

Показатель	Единица измерения	Значение показателя для упрочняющих добавок	
		альбуминового клея	ФФС
Плотность	г/см ³		
Массовая доля сухого остатка	%		
Условная вязкость по ВЗ-4	с		
Содержание свободного фенола	%	–	
Массовая доля свободного формальдегида	%	–	
Содержание нелетучих веществ	%	–	
Содержание нелетучего остатка при поликонденсации	%	–	
Адгезионная прочность клеевого шва: – в сухом состоянии – после кипячения в воде в течение 1 ч	МПа		

Контрольные вопросы

1. Виды и свойства упрочняющих добавок в производстве ДВП.
2. Получение и испытание альбуминового клея.
3. Синтез ФФС, используемой в плитном производстве.
4. Испытания резольной ФФС.

Лабораторная работа № 6 ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Цель работы – приготовить горячие и холодные гидрофобизирующие эмульсии и исследовать их качественные характеристики.

Материалы и оборудование: парафин нефтяной; гач с содержанием твердых углеводов 89–91%; сульфитно-спиртовая барда; олеиновая кислота или олеат натрия; 40%-ный раствор едкого натра; каустическая сода; хозяйственное мыло; 25%-ный раствор аммиака; 5%-ный раствор сернокислого алюминия; 2%-ный раствор серной кислоты; 1%-ный раствор катионного полиэлектролита; фарфоровая чашка емкостью 100 мл; фарфоровые стаканы объемом 100 и 200 мл; стеклянная посуда: стаканы вместимостью 50 (3 шт.) и 100 мл; пипетки объемом 15 мл; бюретки; стеклянные палочки; сушильный шкаф (до 200°C); микроскоп; окуляр с микрометрической шкалой; предметные стекла; мешалка с приводом; электрическая плитка; весы аналитические и технические; термометр с диапазоном 0–30°C и с ценой деления 0,2°C; секундомер.

Общие сведения

Древесноплитные материалы и изделия из них могут находиться в условиях переменной влажности воздуха, изменяющейся температуры, прямого попадания капельно-жидкой воды, которые оказывают отрицательное воздействие на их физико-механические свойства. Степень их изменений прежде всего зависит от рецептурных и технологических факторов производства данных материалов. Способность древесных плит противостоять разрушающему действию воды называют *водостойкостью*. Стандартный показатель водостойкости древесных плит определяют водопоглощением при погружении образцов или их верхней пласти на 2 или 24 ч в воду, а также измерением линейного размера по толщине – разбуханием.

Древесина набухает и усыхает обратимо, поскольку биологические связи между морфологическими элементами не разрушаются водой. Древесные плиты в воде набухают, но при сушке полностью не возвращаются в начальное состояние, обнаруживая при этом остаточную деформацию.

Основная причина набухания ДСтП (особенно на карбамидоформальдегидном связующем) связана с поглощением сорбированной воды клеточными стенками древесины. Проникновение воды в их

структуру создает полимолекулярный слой толщиной 6–8 молекул с постепенным ослаблением энергии взаимодействия, увеличивая объем клеточной стенки и вследствие этого объем образца.

ДВП изготавливают из волокнистой массы, которая характеризуется наличием волокон с развернутой поверхностью и имеет значительное количество гидроксильных групп, а также карбоксильных и альдегидных функциональных групп. Гидроксильные группы в процессе формирования плит способствуют образованию межволоконных связей, но также являются носителями гидрофильных свойств древесины. Слабо- или незаблокированные гидроксилы могут взаимодействовать с водой в капельно-жидком состоянии и водяными парами, вызывая набухание материала. Свободная вода может также поглощаться за счет поверхностного натяжения и гидростатического давления.

Обеспечение снижения сродства древесноплитных материалов с водой называется *гидрофобизацией*, которая бывает временной и постоянной. Для придания гидрофобности плитным материалам необходимо заполнить капилляры клеточных стенок и структурообразующих элементов гидрофобными веществами. Однако гидрофобные вещества в этом случае придают только временную водостойкость.

Постоянная водостойкость обеспечивается уменьшением числа доступных полярных групп древесного комплекса, главным образом гидроксильных, с помощью химических реагентов и (или) термообработкой, а также образованием химических связей между структурными элементами или созданием полимерной матрицы в материале с использованием ее гидролитически устойчивых соединений.

В качестве гидрофобной добавки применяют преимущественно парафин, церезиновую композицию и нефтяной гач. Внесение этих веществ в композицию плиты наряду с приданием гидрофобных свойств обеспечивает предотвращение прилипания прессуемой плиты к поверхности глянцевых листов и транспортным сеткам. Вводят гидрофобные добавки чаще всего в виде эмульсий, приготовление которых производится по следующей схеме: вода + эмульгатор + парафин (или другие соединения парафинового ряда).

Для получения устойчивых, пригодных к употреблению эмульсий добавляют эмульгатор, который обволакивает диспергированные капли и снижает поверхностное натяжение на границе раздела проклеивающего вещества и растворителя. В качестве эмульгатора раньше использовали олеиновую кислоту и аммиак, в настоящее время наиболее распространены лигносульфонаты. Эмульсию готовят в специальной установке – эмульсаторе, который имеет рубашку обогрева

для поддержания требуемой температуры. Эмульсаторы бывают с быстроходными (число оборотов не менее 1000 об/мин), струйными, роторно-пульсационными мешалками (самые эффективные).

Примерная рецептура и режим приготовления гидрофобизирующего состава: вода – 250 л, лигносульфонаты (50% сухого вещества) – 15 кг, парафин – 100 кг; температура – 60–65°C; продолжительность эмульгирования – 2,5 ч. Готовую эмульсию разводят до 6–10%-ной концентрации.

Гидрофобизирующие составы применяют и в производстве ДСтП, где возможно использование парафина не только в расплавленном состоянии, но и в виде холодных парафиновых эмульсий. Расход эмульсии должен составлять 0,75–1,00% к массе а. с. стружки.

Готовая эмульсия должна представлять собой однородную жидкость белого цвета и отвечать следующим требованиям:

концентрация, %	30 ± 5
вязкость по вискозиметру ВЗ-4, с	10–12
плотность, г/см ³	0,96–0,98
pH	6,0–7,5
устойчивость за 24 ч, %, не менее	94

Основными показателями качества эмульсий являются дисперсность и стабильность. Мелкодисперсность позволяет увеличить объем эмульсии и повысить тем самым площадь покрытия поверхности древесных частиц, что способствует увеличению водостойкости плит. Стабильность эмульсии характеризуют продолжительностью ее нахождения в рабочем состоянии, т. е. при незначительном расслоении.

С целью повышения дисперсности, концентрации и стабильности эмульсий применяют ультразвуковые колебания высокой интенсивности. За счет явления кавитации происходит диспергирование одной жидкости в другой. Кавитационные пустоты преимущественно образуются вблизи поверхностей раздела, где энергия разрыва минимальна. При смыкании пустот наблюдаются гидравлические удары, которые диспергируют распределяемое вещество. Концентрация эмульсии и размер частиц дисперсной фазы зависит от многих факторов: продолжительности ультразвуковой обработки, интенсивности колебаний, величины внешнего давления, объема аппарата и др.

Порядок выполнения работы

Приготовление парафиновой и гачевой эмульсий. Примерные рецептуры приготовления гидрофобных эмульсий представлены в приложении 2.

В фарфоровую чашку вместимостью 100 мл помещают парафин или гач и нагревают его при температуре 72–80°C на водяной бане до полного расплавления. Параллельно с этим в емкость лабораторного эмульсатора 2, входящего в состав установки для приготовления гидрофобизирующих дисперсий (рис. 19), заливают горячую воду, загружают эмульгатор – сульфитно-спиртовой концентрат (олеат натрия или олеиновую кислоту), включают мешалку 3 и эмульгируют до полного растворения. Туда же при перемешивании подают щелочную добавку, если она входит в рецептуру. Затем в эмульсатор тонкой струйкой вливают расплавленный парафин. Процесс эмульсирования ведут в течение 2 ч до получения устойчивой эмульсии.

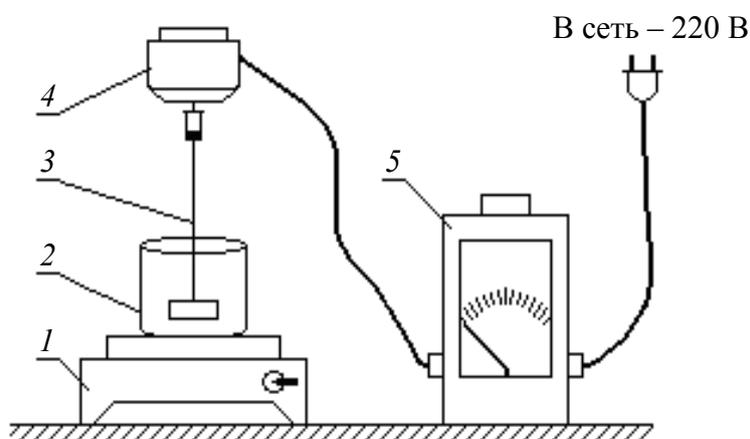


Рис. 19. Установка для приготовления гидрофобизирующих дисперсий:
 1 – электрическая плитка; 2 – лабораторный эмульсатор;
 3 – мешалка; 4 – электродвигатель; 5 – автотрансформатор

Порядок получения эмульсии на основе гача аналогичный, только в эмульсатор после сульфитно-спиртового концентрата загружают каустическую соду.

Через каждые 30 мин с начала перемешивания контролируют размер частиц дисперсии с помощью оптического микроскопа.

По окончании эмульгирования нагрев эмульсии продолжают до конца всех испытаний. Готовую эмульсию разбавляют горячей водой до 6–10%-ной концентрации, перемешивают и используют для проклейки древесноволокнистой массы. Качество готовой эмульсии контролируют методами разбавления и осаждения.

Приготовление стойкой на холоду гидрофобной эмульсии (рецепт № 7). В стакан вместимостью 100 мл заливают 55 мл воды температурой 65–70°C, загружают 1,4 г мелкоизмельченного хозяйственного мыла и оставляют набухать на протяжении 40–60 мин. В ла-

бораторный эмульсатор заливают 70 мл воды температурой 65–70°С и вводят набухшее хозяйственное мыло. Раствор перемешивают до получения однородной консистенции. Затем при непрерывном перемешивании добавляют 2,4 мл концентрированной аммиачной воды и тонкой струйкой приливают 11,1 г расплавленного парафина или гача. Перемешивание проводят в течение 20 мин до получения однородной устойчивой эмульсии. Прекращают нагревание и помещают эмульсатор в баню с холодной водой, продолжая перемешивание дисперсии до полного охлаждения.

Испытания гидрофобизирующих добавок.

Метод разбавления. Для проверки качества готовой эмульсии отбирают пробу и 10-кратно разбавляют водой, которая имеет температуру, равную температуре эмульсии (70–80°С). После тщательного перемешивания парафин не должен высаживаться из эмульсии и всплывать на поверхность.

Метод осаждения. К 15 мл готовой эмульсии, помещенной в стакан вместимостью 50 мл, прибавляют по 0,1 мл 5%-ного раствора сернокислого алюминия, фиксируют момент прекращения образования хлопьев гидрофобного вещества в дисперсии и объем раствора сернокислого алюминия, достаточный для полного его осаждения. Расход сернокислого алюминия, необходимый для осаждения гидрофобного вещества из дисперсии, рассчитывают по формуле

$$D = \frac{V_1 C_1}{V_2 C_2}, \quad (37)$$

где V_1 , C_1 – соответственно объем и концентрация дисперсии, взятой для анализа, мл и %; V_2 , C_2 – соответственно объем и концентрация сернокислого алюминия, мл и %.

Аналогично проводят испытания с использованием для осаждения дисперсии 2%-ного раствора серной кислоты и 1%-ного раствора катионного полиэлектролита. Сравнивая полученные результаты, оценивают эффективность действия испытанных осадителей гидрофобизирующих дисперсий.

Определение геометрических размеров частиц эмульсии.

Препарат для наблюдения готовят следующим образом. На предметное стекло, промытое этиловым спиртом, помещают пробу дисперсии объемом 0,05–0,10 мл, для чего стеклянную палочку на 0,2–0,5 см опускают в эмульсию и дотрагиваются ею до предметного стекла. После растекания нанесенной капли препарат помещают под объектив микроскопа. Наблюдая в микроскопе (проходящий свет) частицы

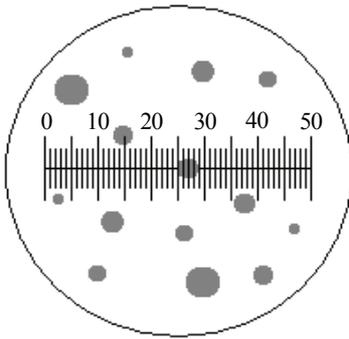


Рис. 20. Определение размеров частиц под микроскопом

эмульсии, фиксируют их размеры ($N_{k,i}$) с помощью микрометрической шкалы с известной ценой деления, нанесенной на линзу окуляра (рис. 20). Для этого шкалу окулярной линейки совмещают с контурами измеряемой частицы и подсчитывают число ей соответствующих делений. Путем умножения числа делений на его цену получают действительный диаметр частицы в микрометрах. Препарат анализируют в трех полях зрения, считая число частиц мелкой фракции (N_0), средних (N_1, N_2, N_3, N_4) и крупной (N_5) фракций. Результаты измерений заносят в табл. 17 и определяют количество частиц каждой фракции (N_i) в трех полях зрения и суммарное количество частиц (N_c). В каждом поле зрения должно находиться не менее 20–30 частиц.

Таблица 17

Результаты подсчета числа частиц в поле зрения микроскопа

Диаметр частицы d_i , мкм	Подсчитанное число частиц $N_{k,i}$, шт.			Количество частиц i -й фракции N_i , шт.
	поле 1	поле 2	поле 3	
d_0	$N_{1,0}$	$N_{2,0}$	$N_{3,0}$	N_0
d_1	$N_{1,1}$	$N_{2,1}$	$N_{3,1}$	N_1
d_2	$N_{1,2}$	$N_{2,2}$	$N_{3,2}$	N_2
d_3	$N_{1,3}$	$N_{2,3}$	$N_{3,3}$	N_3
d_4	$N_{1,4}$	$N_{2,4}$	$N_{3,4}$	N_4
d_5	$N_{1,5}$	$N_{2,5}$	$N_{3,5}$	N_5

Величину N_i для каждой i -й фракции рассчитывают по формуле (пример для N_0)

$$N_0 = N_{1,0} + N_{2,0} + N_{3,0}. \quad (38)$$

Величину N_c вычисляют по следующей формуле:

$$N_c = \sum_{i=0}^5 N_i. \quad (39)$$

Используя результаты табл. 17, строят интегральную и дифференциальную кривые распределения частиц полученной гидрофобизирующей эмульсии. В основу расчета и построения может быть положено число частиц каждой фракции по радиусам, объем частиц

дисперсной фазы, соответствующий частицам данного размера, масса частиц или поверхность раздела фаз.

В лабораторной работе предлагается построение функции распределения частиц дисперсной фазы по радиусам, которое осуществляют следующим образом. Рассчитывают процентное содержание частиц каждой фракции по отношению к их общему количеству:

$$Q_i = \frac{N_i}{N_c} 100\%. \quad (40)$$

Результаты вычислений записывают в табл. 18, на основании которой строят интегральную кривую распределения (рис. 21, а).

Таблица 18

Данные для построения интегральной кривой распределения частиц дисперсии по радиусам

Радиус частиц r_i , мкм	Количество частиц i -й фракции N_i , шт.	Процентное содержание фракции Q_i , %	Нарастающее суммарное содержание частиц, %
r_0	N_0	Q_0	Q_0
r_1	N_1	Q_1	$Q_0 + Q_1$
r_2	N_2	Q_2	$Q_0 + Q_1 + Q_2$
r_3	N_3	Q_3	$Q_0 + Q_1 + \dots + Q_3$
r_4	N_4	Q_4	$Q_0 + Q_1 + \dots + Q_4$
r_5	N_5	Q_5	$Q_0 + Q_1 + \dots + Q_5$

Последняя ордината, соответствующая максимальному радиусу r_5 , составляет 100%.

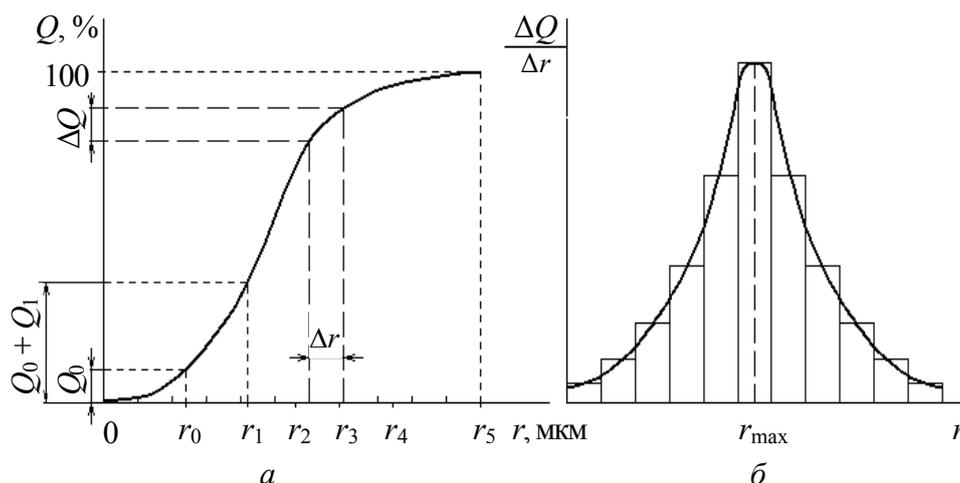


Рис. 21. Кривые распределения частиц дисперсии:
а – интегральная; б – дифференциальная

Для построения дифференциальной кривой распределения используют интегральную кривую следующим образом. Через равные интервалы радиусов, которые выбирают произвольно (например, $\Delta r = 0,2$ мкм), разбивают абсциссу на нечетное количество равных отрезков (примерно 9–11), строят ординаты до пересечения с интегральной кривой и находят значения ΔQ (приращение процентного содержания частиц в выбранном интервале радиусов Δr , которое представляет собой разность двух соседних ординат). Полученные данные записывают в табл. 19, по которой строят дифференциальную кривую распределения (см. рис. 21, б).

Таблица 19

Данные для построения дифференциальной кривой распределения частиц дисперсии по радиусам

$r_{\text{экв}}$, МКМ	Δr , МКМ	ΔQ_i , %	$\Delta Q_i / \Delta r$, %/МКМ
0,2	0,2	ΔQ_1	$\Delta Q_1 / 0,2$
0,4	0,2	ΔQ_2	$\Delta Q_2 / 0,2$
0,6	0,2	ΔQ_3	$\Delta Q_3 / 0,2$

Примечание. Количество строк таблицы соответствует числу отрезков, на которые разбивают абсциссу при построении дифференциальной кривой.

Осуществляют построение следующим образом. Откладывая на оси абсцисс значения эквивалентных радиусов $r_{\text{экв}}$, а по оси ординат – функцию распределения $\Delta Q / \Delta r$, строят прямоугольники, у которых основанием являются равные интервалы радиусов Δr , а высотой – $\Delta Q / \Delta r$. Соединив плавной кривой середины верхних оснований прямоугольников, получают дифференциальную кривую распределения, по которой определяют радиус частиц r_{max} , присутствующих в данной дисперсной системе в максимальном количестве.

Результаты, полученные при выполнении работы, оформляют в виде табл. 20.

Таблица 20

Качественные показатели гидрофобных эмульсий

Показатель	Эмульсия, приготовленная по рецепту	
	из приложения 2	№ 7
Максимальный радиус частиц r_{max} , МКМ		
Стабильность, определяемая методами:		
– разбавления		
– осаждения химическими веществами:		
5%-ный раствор сернокислого алюминия		
2%-ный раствор серной кислоты		
1%-ный раствор катионного полиэлектrolита		

Проанализировав данные табл. 20, составляют заключение о пригодности гидрофобных эмульсий для плитного производства.

Контрольные вопросы

1. Виды и свойства гидрофобизирующих эмульсий для древесных плит.
2. Получение и испытание традиционных парафиновых (гачевых) эмульсий.
3. Получение и испытание стойкой на холоду гидрофобизирующей эмульсии.
4. Испытания древесных плит на водостойкость.

Лабораторная работа № 7 ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Цель работы – изготовить на лабораторном прессе ДВП мокрым способом и определить показатели их качества.

Материалы и оборудование: древесноволокнистая масса; фенолоформальдегидная смола; 2%-ный раствор серной кислоты; мерная посуда объемом 25, 250 и 1000 мл; пипетка на 10 мл; пластмассовая емкость вместимостью 10 л (2 шт.); гидроразбиватель волокон; лабораторная отливная машина; рН-метр; термостат; весы технические; гидравлический пресс без обогрева ПСУ-50; гидравлический пресс П-125; испытательная машина ИР 5057-50; толщиномер ручной; штангенциркуль; подкладочная сетка № 10; подкладочные металлические листы.

Общие сведения

ДВП называют листовой материал, изготовленный посредством горячего прессования или сушкой предварительно сформированных в ковер древесных волокон, связь между которыми обеспечивается за счет физико-химических превращений компонентов композиции. Известно четыре способа производства ДВП: мокрый, сухой, полусухой и мокросухой. Их объединяет наличие единых технологических узлов: получение древесноволокнистой массы, формирование волокнистого ковра, прессование или сушка, термообработка и кондиционирование

плит. В процессе производства в древесноволокнистую массу вводят химические добавки для получения требуемых стандартом свойств. Плиты смотря по назначению подразделяют на два типа: твердые и мягкие.

Твердые плиты в зависимости от прочности и вида лицевой поверхности делятся на следующие марки:

- Т – твердые плиты с необлагороженной лицевой поверхностью;
- Т-С – твердые плиты с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- Т-П – твердые плиты с подкрашенным лицевым слоем;
- Т-СП – твердые плиты с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- СТ – твердые плиты повышенной прочности (сверхтвердые) с необлагороженной лицевой поверхностью;
- СТ-П – твердые плиты повышенной прочности (сверхтвердые) с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы.

Плиты классифицируют также:

- 1) по отделке – одно- и двухсторонней облицовки;
- 2) в зависимости от технических свойств – биостойкие, огнестойкие, влагостойкие, звукопоглощающие;
- 3) применительно к рельефу поверхности – профилированные с одной или двух сторон;
- 4) в соответствии со способом производства – одно- и двухсторонней гладкости.

