

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

**ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ
ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОЛИГОМЕРОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТНЫХ
ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Екатеринбург
УГЛТУ
2024

УДК 674.81:678.072(075.8)

ББК 37.133:35.71я73

П53

Рецензенты:

кафедра технологии деревообработки Сибирского государственного технологического университета, и. о. заместителя заведующего кафедрой, доцент, канд. техн. наук *А. В. Мелешко*;

Д. П. Трошин, канд. техн. наук, начальник технического отдела ПАО «Уралхимпласт»

Авторы: О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих, М. В. Газеев, А. Е. Шкуро

П53 Получение и применение термореактивных органических олигомеров для производства плитных древесных материалов : учебное пособие / О. Ф. Шишлов, В. В. Глухих, М. В. Газеев, А. Е. Шкуро ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. – 5,25 Мб. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Текст : электронный.

ISBN 978-5-94984-928-6

Пособие предназначено для формирования знаний обучающихся по образовательным программам бакалавриата и магистратуры направлений «Химическая технология» (профиль «Технология получения и переработки материалов на основе синтетических и природных полимеров») и «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (профиль «Технология деревообработки»).

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 674.81:678.072(075.8)

ББК 37.133:35.71я73

ISBN 978-5-94984-928-6

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Получение и свойства органических олигомерных связующих для производства ДСП, ДВП и фанеры.....	8
1.1. Получение резольных фенолформальдегидных олигомерных связующих на основе синтетического фенола для производства ДСП, ДВП и фанеры	8
1.2. Получение резольных фенолформальдегидных олигомерных связующих с применением природного фенольного сырья для производства ДСтП, ДВП и фанеры	16
1.2.1. Получение и свойства резольных фенолкарданолформальдегидных олигомерных связующих	16
1.2.2. Получение и свойства резольных лигнинсодержащих фенолформальдегидных олигомерных связующих	20
1.3. Получение и свойства карбамидоформальдегидных, карбамидомеламиноформальдегидных и меламиноформальдегидных олигомерных связующих для производства ДСП, ДВП и фанеры	22
2. Получение и свойства древесностружечных плит с органическими олигомерными связующими	32
2.1. Получение древесностружечных плит с традиционной стружкой (ДСтП)	32
2.2. Получение древесностружечных плит с крупноразмерной ориентированной стружкой (ОСП)	47
3. Получение и свойства древесноволокнистых плит с органическими олигомерными связующими	51
3.1. Технологии производства ДВП мокрым способом	66
3.2. Технологии производства ДВП сухим способом	87
4. Получение и свойства фанеры с органическими олигомерными связующими	96
5. Технико-экономическое обоснование проектных решений для производства плитных древесных материалов	143
Заключение	144
Список использованной литературы	145

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для формирования знаний и умений обучающихся по образовательным программам бакалавриата и магистратуры направлений «Химическая технология» (профиль «Технология получения и переработки материалов на основе синтетических и природных полимеров»), «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (профиль «Технология деревообработки»).

Для обучающихся по направлению «Химическая технология» учебное пособие будет необходимо по дисциплинам «Технология получения полимеров», «Химия и физика высокомолекулярных соединений», «Технология получения и переработки полимерных композиционных материалов», «Современные технологии и оборудование»).

Для обучающихся по направлению «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» – по дисциплинам «Технология клееных материалов и плит», «Технология и оборудование клееных материалов и плит», «Наилучшие доступные технологии заготовки и переработки древесины».

К **плитным материалам** относят материалы, длина и ширина которых намного превышает их толщину. В данном пособии из плитных древесных материалов рассмотрены древесностружечные плиты с традиционной и крупноразмерной древесной стружкой (ДСП), плиты древесноволокнистые (ДВП) и фанера, которые получают на основе древесных компонентов и терморезактивных органических олигомеров. В России эти материалы являются крупнотоннажными, получаемыми из древесного сырья, сведения об объемах производства которых представлены в табл. 1.

Учебное пособие составлено по имеющимся информационным данным для информирования обучающихся о существующих в России современных технологиях производства ДСП, ДВП и фанеры.

Наибольшее применение в России в производстве древесностружечных, древесноволокнистых плит и фанеры находят карбамидоформальдегидные (КФ), фенолформальдегидные (ФФ), меламиноформальдегидные (МФ), карбамидомеламиноформальдегидные (КМФ) терморезактивные олигомеры, которые в документах и в литературе называют смолами: КФС, ФФС, МФС, КМФС [1, 2]. Эти олигомеры растворены в воде и по внешнему виду и вязкости похожи на смолы. В документах и литературе часто используется синоним мономера «мочевина» вместо «карбамид», поэтому названия смол могут быть

другими, например, карбамидоформальдегидные смолы называют «мочевиноформальдегидные смолы».

Напоминаем, что молекулы термореактивных олигомеров (в отличие от полимеров) способны при переработке в результате их сшивки отверждаться и превращаться в неплавкие и нерастворимые полимеры трехмерной структуры [2]. На степень сшивки термореактивных олигомеров влияет не только температура, но и другие факторы: химическое строение олигомера, рН среды, контакт с отвердителем и другими добавками и их параметры (химическое строение, физическое состояние, концентрация).

Большинство предприятий в России, производящих ДСП, ДВП и фанеру, приобретают органические термореактивные олигомеры с торговым названием «смолы» у российских производителей. В. Н. Волынский отмечает, что требуемые изменения свойств товарных смол производители ДСП, ДВП и фанеры делают на своих предприятиях изменением технологических параметров производства плитных древесных материалов, а также за счет добавок к смолам [3].

И. Т. Глебов указывает, что среди основных понятий и определений производства древесных плитных материалов использует термины «клей» и «клеевые соединения» [4]. В практике деревоперерабатывающих предприятий существуют два понятия клеящего вещества: клей и связующее.

И. Т. Глебовым отмечается, что:

– «клей представляет собой вещество, обладающее свойством при нанесении его на соединяемые поверхности при определенных условиях образовывать прочный слой, скрепляющий их;

– по физическому состоянию клей представляет собой жидкости различной вязкости, пленки, порошки или гранулы, расплавляемые перед применением или наносимые на горячие поверхности» [4].