Технические свойства плит определяются видом древесного сырья, способом производства и дополнительной обработкой. ДВП применяют в качестве заменителей листовых материалов из древесины. Они отличаются большей изотропностью механических свойств и не имеют пороков, присущих цельной древесине. Технические требования к ДВП, изготовленным мокрым способом (односторонней гладкости), регламентируются ГОСТ 4598.

Для получения необходимых физико-механических показателей в плиты вводят упрочняющие и гидрофобизирующие составы. Однако при наличии в составе плит большого количества хвойного сырья и хорошем его качестве можно обойтись использованием только гидрофобизирующих составов (парафиновая эмульсия или ее заменители) и осадителей (сернокислый алюминий или серная кислота). В случае применения лиственной древесины и низкого качества сырья вводят упрочняющие добавки (альбумин или малотоксичная фенолоформальдегидная смола).

При производстве плит сухим способом в композицию плиты вносят фенолоформальдегидную смолу и гидрофобизирующую добавку в расплавленном виде.

Рекомендуемый расход проклеивающих добавок, % к а. с. в.:

	способ производства	
	мокрый	сухой
связующее	до 1,0	1,5–6,0
гидрофобизирующие вещества	до 1,0	1,0
осадитель	до 1,5	–

Порядок выполнения работы

Расчет потребности сырья и материалов. Определение массы готовой плиты ведут исходя из заданной толщины, плотности и ее размеров (170×170 мм) по формуле

$$M_{\text{пл}} = \rho \delta F, \quad (41)$$

где ρ – плотность плиты, кг/м³; δ – толщина плиты, м; F – площадь плиты, м².

Необходимое количество волокнистой массы находят из следующего соотношения:

$$M_{\text{в}} = \frac{M_{\text{пл}} \cdot 10^4}{(100 + D + W_{\text{пл}})(100 - W_{\text{в}}) K_{\text{п}}}, \quad (42)$$

где D – дозировка связующего, %; $W_{\text{пл}}$ – влажность плиты, %; $W_{\text{в}}$ – относительная влажность волокна; $K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери волокна при изготовлении плиты (равен 0,95).

Расход воды на приготовление волокнистой суспензии вычисляют из уравнения

$$M_{\text{вод}} = \frac{M_{\text{в}} (100 - W_{\text{в}})}{K_{\text{с}}}, \quad (43)$$

где $K_{\text{с}}$ – концентрация волокнистой суспензии, %.

В качестве упрочняющей добавки используют альбуминовый клей и фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3024Б. Рецептура приготовления упрочняющих составов приведена в лабораторной работе № 5.

Расход проклеивающей и гидрофобизирующей добавки рассчитывают исходя из ее дозировки D , %, и концентрации C , %:

$$M_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{плД}}}{C}. \quad (44)$$

В качестве осадителя проклеивающих добавок на древесных волокнах используют серноокислый глинозем концентрацией 8–10% и 2%-ный раствор серной кислоты. Расход выбранного осадителя устанавливается в процессе проклейки волокнистой массы путем его прибавления до достижения значения рН в диапазоне 4,5–5,0.

Приготовление древесноволокнистой массы. Для проведения работы применяют подсушенную на воздухе древесноволокнистую массу, полученную после дефибраторного размола на промышленной установке. Для приготовления волокнистой суспензии волокно должно быть тщательно разработано (без комков и крупных пучков). Эту операцию проводят на дезинтеграторе. Навеску волокна для изготовления одной плиты, разделяя на две равные части, поочередно помещают в стакан, куда добавляют по 1,75 л воды, и последовательно разбивают на дезинтеграторе в течение 10–15 мин.

Проклейка массы и формирование ковра. Проклеивание заключается в точном дозировании и распределении проклеивающей добавки в волокнистой массе, которые проводят после ее разбавления водой температурой 50–55°C до концентрации K_c , изменяющейся в пределах 1,7–1,9%. При определении количества добавляемой воды учитывают и воду, внесенную при приготовлении волокнистой суспензии на дезинтеграторе.

Смолу перед введением в волокнистую массу разбавляют до концентрации 10% водопроводной водой и постепенно приливают при перемешивании. Затем добавляют раствор осадителя и доводят рН волокнистой массы до значения 4,5–4,8 с помощью рН-метра или универсальной индикаторной бумаги. После этой операции масса готова к отливу.

Формирование ковра осуществляют на лабораторном листоотливном аппарате, схема которого представлена на рис. 22.

Аппарат приводят в рабочее состояние следующим образом. Закрывают запорный клапан 5, проверяют плотность соединений между формирующим коробом 1, прокладками 2 и 4, перфорированной пластиной с сеткой 3 и сливным бачком 10. Далее открывают вентиль 7, заполняя свежей водой сливную трубу 11 и формирующий короб до уровня 3–5 мм над сеткой. Спускной рычаг 9 в это время находится в крайнем нижнем положении. Проклеенная древесноволокнистая масса после перемешивания выливается в формирующий ящик аппарата, где

она дополнительно перемешивается рукояткой отжимного поршня 13. Затем выдвигается спускной рычаг, открывая задвижку 12. Происходит обезвоживание массы и формирование ковра плиты. После прекращения поступления воды в сливной бачок осуществляется отжим и выравнивание поверхности плиты ручным отжимным поршнем. После окончания отлива открывают запорный клапан и откидывают формирующий ящик. Отлитый волокнистый ковер на сетке вынимают из листоотливного аппарата, который после операции отлива тщательно промывают от остатков волокна.

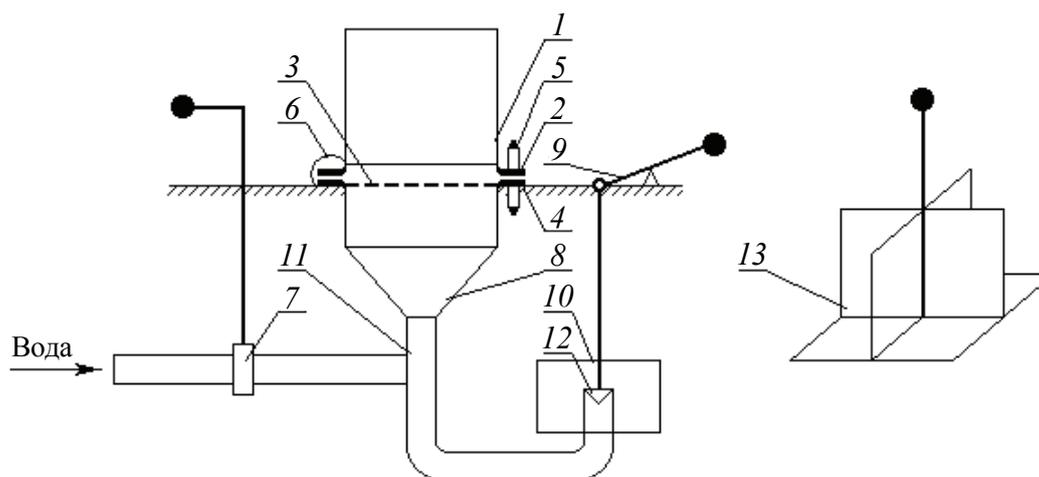


Рис. 22. Схема листоотливного аппарата:

- 1 – формирующий короб; 2, 4 – прокладки; 3 – сетка;
- 5 – запорный клапан; 6 – петля; 7 – вентиль подачи воды;
- 8 – конусное дно; 9 – спускной рычаг; 10 – сливной бачок;
- 11 – сливная труба; 12 – задвижка; 13 – отжимной поршень

Прессование ДВП. Древесноволокнистый ковер после формирования имеет очень высокую влажность, поэтому производят подпрессовку, помещая его на металлический поддон со стоком между двумя металлическими пластинами. Холодная подпрессовка сформированного волокнистого ковра производится на гидравлическом прессе без обогрева ПСУ-50 (рис. 23) при давлении, обеспечивающем получение относительной влажности ковра около 75%.

Пресс представляет собой неподвижную раму, установленную на фундаменте 1 и состоящую из станины 2 и поперечины 8, которые соединены между собой двумя колоннами 9. В центральной части станины расположен рабочий цилиндр прессы, в котором находится плунжер 3. Под действием давления масла в цилиндре плунжер перемещается вверх. Подвижные части машины опускаются

вниз посредством собственного веса. В центральном гнезде траверсы на винте закреплена опорная плита 6, которая с помощью маховика 7 вручную перемещается вдоль оси прессы, и верхняя плита 5. Пульт управления 10 состоит из насосной установки, которая предназначена для подачи масла под давлением в рабочий цилиндр прессы, и силоизмерительной головки.

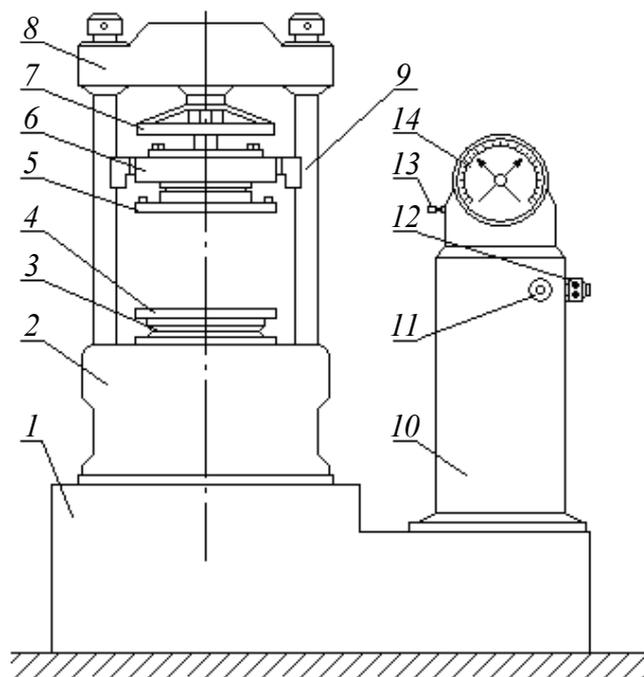


Рис. 23. Схема холодного прессы ПСУ-50:

- 1 – фундамент; 2 – станина; 3 – плунжер; 4 – нижняя плита;
 5 – верхняя плита; 6 – опора; 7 – маховик; 8 – поперечина;
 9 – колонна; 10 – пульт управления;
 11 – маховик спускного клапана; 12 – кнопочная станция;
 13 – переключатель диапазонов; 14 – шкала манометра

Сформированный пакет помещают на нижнюю плиту 4 и вращением маховика опускают верхнюю плиту до образования с пакетом зазора 5–10 мм. Включают насосную установку нажатием кнопки «Пуск» кнопочной станции 12. Удельное давление прессования составляет 2,5 МПа, время выдержки под давлением – не более 10 с.

Необходимое усилие для холодного прессования P , Н, рассчитывают исходя из удельного давления $P_{уд}$, МПа, и площади ковра F , м²:

$$P = 0,01P_{уд} F. \quad (45)$$

По достижении заданного усилия прессования, которое фиксируется по шкале манометра 14, отключают насос кнопкой «Стоп», от-

крывают спускной клапан 11 рабочей жидкости, в результате чего происходит сброс давления в течение 10 с и опускание нижней плиты. Спускной клапан закрывают. Пакет вынимают из холодного пресса.

Горячее прессование производят в лабораторном гидравлическом прессе П-125 рамной конструкции. Плиты пресса обогреваются электрическими тэнами и могут обеспечивать температуру прессования до 270°C. Верхняя плита перемещается с помощью подвижной траверсы пресса, выполняя задачу первоначального смыкания плит, нижняя подвижная плита – посредством плунжера за счет давления в гидросистеме пресса, обеспечивая максимальное усилие прессования. Температуру и давление устанавливают в зависимости от принятого режима прессования и регистрируют измерительными приборами, находящимися на панели пресса.

Продолжительность отдельных фаз прессования и температуру определяют в зависимости от качества и породного состава исходного сырья, толщины и структуры сформированного ковра, технической характеристики пресса. Продолжительность отдельных стадий прессования выбирают согласно табл. 21.

Удельное давление прессования по стадиям изменяется в соответствии с циклограммой, представленной на рис. 24.

Температура во время всего цикла постоянна. Ее высокое значение (190–210°C) положительно влияет на физико-механические показатели готовых плит. Удельное давление прессования изменяется в соответствии с тремя фазами, которые называются отжим, сушка, закалка.

Таблица 21

**Зависимость продолжительности
отдельных стадий прессования от породного состава**

Показатель *	Значение показателей, с, при использовании древесины лиственных пород, %				
	0	30	50	70	100
$\tau_c + \tau_1$	Не более 65				
τ_2	1–5	5–10	10–15	10–20	15–25
τ_3	25–35	25–35	25–35	25–35	25–35
τ_4	180–240	180–240	210–270	240–300	270–300
τ_5	20–30	20–30	20–30	20–30	20–30
τ_6	60–120	60–120	60–120	60–120	60–120
τ_7	20–30	20–30	20–30	20–30	20–30
τ_p	15–25	15–25	15–25	15–25	15–25

* Обозначение интервала времени расшифровано на рис. 24.

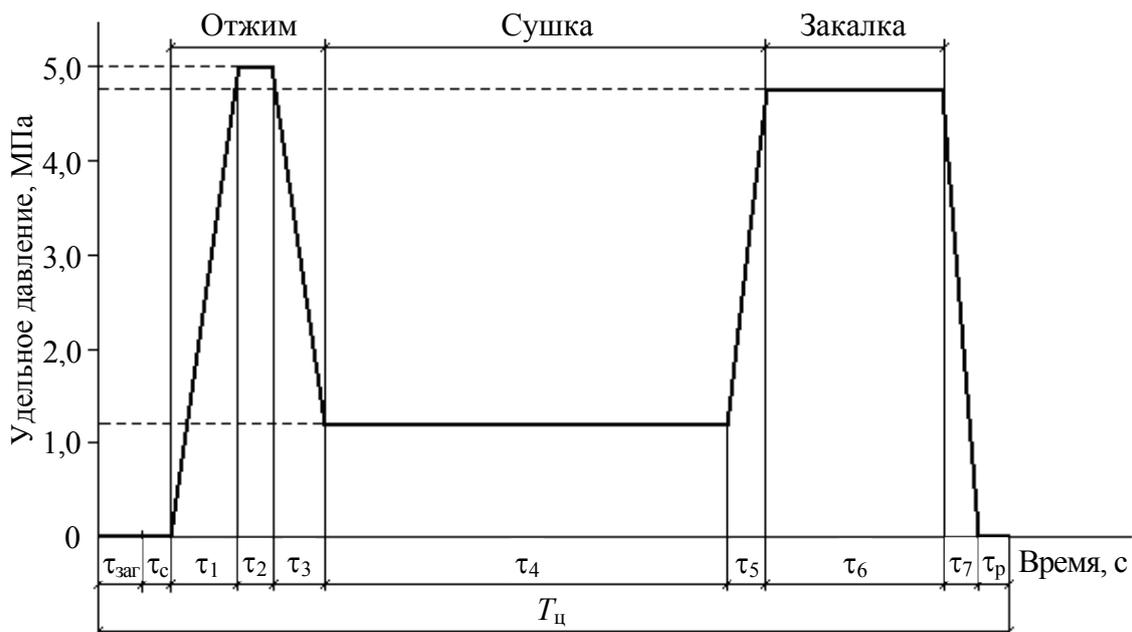


Рис. 24. Диаграмма прессования ДВП мокрым способом:

- $\tau_{\text{зар}}$ – время загрузки пресса; $\tau_{\text{с}}$ – время смыкания;
- τ_1 – время подъема давления до максимального значения;
- τ_2 – время выдержки при давлении 5,0–5,5 МПа; τ_3 – время сброса давления;
- τ_4 – время выдержки при давлении сушки 1,2–1,3 МПа;
- τ_5 – время подъема давления; τ_6 – время выдержки при давлении 4,7–4,8 МПа;
- τ_7 – время снижения давления до 0; $\tau_{\text{р}}$ – время размыкания плит пресса;
- $T_{\text{ц}}$ – время цикла прессования

Фаза отжима является начальной и важной, так как именно в это время отжимается $\frac{1}{3}$ содержащейся в прессуемом ковре воды. Установлено, что максимальное удельное давление при прессовании твердых плит должно составлять 4,5–5,5 МПа. Выдержка при высоком давлении в производственных условиях не должна превышать 30 с во избежание интенсивного парообразования.

Фазу сушки ведут при давлении порядка 0,8–1,0 МПа, создавая наиболее благоприятные условия для удаления пара. Сушку полагают заканчивать при достижении плитой влажности 7%.

Давление во время фазы закалки варьируют в пределах 4,0–4,5 МПа.

Сформированный древесноволокнистый ковер, уложенный на сетку и поддон, покрывают сверху очищенным от загрязнений глянцевым листом и помещают на металлический поддон со стоком между плитами горячего пресса. Рекомендованная температура прессования в лабораторных условиях составляет $(180 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Усилие прессования P , Н, определяют исходя из заданного удельного давления $P_{\text{уд}}$, МПа, и площади прессуемой плиты F , м^2 :

$$P = 0,01P_{уд}F. \quad (46)$$

По завершении цикла прессования производят выключение насоса, нагнетающего рабочую жидкость в плунжер пресса, медленно сбрасывают давление, при этом происходит опускание нижней плиты и раскрытие пресса. Готовую плиту вынимают из пресса и подвергают, в случае необходимости, термообработке.

Термообработка плит. Лабораторная закалочная камера (камера термообработки) состоит из следующих узлов: корпуса, вентилятора и воздухонагревателя. Плиты после горячего прессования укладывают в специальную кассету и помещают

внутри камеры. Включают электродвигатель, приводящий в действие вентилятор. Затем включают воздухонагреватель. Начинается закрытый цикл воздухообмена внутри камеры. Во время термообработки плит воздухопровод, служащий для отвода воздуха в атмосферу, закрыт. Температуру в камере поднимают до $(160 \pm 5)^\circ\text{C}$ и поддерживают на этом уровне в течение всего периода термообработки – 2,5–3,5 ч в зависимости от толщины плит. По окончании цикла термообработки камеру выключают, горячий воздух отводится в атмосферу, дверцу открывают и вынимают кассету с плитами. Охлаждают плиты в вытяжном шкафу и кондиционируют при комнатной температуре на протяжении не менее 24 ч. Затем размечают в соответствии со схемой раскроя, представленной на рис. 25, и обрезают по формату на круглопильном станке.

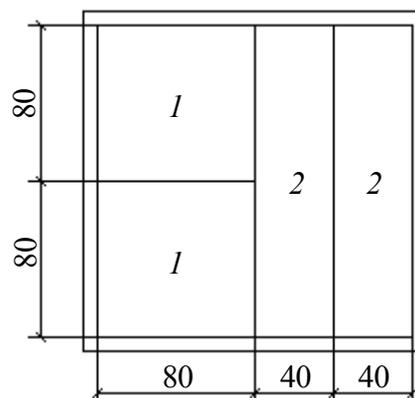


Рис. 25. Схема раскроя ДВП:
1 – определение плотности, водопоглощения и набухания;
2 – предел прочности при изгибе

Определение физико-механических показателей ДВП. Влажность плит определяют весовым методом, основанным на выделении влаги при высушивании образцов размером 100×100 мм до постоянной массы. В работе допускается использование для испытаний меньших по размеру образцов в связи с малыми размерами листоотливного аппарата. Влажность образца плиты выражают отношением массы влаги, содержащейся в нем, к массе сухой плиты:

$$W = \frac{M_1 - M_0}{M_0} 100\%, \quad (47)$$

где M_1 – масса влажной плиты, кг; M_0 – масса сухой плиты, кг.

Плотность плит определяют путем взвешивания и обмера двух образцов. Толщину каждого образца измеряют толщиномером с точностью до 0,01 мм и устанавливают как среднее арифметическое из четырех замеров, производимых на расстоянии не менее 25 мм от края. Линейные размеры образца измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм в двух местах параллельно кромкам. За длину и ширину образца принимают среднее арифметическое значение результатов замеров двух параллельных сторон. После измерения образцы плит взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г.

Плотность рассчитывают, округляя до 10 кг/м³, по формуле

$$\rho = \frac{M}{\ell b h}, \quad (48)$$

где M – масса сухого образца, кг; ℓ – длина образца, м; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Определение *разбухания по толщине* производят на образцах размером 100×100 (80×80) мм, измеряя их толщину в четырех точках на расстоянии не менее 25 мм от кромки. Образцы устанавливают в решетку и вертикально погружают в воду температурой $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ таким образом, чтобы верхний край образцов находился на 20–30 мм ниже уровня поверхности воды. Исследования показали, что образцы значительно изменяют свои линейные размеры и интенсивно поглощают воду лишь в первые 2–4 ч выдержки, поэтому в учебных целях достаточно выдерживать образцы в ванне в течение 2 ч. Затем их извлекают из ванны и укладывают каждый отдельно в горизонтальном положении между листами фильтровальной бумаги для удаления излишков влаги, а сверху пачки из образцов помещают небольшой груз (например, гирию весом 2 кг). После трехминутной выдержки измеряют толщину каждого образца микрометром с точностью до 0,01 мм в тех же четырех точках, как и в сухом образце. За толщину принимают среднее арифметическое четырех измерений.

Разбухание определяют по изменению толщины плиты до и после увлажнения по отношению к толщине плиты до увлажнения с точностью до 0,1%:

$$N = \frac{h - h_0}{h_0} 100\%, \quad (49)$$

где h_0 и h – толщина образцов до и после увлажнения соответственно, м.

Определение *водопоглощения лицевой поверхностью* осуществляют на образцах размером 80×80 мм. Образцы взвешивают, производят гидроизоляцию кромок и нелицевой поверхности, погружая их

в расплавленный парафин при температуре $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$. При нанесении парафина на кромки образец окунают по очереди каждой кромкой до линии, отстоящей от нее на расстоянии 3 мм. Повторно взвешивают образцы и погружают в воду в соответствии с методикой определения разбухания по толщине. В очередной раз взвешивают образцы. Водопоглощение лицевой поверхностью вычисляют по формуле

$$\Delta W_{\text{л.п}} = \frac{M_3 - M_2}{M_1} 100\%, \quad (50)$$

где M_3 – масса образца с гидроизоляцией после вымачивания, г; M_2 – масса сухого образца с гидроизоляцией, г; M_1 – масса образца без гидроизоляции, г.

Предел прочности при изгибе определяют по результатам испытаний образцов плит размером 40×160 мм на испытательной машине ИР 5057-50 (см. рис. 14 на с. 34) при скорости нагружения (30 ± 3) мм/мин. Расстояние между опорами приспособления, на которые помещают образцы плит, устанавливают равным 25-кратной номинальной толщине плит (75 мм). Одну половину испытываемых образцов укладывают на опоры сеточной стороной вверх, а другую – сеточной стороной вниз. Разрушающую нагрузку фиксируют с точностью до 1 Н.