Связующим называется высокомолекулярное органическое вещество, обладающее способностью при воздействии тепла и давления соединять поверхности древесины, предварительно смазанные этим веществом [4]. Понятие «связующее» идентично понятию «клей».

Традиционно сложилось так, что в производствах, связанных с соединением измельченных частиц и тонких слоев древесины, пользуются понятием «связующее», а при склеивании деталей из массивной древесины – понятием «клей». Сущность склеивания состоит в том, что «нанесенный на поверхность древесины клей проникает в ее поры и межклеточные пространства, затвердевает там и, таким образом, как

бы сшивает склеиваемые поверхности большим числом тончайших нитей» [4].

Таблица 1

Лесопромышленный комплекс России.
Итоги 2023 г. по данным Росстата [1]

	Произведено в 2021 г.	Произведено в 2022 г.	Произведено в 2023 г.	2023 г. в % к 2021 г.
Заготовка круглых лесоматериалов	233 млн м ³	195 млн м ³	Предварительные данные Рослесинфорг – 185 млн м ³	
Лесоматериалы продольно распиленные или расколотые	30,6 млн м ³	29,84 млн м ³	28,5 млн м ³	95,5 %
Фанера	4,5 млн м ³	3,3 млн м ³	3,265 млн м ³	98,9 %
Плиты древесноволокнистые из древесины	740 млн усл. м ²	658,85 млн усл. м ²	703 млн усл. м ²	106,7 %
Плиты древесно-стружечные и аналогичные плиты из древесины	11,4 млн усл. м ²	10,42 млн усл. м ²	11,603 млн усл. м ²	111,3 %
Окна и их коробки деревянные	475 тыс. м ²	408 тыс. м ²	330 тыс. м ²	80,8 %
Двери, их коробки и пороги деревянные	19,6 млн м ²	21,28 млн м ²	22,8 млн м ²	107,1 %
Гранулы топливные (пеллеты)	2,38 млн т	2,12 млн т	1,456 млн т	68,6 %
Целлюлоза	8,8 млн т	8,754 млн т	8,554 млн т	97,6 %
Бумага и картон	10,4 млн т	10,1 млн т	10 млн т	99,0 %

И. Т. Глебов считает, что клеевые соединения имеют ряд следующих преимуществ перед механическим креплением:

– «с помощью клеевого соединения можно легко создать из обычного или маломерного материала монолитные конструкции любых форм и размеров;

– клееные конструкции менее подвержены деформациям, чем конструкции, изготовленные из цельной древесины;

– клеевые соединения не утяжеляют конструкцию, обладают высокой прочностью;

– соединение посредством клея во многих случаях представляет собой единственно возможный вид соединения материалов (облицовывание шпоном)» [4].

Современные производства плитных древесных материалов являются высокоавтоматизированными процессами производства, поэтому необходимо с большой надежностью отслеживать важнейшие технологические параметры и управлять ими. Безусловным требованием при этом является точность измерений, исключающая риск формирования неправильных команд на основе сигналов, которые поступают от соответствующих датчиков.

На большинстве действующих предприятий уже осуществлен или происходит переход от систем контроля над параметрами отдельных участков производственного процесса к комплексным системам управления выпуском качественных изделий с использованием числового программного управления (ЧПУ).

В современных проектах технологических линий по изготовлению плитных древесных материалов изначально предусматривается возможность регулировать все операции с центрального пульта управления.

1. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ОЛИГОМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДСП, ДВП И ФАНЕРЫ

Фенольные смолы представляют собой продукты поликонденсации фенолов с формальдегидом и являются первыми синтетическими полимерами, разработанными в коммерческих целях.

Фенолы могут реагировать с формальдегидом с образованием олигомерных продуктов поликонденсации различной молекулярной массы и строения (новолачные и резольные фенольные смолы).

Знание химии, структуры, характеристик фенольных смол, кинетики их отверждения является важнейшим для разработчиков рецептур клеев. Важным свойством клеев на основе фенольных смол является их устойчивость к воздействию воды, атмосферных факторов и повышенных температур.

В современном производстве ДСП, ДВП и фанеры преимущественно используются резольные фенольные смолы, синтезируемые на основе фенолов, которые получают из нефти (синтетических фенолов).

1.1. Получение резольных фенолформальдегидных олигомерных связующих на основе синтетического фенола для производства ДСП, ДВП и фанеры

Реакция поликонденсации между фенолом и формальдегидом в присутствии основного катализатора приводит к образованию олигомеров резольного типа. В качестве основного катализатора могут быть использованы гидроксиды щелочных (NaOH, KOH) и щелочноземельных металлов ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$), карбонаты натрия и калия, аммиак, третичные амины, гексаметиленetetрамин. Мольное соотношение при образовании резольных фенолформальдегидных смол, как правило, находится в диапазоне на 1 моль фенола 0,8–3,0 моль формальдегида [5, 6].

В свете современных представлений взаимодействие фенола с формальдегидом представляет собой реакцию электрофильного замещения (S_E2). Гидроксильная группа в феноле вызывает отрицательный индуктивный ($-I_{эфф.}$) и положительный мезомерный эффекты ($+M_{эфф.}$) смещения электронной плотности, результатом которых является замещение атомов водорода в *орто*- и *пара*-положениях бензольного кольца [5].

Фенол реагирует с сильными основаниями с образованием стабилизированного за счет резонанса феноксид-иона (рис. 1.1).

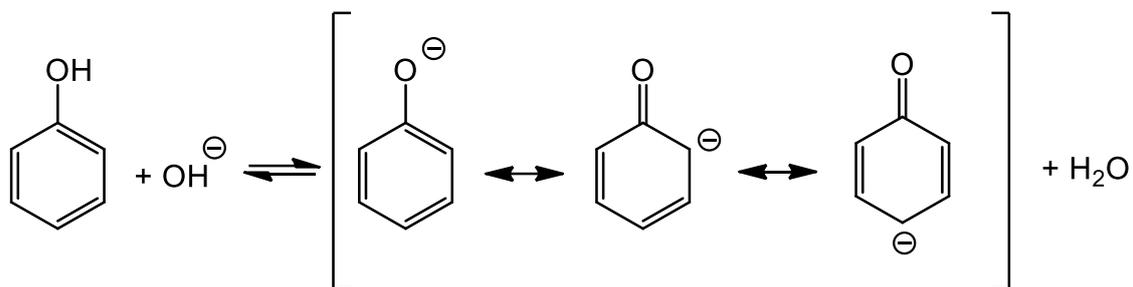


Рис. 1.1. Феноксид-ион стабилизированный за счет резонанса

Далее протекает катализируемое основанием С-алкилирование в *орто*- и *пара*- положениях бензольного кольца. Реакция протекает по следующему механизму (рис. 1.2), причем предполагается, что хиноидное переходное состояние стабилизировано за счет смещения протона.

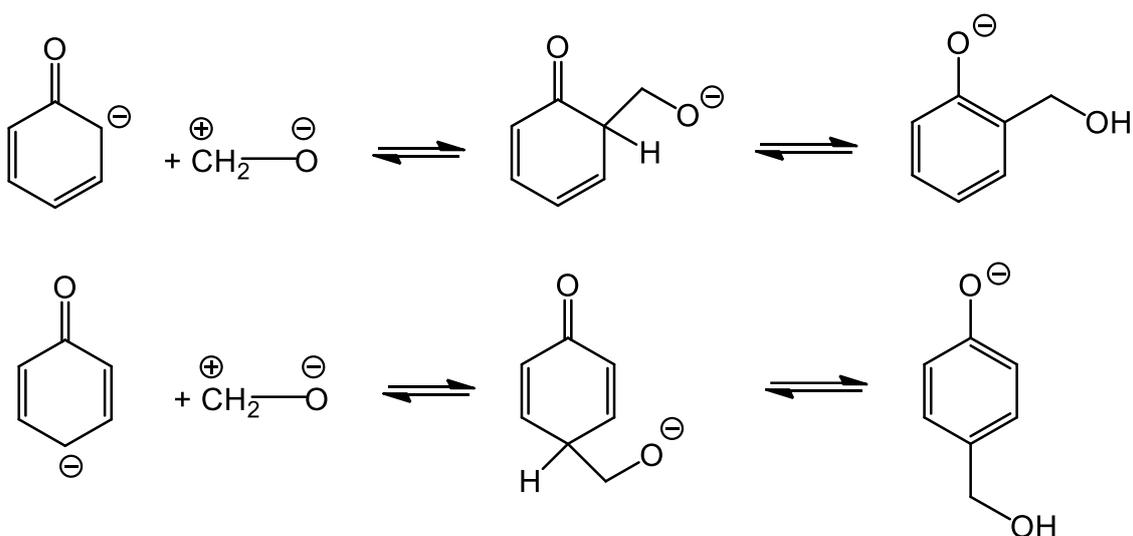


Рис. 1.2. Механизм реакции С-алкилирования фенола

Образовавшиеся на первой стадии монометилольные производные фенола вступают в дальнейшую реакцию с формальдегидом с образованием двух диметилольных и одного триметилольного соединения (рис. 1.3).

Кинетика реакции взаимодействия фенола с формальдегидом в щелочной среде изучена достаточно подробно и хорошо описывается

уравнением второго порядка [5]. Значения констант скоростей ($k \cdot 10^6$, л/моль·с) для реакций на рис. 1.3 приведены в табл. 1.1.

Образование олигомера происходит при температуре 60...100 °С, параллельно с реакцией присоединения формальдегида к фенолу, за счет реакций конденсации образовавшихся метилольных производных с фенолом или другими метилольными производными. При температуре ниже 60 °С и высоком значении рН реакция поликонденсации протекает с незначительной скоростью. Олигомер содержит метиленовые мостики, метиленэфирные мостики и реакционноспособные гидроксиметильные группы.

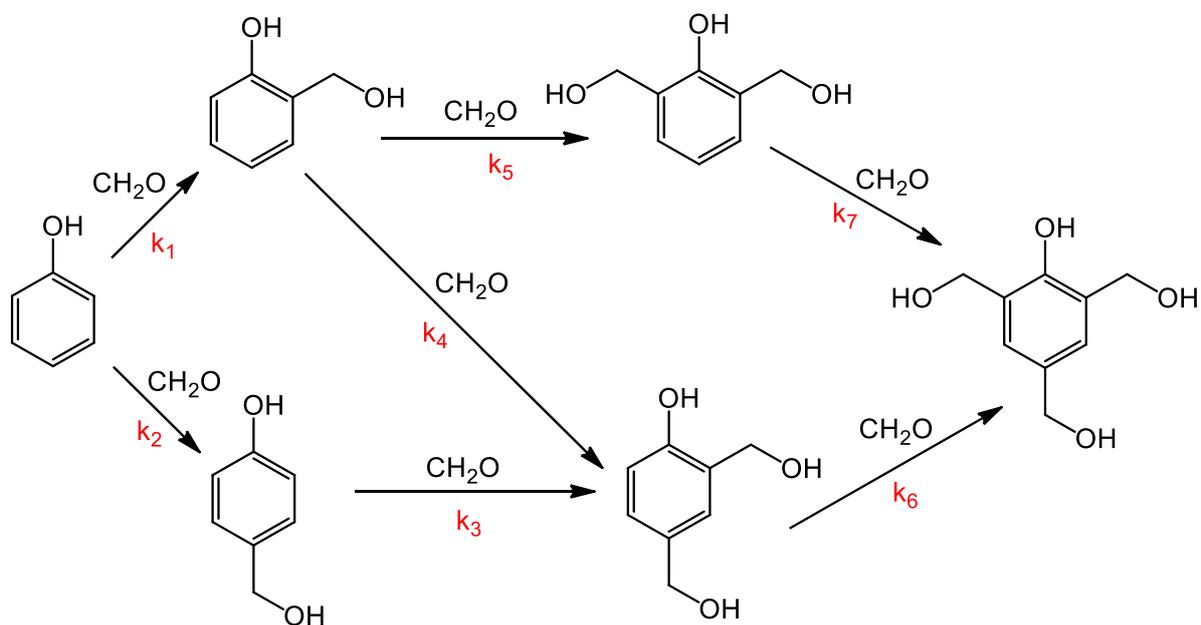


Рис. 1.3. Реакции образования метилольных производных фенола

Таблица 1.1

Значения констант скоростей ($k \cdot 10^6$, л/моль·с) для реакций образования метилольных производных фенола [5]