Предел прочности при изгибе вычисляют с точностью до 0,5 МПа по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{3P\ell}{2bh^2}, \quad (51)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; ℓ – расстояние между опорами приспособления испытательной машины, м; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Результаты работы оформляют в виде табл. 22.

Таблица 22

Физико-механические показатели испытаний ДВП

Показатель	Значение показателя по заданию *	Результаты испытаний
Толщина плиты, мм	2,8–3,2	
Влажность, %	3–10	
Плотность, кг/м ³	800–1100	
Разбухание за 2 ч, %	20–23	
Водопоглощение лицевой поверхностью, %	9–11	
Предел прочности при изгибе, МПа	33–38	

* Приводятся значения показателей по ГОСТ 4598.

Проводят сравнение ожидаемых и полученных показателей качества с анализом имеющегося их несоответствия.

Контрольные вопросы

1. Виды и марки ДВП.
2. Показатели качества ДВП мокрого способа производства.
3. Основные стадии технологического процесса получения ДВП.
4. Определение физико-механических показателей ДВП.

Лабораторная работа № 8 АНАЛИЗ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Цель работы – провести анализ и определить эффективность очистки сточных вод катионными полиэлектролитами и минеральными коагулянтами; выбрать оптимальный режим очистки.

Материалы и оборудование: волокнистая масса или сточная вода цеха ДВП; сернокислый алюминий; известковое молоко; полимерный коагулянт; 0,25 н. раствор бихромата калия; концентрированная серная кислота; твердый сульфат серебра; раствор ферроина; титрованный раствор соли Мора; набор буферных растворов с рН 1,68; 4,00; 6,88; 9,23; 11,0; стеклянная посуда: цилиндры объемом 250 мл (11 шт.); мерные пипетки вместимостью 1, 2 и 5 мл; мерные колбы на 100, 200 и 500 мл; круглодонные колбы объемом 300 мл (2 шт.); обратный холодильник; конические колбы вместимостью 500 мл; бюретка на 25 мл; стеклянные воронки; металлические бюксы; фарфоровые тигли; фарфоровые чашки вместимостью 50 мл; фотокалориметр ФЭК; центрифуга лабораторная ЦКЛ-2; аналитические весы; эксикатор; сушильный шкаф; муфельная печь; электрическая плитка; водяная баня; рН-метр; беззольные фильтры (белая лента); стеклянные шарики.

Общие сведения

Проблема охраны природы и рационального использования водных ресурсов – одна из актуальных в настоящее время во всех отраслях промышленности. На предприятиях деревообрабаты-

вающей промышленности значительным потребителем свежей воды является производство ДВП мокрым способом, которое характеризуется также высокой степенью загрязненности вод. На большинстве заводов по изготовлению ДВП удельный расход свежей воды составляет 12–15 м³/т. Со сточными водами выносятся значительное количество высококачественной тонкоразмолотой древесноволокнистой массы (3–6% от массы плит), других ценных компонентов перерабатываемой древесины и применяемых в технологии химических веществ.

Вода, расходуемая на технологические нужды (I) и на охлаждающие оборудования (II), должна отвечать следующим требованиям:

	I	II
количество взвешенных веществ, мг/л, не более	300	5
жесткость, мг · экв/л, не более	7	7
температура воды, °С	4–25	до 20

Образующиеся сточные воды имеют следующие показатели и характеризуются составом:

температура, °С	до 50
pH	3,5–4,0
взвешенные вещества, мг/л	1200–1500
БПК ₂₀ полное (биохимическая потребность в кислороде за 20 сут), мг/л	2000–5000

Основное загрязнение сточных вод ДВП образуют взвешенные и растворимые органические вещества (сахара, фурфурол, спирты, альдегиды, кислоты, красители, дубители). В стоках содержатся волокна древесины, коллоидные вещества, в состав которых входят целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин, а также растворимые и нерастворимые химикаты, применяемые при проклеивании древесноволокнистой массы. Сточные воды представляют собой водно-волоконистую систему, состав которой зависит главным образом от химических и структурных изменений, вызванных в древесине технологическими процессами при получении плит.

По концентрации загрязнений сточные воды подразделяют на три группы:

- 1) концентрированные, получаемые во время размола щепы и горячего прессования древесноволокнистого ковра;
- 2) средней концентрации, аккумулируемые в бассейне оборотной воды (основное количество стоков);

3) малоцентрированные, получаемые от промывки сеток, глянцевых и транспортных листов, от охлаждения оборудования, а также от мытья производственных помещений.

Изменчивость количественного и качественного состава водно-волоконистых суспензий не позволяет целенаправленно влиять на их устойчивость, что приводит к отсутствию в настоящее время достаточно эффективного способа очистки сточных вод производства ДВП.

Для снижения содержания взвешенных веществ воды отливоочно-прессового отделения перед сбросом в канализацию проходят технологическую очистку на фильтре или в специальных отстойниках.

Основную очистку сточных вод производят на очистных сооружениях, где применяют механическую очистку в отстойниках, химическую – путем коагуляции, а также биологическую – в аэротенках, где происходит обработка воды микроорганизмами при постоянном аэрировании (продувка воздухом). Полная биологическая очистка стоков и последующее их отстаивание должны обеспечить содержание БПК₂₀ в месте сброса очищенной воды до 15 мг/л.

Роль эффективного регулятора коллоидно-химических процессов при изготовлении ДВП и очистке их стоков могут играть водорастворимые полимеры. В водной среде они находятся или в неионизированном состоянии, или диссоциируют на ионы. На основании этого они классифицируются на неионогенные полимеры и полиэлектролиты, которые в зависимости от знака заряда макроиона делятся на анионные, катионные и амфотерные.

Полиэлектролиты обладают способностью образовывать полиэлектролитные комплексы, а также адсорбироваться на границе раздела фаз, влияя на устойчивость дисперсных систем. В процессах очистки сточных вод полиэлектролиты флокулируют частицы дисперсной фазы (древесные волокна, частицы наполнителя, проклеивающие добавки), имеющие отрицательный заряд, и вызывают их осаждение за счет перезарядки и химического взаимодействия с растворенными соединениями дисперсионной среды (воды).

Эффективность процессов коагуляции и флокуляции, протекающих в полидисперсных водно-волоконистых системах, определяется их агрегативной устойчивостью и зависит от соотношения размеров дисперсной фазы и макромолекул полимера. Увеличение размера макромолекул снижает оптимальную дозировку полимера.

Полиэлектролиты, имея в структуре активные функциональные группы кислотного и основного характера – амино-, амидо-,

карбоксильные и другие, способны выступать в качестве комплексных добавок как для повышения удержания волокнистой мелочи и химических веществ в композиции плит, так и для очистки сточных вод. При этом могут быть решены задачи по сокращению количества стоков и сбрасываемых загрязнений путем организации систем оборотного водоснабжения, повторного использования части воды и созданию предпосылок к максимальному замыканию систем водопользования, а также усовершенствованию технологического процесса.

Порядок выполнения работы

Если на данный момент отсутствует сточная вода цеха ДВП, то ее получают путем разбавления 50 г сухой волокнистой массы с известной сухостью до 4%-ной концентрации водопроводной водой температурой 80°C. После тщательного перемешивания и выдержки в течение 20 мин подготовленную массу отжимают на сетке № 10. Полученный водный экстракт с волокнами используют в дальнейшей работе.

Приготовление растворов коагулянтов и флокулянтов. Коагулянты вводят в сточную воду, подвергающуюся очистке, в виде водных растворов. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ применяют в виде насыщенного раствора (известковое молоко). Полимерными флокулянтами являются катионные полиэлектролиты: полиэтиленимин, поливинилпиридин, ВПК-402, которые используют в виде 1%-ного раствора и готовят из товарного продукта с учетом его концентрации, разбавляя массу навески в мерной колбе до 100 мл водопроводной водой.

Очистка сточной воды. В одиннадцать предварительно пронумерованных стеклянных цилиндров наливают по 250 мл исследуемой воды. Подготовленные для очистки пробы размещают в два ряда по пять цилиндров, одна проба является контрольной. Дозирование реагентов (задает преподаватель) осуществляют градуированными пипетками по объему с учетом концентрации рабочих растворов в порядке возрастания их расхода. После введения реагентов пробы перемешивают стеклянной палочкой или путем трехкратного переворачивания предварительно закрытого цилиндра. При использовании в процессе очистки двух и более реагентов перемешивание проводят после введения каждого из них.

Определение концентрации ионов водорода (рН). Испытание производят в сточных водах электрометрическим способом,

пользуясь стеклянным электродом. Метод основан на том, что при изменении рН на единицу потенциал стеклянного электрода изменяется на 58,1 мВ при температуре 20°C.

Стеклянный электрод до начала работы должен быть откалиброван по буферным растворам, которые имеют определенные значения рН, наиболее близкие к рН анализируемой воды. Перед началом измерения электрод промывают дистиллированной водой, затем исследуемой водой и после этого погружают в анализируемые пробы, которые получены в результате очистки сточной воды в пронумерованных цилиндрах. Пробу предварительно тщательно перемешивают, чтобы ее состав был однородным как в общем объеме, так и непосредственно у поверхности электрода. Полученные по шкале прибора результаты округляют до 0,1 единицы рН. В нерабочее время электрод хранят в дистиллированной воде.

Для каждого коагулянта строят график изменения значения рН очищенной воды от его расхода.

Определение взвешенных веществ. К взвешенным относят вещества, которые остаются на фильтре при фильтровании исследуемой пробы сточной воды. Для анализа берут беззольные фильтры средней плотности, помещают в бюксы (каждый фильтр в отдельный бюкс) и высушивают с открытыми крышками в течение 2 ч при 105°C в сушильном шкафу. Затем охлаждают бюксы в эксикаторе и, закрыв их крышками, взвешивают на аналитических весах.

Помещают высушенные фильтры в стеклянные воронки и пропускают через них 100 мл неочищенной и очищенной (одна из проб воды после очистки и центрифугирования, которую задает преподаватель) сточной воды. Оставшийся на стенках стакана осадок смывают небольшой порцией фильтрата в воронку, через которую проводят фильтрование. Фильтр помещают в тот же бюкс, в котором его взвешивали до анализа, высушивают 2 ч при $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ в сушильном шкафу, охлаждают в эксикаторе и, закрыв бюкс крышкой, снова взвешивают. Высушивание, охлаждение и взвешивание повторяют до достижения постоянной массы.

Содержание взвешенных веществ X_c , мг/л, вычисляют по формуле

$$X_c = \frac{(a - b)1000}{V}, \quad (52)$$

где a – масса бумажного фильтра с осадком, мг; b – масса бумажного фильтра без осадка, мг; V – объем профильтрованной анализируемой сточной воды, мл.

Бумажные фильтры с осадком помещают в прокаленные взвешенные тигли, которые устанавливают на электрическую плитку до обугливания бумажных фильтров, а затем прокаливают в муфельной печи при температуре $(600 \pm 10)^\circ\text{C}$, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Анализ проводят до получения постоянной массы.

Остаток после прокаливания X_m , мг/л, находят из следующего соотношения:

$$X_m = \frac{(c - d)1000}{V}, \quad (53)$$

где c – масса тигля с золой, мг; d – масса пустого тигля, мг; V – объем профильтрованной анализируемой воды, мл.

Результаты анализа округляют до 1 мг/л.

Определение растворенных веществ (сухого остатка). Определение заключается в выпаривании досуха отмеренного объема профильтрованной исследуемой воды и характеризует содержание растворенных минеральных и частично органических примесей, не разлагающихся при температуре 105°C . В прокаленную, охлажденную и взвешенную фарфоровую чашку помещают 50 мл фильтрата после определения содержания в нем взвешенных веществ. Воду выпаривают на водяной бане досуха и переносят чашку с остатком в сушильный шкаф, где высушивают при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Содержание сухого остатка $X_{\text{ост}}$, мг/л, вычисляют по формуле

$$X_{\text{ост}} = \frac{(g - g_0)1000}{V}, \quad (54)$$

где g – масса чашки с сухим остатком, мг; g_0 – масса пустой чашки, мг; V – объем анализируемой сточной воды, мл.

Для определения прокаленного остатка чашку с сухим остатком помещают в муфельную печь и выдерживают при $(600 \pm 10)^\circ\text{C}$, затем охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Прокаливание повторяют до постоянной массы. Расчет производят по формуле (54) лишь с тем отличием, что величина g означает массу чашки с прокаленным остатком. Содержание прокаленного остатка дает ориентировочное представление о минеральном составе сточной воды. Результаты, полученные при проведении анализа, округляют с точностью до 1 мг/л.

Определение химического потребления кислорода (ХПК).

ХПК называется величина, которая характеризует общее содержание в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями. Анализируют неочищенную и очищенную воду. Отбирают порцию воды объемом 20 мл, разбавляют ее дистиллированной водой до 50 мл, переносят в круглодонную колбу емкостью 300 мл, прибавляют 25 мл титрованного раствора бихромата калия и осторожно, малыми порциями вливают 75 мл концентрированной серной кислоты, тщательно перемешивая смесь после добавления каждой порции. Затем насыпают 0,3–0,4 г сульфата серебра, вносят в колбу несколько стеклянных шариков, закрывают пробкой, соединенной с обратным холодильником, и нагревают до слабого кипения, которое поддерживают в течение 2 ч. После окончания процесса колбу охлаждают, обмывают стенки холодильника 25 мл дистиллированной воды и переносят ее содержимое в коническую колбу вместимостью 500 мл, обмывая стенки первой несколько раз дистиллированной водой, доводят общий объем жидкости до 350 мл. В качестве индикатора вносят 3–4 капли раствора ферроина и оттитровывают избыток бихромата титрованным раствором соли Мора.

Одновременно осуществляют холостой опыт с 50 мл дистиллированной воды, последовательно проводя пробу через все ступени анализа.

Химическое поглощение кислорода ХПК, мг О/л сточной воды, рассчитывают по следующей формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{(a - b)kN \cdot 8 \cdot 1000}{V}, \quad (55)$$

где a – объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте, мл; b – объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование пробы, мл; k – поправочный коэффициент к нормальности раствора соли Мора; N – нормальность титрованного раствора соли Мора; 8 – эквивалент кислорода; V – объем анализируемой сточной воды, мл.

Когда поправочный коэффициент к титру соли Мора имеет значение от 0,245 до 0,255, при вычислении результатов его можно не учитывать. Результаты определения ХПК округляют с точностью до 1 мг О/л.

Данные проведенных анализов сточных вод до и после очистки вносят в табл. 23.

Качественная характеристика сточной воды до и после очистки

Показатель	Пробы сточной воды					
	неочи- щенная	очищенная предложенным коагулянтом с расходом, мг/л				
		1	2	3	4	5
Концентрация ионов водорода, рН						
Содержание взвешенных веществ, мг/л						
Остаток после прокаливания при определении взвешенных веществ, мг/л						
Содержание сухого остатка, мг/л						
Содержание прокаленного остатка при определении растворенных веществ, мг/л						
ХПК, мг О/л						

Примечание. В графах 1–5 приводят расходы коагулянтов, заданные преподавателем.

Оценка эффективности очистки. Оценку проводят путем измерения мутности и цветности (оптической плотности) проб воды, подвергнутых обработке реагентами. Контролируют значение рН очищенной воды. Указанные характеристики для всех проб определяют после отстаивания на протяжении 1 ч и центрифугирования на лабораторной центрифуге по истечении 5 мин после перемешивания.

Для испытания на мутность и цветность достаточно 5 мл воды. За мутность принимают оптическую плотность исследуемых вод при длине волны 680 мкм, за цветность – оптическую плотность при длине волны 540 мкм, которые определяют на фотокалориметре ФЭК с использованием кюветы с толщиной слоя 5 мм. Раствор сравнения – водопроводная вода. Измерение каждой пробы проводят не менее трех раз. По полученным данным строят график зависимости мутности и цветности от дозы реагентов аналогичный, представленному на рис. 26.

Оптимальную дозу коагулянта определяют как начало участка кривой, на которой мутность (цветность) очищенной воды не зависит от дозы коагулянта.

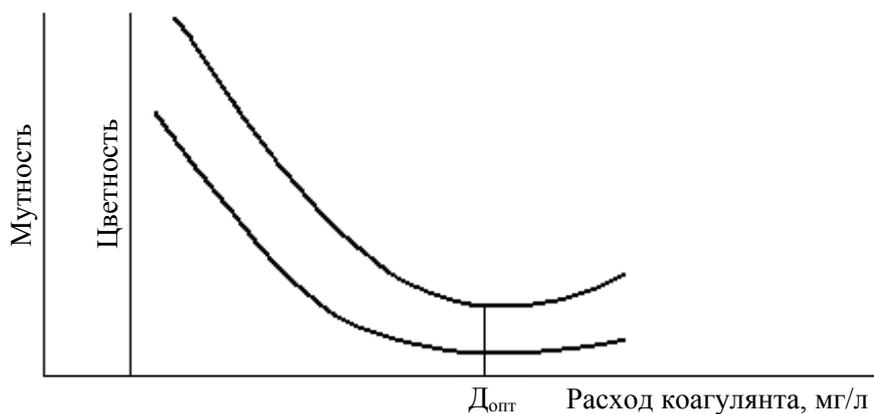


Рис. 26. Зависимость эффективности очистки от расхода коагулянта

В случае использования сернокислого алюминия совместно с гидроксидом кальция последний вводят перед добавлением сернокислого алюминия. Причем дозировка $\text{Ca}(\text{OH})_2$ должна обеспечивать значение pH введением $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ не менее 10,5. Полученные данные оформляют в виде табл. 24.

Таблица 24

**Эффективность очистки сточной воды ДВП
в зависимости от расхода используемых флокулянтов**

Вид флокулянта	Оптимальная дозировка	Эффективность очистки, %		Примечание
		по мутности	по цветности	
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$				
$\text{Ca}(\text{OH})_2$				
Полиэлектролит				

На основании полученных данных проводят сравнительный анализ эффективности минеральных и полимерных коагулянтов применительно к сточным водам производства ДВП.

Контрольные вопросы

1. Образование сточных вод в технологическом процессе получения ДВП мокрым способом.
2. Разделение сточных вод от производства ДВП по степени загрязненности, использование оборотных вод.
3. Выполнение анализа сточных вод.
4. Способы очистки сточных вод от загрязнений разной природы.

Лабораторная работа № 9

ПОЛУЧЕНИЕ БУМАЖНО-СЛОИСТОГО ПЛАСТИКА

Цель работы – изготовить и испытать бумажно-слоистый пластик марки Б заданной толщины на основе декоративной бумаги и крафт-бумаги.

Материалы и оборудование: бумага форматом 250×250 или 200×200 мм для внутренних и наружных слоев; пропиточная смола (два вида); химический термостойкий стакан емкостью 1 л; отжимной валковый пресс; пропиточная ванна; калорифер; сушильный шкаф ($T = 80\text{--}85^\circ\text{C}$); толщиномер ручной; пресс гидравлический с электрообогревом; микрометр; штангенциркуль; испытательная машина; плитка электрическая нагревательная; шкурка шлифовальная на бумажной основе марки БШ-140; приспособления для закрепления образцов размером 100×100 и 250×250 мм; лупа.

Общие сведения

Декоративный бумажно-слоистый пластик (ДБСП) получают методом горячего прессования пакетов из специальных видов бумаги, пропитанных синтетическими терморезактивными связующими. Он имеет высокие механические характеристики, хорошее качество поверхности, обладает износостойкостью и ударопрочностью, низкой сорбционной способностью, имеет широкую гамму декоративных расцветок и рисунков. ДБСП стоек к бензину, маслам, жирам и смазкам, пищевым продуктам, химическим реагентам и к термическим воздействиям бытового характера. Пластик используется в качестве отделочного материала для жилых, общественных и производственных зданий, транспортных средств, в производстве мебели, торгового оборудования, дверных полотен и других изделий.

В зависимости от качества лицевой поверхности, физико-механических показателей ДБСП подразделяется на марки: А – для применения в условиях, требующих повышенной износостойкости; Б – с целью использования в менее жестких условиях (отделка вертикальных поверхностей); В – для применения в качестве подделочного материала.

В качестве связующих веществ при производстве ДБСП используют карбамидо-, феноло- и меламинаформальдегидные смолы. В их состав перед применением вводят отвердители, модификаторы и другие целевые добавки.

Смолы для пропитки декоративных бумаг должны характеризоваться рядом обязательных параметров, наиболее важные из которых представлены ниже.

Массовую долю сухого остатка определяют высушиванием при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Содержание сухого остатка обычно составляет от 48 до 52%.

По *внешнему виду* смолы должны быть чистые, как вода, без тенденции к окрашиванию.

Смолы должны иметь низкую степень *вязкости*. Определяют условную вязкость посредством вискозиметра ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм, которая составляет 40–90 с.

Концентрация водородных ионов обычно варьируется между 7,3 и 8,3, измеряется потенциометрическим методом с градуированным стеклянным электродом при постоянной температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Смешиваемость смолы с водой определяют объемным методом при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ путем добавления деионизированной воды до тех пор, пока образец не станет мутным.

Массовую долю свободного формальдегида определяют методом потенциометрического титрования раствором гидроксида натрия или калия смеси смолы с раствором сульфита натрия. Уровень свободного формальдегида зависит от возраста образца и составляет примерно 0,15–0,20%.

Массовую долю карбамида определяют минерализацией азота серной кислотой в присутствии сернокислых солей меди и калия до аммонийного азота с последующей отгонкой аммиака. При хранении количество свободного карбамида в некоторой степени понижается.

Общее для многочисленных методик *определение времени желатинизации* производят путем фиксирования времени загустевания смеси смолы с отвердителем на водяной бане при температуре $(100 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Наполнителем для ДБСП является бумага. Она армирует пластик, обеспечивает его прочность. Смола заполняет пространство между листами бумаги, ее волокнами, связывает слои волокнистой основы в монолитную массу. Масса бумаги в готовом слоистом пластике составляет 60–64%, поэтому именно от ее качества в наибольшей степени зависят свойства пластика в целом.

Конструкция пакета для изготовления пластика изменяется в зависимости от требований к его качеству. Каждый вид бумаги, содержащейся в пакете, отвечает определенным требованиям и выполняет конкретную функцию.

Верхние слои изготавливают из бумаги оверлей. Они призваны защищать печатный рисунок от внешних воздействий, главным образом, от износа и химических повреждений.

Декоративная бумага предназначена для лицевого слоя и изготавливается из сульфатной беленой целлюлозы высокой чистоты. Она выполняет в пластике две функции: 1) оформление эстетического внешнего вида и сохранение его в процессе эксплуатации; 2) высокая кроющая способность.