Значения констант скоростей ($k \cdot 10^6$, л/моль·с)						
k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7
6,2	10,5	7,5	7,3	8,7	9,1	41,7

Отверждение полученных резольных фенолформальдегидных олигомеров протекает под действием кислот или при термическом воздействии. В основном в промышленности используется термическое отверждение, которое не требует дополнительных катализаторов и исключает использование кислот, которые могут вызывать коррозию

металлов, контактирующих с отвержденными резольми. При отверждении олигомера выделяется реакционная вода. Фрагмент структуры отвержденного резольного фенолформальдегидного олигомера изображен на рис. 1.4, а структурная формула – на рис. 1.5.

В промышленности выпускается широкий ассортимент резольных фенолформальдегидных смол, которые в зависимости от их характеристик используются для производства фанеры, древесностружечных плит, древесноволокнистых плит. Рекомендуемое назначение резольных фенолформальдегидных смол марки СФЖ, выпускаемых по ГОСТ 20907–2016, приведено в табл. 1.2. Характеристики резольных фенолформальдегидных смол марки СФЖ по ГОСТ 20907–2016 приведены в табл. 1.3 [7].

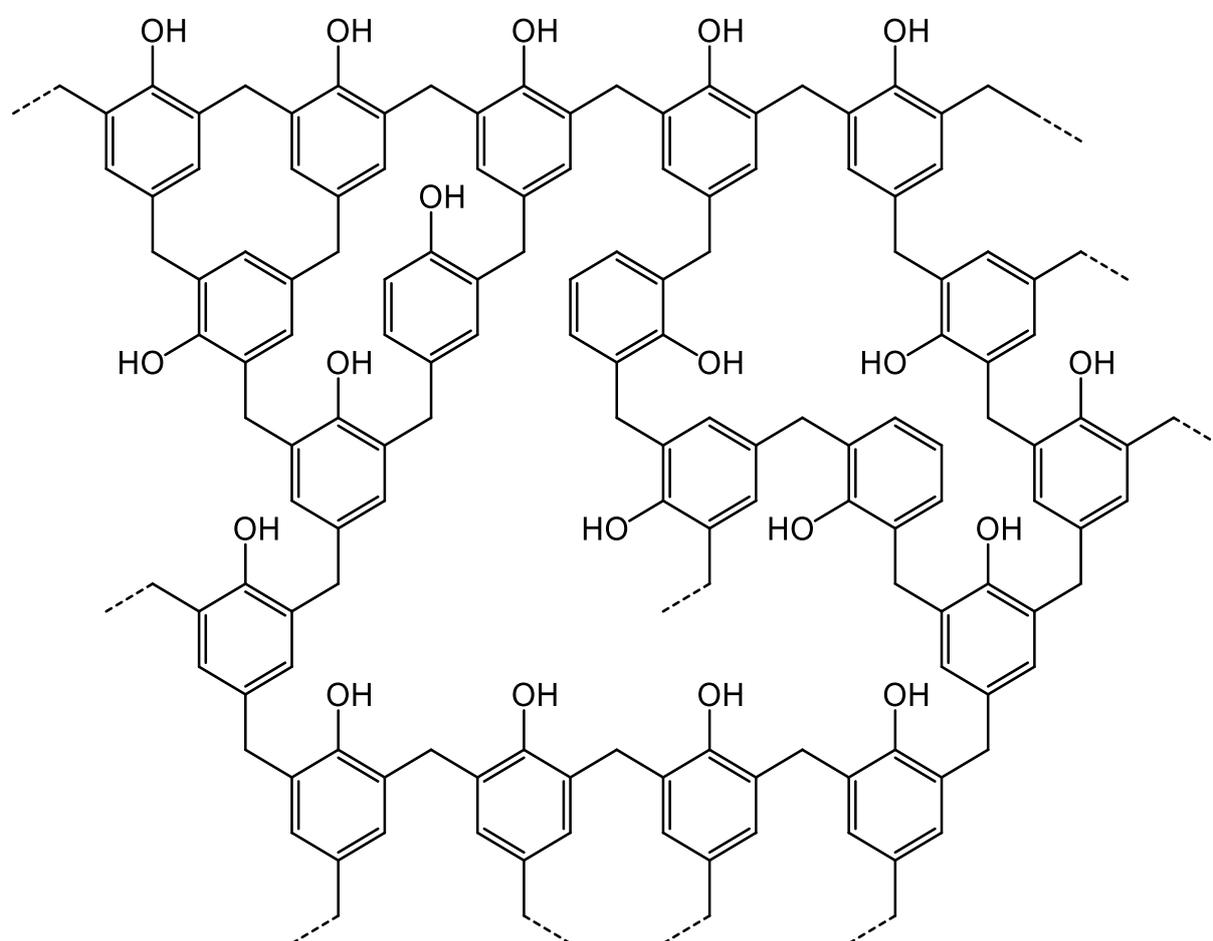


Рис. 1.4. Фрагмент структуры отвержденного резольного фенолформальдегидного олигомера

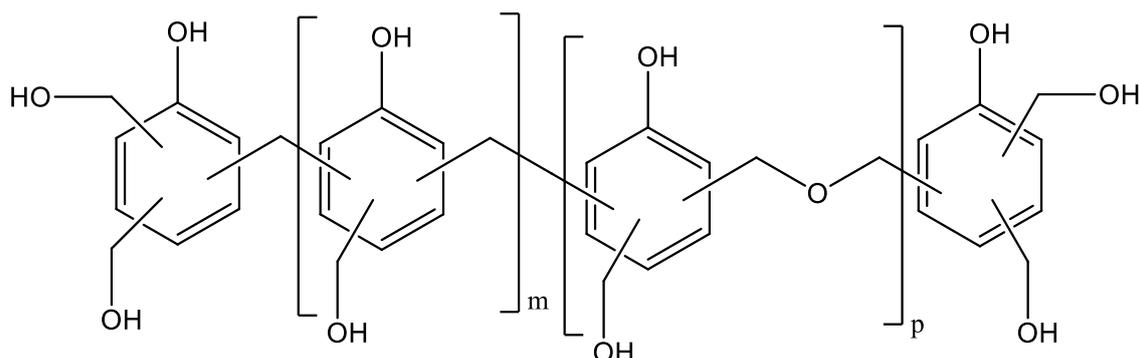


Рис. 1.5. Структурная формула резольного фенолформальдегидного олигомера

Синтез смол СФЖ в производстве представляет собой периодический процесс. Процесс поликонденсации смолы должен быть автоматизирован, контроль за протеканием процесса осуществляется оператором на мнемосхеме монитора ПК.

Таблица 1.2

Рекомендуемое назначение резольных фенолформальдегидных смол марки СФЖ по ГОСТ 20907–2016 [7]

Марка смолы	Рекомендуемое назначение
СФЖ-3013	Производство фанеры, фанерной продукции
СФЖ-3014	Производство фанеры, фанерной продукции, древесностружечных плит, плит OSB
СФЖ-3024	Производство древесноволокнистых плит, древесностружечных плит
СФЖ-3011	Производство авиационной фанеры БС-1, фанерной продукции

Процесс синтеза смолы СФЖ происходит в реакторе из нержавеющей стали, снабженном якорной или лопастной многоуровневой мешалкой. Объем реактора может быть различным, как правило, от 10 до 40 м³. Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд из нержавеющей стали с полусферическим днищем, верхней съемной крышкой и пароводяной рубашкой, имеющий люк для чистки, штуцер для отбора проб, смотровое окно, мешалку якорного типа. Аппарат снабжен манометром, термометром сопротивления, вакуумметром, взрывной мембраной. Перед загрузкой сырья реактор проверяется на герметичность путем создания в нем вакуума.

Принципиальная схема производства фенолформальдегидных смол резольного типа СФЖ представлена на рис. 1.6.

Весовые мерники сырья сблокированы с соответствующими насосами склада химического сырья с помощью концевых выключателей, что обеспечивает автоматическое отключение насосов при достижении заданного веса и предотвращает возможность переливов. Рецептуры загрузки сырья в реактор для смол СФЖ-3013, СФЖ-3014, СФЖ-3024 приведены в табл. 1.4.

Взвешенное количество фенола из мерника загружается в реактор 10 м³ при наличии в нем вакуума и температуре 50...80 °С. Затем загружается вода из весового мерника в количестве согласно рецептуре. Включают мешалку реактора, подают воду в рубашку реактора, затем загружается формалин из мерника, температура при загрузке должна быть 50...60 °С. Реакционная смесь перемешивается.

Таблица 1.3

Характеристики резольных фенолформальдегидных смол марки СФЖ по ГОСТ 20907–2016 [7]

Наименование показателя	Норма для марки			
	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3024	СФЖ-3011
Внешний вид	Однородная жидкость от красновато-коричневого до темно-вишневого цвета, без механических примесей			
Динамическая вязкость, при 20 °С, мПа·с	Не определяют		90–200	Не определяют
Условная вязкость, с	40–130	17–130	20–40	120–400
Массовая доля нелетучих веществ, %	39–43	46–52	38–42	43–47
Массовая доля щелочи, %	4,5–5,5	6,0–7,5	5,5–6,5	3,0–3,5
Массовая доля свободного фенола, %, не более	0,18	0,10	0,05	2,50
Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,18	0,10	0,05	1,00
Предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры после кипячения в воде в течение 1 ч, МПа, не менее	1,47			1,86

Таблица 1.4

Рецептуры загрузки сырья в реактор [8]

Наименование компонента	Весовые части для смол марок		
	СФЖ-3013	СФЖ-3014	СФЖ-3024
Фенол	100	100	100
Формальдегид 100 %	67,3	76,2	83
Едкий натр 100 %	21,6	31	30
Вода	218	198	307
Количество молей формальдегида на 1 моль фенола	2,11	2,39	2,60

После загрузки фенола, формалина, воды, вводят первую порцию едкого натра с мерника в количестве согласно рецептуре. Реакционную смесь перемешивают и отбирают пробу на определение коэффициента рефракции и рН среды. Процесс конденсации ведется при следующих режимах. Холодильник включают в работу на «обратный» режим, в межтрубное пространство холодильника подают воду. Смесь осторожно нагревают до температуры кипения.

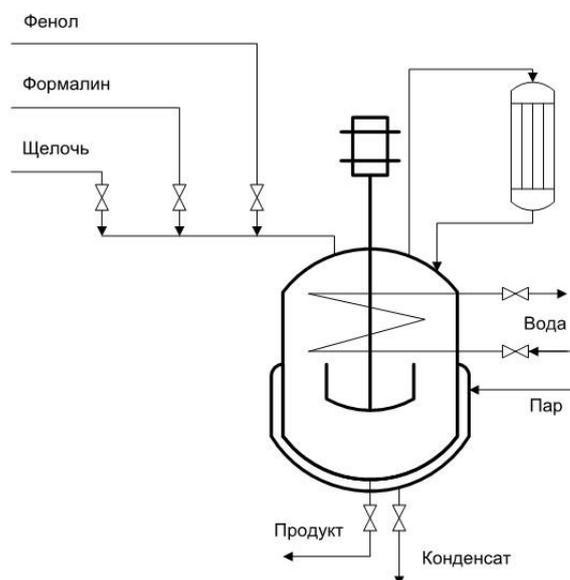


Рис. 1.6. Принципиальная схема производства фенолформальдегидных смол резольного типа СФЖ

Контроль за началом кипения смеси осуществляется через смотровое стекло реактора по появлению конденсата в фанаре на линии слива

из холодильника. Контроль за подъемом температуры обеспечивается импульсной подачей охлаждающей воды в рубашку реактора.