Барьерная бумага служит для укрытия темных внутренних слоев в том случае, когда декоративная бумага обладает недостаточной кроющей способностью. Барьерная бумага используется обычно в сочетании со светлыми декоративными бумагами.

Внутренние слои формируются из бумаги, изготовленной из небеленой или полубеленой целлюлозы (крафт-бумага). Эти слои обеспечивают прочностные свойства ДБСП и создают его толщину. Эту бумагу можно применять как для балансирующего, так и для барьерного слоя пластика после соответствующей пропитки.

Для анализа бумаги используют стандартные методики.

Воздухопроницаемость. Метод основан на измерении скорости прохождения определенного количества воздуха под установленным давлением через поверхность бумаги, закрепленной в зажимах. Для отечественных бумаг показатель воздухопроницаемости колеблется от 15 до 70 с в зависимости от ее вида.

Капиллярная впитываемость. Данный показатель характеризует способность растворов связующего подниматься по капиллярам бумаги и соответствует высоте подъема жидкости по полоске бумаги заданной ширины в миллиметрах за промежуток времени 1,5 или 10 мин. Обычно он составляет 27–40 мм.

Прочность в сухом и влажном состояниях. Величину прочности выражают разрывным грузом, который разрушает полоску бумаги определенной ширины при заданной скорости движения зажимов разрывной машины. Она измеряется длиной в метрах или километрах, при которой происходит разрыв полоски бумаги под действием собственного веса, будучи подвешенной за один конец.

Готовый пластик испытывают на следующие показатели: плотность (не менее $1,4 \text{ г/см}^3$); разрушающее напряжение при растяжении (не менее 700 кгс/см^2); разрушающее напряжение при изгибе (не менее 80 кгс/см^2); ударная прочность поверхности (по методике падающего шарика или специального пружинного устройства); стойкость к кипячению (определяется увеличением массы и толщины образца

после его погружения в кипящую воду на 2 ч); сопротивление поверхности царапанию (фиксирование минимальной нагрузки на алмазный наконечник, вызывающей образование видимых следов нарушения целостности поверхности); стойкость к загрязнению веществами бытового и хозяйственного назначения (нанесение напитков, соков и т. д., выдержка в течение 16–24 ч и внешний осмотр поверхности); стойкость к прижиганию сигаретой (помещение и прижим выкуренной на длину 10 мм сигареты на образец пластика до ее горения на расстоянии 20 мм длины и внешний осмотр поверхности после удаления продуктов сгорания тампоном, смоченным в спирте). Пластик, полученный в лабораторных условиях, испытывают проще.

Для получения ДБСП с высокими физико-механическими свойствами необходимо строго соблюдать технологический режим на всех стадиях изготовления материала.

Порядок выполнения работы

Изготовление бумажно-слоистого пластика. Для изготовления пластика в лабораторных условиях используют 4 листа текстурной бумаги и крафт-бумагу, число листов n которой определяют исходя из заданной толщины пластика δ , мм, усадки по толщине при прессовании (50%), толщины текстурной бумаги δ_1 , мм, и крафт-бумаги δ_2 , мм:

$$\delta = 0,5(4\delta_1 + n\delta_2). \quad (56)$$

Толщину бумаги измеряют толщиномером с точностью до 0,01 мм. Влажность бумаги не должна превышать 7%. Перед пропиткой каждый лист бумаги взвешивают с точностью до 0,01 г для определения расхода пропиточной смолы.

Для пропиточных смол перед использованием устанавливают вязкость по вискозиметру ВЗ-4. Она должна находиться в пределах 11–15 с. При превышении этого значения смолу разбавляют водой до указанной вязкости.

Пропитка бумаги для внутренних и наружных слоев ведется путем кратковременного (30 с) окунания бумаги в ванну со смолой. После погружения и выдержки в пропиточной ванне листы бумаги отжимают на валковом прессе для удаления избытка смолы. Для наружных слоев используют меламиноформальдегидную смолу. Количество поглощенной жидкой смолы (по сухому веществу) должно составлять 50–53% от массы бумаги. Степень пропитки определяется по разности массы листов бумаги до и после пропитки.

Сушка пропитанной бумаги осуществляется в две стадии. Первую (предварительную) сушку проводят в потоке теплого воздуха от калорифера (бумага закрепляется на специальных рамках) для удаления основного количества влаги и предотвращения стекания смолы с листов бумаги; вторую – в термостате при температуре 80–85°C в течение 50–60 мин.

Сборку пакетов и прессование ведут путем попеременной укладки пропитанных и высушенных листов бумаги в продольном и поперечном направлениях с учетом заданной конструкции пакета. Собранный пакет помещают между хорошо протертыми полированными прокладками и загружают в пресс. В процессе прессования должны обеспечиваться: максимально полная пропитка бумаги расплавленной смолой и последующее ее отверждение; формирование пластика требуемой толщины; надлежащий внешний вид и требуемые физико-механические показатели. Диаграмма прессования пластика представлена на рис. 27.

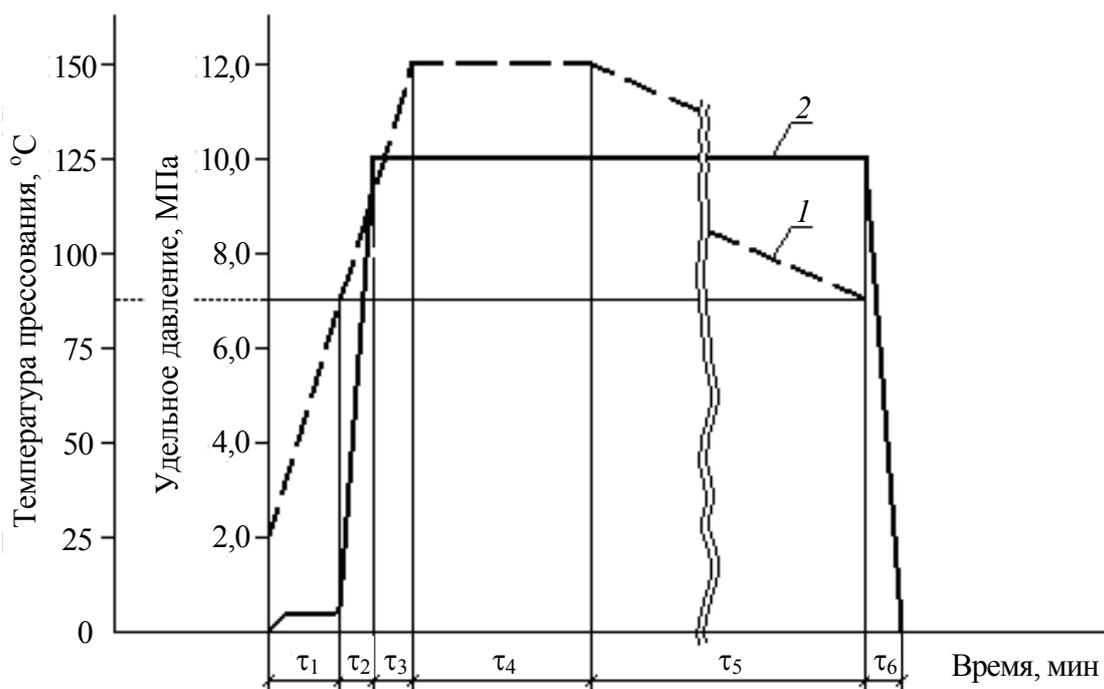


Рис. 27. Диаграмма прессования ДБСП:

1 – температура; 2 – удельное давление;

τ_1 – время нагрева до 80°C – 1,0–1,5 мин;

τ_2 – время подъема давления до максимального – (0,5 ± 0,08) мин;

$\tau_2 + \tau_3$ – время подъема температуры до (125 ± 5)°C – (1,5 ± 0,3) мин;

τ_4 – время выдержки при максимальной температуре – 4 мин/мм;

τ_5 – время охлаждения до температуры (80 ± 3)°C – (18 ± 5) мин;

τ_6 – время снижения давления до 0 МПа – (0,5 ± 0,08) мин

Как видно из диаграммы прессования, подъем давления до максимального начинают при температуре 80°C, когда достигнута определенная пластичность волокон. Дальнейшее повышение температуры способствует расплавлению смолы, более глубокой пропитке бумаги расплавленной смолой и последующему ее отверждению.

Для придания требуемой формоустойчивости и внешнего вида пластик охлаждают под давлением в прессе до температуры не менее 80°C. После снятия давления его вынимают и размечают для раскроя на образцы для испытаний (рис. 28).

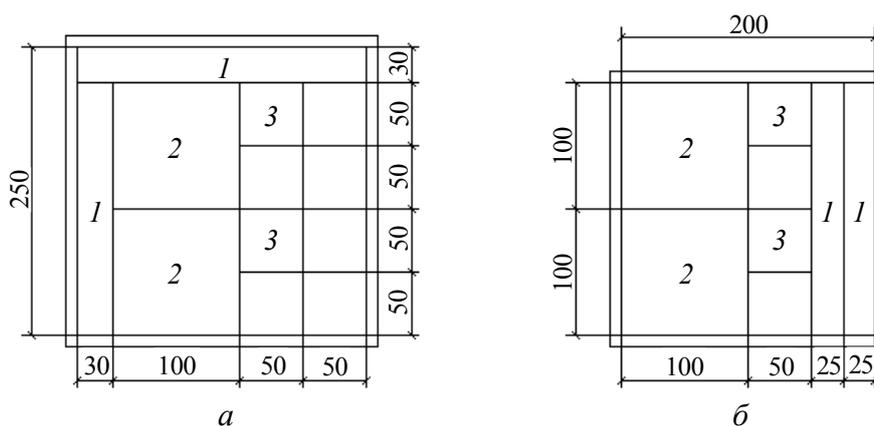


Рис. 28. Схема раскроя образцов пластика размером 250×250 (а) и 200×200 мм (б) для определения:

- 1 – предела прочности при изгибе;
- 2 – плотности, ударной вязкости;
- 3 – стойкости к кипячению в воде

Испытание бумажно-слоистого пластика. Плотность пластика определяют на образцах размером 100×100 мм. При этом их взвешивают с точностью до 0,01 г, толщину измеряют с точностью до 10^{-5} м, линейные размеры – до 10^{-3} м. Расчет ведут по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (57)$$

где m – масса образца, кг; V – объем образца, м³.

Перед определением *разрушающего напряжения при изгибе* измеряют ширину и толщину образца с точностью до 0,01 мм. Разрушающее напряжение при изгибе слоистого пластика рассчитывают по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{3P\ell}{2bh^2}, \quad (58)$$

где P – максимальная нагрузка при разрушении образца, Н; ℓ – расстояние между опорами, м; b – толщина образца, м; h – ширина образца, м.

При определении *стойкости пластика к кипячению в воде* кромки образцов зачищают шлифовальной шкуркой, выдерживают в сушильном шкафу при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч, охлаждают в эксикаторе при $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ не менее 10 мин и взвешивают с точностью до 0,001 г. В центре каждого образца наносят контрольную точку, в которой производят замер толщины микрометром с точностью до 0,01 мм. Образцы помещают в стакан с кипящей дистиллированной водой так, чтобы они не соприкасались друг с другом. По истечении 2 ч образцы вынимают и охлаждают в стакане с дистиллированной водой при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ на протяжении 10 мин. После охлаждения с их поверхности удаляют всю воду фильтровальной бумагой, взвешивают и измеряют толщину в контрольных точках.

Увеличение массы образца после кипячения вычисляют с точностью до 0,1% по формуле

$$X_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\%, \quad (59)$$

где m_2 и m_1 – масса образца после и до кипячения соответственно, г.

Увеличение толщины образца после кипячения находят с точностью до 0,1% по следующей формуле:

$$X_2 = \frac{h_2 - h_1}{h_1} 100\%, \quad (60)$$

где h_2 и h_1 – толщина образца в контрольной точке после и до кипячения соответственно, мм.

Увеличение массы и толщины пластика вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

При определении *ударной прочности поверхности* образец накрывают копировальной бумагой, обращенной к его поверхности окрашенной стороной, закрепляют с помощью зажимного устройства, обеспечивающего плотное прилегание образца к пластине, и помещают под устройством для сбрасывания стального шарика с высоты 1,5 м. Затем освобождают шарик и он падает на образец, причем повторное падение не допускается. После испытания снимают копировальную бумагу и штангенциркулем с точностью до 0,1 мм измеряют диаметр отпечатка, полученного от удара шариком. Испытания повторяют не менее трех раз.

По их окончании отпечатки стирают и осматривают через лупу лицевую поверхность с целью обнаружения трещины или расслоения образца.

Результаты испытаний оформляют в виде табл. 25.

Таблица 25

Физико-механические показатели испытаний ДБСП

Показатель	Значение показателя по заданию*	Результаты испытаний
Толщина, мм	1,3–2,0	
Плотность, кг/м ³	1400	
Стойкость пластика к кипячению в воде, %:		
– X ₁	8	
– X ₂	7	
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	98	
Ударная прочность поверхности (диаметр отпечатка), мм	5–8	

* Приводятся значения показателей по ГОСТ 9590.

Полученные результаты анализируют и сравнивают с заданными.

Контрольные вопросы

1. Свойства и применение ДБСП.
2. Структура пакета пластика и назначение его слоев.
3. Основные стадии технологического процесса получения пластика.
4. Режим горячего прессования пластика.
5. Основные показатели качества ДБСП.

**Лабораторная работа № 10
ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ
ДРЕВЕСНОГО СЛОИСТОГО ПЛАСТИКА**

Цель работы – изготовить и испытать древесный слоистый пластик марки Б толщиной 12 мм и плотностью 1300 кг/м³ на основе березового шпона.

Материалы и оборудование: березовый шпон; бакелитовый лак марки СБС-1; водорастворимая резольная фенолоформальдегидная смола; безводный хлорид кальция; безводный углекислый натрий; стеклянные чашки с крышками; стеклянные цилиндры вместимостью 500 мл (2 шт.); сушильный шкаф; эксикатор; ванна (2 шт.); решетчатая

этажерка; сетчатая кассета; испытательная машина с клиновидными зажимами; маятниковый копер; переносная шаровая опора; вискозиметр ВЗ-4; штангенциркуль; толщиномер.

Общие сведения

Древесные слоистые пластики (ДСП) изготавливают из листов лущеного шпона, склеенных между собой в процессе термической обработки под высоким давлением. В зависимости от порядка расположения волокон древесины в смежных слоях шпона, обозначаемого прописными буквами, и назначения пластиков, обозначаемого строчными буквами, их разделяют на марки: ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В-э и т. д.

В пластиках ДСП-А волокна во всех слоях имеют параллельное направление или каждые четыре слоя с параллельным направлением волокон древесины шпона чередуются с одним слоем, имеющим направление волокон под углом $20\text{--}25^\circ$ к смежным слоям. Они обладают высокой прочностью в направлении волокон. В пластиках ДСП-Б каждые 10–20 слоев шпона с параллельным направлением волокон чередуются с одним слоем, имеющим перпендикулярное направление волокон древесины к смежным слоям, поэтому они имеют определенную прочность поперек волокон.

Пластики ДСП-В формируют из листов шпона, в которых волокна во всех смежных слоях взаимно перпендикулярны, в связи с чем их прочность вдоль и поперек волокон соразмерна, а при растяжении вдоль волокон она примерно в 2 раза меньше, чем в пластиках ДСП-А и ДСП-Б.

В пластиках ДСП-Г волокна шпона в смежных слоях последовательно смещены на угол 45° , что способствует большему выравниванию прочности по всем направлениям их пластей.

По своим физико-механическим свойствам древесные слоистые пластики значительно превосходят древесину и фанеру. Их используют в качестве антифрикционного материала, так как они имеют хорошие показатели износостойкости и невысокий коэффициент трения.

На качество и прочность ДСП оказывает влияние ряд факторов: толщина шпона, его влажность, направление волокон по отношению к волокнам смежных слоев, удельное давление прессования, температура и продолжительность пьезометрической обработки (прессования).

Технологический процесс производства пластиков состоит из подготовки шпона; приготовления пропиточного раствора; пропитки шпона в растворе смолы или в минеральном масле; сушки пропитанного

шпона; сортировки и хранения пропитанного шпона; сборки пакетов; прессования пакетов; обрезки плит и хранения ДСП.

Для производства пластиков предпочтительно применение тонкого березового шпона, поскольку он быстрее и более качественно пропитывается смолами. Шпон перед пропиткой должен иметь влажность $(8 \pm 2)\%$. Для ее выравнивания сухой шпон выдерживают в стопах не менее 24 ч.

Пропиточный раствор смолы, преимущественно бакелитового лака марки СБС-1, готовят концентрацией 28–36%, вязкостью 1,8–4,0°Энглера и удельной плотностью 928–940 кг/м³ при 20°С. Пропитку шпона осуществляют вымачиванием в ванне, куда заливают раствор смолы и при перемешивании – этиловый спирт. В зависимости от марки пластика параметры пропитки следующие: продолжительность варьировать от 60 до 120–180 мин; температуру пропиточного раствора – 15–25°С; продолжительность стекания избытка раствора – 30–40 мин. Содержание сухой смолы в шпоне составляет 17–24%.

Пропитываемый шпон с вертикальным направлением волокон укладывают в контейнер пачками не более 15–20 листов в зависимости от толщины, помещая между ними проволочные сетки в качестве прокладочного материала. Плотность укладки пачек зависит от возможности свободного проникания раствора между листами шпона. Стеkanie избытка раствора с извлеченных из ванны пачек производят непосредственно над ней. После окончания данной операции шпон выгружают из контейнера, укладывают в стопы и направляют на сушку в конвейерную сушилку, где процесс происходит по следующему режиму: начальная температура воздуха составляет не более 80°С, конечная – не более 90°С; относительная влажность воздуха – 5–15%; продолжительность сушки – 22–25 мин.

При сушке контролируют правильность раскладки шпона, влажность и содержание в нем смолы. После окончания сушки для выравнивания его влажности шпон выдерживают в пачках не менее 24 ч. Затем осуществляют сборку пакетов, при которой формируют конструкцию пластиков различных марок по соответствующим схемам.

Собранные пакеты, которые уложены между гладкими и чистыми металлическими прокладками толщиной 3–5 мм, смазанными обезвоженной олеиновой кислотой или минеральным маслом для предотвращения прилипания пластика к прокладкам и повреждения их поверхности водой и паром, загружают в пресс при температуре не более 40°С. Время основного периода прессования фиксируют с момента достижения заданной температуры плит пресса, например 140°С.

Режим прессования для пластиков марок ДСП-А и ДСП-Б представлен в табл. 26.

Таблица 26

Параметры процесса прессования пластиков

Показатель	ДСП-А толщиной, мм		ДСП-Б толщиной, мм	
	15–25	30–60	15–30	35–60
Продолжительность нагрева плит пресса до температуры 140°C, мин	Не менее 30			
Рабочая температура плит пресса, °C	145±5			
Рабочее давление, МПа	16–20		14,5–15,0	
Продолжительность прессования, мин/мм:				
– пьезотермическая обработка	5	4	3,5	3,3
– охлаждение	70		65	

Отпрессованный пластик обрезают на циркульных пилах по размерам, а его кромки обрабатывают раствором смолы марки СБС-1 с концентрацией сухих веществ 45–50%. Готовый пластик хранят в закрытых помещениях.

Порядок выполнения работы

Лущеный березовый шпон размером 250×250 мм, влажностью до 10% и толщиной 2,5 мм разрезают по формату на расчетное число листов.

Общее число слоев шпона в пакете определяют, исходя из средней упрессовки древесины, по формуле

$$N = \frac{S_{\text{п}}}{(1 - k)S}, \quad (61)$$

где $S_{\text{п}}$ – толщина пакета в упрессованном виде, мм; k – коэффициент упрессовки шпона, равный 0,45–0,48; S – толщина шпона до упрессовки, мм.

Готовят пропиточные растворы двух видов: спирторастворимый на основе бакелитового лака СБС-1 и водорастворимый на основе резольной фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3015. Основные технологические показатели их приготовления – концентрация рабочего раствора и вязкость. Концентрацию раствора выбирают в зависимости от вязкости, которую определяют по вискозиметру ВЗ-4. Она должна составлять (28 ± 2) с.

Расчет потребности в пропиточном растворе производят следующим образом.

Определяют массу одного листа пластика по формуле

$$G = \rho FS, \quad (62)$$

где ρ – плотность, кг/м³; F – площадь пластика, м²; S – толщина пластика, м.

Необходимое количество товарной смолы по сухому остатку находят из соотношения

$$Q_{\text{см}} = \frac{GC}{100}, \quad (63)$$

где G – масса листа пластика, г; C – относительное содержание сухой смолы, которое принимаем $(22 \pm 2)\%$.

Количество спирта для приготовления пропиточного раствора рассчитывают по следующей формуле:

$$Q_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{см}} \cdot 100}{C_1} - \frac{Q_{\text{см}} \cdot 100}{C_2}, \quad (64)$$

где C_1 – концентрация пропиточного раствора, которую принимаем $(30 \pm 2)\%$; C_2 – концентрация товарной смолы, которая составляет 50–60%.

Полученные расчетные расходы смолы и спирта увеличивают на 20% в связи с использованием оснастки для пропитки. Товарную смолу и этиловый спирт отмеривают стеклянными цилиндрами. В пропиточную ванну заливают сначала смолу, а затем, при непрерывном перемешивании, этиловый спирт. Пропиточный раствор размешивают в течение 15–20 мин и отбирают пробу на анализ вязкости. Температура в ванне составляет $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Аналогичным образом рассчитывают потребность в фенолоформальдегидной смоле. При приготовлении пропиточного раствора операции повторяют в той же последовательности, заменяя спирт водопроводной водой.

Загружают вырезанные листы шпона в сетчатую кассету и опускают в ванну, где осуществляют пропитку шпона на протяжении 60–80 мин. Затем извлекают кассету со шпоном и подвешивают над ванной для стекания излишка смолы в течение 30 мин.

Сушку шпона проводят в термостате при температуре $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ на протяжении 25 мин. После окончания сушки для выравнивания влажности шпон выдерживают в стопе не менее 24 ч в сухом помещении, после чего его влажность должна составлять 3–5%.

Определяют относительное содержание смолы в шпоне, используя формулу

$$G_{\text{см}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} 100\%, \quad (65)$$

где G_1 и G_2 – масса пакета после и до сушки пропитанного шпона соответственно, кг.

Содержание смолы в шпоне не должно превышать 24%.

Пакеты собирают на чистых металлических листах, смазанных тонким слоем олеиновой кислоты. Сформированные пакеты загружают в гидравлический пресс, нагретый до температуры 40–50°C во избежание преждевременного отверждения смолы в его верхних слоях. Смыкают плиты пресса и прессуют в соответствии с циклограммой, приведенной на рис. 29.

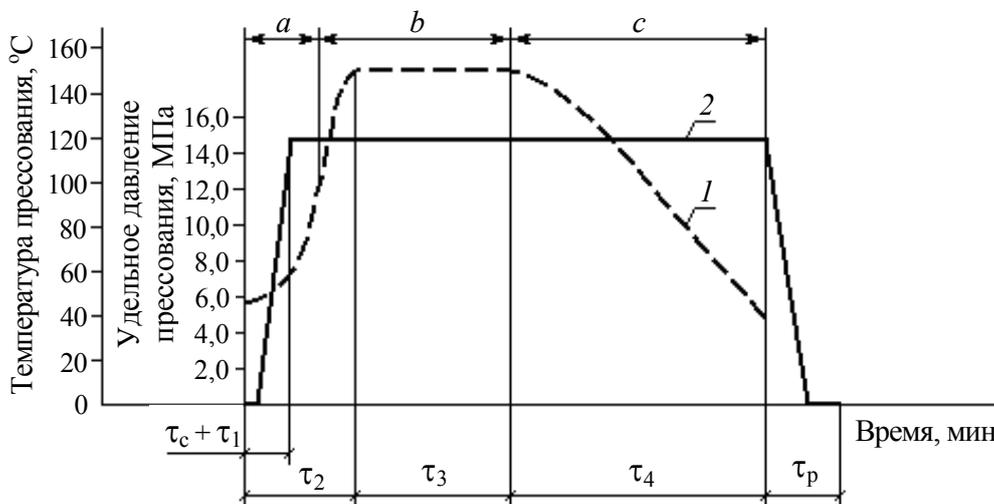


Рис. 29. Диаграмма прессования ДСП:

1 – температура; 2 – удельное давление;

$\tau_c + \tau_1$ – время смыкания и подъема давления до максимального значения – 60–75 мин;

τ_2 – время подъема температуры до $(145 \pm 5)^\circ\text{C}$ – 30 мин;

τ_3 – время выдержки при давлении $(15,0 \pm 0,5)$ МПа – 2 мин/мм;

τ_4 – время охлаждения до температуры 40–50°C – 40–45 мин/мм;

τ_p – время снижения давления до 0 МПа и размыкания плит пресса – 1 мин

Усилие прессования P , Н, рассчитывают исходя из следующего соотношения:

$$P = \frac{0,01P_{\text{уд}}F}{\eta}, \quad (66)$$

где $P_{\text{уд}}$ – удельное давление прессования, МПа; F – площадь прессуемого пакета, м²; η – коэффициент полезного действия пресса, равный 0,95.

Процесс прессования древесных слоистых пластиков может быть разделен на три этапа, которые отражают весь комплекс физико-химических изменений, происходящих в материале в зависимости от времени обработки (рис. 29).

Первый этап *a* – нагрев материала в геометрическом центре пакета до температуры 60–80°C при заданном удельном давлении. В это время происходит пластификация древесины, и пакет шпона уплотняется.

Второй этап *b* – пьезотермическая обработка, которая начинается с момента достижения плитами пресса температуры $(145 \pm 5)^\circ\text{C}$, что примерно соответствует 130°C в центре пакета. Термообработка сопровождается окончанием процесса отверждения смолы и заканчивается склеиванием шпона.

Третий этап *c* – охлаждение материала, которое связано с необходимостью уменьшения в нем внутренних напряжений. После охлаждения в прессе и снижения давления до нуля пластик вынимают из пресса и кондиционируют не менее 12 ч, а затем подвергают раскрою на образцы для испытания физико-механических свойств, согласно схеме, представленной на рис. 30.

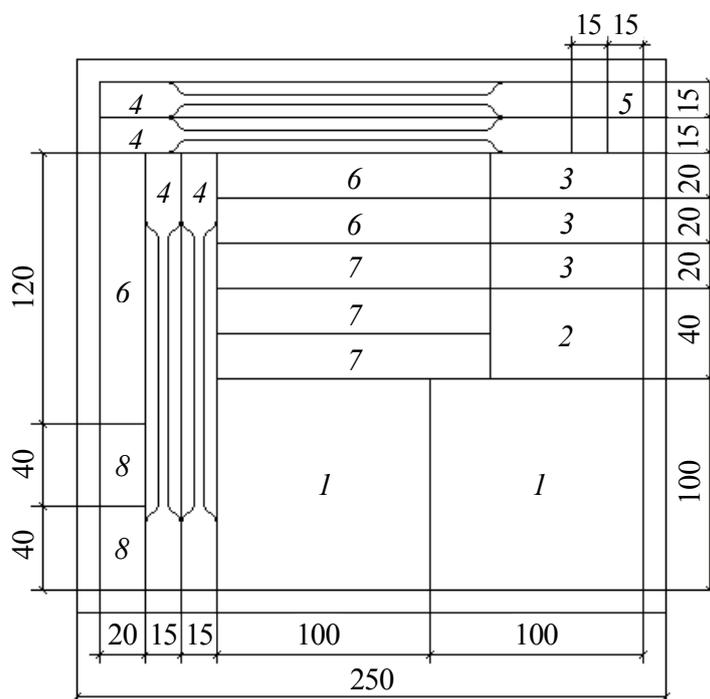


Рис. 30. Схема раскроя образцов ДСП для определения:
 1 – плотности; 2 – влажности; 3 – водопоглощения и объемного разбухания;
 4 – предела прочности при растяжении; 5 – предела прочности при сжатии;
 6 – предела прочности при изгибе; 7 – ударной вязкости; 8 – твердости

Определение физико-механических показателей ДСП.

Плотность определяют на образцах размером $80 \times 80 \times S$ мм путем взвешивания с точностью до 0,1 г и обмера. Измерение толщины производят в пяти точках с точностью до 0,01 мм. За толщину образца принимают среднее арифметическое результатов пяти измерений. Длину и ширину образца измеряют в двух точках параллельно кромкам с точностью до 0,1 мм.

Плотность вычисляют с точностью до 1 кг/м^3 по формуле

$$\rho = \frac{m}{\ell b h}, \quad (67)$$

где m – начальная масса образца, кг; ℓ – длина образца, м; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Влажность определяют на измельченных образцах пластика массой не менее 10 г. Взвешивание производят в стеклянных чашках с крышками с точностью до 0,01 г, которые высушивают в сушильном шкафу с естественной циркуляцией воздуха при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Высушивание образцов считают законченным, если разность между двумя последовательными взвешиваниями не превышает 0,01 г. После охлаждения в эксикаторе с безводным хлористым кальцием образцы взвешивают с той же точностью. Влажность рассчитывают с точностью до 0,1% по следующей формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} 100\%, \quad (68)$$

где m_1 – масса чашки с образцом до высушивания, г; m_2 – масса чашки с образцом после высушивания, г; m_0 – масса чашки для взвешивания, г.

Определение *водопоглощения* и *объемного разбухания* проводят на образцах размером $80 \times 20 \times S$ мм, которые взвешивают с точностью до 0,01 г и обмеривают. Толщину образца измеряют в трех точках: посередине длины и на расстоянии 30 мм от середины с обеих сторон; ширину – в трех точках (посередине длины и на расстоянии 30 мм от середины с обеих сторон); длину – по его продольной оси. Образцы пластика помещают в решетчатую этажерку и загружают в ванну с водопроводной водой температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ на 24 ч. После окончания испытания образцы достают из ванны, протирают их поверхность фильтровальной бумагой, взвешивают и замеряют длину, ширину и толщину в тех же местах, что и до погружения в воду.

Водопоглощение за 24 ч вычисляют с точностью до 1% по формуле

$$\Delta W_{\text{вод}} = \frac{m_1 - m}{m} 100\%, \quad (69)$$

где m_1 и m – масса образца после и до погружения соответственно, г.

Объемное разбухание находят с точностью до 1% по следующей формуле:

$$P_0 = \frac{\ell_1 b_1 h_1 - \ell b h}{\ell b h} 100\%, \quad (70)$$

где ℓ_1 , ℓ – длина образца после и до погружения соответственно, мм;
 b_1 , b – ширина образца после и до погружения соответственно, мм;
 h_1 , h – толщина образца после и до погружения соответственно, мм.

Результаты замеров по обмеру и взвешиванию образцов заносят в табл. 27.

Таблица 27

Опытные данные для расчета плотности, водопоглощения и объемного разбухания

Но- мер об- разца	Масса образца, г		Размеры образца, мм					
	до погру- жения	после погру- жения	до погружения в воду			после погружения в воду		
			длина	ширина	толщина	длина	ширина	толщина
1		–				–	–	–
2								

Метод определения *предела прочности при растяжении* заключается в нахождении нагрузки, разрушающей образец (рис. 31). Образцы

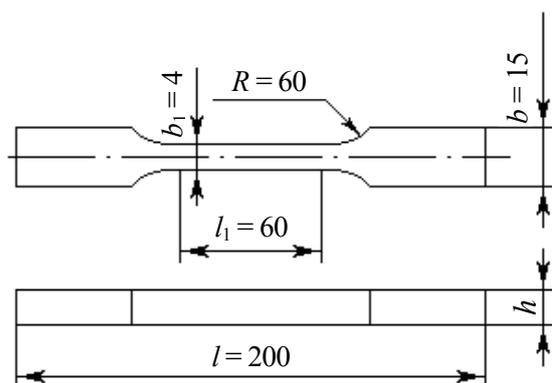


Рис. 31. Вид образца для определения ударной вязкости

изготавливают в направлении вдоль и поперек волокон, измеряют поперечное сечение их рабочей части в середине длины и поочередно устанавливают в машину таким образом, чтобы продольная ось образца совпадала с осями головок машины, а клиновидные захваты вплотную зажимали его до закругленной части. Затем равномерно нагружают с постоянной скоростью, кото-

рую подбирают так, чтобы образец разрушился через (60 ± 30) с после начала испытаний. Максимальную нагрузку измеряют с погрешностью не более 1%.

Предел прочности при растяжении рассчитывают с точностью до 0,1 МПа для каждого образца по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{b_1 h}, \quad (71)$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н; b_1 – ширина рабочей части образца, м; h – толщина рабочей части образца, м.

Метод определения *предела прочности при сжатии* основан на установлении максимальной нагрузки, разрушающей образец при сжатии. Измеряют ширину и высоту образца посередине пересечения диагоналей. При проведении испытаний используют переносную шаровую опору, представленную на рис. 32.

Образец устанавливают на шаровую опору испытательной машины таким образом, чтобы усилие было направлено вдоль высоты, и нагружают равномерно с постоянной скоростью перемещения нагружающей головки, подбирая ее так, чтобы он разрушился через (60 ± 30) с после начала испытания. Максимальную нагрузку измеряют с погрешностью не более 1%.

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа, для каждого образца, который подвергают испытаниям, вычисляют по следующей формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{\max}}{bh}, \quad (72)$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Предел прочности при сжатии $\sigma'_{сж}$, МПа, для древесно-слоистого пластика пересчитывают с учетом влажности на предел прочности $\sigma_{сж}$, МПа, при 5%-ной влажности по формуле

$$\sigma_{сж} = K \sigma'_{сж}, \quad (73)$$

где K – переводной коэффициент, значения которого указаны в табл. 28.

Результаты округляют с точностью до первого десятичного знака.

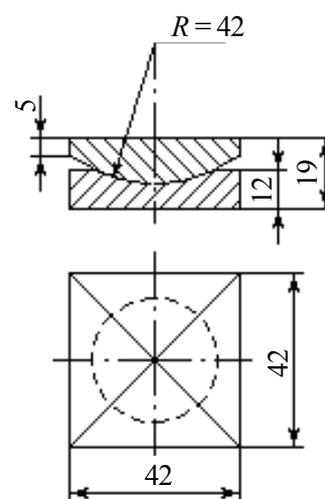


Рис. 32. Переносная шаровая опора

Зависимость переводного коэффициента от влажности пластика

Влажность, %	Переводной коэффициент K при долях влажности									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	0,812	0,821	0,830	0,839	0,848	0,857	0,866	0,875	0,885	0,894
4	0,903	0,913	0,922	0,932	0,942	0,951	0,961	0,971	0,980	0,990
5	1,000	1,010	1,020	1,030	1,039	1,049	1,059	1,069	1,079	1,088
6	1,098	1,108	1,117	1,127	1,137	1,146	1,155	1,165	1,174	1,183
7	1,192	1,201	1,210	1,218	1,227	1,235	1,243	1,251	1,259	1,266
8	1,274	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Метод определения *предела прочности при статическом изгибе* заключается в установлении максимальной нагрузки, разрушающей образец при изгибе. Образцы размером $120 \times 20 \times h$ мм выпиливают в направлении вдоль и поперек волокон из листа пластика, измеряют их поперечное сечение в середине длины и поочередно устанавливают между двумя параллельными опорами, которые находятся на расстоянии $12h$ друг от друга. Затем равномерно нагружают посередине с помощью нагрузочного ножа, перемещаемого в вертикальной плоскости параллельно опорам, с постоянной скоростью, которую подбирают так, чтобы образец разрушился через (60 ± 30) с после начала испытаний. Максимальную нагрузку измеряют с погрешностью не более 1%.

Предел прочности при статическом изгибе находят с точностью до 0,1 МПа для каждого образца по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{3P_{\max} \ell}{2bh^2}, \quad (74)$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н; ℓ – расстояние между опорами, м; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Метод определения *ударной вязкости* основан на установлении энергии, затраченной на разрушение образца. Выпиливают образцы из листа ДСП размером $120 \times 20 \times h$ мм в количестве 3 шт., замеряют их высоту и ширину посередине длины с погрешностью $\pm 0,1$ мм. Устанавливают образец на опорах, расстояние между которыми составляет $12h$, таким образом, чтобы удар был направлен посередине перпендикулярно или параллельно слоям. Поднимают и закрепляют маятник, устанавливают указатель по шкале энергии на величину 50 Дж и осторожно отпускают маятник. Фиксируют энергию разрушения образца и результат заносят в табл. 29.

**Опытные данные для расчета пределов прочности
при растяжении, сжатии, статическом изгибе и ударной вязкости**

Номер образца*	Размеры образца, мм		Энергия разрушения, Дж	Максимальная нагрузка, Н
	ширина b	толщина h		
4			–	
5			–	
6			–	
7				–

* Нумерация образца соответствует обозначению на схеме раскроя.

Ударную вязкость A_w , кДж/м², для каждого образца вычисляют с точностью до целого числа по следующей формуле:

$$A_w = \frac{10^3 L}{bh}, \quad (75)$$

где L – энергия, затраченная на разрушение образца, Дж; b – ширина образца, м; h – высота образца, м.

Твердость определяют на образцах размером $40 \times 20 \times h$ мм в точке пересечения диагоналей соответствующей поверхности. Приспособление для испытания (рис. 33) устанавливают в захват машины так, чтобы вертикальная ось приспособления и образца совпала с осью захвата машины. В начале испытания дают предварительную нагрузку 5 Н, после чего устанавливают шкалу индикатора на нуль, затем производят плавное и равномерное приложение нагрузки величиной 490 Н на шарик в течение (60 ± 5) с, выдерживают под этой постоянной нагрузкой на протяжении (60 ± 5) с, измеряют глубину отпечатка и плавно снимают нагрузку. Погрешность измерения глубины отпечатка не должна быть более 0,01 мм.

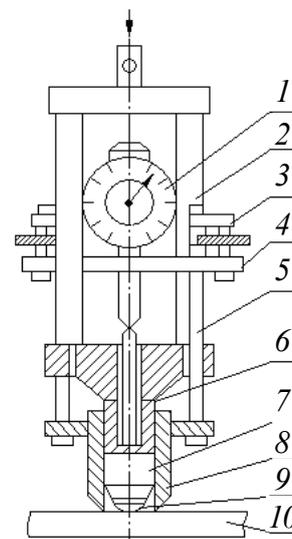


Рис. 33. Устройство для испытания твердости:
 1 – индикатор; 2 – стойка;
 3 – регулировочный винт; 4 – планка;
 5 – колонка; 6 – нижняя направляющая;
 7 – основание; 8 – держатель для шарика;
 9 – шарик; 10 – образец

Твердость рассчитывают с погрешностью не более 10 МПа по формуле

$$H = \frac{P}{dh}, \quad (76)$$

где P – нагрузка, приложенная к шарикю, Н; d – диаметр шарика, м; h – глубина отпечатка шарика, м.

Результаты испытаний твердости ДСП заносят в табл. 30.

Таблица 30

Опытные данные для расчета твердости

Номер образца	Диаметр шарика, м	Глубина отпечатка, м	Нагрузка, приложенная к шарикю
8			

На основании результатов опытных данных, представленных в табл. 28, 29 и 30, определяют показатели физико-механических свойств ДСП, полученных с использованием двух видов пропиточных смол, и сводят их в табл. 31.

Таблица 31

Физико-механические показатели испытаний ДСП-Б

Показатель	Значение показателя по заданию *	ДСП, изготовленные с использованием	
		бакелитового лака	фенолоформальдегидной смолы
Плотность, кг/м ³	1300		
Влажность, %	3–7		
Водопоглощение за 24 ч, %	3		
Объемное разбухание, %	5		
Предел прочности при растяжении вдоль волокон, МПа	255		
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	157		
Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон, МПа	274		
Ударная вязкость при изгибе вдоль волокон наружного слоя, кДж/м ²	78		
Твердость поверхности, МПа	20		

* Приводятся значения показателей по ГОСТ 13913.

Полученные результаты анализируют и сравнивают с заданными показателями.

Контрольные вопросы

1. Виды ДСП и их свойства.
2. Основные стадии технологического процесса получения ДСП.
3. Режим горячего прессования пластиков.
4. Основные показатели качества ДСП.

Лабораторная работа № 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МИНЕРАЛЬНО-ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – определить фракционный состав и геометрическую форму частиц древесного наполнителя трех видов; подготовить наполнитель для получения масс древесных прессовочных.

Материалы и оборудование: древесные опилки влажностью 6–12%; древесная стружка; дробленка (измельченный шпон, отходы пластика); набор сит 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25; микроскоп оптический; лупа с 3–4-кратным увеличением; вибростол; технические весы.

Общие сведения

Древесные наполнители используют в производстве композиционных материалов, таких как арболит, цементно-стружечные плиты, фибролит, ксилолит и др. Сырьевая база для их получения не ограничена, поскольку ежегодный объем различных древесных отходов в странах СНГ достигает 150 млн. м³. Свойства композиционных материалов во многом зависят от качества древесного наполнителя: размера и площади поверхности частиц, их объемной доли, породного состава и пористости частиц, характера их распределения в изделии и др. Основными показателями, влияющими на технологические свойства древесного наполнителя, являются фракционный состав, размер и форма частиц. Форма дискретных частиц может быть шарообразной, кубической, пластинчатой, игольчатой, неправильной и т. д. Размер частиц оказывает воздействие главным образом на механические свойства изделия: увеличение длины

частиц наполнителя способствует повышению предела прочности при изгибе и ударной вязкости, но снижает его прочность при сжатии. Мелкие частицы обеспечивают увеличение гидрофобности, так как происходит более глубокая и равномерная пропитка наполнителя связующим.

Размеры частиц измеряют с помощью ситового анализатора. В этом случае определяют геометрические параметры совокупности частиц наполнителя, размеры которых ограничены максимальным и минимальным диаметрами сит, используемых для фракционирования, что характеризует его дисперсность. Под распределением частиц наполнителя по размерам следует понимать отношение массы частиц одной фракции к общей массе. Однако при одинаковом характере распределения по размерам частицы могут иметь различную величину удельной поверхности, которая зависит от пористости наполнителя. При укладке древесных частиц в процессе формования материала образуются пустоты между частицами. Пористость получаемого материала зависит от крупности частиц, степени уплотнения и других факторов. Чем ниже пористость, тем выше плотность композиционного материала, которая колеблется в пределах от 800 до 1200 кг/м³. С увеличением плотности композитов повышается его прочность и уменьшается водопоглощение. Поглощение влаги оболочками клеток древесных частиц сопровождается разбуханием, что в конечном счете приводит к ухудшению качества материала.

Частицы древесного наполнителя обладают упругостью, которая отрицательно сказывается на эффекте прессования при изготовлении формованных изделий, что необходимо учитывать при разработке технологических режимов их получения.

На свойства композиционных материалов существенно влияет влажность наполнителя, которая зависит от породы, температурно-влажностных условий хранения и т. д. При переработке сильно увлажненного, а также высушенного сырья частицы древесины получаются низкого качества, что оказывает неблагоприятное действие на однородность композита.

Наиболее часто в качестве наполнителя используют опилки, стружку, дробленку, волокно. Неоднородность измельченной древесины по величине частиц приводит к изменению удельного объема пресс-материала и отрицательно сказывается на его сыпучести, т. е. способности равномерно высыпаться из бункера, а также вызывает неравномерный прогрев наполнителя при переработке.

Создание композиционных материалов с заранее заданным комплексом технологических и эксплуатационных характеристик не-

возможно без учета особенностей строения, химического состава и свойств древесного наполнителя, что и определяет важность проведения испытаний показателей его качества.

Порядок выполнения работы

Определение фракционного состава. Фракционированию подвергают древесные частицы, предварительно высушенные при температуре $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$. Навеску древесных частиц в количестве около 50 г помещают на верхнее сито. Комплект сит устанавливают на вибростол и закрепляют установочными гайками. Время фракционирования одной навески составляет 5 мин.

По окончании отсева сита разбирают, каждую фракцию взвешивают с точностью до 0,01 г. Количественное содержание фракций в навеске выражают в процентах к общей массе. Номер фракций обозначается размерами сит, между которыми она была собрана, например 10/7, 7/5 и т. д.

Фракционирование проводят не менее трех раз, окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое. Полученные данные для каждого наполнителя представляют в виде гистограммы «доля фракции – номер фракции». Пример построения и вид гистограммы приведен на рис. 9 (см. на с. 23).

Исходя из полученных данных, рассчитывают средний фракционный размер частиц $\Phi_{\text{ср}}$, мм, по формуле

$$\Phi_{\text{ср}} = \frac{g_{10}d_{10} + g_7d_7 + \dots + g_{0,5}d_{0,5} + g_{0,25}d_{0,25}}{g_{10} + g_7 + \dots + g_{0,5} + g_{0,25} + g_0}, \quad (77)$$

где $g_{10}, g_7, \dots, g_{0,5}, g_{0,25}, g_0$ – количество древесных частиц отдельных фракций, г или %; $d_{10}, d_7, \dots, d_{0,5}, d_{0,25}$ – размер отверстий сита отдельных фракций, мм.

Поскольку размер мелкой фракции (пыли) приравнивается к нулю, множитель с d_0 в числителе формулы не указывается.