При достижении температуры кипения в рубашку реактора подают воду и реакционную смесь охлаждают до температуры 70...90 °С. Затем загружают вторую порцию едкого натра в реактор. Дозировка второй порции щелочи в реактор регулируется с помощью весового терминала. Температура реакционной массы в реакторе поддерживается подачей воды в рубашку реактора.

После загрузки щелочи проводят конденсацию при температуре 70...95 °С, поддерживая ее подачей воды в рубашку реактора.

Первую пробу отбирают через 30 мин от конца дозирования щелочи для определения показателя вязкость. Последующие пробы отбирают через 15 мин. Процесс конденсации продолжают до достижения заданной вязкости для данной партии.

При достижении требуемых значений показателей по вязкости содержимое реактора охлаждают до температуры не более 30 °С подачей воды в рубашку реактора.

Готовая смола анализируется в лаборатории на соответствие ГОСТ 20907–2016. Проанализированная смола из реактора насосом Н5 скачивается в промежуточную емкость Е.

Жидкие фенолформальдегидные смолы разливают в чистые, сухие, герметически закрываемые стальные бочки, бидоны, фляги, в железнодорожные цистерны (автоцистерны) и предъявляют ОТК для анализа на соответствие ГОСТ 20907–16.

В процессе производства древесных композитов используют, как правило, клеи на основе смол СФЖ. Типичная рецептура клея на основе смолы СФЖ-3014, используемого в производстве фанеры, приведена в табл. 1.5. Введение добавок, таких как мука (ржаная или пшеничная) и мел, уменьшает хрупкость клеевого слоя и снижает стоимость продукции.

Таблица 1.5

Рецептура клея на основе смолы СФЖ-3014

Состав	Масс. ч.
Смола СФЖ-3014	100
Мука (ржаная или пшеничная)	8,8
Мел	10,4
Вода	14,8
Итого	134

Перед применением смолу необходимо тщательно перемешать и проверить вязкость. Определение вязкости смолы позволит получать клей более стабильного качества. Порядок загрузки компонентов: первоначально загружают половину рецептурного количества смолы, затем при постоянном перемешивании муку и мел. Клей перемешивают в течение 5–10 мин, после чего добавляют воду и оставшуюся часть смолы.

Для повышения стабильности вязкости клея, и, соответственно, намазки и расхода связующего нужно оптимально осуществлять возврат клея с вальцев в емкость вызревания. Время вызревания клея должно составлять не менее 1 ч (оптимально 2–3 ч). Рекомендуемая температура клея составляет 18...24 °С. Хранение клея на основе фенолформальдегидной смолы оптимально не должно превышать 8 ч.

Перед подачей на вальцы клей необходимо перемешать и проверить по показателю «вязкость по ВЗ-4». Проверка вязкости клея осуществляется каждые 2 ч с емкости/вальцев. В случае высокой вязкости клея в смесителе/емкости вызревания разбавление проводят чистой смолой или клеем с меньшим количеством муки/мела. Допускается разбавление клея водой в количестве не более 3 % от массы смолы.

1.2. Получение резольных фенолформальдегидных олигомерных связующих с применением природного фенольного сырья для производства ДСтП, ДВП и фанеры

В качестве природного фенольного сырья для получения резольных фенолформальдегидных олигомерных связующих для производства ДСтП, ДВП и фанеры применяют карданол и лигнин.

Карданол получают в промышленных масштабах из различного растительного сырья. Лигнин также является товарным продуктом, получаемым из растительного сырья.

1.2.1. Получение и свойства резольных фенолкарданолформальдегидных олигомерных связующих

Карданол представляет собой смесь C_{15} *meta*-алкилфенолов природного происхождения. Одним из источников карданола является скорлупа орехов кешью *Anacardium occidentale* (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Плоды кешью и орех в разрезе

Кешью выращивают в 32 странах мира с теплым и влажным климатом. Всего в мире плантациями кешью занято около 35,1 тыс. км². Мировой урожай сырых орехов кешью составляет 2,49 млн т/год (497 тыс. т ядер ореха кешью) с ростом примерно 3 % в год. По данным статистики, весь объем жидкости скорлупы орехов кешью (ЖСОК) не поступает на мировой рынок, по всей вероятности, из-за сложностей в получении масла из скорлупы; мировые запасы ЖСОК оцениваются более, чем 450.000 т/год [9].

Скорлупу орехов кешью отжимают методом непрерывного пресования, затем полученную ЖСОК декарбоксилируют и перегоняют в вакууме, получая технический карданол.

По химическому составу карданол является смесью 3-пентадецилфенола (1), 3-(8(Z)-пентадецил) фенола (2), 3-(8(Z),11(Z)-пентадекадиенил) фенола (3), 3-(8(Z),11(Z),14-пентадекатриенил) фенола (4) (рис. 1.8).

Наличие в *орто*- и *пара*-положениях ароматических колец карданола атомов водорода, активных для реакций электрофильного замещения (S_E2), позволяет проводить реакции поликонденсации с альдегидами с образованием резольных олигомеров. Структурные формулы алкилфенолов, входящих в состав карданола, приведены на рис. 1.8.

Образованные карданолсодержащие резолы, которые получили на основе карданол/фенол в различных соотношениях, могут представлять интерес для производства плитных древесных материалов. Наличие в метаположении C₁₅ углеводородного заместителя придает материалам, полученным с использованием карданолсодержащих резолов, водостойкость.