Определение геометрической формы частиц. Для установления геометрической формы используют частицы одной фракции (по указанию преподавателя). С помощью лупы и пинцета частицы (не менее 5 шт.) сортируют в зависимости от формы, относя к той или иной группе (плоские, игольчатые, сферические, кубикообразные). Затем определяют массу отдельных групп частиц и рассчитывают их процентное содержание в общей массе. Для каждого вида частиц делают рисунок с указанием основных размеров.

Результаты определений оформляют в виде табл. 32.

Таблица 32

Характеристика древесных наполнителей

Показатель	Вид наполнителя		
	опилки	стружка	дробленка
Фракционный состав, %:			
–/10			
10/7			
7/5			
5/3			
3/2			
2/1			
Масса частиц формы, % от общего количества:			
– плоские			
– игольчатые			
– сферические			
– кубикообразные			
Геометрические размеры частиц формы, мм:			
– плоские			
– игольчатые			
– сферические			
– кубикообразные			

Подготовка наполнителя к изготовлению масс древесных прессовочных. Все последующие лабораторные работы выполняются с одним из видов наполнителя (по заданию преподавателя).

Подготовка наполнителя заключается в получении определенного фракционного состава и влажности. Влажность наполнителя, используемого при получении изделий, не должна превышать 8–10%, что обеспечивается сушкой его при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$. Требуемую фракцию наполнителя получают с помощью набора сит.

Массу наполнителя для выполнения лабораторных работ рассчитывают, используя соотношения, приведенные в лабораторной работе № 12.

Контрольные вопросы

1. Виды и свойства древесного наполнителя.
2. Фракционный состав древесного наполнителя.
3. Геометрическая форма частиц древесного наполнителя.

Лабораторная работа № 12

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ МАСС ДРЕВЕСНЫХ ПРЕССОВОЧНЫХ

Цель работы – получить массу древесную прессовочную на основе древесного наполнителя и карбамидо- или фенолоформальдегидных олигомеров; определить ее технологические характеристики.

Материалы и оборудование: древесный наполнитель; карбамидо- или фенолоформальдегидная смола; уротропин; хлористый аммоний (20%-ный водный раствор); стеклянная емкость на 2 л; стеклянный стакан объемом 50 мл; металлические противни; термощкаф; приборы и оснастка для определения: насыпной плотности, сыпучести, текучести и таблетированности пресс-композиций.

Общие сведения

Массы древесные прессовочные (МДП) представляют собой терморезистивные пластические массы, получаемые обработкой измельченной древесины феноло-, карбамидо- и меламиноформальдегидными смолами и специальными добавками – смазывающими, отверждающими и окрашивающими веществами. Их изготавливают как на спирто-, так и на водорастворимых смолах. При выборе полимерного связующего принимают во внимание потенциальную возможность образования прочной адгезионной связи между полимером и древесным наполнителем, определяющей конечные свойства материала.

Технология МДП включает операции измельчения, сушки, отсеивания древесных частиц на фракции, дозирования и смешения компонентов, сушки полученной массы.

Для выбора технологии и режимов прессования изделий, обеспечения высокой производительности при минимальном расходе сырья необходимо знать технологические свойства МДП. Основными видами свойств являются: насыпная плотность, текучесть, продолжительность пребывания в вязкопластичном состоянии, скорость отверждения, таблетированность, усадка, содержание влаги и летучих веществ.

Насыпная плотность задает способ дозирования и размеры загрузочной полости пресс-формы и зависит от структуры наполнителя, влажности, количества связующего и модифицирующих добавок. Насыпную плотность определяют исходя из массы пресс-композиции,

заполняющей сосуд определенной высоты и объема. Для различных марок МДП величина насыпной плотности находится в пределах 150–300 кг/м³.

Текучесть влияет на выбор давления прессования. Материалы с повышенной текучестью хорошо заполняют пресс-формы сложной конфигурации даже при низких давлениях. Текучесть определяют по методу Рашига путем оценки длины «стрелы» – тонкого стержня материала, погружаемого в специальную пресс-форму. Обычно в зависимости от марки наполнителя текучесть составляет 30–80 мм. Однако этот способ непригоден при превышении размера древесных частиц размеров канала пресс-формы Рашига. В этом случае используют метод запрессовывания образца диска между плоскопараллельными плитами при определенной температуре и давлении. За показатель текучести по этому способу принимают приведенный диаметр и толщину получаемого диска.

Определение *вязкопластичных свойств* и продолжительности отверждения производят на приборе ППР-1, изготовленном по типу пластомера Канавца. При прессовании образцов на приборе самописец вычерчивает кривую изменения вязкости материала во времени, а динамометр регистрирует напряжение сдвига, при котором вязкость системы соответствует $2 \cdot 10^9$ пз, характерной для отвержденного образца.

Скорость отверждения пресс-материала определяют с помощью пластомера по времени, которое затрачивают до полного отверждения образца; оно зависит от температуры и конфигурации пресс-формы, толщины прессуемого изделия, свойств материала. Существуют методы оценки скорости отверждения по химическим и физико-химическим характеристикам отпрессованных образцов.

Время отверждения можно определить методом экстракции растворимой части полимера, содержащегося в отпрессованных образцах, которое составляет обычно 5–7%. Наиболее часто время отверждения устанавливают при прессовании стандартных образцов в виде брусков и дисков с последующим определением их свойств и находят зависимость свойств от времени отверждения образца.

Скорость и время отверждения – наиболее существенные свойства, обуславливающие качество изделий и производительность труда.

Под *таблетуруемостью* понимают способность пресс-материалов спрессовываться под воздействием давления и сохранять заданную форму. Изготовление таблеток из МДП проводят при сле-

дующих режимах: давление – 20 МПа; температура таблетирования – 20–60°C; выдержка в пресс-форме – 0,5–1,0 мин на 1 мм готовой таблетки.

Усадка характеризуется уменьшением линейных размеров изделия, извлеченного из формы, по отношению к размерам формующего инструмента в процентах. Она в значительной степени зависит от конфигурации изделия, условий прессования, свойств пресс-массы (влажности, анизотропии наполнителя, его ориентации в момент заполнения формы). Расчетная усадка древесных пресс-масс находится в пределах 0,15–0,51%.

Содержание влаги и летучих веществ определяют по разности масс навески материала до и после ее высушивания при 100–105°C до постоянной массы. Повышенная влажность и содержание летучего низкомолекулярного продукта наиболее часто приводят к браку изделий, получаемых прессованием, способствуют резкому ухудшению физико-механических и диэлектрических свойств материала, вызывают его формоизменяемость и старение.

Порядок выполнения работы

Дозирование и смешение компонентов. Расход компонентов определяется массой образцов, изготавливаемых из МДП. На основе соотношений между отдельными составляющими из МДП, полученных в лабораторной работе, будут изготовлены изделия в виде брусьев размером 120×15×8 мм и дисков диаметром 50 мм, толщиной 3 мм. Для проведения физико-механических испытаний достаточно 12 брусьев и 4 диска. Определение расходов компонентов проводят по заданным: плотности (ρ , кг/м³) и влажности ($W_{\text{изд}}$, %) изделия, расходу смолы ($P_{\text{см}}$, %) и добавки ($P_{\text{доб}}$, %).

Расход абсолютно сухого наполнителя $m_{\text{н}}$, кг, на одно изделие объемом V , м³, составит:

$$m_{\text{н}} = \frac{10^6 V \rho}{(100 + W_{\text{изд}})(100 + P_{\text{см}})(100 + P_{\text{доб}})}. \quad (78)$$

Расход наполнителя $m_{\text{н}}^{\text{в}}$, кг, с влажностью $W_{\text{н}}$, %, равен:

$$m_{\text{н}}^{\text{в}} = \frac{m_{\text{н}}(100 + W_{\text{н}})}{100}. \quad (79)$$

Расход смолы $m_{\text{см}}$, кг, с содержанием сухого остатка $C_{\text{см}}$, %, на изделие составит:

$$m_{\text{см}} = \frac{m_{\text{н}} P_{\text{см}}}{C_{\text{см}}}. \quad (80)$$

Расход добавок $m_{\text{доб}}$, кг, на изделие равен:

$$m_{\text{доб}} = \frac{m_{\text{н}} P_{\text{доб}}}{C_{\text{доб}}}, \quad (81)$$

где $C_{\text{доб}}$ – концентрация добавок, %.

Общая потребность в компонентах МДП определяется с учетом количества изделий и расхода материала на испытания, которое составляет 20% от расчетного.

Подготовленные компоненты МДП смешивают в стеклянной емкости, насыпая древесный наполнитель в смолу. Если в композиции МДП содержатся другие добавки, то их вводят в смолу перед подачей наполнителя. Перемешивание проводят до получения равномерно смоченной массы. Затем ее выгружают на противни, разрыхляют и сушат в термошкафу при температуре 70–80°C в течение 1,0–1,5 ч. Сушка необходима для удаления избыточной влаги. Повышенная влажность МДП приводит к образованию пузырей, трещин на поверхности материала, увеличивает время его выдержки в пресс-форме. Высушенную массу используют для проведения испытаний. Хранят МДП в плотно закрытых полиэтиленовых емкостях.

Испытание масс древесных прессовочных. *Сыпучесть пресс-материала*, т. е. способность пресс-материала равномерно заполнять пресс-форму, характеризуется углом внутреннего трения. Пресс-материал на основе измельченной древесины можно отнести к сыпучим телам, обладающим способностью образовывать силы сцепления между отдельными частицами. В свободно насыпанном состоянии сыпучие тела принимают очертания формы конуса. Угол естественного откоса между образующей конуса и горизонтальной плоскостью называется углом внутреннего трения. Знание угла естественного откоса используют при определении наклона стенок загрузочных воронок, вместимости транспортных средств и бункеров.

Для характеристики сыпучести определяют не только угол естественного откоса α_0 , но и угол обрушения α_p . Первая величина относится к формированию откоса путем постепенной насыпки материала, вторая величина характеризует положение поверхности откоса, образовавшегося в результате сползания части материала. Ее называют также статистическим углом откоса. Угол обрушения α_p всегда больше угла естественного откоса α_0 .

Для определения угла естественного откоса применяют устройство, состоящее из трех взаимно перпендикулярных пластин (рис. 34, а).

Нижняя пластина в виде сектора, служащая основанием, имеет кольцевые риски. Боковые пластинки, выполненные из органического стекла, тоже имеют риски. На линии пересечения вертикальных пластин укреплена воронка. При насыпании материала образуется геометрическое тело в виде четверти конуса. Насыпание прекращают, когда вершина конуса достигает верхнего края пластин. Последние порции материала удобно подсыпать из ложки. Угол наклона откоса определяют по рискам на вертикальных пластинках, усредняя данные 4–5 опытов.

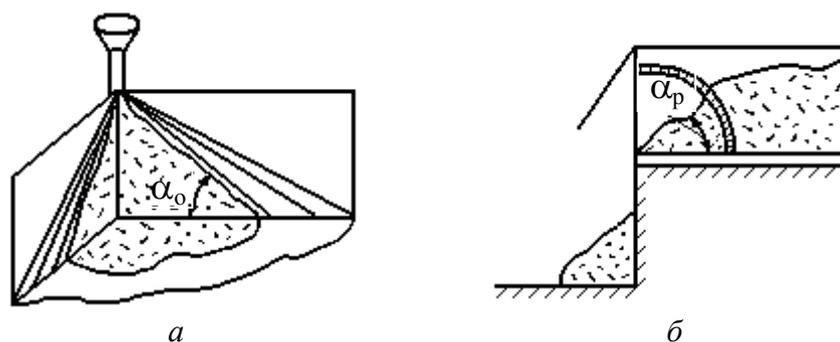


Рис. 34. Приспособления для определения:
а – угла естественного откоса; б – угла обрушения

Приспособление для определения угла обрушения представляет собой коробку с откидной стенкой (рис. 34, б). Две боковые стенки выполнены прозрачными. Заполнив коробку материалом, откидывают стенку. Часть материала в виде треугольной призмы сползает, при этом образуется откос. Угол наклона откоса определяют по рискам на боковых стенках или транспортиром с линейкой. Наклоняя коробку до обрушения новой порции материала, можно провести на том же образце еще 1–2 замера. В момент обрушения положение коробки фиксируют и по транспортиру измеряют угол откоса.

Насыпную плотность МДП определяют, используя прибор, изображенный на рис. 35. Перед началом испытаний измерительный цилиндр 1 емкостью 100 см^3 взвешивают с точностью до 0,1 г. Воронку 3, укрепленную на штативе 4, устанавливают вертикально таким образом, чтобы ее нижнее отверстие 2 находилось над измерительным цилиндром на расстоянии 20–30 мм и было связано с ним. Затем при закрытом нижнем отверстии засыпают в воронку 100 см^3 пресс-материала. После этого открывают задвижку воронки и дают

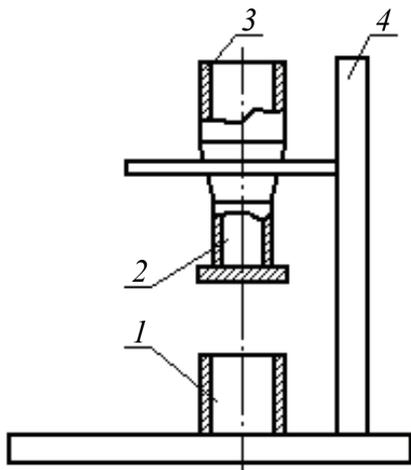


Рис. 35. Прибор для определения насыпной плотности пресс-композиции:

- 1 – измерительный цилиндр;
- 2 – отверстие; 3 – воронка;
- 4 – штатив

возможность материалу просыпаться в измерительный цилиндр. При необходимости для лучшего просыпания пресс-материал можно перемешивать палочкой. После заполнения измерительного цилиндра материалом излишек его срезают ножом и наполненный цилиндр взвешивают. Насыпную плотность пресс-материала вычисляют по формуле $\rho = G / 10^{-4}$, где G – масса пресс-материала в измерительном цилиндре, кг.

Таблетуемость пресс-композиции обуславливает возможность высокопроизводительной переработки пресс-массы в изделия. Ее определяют путем запрессовки пресс-материала в форме. Таблетуемостью является способ-

ность материала спрессовываться в таблетки под действием давления при комнатной температуре (18–20°C). При этом из неоформленной, рыхлой пресс-массы образуется плотная таблетка определенной формы, размера и массы. В процессе таблетирования из пресс-материала удаляется воздух, что приводит к росту его теплопроводности по сравнению с нетаблетированным. Повышение теплопроводности, в свою очередь, ускоряет разогрев материала в пресс-форме, что дает возможность уменьшить его выдержку под давлением при изготовлении изделий. Кроме того, применение таблеток позволяет просто и сравнительно точно по количеству таблеток дозировать навеску пресс-материала перед прессованием, уменьшая размер загрузочной камеры пресс-формы.

Таблетуемость пресс-массы зависит от ее гранулометрического состава, насыпной плотности, удельного объема и содержания влаги.

Таблетирование проводят в специальной пресс-форме на настольном гидравлическом прессе при удельном давлении 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 МПа. Время прессования составляет 20–30 с. Давление прессования P , МПа, рассчитывают по следующей формуле:

$$P = P_{уд}FK, \quad (82)$$

где $P_{уд}$ – удельное давление прессования, МПа; F – площадь таблетки, м²; K – коэффициент потерь на трение, равный 0,85.

Оценку качества таблетки производят на испытательной машине путем вдавливания на ее поверхность стального шарика диаметром

0,5 см под действием силы P . Таблетка считается качественной, если она не разрушается под действием силы $P = 400\text{--}500$ Н.

Определяют плотность таблетки и строят график зависимости плотности от удельного давления прессования.

Текучесть пресс-композиции устанавливают, используя таблетку диаметром 5 см, объемом 10 см^3 , полученную при удельном давлении 0,6 МПа.

Текучесть характеризует способность материала при определенной температуре и давлении в процессе переработки заполнять полость формы. Текучесть МДП обусловлена силами внутреннего и наружного трения, а также скоростью отверждения связующего. Внутреннее трение зависит от природы и количества наполнителя и связующего, влажности материала и других добавок. Для повышения текучности в материал вводят смазывающие вещества: стеарин, олеиновую кислоту и т. д.

Текучесть существенно зависит от содержания летучих соединений в пресс-материале. Увеличение их содержания приводит к повышению текучности в начальной стадии прессования, но при этом наблюдается ухудшение физико-механических свойств готовых изделий.

Знание текучности пресс-материала позволяет правильно выбрать режим прессования, т. е. установить оптимальную температуру и давление; выбрать целесообразную конфигурацию оформляющей поверхности пресс-формы для получения изделий высокого качества.

Для определения текучности плоский образец-диск (таблетку) помещают на нижнюю плиту пресс-формы (рис. 36), а затем прессуют при температуре 150°C в течение 0,5–1,0 мин до прекращения движения стрелки индикатора. Усилие прессования составляет 15 т. Начальная скорость смыкания плит пресса колеблется от 2 до 3 мм/с.

Толщину прессованного образца определяют с погрешностью измерения не более 0,01 мм. За показатель текучности МДП D , мм, принимают приведенный диаметр прессованного образца, который вычисляют по формуле

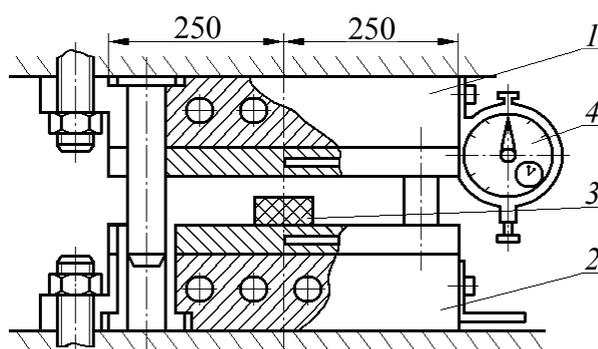


Рис. 36. Пресс-форма для определения текучности пресс-композиции:
1, 2 – плиты пресс-формы; 3 – образец;
4 – индикатор часового механизма

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785h}} = \frac{113}{\sqrt{h}}, \quad (83)$$

где V – объем образца, равный 10^4 мм³; h – толщина образца после прессования, мм.

По полученным данным можно вычислить основной показатель материала, характеризующий его пластические свойства, – сопротивление сдвигу. Для усилия прессования 15 т и объема образца 10 см³ сопротивление сдвига $\tau_{сд}$, МПа, можно рассчитать по следующей формуле:

$$\tau_{сд} = \frac{750h}{1 + \frac{0,5945}{h\sqrt{h}}}. \quad (84)$$

Результаты испытаний МДП заносят в табл. 33 и анализируют в сравнении с данными, полученными для других наполнителей.

Таблица 33

Технологические характеристики МДП

Показатель	Вид наполнителя в образцах масс древесных прессовочных		
	опилки	стружка	дробленка
Насыпная плотность, кг/м ³			
Плотность таблетки, кг/м ³ , при удельном давлении прессования, МПа:			
– 0,2			
– 0,4			
– 0,6			
– 0,8			
Приведенный диаметр прессованного образца, мм			
Сопротивление сдвигу, МПа			

Контрольные вопросы

1. Общая характеристика МДП.
2. Характеристика основных свойств МДП.
3. Получение в лабораторных условиях МДП.
4. Определение основных технологических свойств МДП.

Лабораторная работа № 13 ПОЛУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ МАСС ДРЕВЕСНЫХ ПРЕССОВОЧНЫХ МЕТОДОМ ПРЕССОВАНИЯ

Цель работы – получить образцы из МДП в форме брусков размером 120×15×10 мм и дисков диаметром 50 мм, толщиной 3 мм прямым прессованием.

Материалы и оборудование: пресс гидравлический П-125; пресс-формы для получения бруска и диска; технические весы; масса древесная прессовочная в виде таблеток; олеиновая кислота.

Общие сведения

Переработку пресс-композиций – масс древесных прессовочных в изделия называют *формованием*. В его основе лежат операции горячего прессования МДП, в результате которых получают изделия в виде плит различного профиля, погонажных и штучных деталей. Способы формования композиционных материалов классифицируют по следующим признакам.

1. В зависимости от направления усилия прессования относительно пласти изделия различают плоское, экструзионное и комбинированное прессование, которое проводят прямым или литьевым методами. Детали и изделия из измельченной древесины получают преимущественно способом прямого прессования (рис. 37).

2. В соответствии со степенью ограничения рабочего пространства, в котором происходит сжатие древесной композиции, выделяют формование между плитами пресса, в каландрах, в канале (экструзия) и в пресс-формах.

3. По характеру процессов формования различают периодический, непрерывный и пульсирующий способы.

4. В зависимости от организации процесса формования выделяют одно-, двух- и многопозиционные методы.

Ни один из перечисленных способов формования

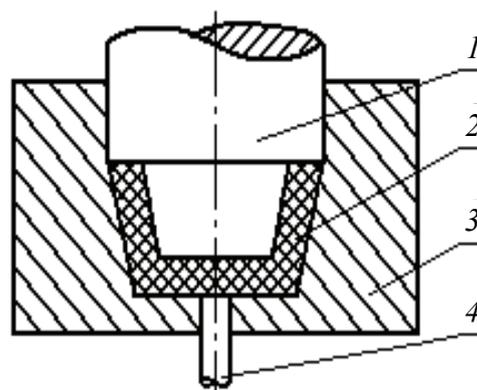


Рис. 37. Схема прямого прессования:
1 – пуансон; 2 – изделие;
3 – матрица; 4 – выталкиватель

композиционных материалов и изделий не лишен недостатков, поэтому при выборе одного из них необходимо учитывать экономические факторы производства и требования, предъявляемые к форме и качеству выпускаемых изделий.

Основными технологическими факторами, определяющими режим прессования, являются: давление, температура и продолжительность прессования. Величина удельного давления при прямом прессовании изделий из измельченной древесины составляет от 30 до 50 МПа и зависит от способа и принципа прессования, сложности и плотности изделий, вида измельченной древесины, расхода связующего и влажности пресс-материала.

Температура пресс-формы при прямом прессовании изделий из МДП достигает $(145 \pm 5)^\circ\text{C}$. Продолжительность прессования обусловлена толщиной и плотностью изделий, температурой прессования, временем отверждения связующего, видом обогрева пресс-формы и составляет от 0,5 до 1,0 мин на 1 мм толщины изделия.

Основное оборудование для производства изделий из МДП – гидравлические прессы, назначение которых состоит в создании необходимого усилия при формировании изделий в пресс-формах. По направлению приложения давления различают прессы с верхним, нижним или комбинированным давлением; по конструкции станины – колончатые и рамные; по характеру привода – с индивидуальным или групповым приводом; по числу плит – одно-, двух- и многоэтажные.

Пресс-формы устанавливают на плиты прессы. Пресс-форма в простом случае состоит из верхней выступающей части, оформляющей внутреннюю поверхность изделия (пуансон), и нижней заглубленной части, оформляющей наружную поверхность изделия (матрица) (см. рис. 37). В зависимости от вида прессуемых изделий, способов их прессования и нагрева пресс-формы бывают открытого и закрытого типов, съемные, полусъемные и стационарные, одно- и многогнездные. Пресс-формы изготавливают из закаленной высококачественной стали, так как в процессе работы они подвергаются влиянию высоких температур, давлению, износу и коррозионному воздействию. Оформляющие поверхности тщательно полируют и хромируют для получения изделий с хорошим внешним видом. Пресс-формы обогревают электрическими элементами или индукционным методом.

При конструировании деталей из МДП избегают острых углов, глубоких впадин и выступов, так как текучесть пресс-массы мала и для ее увеличения необходимо либо модифицировать наполнитель, либо использовать соответствующие добавки.

Горячее прессование изделий из МДП в пресс-формах предусматривает загрузку материала, его перевод при нагревании в вязкотекучее состояние и формование изделия под действием давления. Фиксация заданной конфигурации изделия, отражающей конфигурацию полости формы, происходит в результате отверждения связующего при высокой температуре. Благодаря необратимым изменениям в структуре материал переходит в неплавкое состояние, т. е. сохраняет формоустойчивость и не требует охлаждения перед извлечением из пресс-формы.

Порядок выполнения работы

Технологический процесс прессования состоит из следующих стадий: дозировки пресс-материала (весовая, объемная); предварительного подогрева пресс-формы; загрузки пресс-материала в форму; помещения пресс-формы на нижнюю плиту пресса; смыкания пресс-формы; выдержки пресс-материала в форме; распрессовки; извлечения изделий из формы.

Дозировку пресс-материала в пресс-форму производят в соответствии с расчетами, выполненными в лабораторной работе № 12 для получения брусков и дисков. Пресс-форма на бруски позволяет одновременно получать 4 образца. Навеску пресс-материала загружают в пресс-форму, которую закрывают и помещают между обогреваемыми плитами пресса. Перед загрузкой пресс-материала пресс-форма должна быть подогрета.

Прессование образцов ведут по режиму, который выбирают в соответствии с табл. 34.

Таблица 34

Рекомендуемые режимы прессования образцов изделий из МДП

Наполнитель массы древесной прессовочной	Режим прессования для изделия в форме					
	бруска			диска		
	температура, °С	удельное давление прессования, МПа	выдержка, мин	температура, °С	удельное давление прессования, МПа	выдержка, мин
Древесные опилки	145–155	45	8	145–155	45	6
Древесная стружка	120–130	39	10	120–130	39	5
Измельченные отходы	150–160	55	10	150–160	55	6

Контрольные вопросы

1. Способы формования изделий из МДП.
2. Виды пресс-форм.
3. Факторы процесса прессования изделий из МДП.

Лабораторная работа № 14 ИСПЫТАНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ МАСС ДРЕВЕСНЫХ ПРЕССОВОЧНЫХ

Цель работы – освоить методики физико-механических испытаний изделий из МДП; определить физико-механические показатели полученных образцов.

Материалы и оборудование: образцы в форме бруска и диска; штангенциркуль; микрометр; маятниковый копер; испытательная машина Р-0,5; технические весы; ванна с водой (температура 20°С); прибор для измерения твердости.

Общие сведения

Эксплуатационные параметры изделий из МДП характеризуют комплексом показателей, определяемых в процессе проведения их испытаний. Вид и количество показателей должны быть достаточными для оценки качества изделий, и это зависит от их состава и технологии изготовления. Большое влияние на свойства изделий из МДП оказывают: размеры и форма древесных частиц, порода древесины, содержание и вид связующего, наличие различных добавок, режим переработки пресс-массы (влажность пресс-композиции, давление, температура, продолжительность прессования).

Ромбовидная и удлиненная форма частиц существенно улучшает все основные качественные показатели изделий из МДП. Содержание связующего влияет на их текучесть и водостойкость. От вида связующего и состава МДП зависят теплофизические, диэлектрические и антифрикционные свойства. Кроме того, данный материал может сохранять свои физико-механические свойства при изменении температур от –60 до +60°С, обладает атмосферо-, бензо- и кислотостойкостью.

Существенное влияние на свойства изделий оказывают режимы переработки, выбираемые в зависимости от состава пресс-массы, назначения и профиля готового изделия. Применение мелких фракций измель-

ченной древесины, повышение содержания связующего, использование пластифицирующих добавок, модификация наполнителя, а также изготовление изделий простой формы допускают применение меньших давлений прессования (30–40 МПа). При низкой текучести пресс-массы используют повышенное давление прессования (50–80 МПа). Увеличение продолжительности выдержки от 1 до 2 мин/мм приводит к росту механических свойств и водостойкости образцов. Повышение температуры прессования до 150–160°C также положительно влияет на все показатели МДП, дальнейшее же увеличение нагревания ухудшает их свойства.

Направленное изменение и регулирование свойств пресс-масс из измельченной древесины может быть достигнуто модификацией наполнителя, связующего вещества, применением пластифицирующих и отверждающих добавок.

Испытанию на физико-механические показатели подвергают как стандартные образцы, так и готовые изделия. Для них обязательно определение предела прочности при статическом изгибе и сжатии, ударной вязкости, водопоглощения за 24 ч, плотности и влажности; остальные показатели, такие как твердость, диэлектрические, теплофизические, антифрикционные свойства, масло-, бензо- и кислотостойкость, испытывают в случае их функционирования в особых условиях эксплуатации.

Каждый показатель физико-механических характеристик определяют в строгом соответствии с существующими стандартами. Период времени между прессованием образца и его испытанием должен составлять не менее 16 ч, включая время его кондиционирования.

Физико-механические показатели образцов из МДП определяют по следующим методикам:

1) *плотность* – путем гидростатического взвешивания образца на воздухе и в дистиллированной воде при температуре $(20 \pm 1,5)^\circ\text{C}$, при этом продолжительность его пребывания в водной среде не должна превышать 1 мин;

2) *водопоглощение* – по привесу образца после его погружения в воду на 24 ч при температуре $(20 \pm 1,5)^\circ\text{C}$;

3) *предел прочности при статическом изгибе* – путем нагружения образца, свободно лежащего своей широкой стороной на двух опорах, посередине с помощью наконечника, который двигается с постоянной заданной скоростью относительно опор;

4) *предел прочности при сжатии* – помещением образца в виде бруска между двумя сближающимися при постоянной скорости параллельными плитами;

5) *ударную вязкость* – путем удара молота при скорости 2,9 м/с посередине образца, свободно лежащего на двух опорах маятникового копра, с определением работы, затраченной на его разрушение;

6) *твердость* – с помощью измерения глубины вдавливания металлического шарика диаметром 5 мм в испытуемый образец под действием перпендикулярного приложения нагрузки 960 Н;

7) *коэффициент трения* – путем скольжения образца по стальной поверхности без смазки при скорости 0,75 м/с и нагрузке 4,9 МПа в течение не менее 30 мин;

8) *износ при трении качения* – по потере массы образца, выраженной в миллиграммах на 1 м пути его истирания при сухом трении качения с проскальзыванием по плоскости стального контртела по схеме вал – втулка;

9) *абразивный износ* – при истирании бруска квадратного сечения с размером сторон 12×12 мм и высотой 15 мм поверхностью абразива.

В лабораторной работе предусмотрено определение усадки, плотности, ударной вязкости, модуля упругости при изгибе, прочности при статическом изгибе, твердости, прочности при сжатии.

Порядок выполнения работы

Определение усадки. Усадка характеризует уменьшение размеров изделия при его охлаждении от температуры переработки до комнатной. Определяется усадка как разность размеров холодной пресс-формы и отформованных, охлажденных в ней образцов, отнесенная к размерам пресс-формы и выраженная в процентах. Усадка обусловлена сжатием материала при охлаждении, которое приводит к изменению его структуры. О величине усадки материала, вызванной его сжатием, можно судить по коэффициенту линейного расширения. Усадочные процессы в ряде случаев являются нежелательными, так как могут приводить к короблению изделий. Величина усадки зависит от природы связующего и наполнителя, их соотношений в композиции, наличия летучих веществ, а также от давления и температуры переработки.

Для определения усадки используют бруски и диски, выдержанные в течение не менее 16 ч при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$. Усадку устанавливают по размерам пресс-формы и образца в направлении, перпендикулярном направлению прессования. Для брусков – это длина, для диска – диаметр. Размер пресс-формы определяют при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Точность определения составляет 0,02 мм. Усадку MS , %, вычисляют по следующим формулам:

$$MS = \frac{L_0 - L_1}{L_0} 100\%, \quad MS = \frac{d_0 - d_1}{d_0} 100\%, \quad (85)$$

где L_0, d_0 – размеры оформляющих частей пресс-форм, мм; L_1, d_1 – длина и диаметр изделия соответственно, мм.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое не менее трех параллельных измерений.

Определение плотности. Плотность определяют методом объема и взвешивания образцов.

Объем допускается измерять и другими методами, например по вытесненному объему жидкости. Величину плотности рассчитывают по общеизвестным соотношениям. Для определения используют бруски и диски. Линейные размеры находят с точностью до 0,01 мм, массу – с точностью 0,01 г.

Определение ударной вязкости. Ударной вязкостью называется работа удара, необходимая для разрушения образца, отнесенная к площади его поперечного сечения. Сущность метода заключается в разрушении образца, который установлен на двух опорах, поперечным ударом. При этом используются образцы с надрезом и без надреза. Ударная вязкость определяется на стандартных образцах размером $120 \times 15 \times 10$ мм и выражается в джоулях на квадратный метр ($\text{Дж}/\text{м}^2$).

Испытания проводят на маятниковом копре, в котором испытуемый образец лежит свободно на двух опорах. Нагрузка осуществляется при помощи маятника, производящего удар по всей ширине образца. Прибор устанавливают так, чтобы при ударе маятника по образцу не было смещения. Необходимо, чтобы плоскость качания была перпендикулярна продольной оси образца, установленного на опорах, и проходила через середину пролета между ними. Размеры стандартного образца, ножа маятника и опор должны соответствовать, приведенным на рис. 38.

Перед испытанием измеряют ширину и толщину образца в средней части с точностью до 0,01 мм. Замеряют угол взлета маятника на холостом ходу, при этом стрелку шкалы устанавливают в начальном

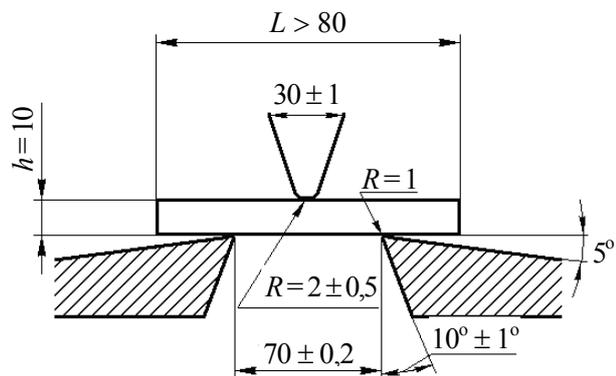


Рис. 38. Нож и опоры для стандартного бруска

положении и дают маятнику свободно падать из его верхнего положения. При правильной работе копра стрелка указателя останавливается против нулевого деления шкалы.

Испытуемый образец укладывают на опоры так, чтобы удар пришелся по его широкой стороне; при этом образец должен прилегать к стенкам опор. Затем стрелку прибора опускают вниз до совпадения с максимальным значением шкалы.

Испытание начинают с подъема маятника в верхнее исходное положение, в котором он удерживается защелкой. Затем при опущенной стрелке шкалы в нижнее крайнее положение освобождают маятник, давая ему свободно падать. После разрушения образца маятник останавливают и по шкале выполняют отсчет работы, затраченной на разрушение образца, с точностью, равной половине цены деления соответствующей шкалы копра. Удар по образцу производят только один раз; если образец при испытании не разрушился, он должен быть заменен другим.

Ударную вязкость a , Дж/м², вычисляют по формуле

$$a = \frac{A}{bh}, \quad (86)$$

где A – работа, затраченная на разрушение образца, Дж; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

За результат принимают среднее арифметическое всех параллельных испытаний. Характеристику разброса данных, оцениваемую по величине стандартного отклонения, рассчитывают по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - N\bar{x}^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N-1}}, \quad (87)$$

где x – величина показателя образца; N – число испытанных образцов; \bar{x} – величина среднего арифметического значения из результатов испытаний образцов.

Определение предела прочности при статическом изгибе. Сущность метода заключается в кратковременном приложении нагрузки на образец, при котором определяют:

1) прочность при изгибе как отношение изгибающего момента к моменту сопротивления поперечного сечения образца;

2) прогиб в момент разрушения как расстояние, на которое отклоняется от своего исходного положения продольная ось образца при изгибе посередине между опорами. Образцы для испытаний имеют размер $L \times b \times h = 120 \times 15 \times 8$ мм.

На испытательной машине размещают устройство с нагружающим наконечником и опорами, которое обеспечивает возможность установки и закрепления прибора на требуемом расстоянии (рис. 39). Прогиб измеряют с погрешностью, не превышающей 2% от измеряемой величины. Перед испытанием в средней части длины образца замеряют его ширину с точностью не менее $\pm 0,1$ мм и толщину с точностью не менее 0,02 мм.

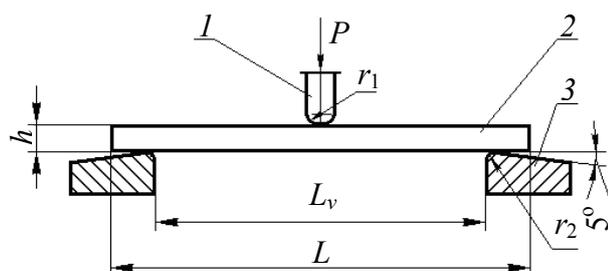


Рис. 39. Схема определения прочности при статическом изгибе:

1 – наконечник; 2 – образец; 3 – опоры

В зависимости от толщины образца расстояние между опорами L_v , мм, устанавливают согласно соотношению $L_v = 16h + 0,5$.

Образец располагают на опорах и производят плавное, без толчков нагружение его посередине между опорами. Скорость сближения нагружающего наконечника составляет 59 мм/мин. В процессе нагружения образца замеряют нагрузку в момент его разрушения.

Прочность при изгибе $\sigma_{и}$, МПа, находят по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{3P\ell}{2bh^2}, \quad (88)$$

где P – максимальная нагрузка, Н; ℓ – расстояние между опорами, м; b – ширина образца, м; h – толщина образца, м.

Определение твердости образцов. Твердость образцов определяют на приборе, обеспечивающем перпендикулярное вдавливание стального шарика диаметром 0,5 см в поверхность испытуемого образца с заданной основной силой (по Бринеллю). Плавное приложение основной силы за (30 ± 2) с осуществляют после приведения индикаторной стрелки прибора к нулевой отметке.

Основная сила должна быть равной 490,5 Н (50 кгс); если сила в 50 кгс недостаточна, допускается применять силу 100 кгс.

Конструкция прибора исключает влияние деформации рычагов, тяг и других деталей на отсчет глубины вдавливания.

Для испытания используют бруски размером $120 \times 15 \times 10$ мм. Испытания осуществляют на необработанной ровной и гладкой поверхности образца, который не должен иметь трещин, раковин, вздутий и заусениц. Допускается производить испытание образцов, составленных по толщине из нескольких пластин (не менее трех).

Испытание выполняют следующим образом. Испытуемый образец укладывают на стол прибора так, чтобы обеспечивалось плотное прилегание его к плите прибора и отсутствие изгибания при вдавливании шарика. Затем вращением маховика образец вводят в соприкосновение с шариком до тех пор, пока он не упрется в ограничитель, после чего индикатор, отсчитывающий величину вдавливания, устанавливают на нуль. Центр шарика при этом должен находиться от края образца на расстоянии не менее 0,5 см, а от центра соседнего отпечатка – около 1,0 см. Затем к предварительному усилию плавно в течение (30 ± 2) с добавляют основную силу. По окончании приложения силы измеряют глубину вдавливания шарика в материал.

Глубина вдавливания шарика к моменту истечения 60 с должна быть постоянной. Отсчет ведут с точностью не менее 0,005 см. На каждом образце выполняют не менее двух-трех определений.

Величину твердости H , Па, определяемую по глубине вдавливания шарика при заданной основной силе, вычисляют из следующего соотношения:

$$H = \frac{P}{\pi D h}, \quad (89)$$

где P – величина основной силы вдавливания, Н; D – диаметр шарика, м; h – максимальная глубина вдавливания, м.

Испытание образцов на сжатие. Образцы для испытания могут иметь форму цилиндра, параллелепипеда с квадратным или прямоугольным основанием. Опорные плоскости образцов должны быть параллельными в пределах допуска 0,1% от высоты образца в направлении, перпендикулярном направлению приложения нагрузки.

Для испытания используют образцы размером $30 \times 15 \times 10$ мм. Поверхность их должна быть гладкой, ровной, без вздутий, сколов, трещин, раковин и других видимых дефектов. Количество образцов, взятых для испытания, составляет не менее пяти.

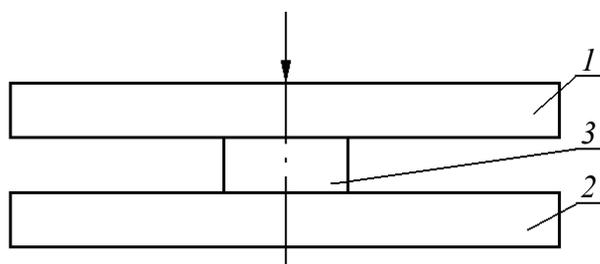


Рис. 40. Схема испытания образца на сжатие:
1, 2 – площадки; 3 – образец

Перед испытанием измеряют высоту, ширину, толщину образца с погрешностью не более 0,01 мм. Образец располагают на опорных площадках (рис. 40) таким образом, чтобы продольная ось образца совпадала с направлением действия на-

грузки. Устанавливают необходимую величину скорости сближения площадок.

После выполнения подготовительных операций испытуемый образец подвергают действию возрастающей нагрузки до его разрушения. По шкале машины отсчитывают величину нагрузки в единицах килограмм-силы, при которой произошло разрушение образца.

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, Па, рассчитывают по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (90)$$

где P – разрушающее усилие, Н; F – минимальная площадь поперечного сечения образца, м².

Результаты испытаний образцов из МДП заносят в табл. 35 и анализируют в сравнении с данными, полученными для образцов, изготовленных из других наполнителей.

Таблица 35

Физико-механические свойства образцов из МДП

Показатель	Вид наполнителя в образцах, изготовленных из масс древесных прессовочных		
	опилки	стружка	дробленка
Усадка, %: – для брусков			
– дисков			
Плотность, кг/м ³ : – для брусков			
– дисков			
Ударная вязкость, Дж/м ²			
Предел прочности при статическом изгибе, МПа			
Прогиб, мм			
Твердость, Н			
Предел прочности при сжатии, Па			

Контрольные вопросы

1. Виды показателей, определяющих свойства изделий из МДП.
2. Факторы, влияющие на показатели качества изделий из МДП.
3. Определение физических свойств изделий из МДП.

Лабораторная работа № 15 **ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ АРБОЛИТА**

Цель работы – получить по двум режимам арболит заданной марки и провести его испытание.

Материалы и оборудование: портландцемент марки 400 или 500; хлорид кальция; древесный наполнитель двух видов; разборная форма для арболита размером 140×100×30 мм; стеклянная емкость на 2 л.

Общие сведения

Арболит представляет собой легкий бетон, получаемый в результате формирования и твердения смеси, состоящей из минерального вяжущего (обычно портландцемента), заполнителей (отходов лесозаготовок, лесопиления или деревообработки), химических добавок и воды. Он, имея сравнительно невысокую среднюю плотность от 400 до 850 кг/м³, обладает отличными строительными свойствами: легко поддается сверлению, обработке режущим инструментом и оштукатуриванию. Изделия из арболита трудносгораемы, не разрушаются в воде, морозо- и биостойки, не гигроскопичны, долговечны. Его применяют для изготовления теплоизоляционных материалов, конструктивно-теплоизоляционных изделий, эксплуатируемых в сборных и монолитных зданиях различного назначения с относительной влажностью воздуха в помещениях не более 75%.

В зависимости от назначения изготавливают арболит следующих марок: 5 и 10 – для теплоизоляционных изделий и материалов; 15, 25 и 35 – для конструктивно-теплоизоляционных изделий. За марку арболита принимается прочность при сжатии контрольных кубов размером 150×150×150 мм, испытанных после 28 сут выдержки.

Технологический процесс изготовления арболита состоит из следующих операций: подготовки заполнителя, приготовления химических добавок, дозировки компонентов, приготовления арболитовой смеси, укладки ее в формы и уплотнения, термообработки и выдержки изделий.

В качестве заполнителя чаще всего применяют древесную дробленку игольчатой формы толщиной 3–5 мм. Такая форма частиц способствует снижению отрицательного воздействия влажностных деформаций заполнителя на структурообразование и прочность арболита. Существенное значение имеет влажность заполнителя, которая во многом зависит от условий хранения, породы древесины и т. д. Химиче-

ский состав древесины изменяется под воздействием сильно щелочной среды, которую создают минеральные вяжущие вещества. В этих условиях в первую очередь деструктируются легкогидролизуемые углеводы, что оказывает отрицательное влияние на твердение и прочность арболита. Лиственные породы древесины содержат значительно больше легкогидролизуемых гемицеллюлоз, чем хвойные, поэтому в меньшей степени пригодны для получения высококачественного материала.

Существует несколько способов борьбы с цементными ядами, сущность которых заключается в частичном удалении этих веществ из древесины, переводе простейших сахаров в нерастворимые или безвредные соединения, в создании условий, при которых твердение цемента ускоряется, и в изолировании фазы древесины от вяжущего. Эти способы делят на физические, биологические, механические и химические.

Физический метод – это обработка водой и длительная выдержка на воздухе. Биологический способ – введение в древесину в процессе хранения специальных дрожжей для ускорения брожения водорастворимых сахаров. Механический метод – обработка частиц заполнителя тонкоизмельченными отходами от обрезки цементно-стружечных плит, смешанными с водой. Химический способ, получивший наибольшее распространение среди других методов, – обработка древесных частиц растворами хлорида и нитрата кальция, жидкого стекла, сернокислого глинозема, извести и т. д.