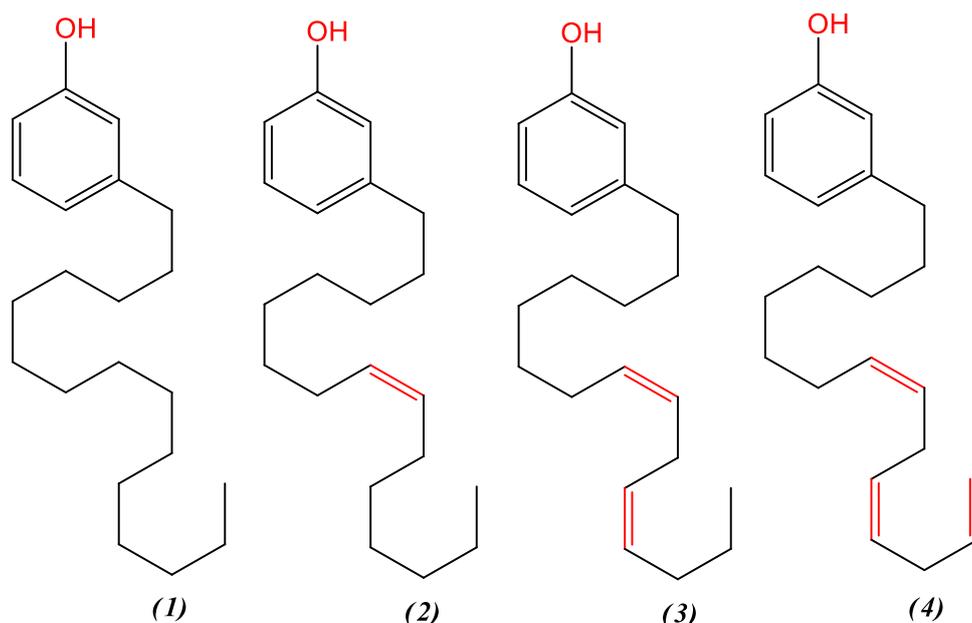


Рис. 1.8. Структурные формулы алкилфенолов, входящих в состав карданолола

Карданол, как и фенол, в реакциях с формальдегидом в щелочной среде образует смесь метилольных производных, которые вступают далее в реакции поликонденсации с образованием резольных смол. Структурная формула фенолкарданолформальдегидной резольной смолы представлена на рис. 1.9.

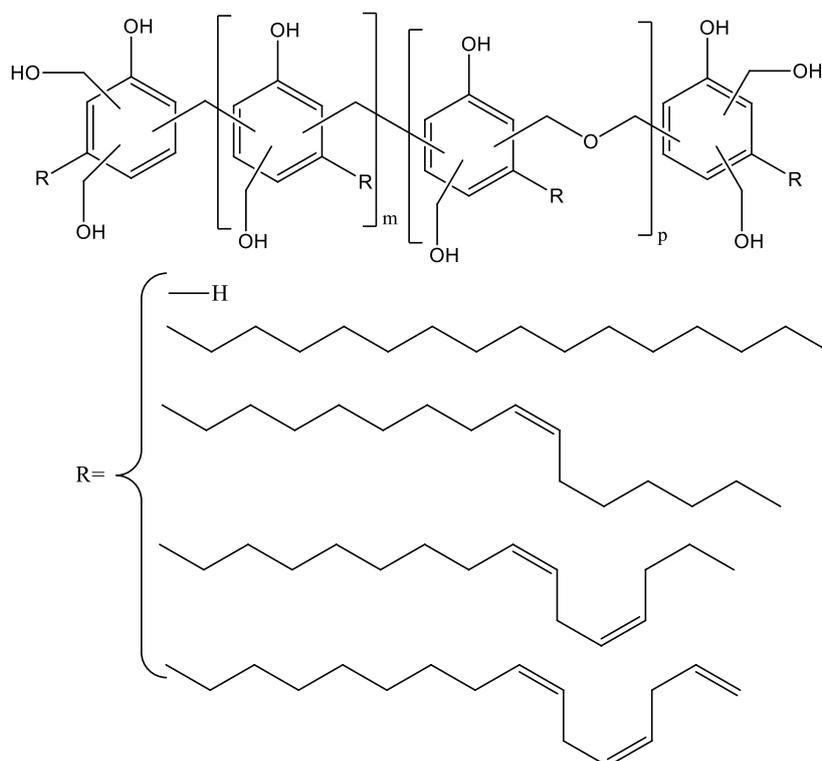


Рис. 1.9. Структура резольного фенолкарданолформальдегидного олигомера

Отвержденные карданолсодержащие резольные смолы обладают повышенной устойчивостью к размягчающему действию нефтепродуктов, воздействию кислот и щелочей, а также характеризуются повышенной теплостойкостью и электрическим сопротивлением, антибактериальными свойствами, устойчивостью к действию термитов. Однако в некоторых областях карданолформальдегидные смолы обнаруживают более низкую прочность при растяжении по сравнению с фенолформальдегидными смолами, что обусловлено пространственным затруднением, вызванным наличием боковой цепи C₁₅. Для упрочнения карданолформальдегидных смол в композиты добавляют натуральные волокна, такие как рами, лен, пеньку и джут [9].

Прочность ДСтП при растяжении перпендикулярно к пласти плиты заметно возрастает при замене в составе смол не менее 5 % фенола на карданол. Замещение фенола на карданол в количестве 10 масс. % приводит к заметному улучшению показателей разбухания ДСтП в воде за 2 и 24 ч. Полученные с использованием фенолкарданолформальдегидных смол ДСтП по европейским нормам относятся по показателю атмосферостойкости к особо прочным влагостойким плитам марки P7 [9].

Фенолкарданолформальдегидные резолаы с заменой до 20 % фенола на карданол являются перспективными адгезивами для производства фанеры.

Фанера, полученная с использованием фенолкарданолформальдегидных резольных смол, соответствует требованиям ГОСТ 3916.1–96 и европейского стандарта EN-13986:2004 для фанеры повышенной водостойкости для наружного и внутреннего использования. Высокие показатели качества склеивания по EN 314-2 (2,0 Н/мм² при норме не менее 1,0 Н/мм²) были достигнуты в производственных условиях при использовании шпона хвойных пород.