Одной из главных операций получения арболита, которая во многом определяет его физико-механические характеристики, считается приготовление арболитовой смеси, а именно: тщательное дозирование компонентов, перемешивание цемента и заполнителя, равномерное распределение вяжущего по частицам заполнителя, порядок введения компонентов смеси, ее однородность и др. Арболитовую смесь считают качественной, если частицы заполнителя полностью покрыты цементным тестом и цементное «молоко» не стекает при формовании изделий. Время с момента окончания приготовления смеси до начала укладки ее в формы должно быть минимальным. В настоящее время применяют следующие технологические способы формования: прессование в горизонтальных и вертикальных формах, трамбование, послойная укладка с помощью роликов, вибрация с пригрузом, вибропрессование, силовой прокат.

После укладки смеси и разравнивания формы направляют на склад для твердения изделий, где они выдерживаются в формах до 4–5 сут. Для ускорения набора распалубочной прочности используют

химические добавки – ускорители твердения, а также тепловую обработку, после которой производят выдержку изделий и, при необходимости, их отделку.

Основными свойствами арболита являются: средняя плотность, прочностные и деформативные характеристики при воздействии различных нагрузок, теплофизические показатели и долговечность.

Порядок выполнения работы

Изготовление арболита. Технологический процесс получения изделий из арболита состоит из следующих операций: подготовки заполнителя (измельчение и пр.), приготовления арболитовой смеси, формирования изделий из арболита, твердения, распалубки изделий, их комплектации и отделки.

Расход материалов на изготовление 1 м³ арболита определяют исходя из данных, приведенных в табл. 36.

Таблица 36

Данные для расчета рецептуры арболита

Марка арболита	Расход портланд-цемента марки 400, кг/м ³	Расход сухих древесных частиц, кг/м ³	Расход воды, л/м ³
5	290	180	330
10	310	200	360
15	330	220	390
25	360	240	430
35	390	250	460

В лабораторной работе используется готовый заполнитель (древесная стружка, дробленка из отходов лесопиления и деревообработки, опилки и др.).

Получение арболитовой смеси производят по двум вариантам, отличающимся порядком приготовления. Перед получением арболитовой смеси осуществляют сборку двух форм, согласно рис. 41, которые смазывают олеиновой кислотой.

I вариант. В емкость для смешения загружают требуемое количество заполнителя, водный раствор минерализатора – хлорида кальция и $\frac{1}{3}$ необходимого на замес количества воды. После перемешивания смеси на протяжении 2–3 мин добавляют требуемое количество вяжущего – цемента и остальное количество воды, после чего перемешивают смесь еще 1–2 мин.

II вариант. Для более эффективного снижения отрицательного влияния цементных ядов древесного заполнителя на твердение цемента и ускорения этого процесса используют двухстадийное смешивание. Вначале часть цемента (примерно 15–20% общего его количества на замес), подогретого до 150–250°C, смешивают в течение 1–2 мин с заполнителем. Затем в смесь добавляют остальную часть цемента нормальной температуры, воду, подогретую до 80°C, и водный раствор минерализатора, после этого смесь перемешивают на протяжении 2–3 мин.

Для обоих вариантов продолжительность смешивания компонентов с момента загрузки всех материалов в емкость для смешения до начала выгрузки смеси составляет примерно 3–5 мин. Время с момента окончания приготовления до момента укладки арболитовой смеси в форму должно быть не более 30 мин.

Укладка арболитовой смеси в форму осуществляется путем заполнения формы и послойного уплотнения массы с помощью трамбовки. Распалубка изделия производится не менее чем через 24 ч после укладки арболитовой смеси в форму. Отделка арболита выполняется по дополнительному заданию преподавателя.

Испытание арболита. Плотность арболита определяют методом обмера и взвешивания (см. лабораторную работу № 14). Линейные размеры полученного образца (сформированного изделия) устанавливают с точностью до 0,1 см, массу – с точностью до 0,1 г.

Прочность при сжатии определяют, согласно методике, приведенной в лабораторной работе № 14. При этом образцы вырезают в соответствии с размерами в миллиметрах, указанными на рис. 42.

Для испытаний берут не менее трех образцов каждого размера. Результаты испытаний оформляют в виде табл. 37 и анализируют, сравнивая с данными, полученными другими студентами.

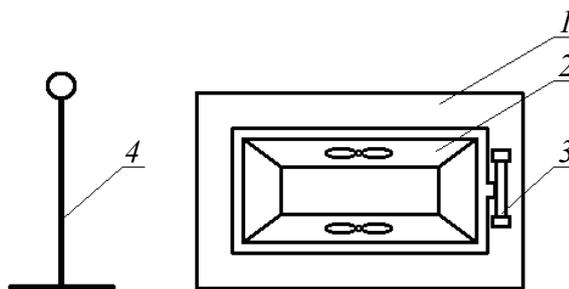


Рис. 41. Форма для получения арболита:
1 – основание; 2 – съемные стенки;
3 – крепежные винты; 4 – трамбовка

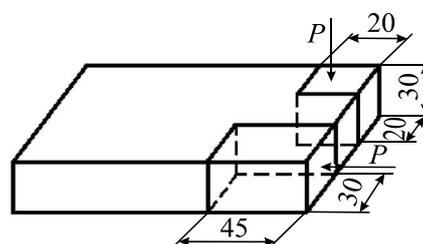


Рис. 42. Схема получения образцов для испытаний:
P – направление приложения разрушающего усилия при испытании

**Свойства арболита,
полученного на основе древесного заполнителя разного вида**

Показатель	Образцы арболита, изготовленные по варианту, на основе заполнителя в виде					
	I			II		
	дробленки	опилок	стружки	дробленки	опилок	стружки
Плотность, кг/м ³						
Предел прочности при сжатии, МПа						

Контрольные вопросы

1. Композиция, марки и применение арболита.
2. Основные операции в технологии арболита.
3. Цементные яды и способы борьбы с ними при получении арболита.
4. Основные показатели арболита и их определение.

Лабораторная работа № 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы – определить эффективность пропитки древесины терморреактивными олигомерами с получением модифицированной древесины.

Материалы и оборудование: карбамидо- и фенолоформальдегидная смолы; образцы березы размером 120×15×10 мм; ванны для пропитки образцов; маятниковый копер; штангенциркуль; аналитические весы; испытательная машина Р-0,5; вискозиметр ВЗ-4; микроскоп МБИ-11 с микрометрической шкалой.

Общие сведения

Древесина обладает уникальным комплексом физико-химических свойств, наиболее важными из которых являются: жесткость, твердость, упругость, предел прочности при изгибе, сжатие, растяжение вдоль волокон и др., она легко обрабатывается пилением, строганием, сверлением. Однако нельзя не отметить особенности строения древесины, ограничивающие сферу ее технического применения, такие как анизотропность, гигроскопичность, усушка, коробление, ограниченная стойкость к агрес-

сивным средам, возгораемость, подверженность воздействию грибков, бактерий, насекомых. Поэтому проблема улучшения природных свойств древесины очень актуальна и может быть решена модифицированием.

Модифицирование – это процесс направленного изменения свойств древесины с целью расширения сфер ее применения.

Различают физические и химические способы ее модифицирования. Физические методы изменяют анатомическую структуру древесины за счет уменьшения относительного объемного содержания полостей клеток путем прессования поперек волокон или заполнения полостей инертными материалами. Химические способы – это обработка древесины различными веществами, в результате которой происходят химические изменения материала клеточных стенок.

В зависимости от природы протекающих процессов модифицирование древесины можно разделить на следующие методы:

1) изменяющие природу активных функциональных групп высокомолекулярных компонентов древесины путем замещения гидроксильных групп компонентов в клеточных стенках другими группами (ацетильными, эфирными и др.);

2) в основе которых лежат реакции, изменяющие густоту сетки поперечных связей в клеточных стенках (модифицирование формальдегидом, карбонатами, диизоцианатами, облучением гамма-лучами и др.);

3) уменьшающие плотность сетки лигнин-углеводного комплекса (пластификация водными растворами аммиака, карбамида, щелочными растворами или безводным аммиаком);

4) образующие в структуре материала полости клеток и клеточных стенок древесины полимеров в результате реакций поликонденсации и полимеризации различных олиго- или мономеров;

5) сочетающие всевозможные разновидности первых четырех, например модифицирование древесины некоторыми мономерами с последующей обработкой в поле ионизирующих излучений, которое создает благоприятные условия для образования химических связей мономера с компонентами древесины.

В практике модифицирования встречается сочетание химических и физических методов: увеличение относительного объемного содержания материала клеточных стенок древесины за счет сжатия ее элементов под воздействием механического прессования с предварительной или одновременной химической обработкой.

Комплексное улучшение свойств дает модифицирование древесины полимерами, так как при этом образуется четырехкомпонентный композиционный материал.

Пропитка древесины является достаточно эффективным способом повышения ее биостойкости, физико-механических показателей, термо-, водо- и влагостойкости. Эффективность пропитки определяется природой и реологическими свойствами вещества, используемого для пропитки, морфологическим строением древесины.

Известен ряд методов пропитки, отличающихся техникой проведения процесса и свойствами получаемых образцов. В промышленных масштабах наиболее часто применяется пропитка в вакууме, либо под давлением. В лабораторных условиях пропитку ведут при нормальных условиях, используя способ горячехолодных ванн. По этому методу древесину сначала прогревают в горячей ванне, при этом находящийся в капиллярно-пористой системе воздух расширяется и частично выходит наружу. Затем древесину помещают в ванну с холодным пропиточным составом; оставшийся внутри древесины воздух уменьшается в объеме, создавая внутри нее вакуум, который заполняется раствором смолы. Способом горячехолодных ванн хорошо пропитываются только древесины с небольшой влажностью (до 10%). Для пропитки же древесины с повышенной влажностью применяется ускоренный высокотемпературный метод, в котором чередуются горячая (до 160°C) и холодная ванны.

Пропитке подвергают чаще всего образцы из древесины березы влажностью не более 10%.

Порядок выполнения работы

Подготовка пропиточных составов и образцов. Для пропитки используют водные растворы карбамидо- и фенолоформальдегидной смол (КФС и ФФС). Перед пропиткой смолу разбавляют до концентрации 10–12% и измеряют вязкость полученного раствора по вискозиметру ВЗ-4. Разбавление до требуемой концентрации смолы для горячей ванны производят водой температурой 80°C. Объем раствора смолы составляет 200 мл. Приготовленный раствор помещают в пропиточную ванну, которую устанавливают на водяной бане.

Если образцы древесины, подвергаемые пропитке, имеют высокую (более 10%) влажность, то их подсушивают в сушильном шкафу при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$. Перед пропиткой определяют массу образцов с точностью до 0,01 г и измеряют их линейные размеры с точностью до 0,01 мм. При выполнении лабораторной работы получают 6 образцов.

Пропитка. Пропитку образцов проводят методом горячехолодных ванн. Для этого образцы, подготовленные для пропитки (3 об-

разца для каждого состава), помещают в горячую ванну и выдерживают в течение 1 ч (температура пропиточного состава 80°C). Затем с помощью захватов их переносят в холодную ванну температурой 20°C, где выдерживают на протяжении 1 ч.

После окончания пропитки образцы извлекают из ванны, шпателем удаляют избыток пропиточного состава с боковых граней и торцов и помещают в сушильный шкаф, где выдерживают при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 1 ч. Затем их охлаждают в эксикаторе и подвергают испытаниям.

Испытание образцов. *Степень пропитки* определяют путем сравнения массы образцов до (m_1 , кг) и после (m_2 , кг) пропитки и рассчитывают по формуле

$$C = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\%. \quad (91)$$

Глубину пропитки образцов находят путем исследования полученных срезов, как показано на рис. 43.

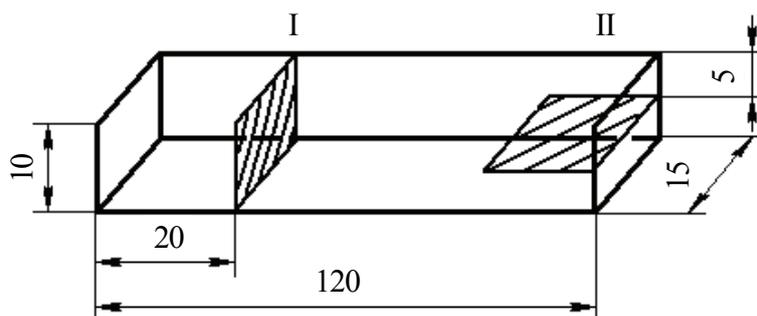


Рис. 43. Схема расположения срезов для определения глубины пропитки: I – поперек волокон; II – вдоль волокон

Исследование срезов проводят с помощью микроскопа с микрометрической шкалой. При этом определяют максимальную глубину проникновения пропиточного состава X , мм, и по полученным данным рассчитывают кажущуюся скорость V , мм/мин, капиллярного движения жидкости в поперечном и продольном направлениях в течение 2 ч (120 мин):

$$V = \frac{X}{120}. \quad (92)$$

Для пропитанных образцов проводят испытания с определением плотности, прочности при изгибе, твердости, ударной вязкости (поря-

док проведения испытаний описан в лабораторной работе № 14). Аналогичным испытаниям подвергают и непропитанные образцы.

Результаты испытаний оформляют в виде табл. 38.

Таблица 38

Оценка эффективности пропитки древесины синтетическими смолами

Показатель	Непропитанная древесина	Образцы древесины, пропитанные смолой	
		КФС	ФФС
Вязкость смолы, с	–		
Масса образца, г			
Размеры образца, мм:			
– длина			
– ширина			
– толщина			
Степень пропитки C , %	–		
Максимальная глубина проникновения состава X , мм, в направлении:			
– продольном	–		
– поперечном	–		
Кажущаяся скорость капиллярного движения состава V , мм/мин, в направлении:			
– продольном	–		
– поперечном	–		
Плотность, г/см ³			
Предел прочности при изгибе, МПа			
Ударная вязкость, Дж/м ²			
Твердость, Н			

Контрольные вопросы

1. Современные методы модифицирования древесины.
2. Достоинства приема пропитки древесины при ее модифицировании.
3. Техника пропитки древесины в промышленных и лабораторных условиях.
4. Методы, используемые при испытании полученных образцов пропитанной древесины.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Результаты анализов и определений являются приближенными числами. Цель статистической обработки – нахождение наиболее вероятного значения определяемой величины. В табл. П1.1 приведены основные показатели, позволяющие полностью установить точность, правильность и воспроизводимость проводимых наблюдений.

Таблица П1.1

Основные показатели статистической обработки

Показатель	Обозначение	Формула для вычислений
Среднее арифметическое	\bar{x}	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i}{n}$
Дисперсия	S^2	$S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Среднее квадратическое отклонение	S	$S = \sqrt{S^2}$
Средняя квадратическая ошибка среднего арифметического	$S_{\bar{x}}$	$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$
Показатель точности прямого измерения	ε_α	$\varepsilon_\alpha = t_{\alpha,k} S_{\bar{x}}$
Вероятнейшая относительная ошибка	Q	$Q = \frac{t_{\alpha,k} S_{\bar{x}}}{\bar{x} \sqrt{n}}$
Доверительный интервал (интервальное значение измеряемой величины)	a	$a = \bar{x} \pm \varepsilon_\alpha$
Стандартное отклонение для генеральной совокупности	σ	$\sigma = S \pm \delta_\alpha; S - \delta_\alpha < \sigma < S + \delta_\alpha$
Коэффициент вариации (изменчивости)	v	$v = \frac{S \cdot 10^2}{\bar{x}}$

Примечание. n – число измерений (определений); x_1, x_2, \dots, x_n – результаты отдельных измерений.

Значение коэффициента нормированных отклонений $t_{\alpha, k}$ зависит от доверительной вероятности α и числа степеней свободы $n - 1$, равного K . Для значения α , равного 0,95, чаще всего используемого в практической работе, значение $t_{\alpha, k}$ определяется по табл. П1.2.

Таблица П1.2

Зависимость значений коэффициентов нормированных отклонений от числа степеней свободы

K	$t_{\alpha, k}$	$g_{\alpha, k}$	K	$t_{\alpha, k}$	$g_{\alpha, k}$	K	$t_{\alpha, k}$	$g_{\alpha, k}$
1	12,706	14,947	6	2,447	0,915	20	2,088	0,353
2	4,303	3,145	7	2,365	0,797	25	2,060	0,318
3	3,182	1,914	8	2,306	0,711	30	2,042	0,276
4	2,776	1,572	9	2,262	0,645	40	2,021	0,234
5	2,571	1,091	10	2,228	0,593	60	2,000	0,186

Точность стандартного отклонения находится по формуле

$$\delta_{\alpha} = g_{\alpha, k} S.$$

Множитель $g_{\alpha, k}$, зависящий от α и K , для описанных выше условий определяется по табл. П1.2.

Для результатов испытаний древесных плит и пластиков, МДП, арболита и пропитанных древесных материалов (лабораторные работы № 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16) достаточно рассчитать значения \bar{x} , $\bar{x} \pm \varepsilon_{\alpha}$, $\bar{x} + a$, σ . При установлении средних размеров (лабораторные работы № 1, 2, 11) дополнительно вычисляются вариационные коэффициенты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**РЕЦЕПТУРЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ СОСТАВОВ**

Таблица

Компонентный состав гидрофобизирующих эмульсий

Компонентный состав	Содержание компонентов в дисперсии	
	%	г
Рецептура 1		
Парафин	27,5	100
Сульфитно-спиртовая барда (50%-ная концентрация)	4,1	15
Вода	68,4	250
Рецептура 2		
Гач (содержание твердых углеводов 89,4–91,4%)	33,0	82,0
Сульфитно-спиртовая барда (50%-ная концентрация)	2,0	5,0
Каустическая сода (содержание едкого натра в растворе 42–44%)	0,2	0,5
Вода	64,8	162,0
Рецептура 3		
Канифоль	45,5	100
Парафин	4,5	10
Едкий натр (40%-ный раствор)	4,5	10
Вода	45,5	100
Рецептура 4		
Парафин	27,0	100,0
Олеиновая кислота	4,1	15,0
Аммиак (25%-ный раствор)	1,4	6,5
Вода	67,5	250,0
Рецептура 5		
Парафин	10,10	40
Олеат натрия	1,26	5
Вода	88,64	350

ЛИТЕРАТУРА

1. Карасев, Е. И. Развитие производства древесных плит: учеб. пособие / Е. И. Карасев. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУЛ, 2002. – 128 с.
2. Волинский, В. Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: учеб. пособие для вузов / В. Н. Волинский. – Таллин: Дезидерата, 2004. – 192 с.
3. Разиньков, Е. М. Производство древесных плит и пластиков: учеб. пособие / Е. М. Разиньков. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. лесотехн. акад., 1998. – 224 с.
4. Тришин, С. П. Технология древесных плит: учеб. пособие / С. П. Тришин. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУЛ, 2005. – 187 с.
5. Ребрин, С. П. Технология древесноволокнистых плит / С. П. Ребрин, Е. Д. Мерсов, В. Г. Евдокимов. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 271 с.
6. Шварцман, Г. М. Производство древесностружечных плит / Г. М. Шварцман, Д. А. Щедро. – 4-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 316 с.
7. Леонович, А. А. Новые древесноплитные материалы / А. А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2008. – 160 с.
8. Леонович, А. А. Технология древесных плит: прогрессивные решения / А. А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2005. – 206 с.
9. Леонович, А. А. Физико-химические основы образования древесных плит / А. А. Леонович. – СПб.: Химиздат, 2003. – 187 с.
10. Тришин, С. П. Технология древесных плит: лаб. практикум / С. П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2001. – 96 с.
11. Технология древесных плит и пластиков: межвуз. сб. науч. трудов / Мин-во образования Российской Федерации, Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2004. – 88 с.
12. Азаров, В. И. Технология связующих и полимерных материалов: учеб. пособие для вузов / В. И. Азаров, В. Е. Цветков. – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 216 с.
13. Кондратьев, В. П. Синтетические клеи для древесных материалов / В. П. Кондратьев, В. И. Кондращенко. – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.
14. Новый справочник химика и технолога. Ч. II: Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2005. – 1142 с.

15. Бараш, Л. И. Современное производство декоративных слоистых пластиков / Л. И. Бараш. – СПб.: Химиздат, 2004. – 192 с.
16. Мельникова, Л. В. Технология композиционных материалов из древесины: учебник / Л. В. Мельникова. – 3-е изд. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 235 с.
17. Мурзин, В. С. Технология композиционных материалов и изделий: учеб. пособие / В. С. Мурзин. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 1999. – 106 с.
18. Щербаков, А. С. Технология композиционных древесных материалов / А. С. Щербаков, И. А. Гамова, А. В. Мельникова. – М.: Экология, 1992. – 190 с.
19. Наназашвили, И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции / И. Х. Наназашвили. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
20. Гарасевич, Г. И. Формирование изделий из древесно-клеевых композиций / Г. И. Гарасевич, А. А. Семеновский. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 135 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа № 1. Определение характеристик древесных волокон	5
Лабораторная работа № 2. Определение характеристик щепы и стружки	17
Лабораторная работа № 3. Изготовление и испытание древесностружечных плит	25
Лабораторная работа № 4. Испытание карбамидоформальдегидных смол	40
Лабораторная работа № 5. Получение и испытание упрочняющих добавок, используемых в производстве древесноволокнистых плит	48
Лабораторная работа № 6. Получение и испытание гидрофобизирующих добавок в технологии древесноволокнистых плит	57
Лабораторная работа № 7. Изготовление и испытание древесноволокнистых плит	65
Лабораторная работа № 8. Анализ и очистка сточных вод производства древесноволокнистых плит	76
Лабораторная работа № 9. Получение бумажно-слоистого пластика	85
Лабораторная работа № 10. Изготовление и испытание древесного слоистого пластика	92
Лабораторная работа № 11. Определение характеристик древесного наполнителя при получении минерально-древесных композиционных материалов	105
Лабораторная работа № 12. Получение и испытание масс древесных прессовочных	109
Лабораторная работа № 13. Получение образцов из масс древесных прессовочных методом прессования	117
Лабораторная работа № 14. Испытание образцов из масс древесных прессовочных	120
Лабораторная работа № 15. Получение и испытание арболита	128
Лабораторная работа № 16. Определение эффективности пропитки древесины	132
Приложение 1. Статистическая обработка результатов, полученных при выполнении лабораторных работ	137
Приложение 2. Рецептуры приготовления гидрофобизирующих составов	139
Литература	140

Учебное издание

Соловьева Тамара Владимировна
Пенкин Антон Анатольевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ,
ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ,
ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ПЛАСТИКОВ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. С. Ватеичкина*
Компьютерная верстка *О. В. Трусевич*

Подписано в печать 28.10.2009. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 8,6.
Тираж 100 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220006. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.