Фенолкарданолформальдегидная смола оказывает значительное влияние на снижение времени достижения 90 %-й степени отверждения в случае использования древесного материала хвойных пород (сосна, ель, лиственница) и особенно предпочтительна в промышленном применении при производстве плитных древесных материалов (ДСтП, фанера и другие) с использованием в качестве сырья древесины хвойных пород.

Водорастворимые резольные фенолкарданолформальдегидные смолы, при синтезе которых 10 и 15 масс. % синтетического фенола заменены на карданол, позволяют получать древесноволокнистые плиты мокрого и сухого способа производства с лучшими показателями прочности

при изгибе и водопоглощении по сравнению с плитами, изготовленными с традиционно используемыми связующими на основе феноло- и карбамидоформальдегидных смол [9].

1.2.2. Получение и свойства резольных лигнинсодержащих фенолформальдегидных олигомерных связующих

Лигнин представляет собой высокомолекулярный полимер природного происхождения, имеющий в своей структуре фенольные фрагменты (фенилпропановые звенья С9). Лигнин образуется из кониферолового спирта и сопутствующих синапиловых и кумариловых спиртов по механизму окислительной дегидроконденсации [5]. Фрагмент структурной формулы лигнина изображен на рис. 1.10 [10].

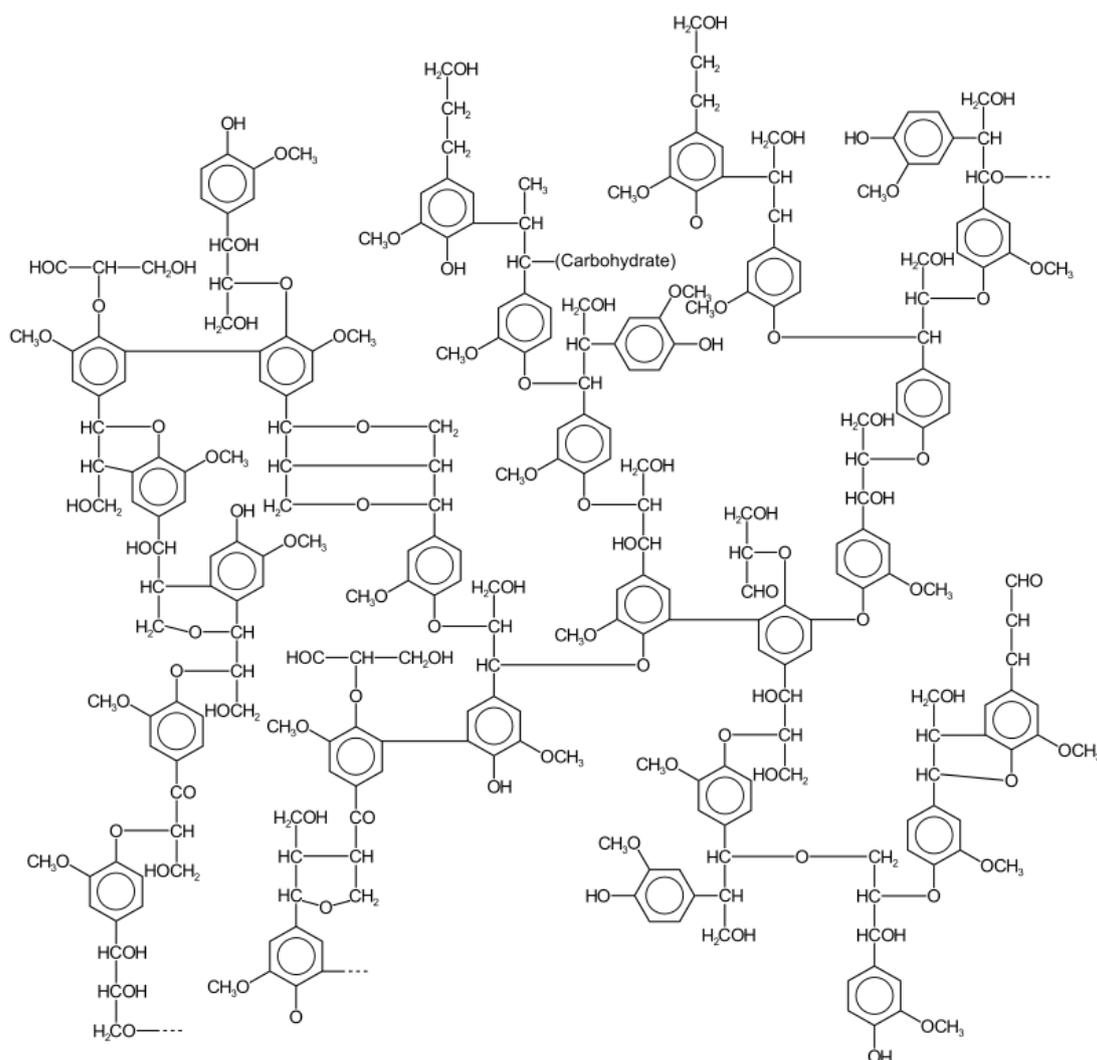


Рис. 1.10. Фрагмент структурной формулы лигнина

По своей полифенольной структуре лигнин как компонент клеев должен быть близок фенолформальдегидным смолам. Однако реакции поликонденсации в лигнине при нагревании или действии кислотных катализаторов не могут быть столь же эффективными, как в синтетических фенолформальдегидных смолах, из-за меньшего числа свободных позиций в ароматических ядрах лигнина и их значительно меньшей реакционной способности. Во-первых, на единицу С9 приходится только 0,5 свободного 5-положения (*орто*- фенольных групп); позиции 6 и 2 менее реактивны. Во-вторых, в лигнине на единицу С9 приходится менее одной бензиловой или эфирной группы, тогда как в синтетических фенолформальдегидных смолах в одно фенольное кольцо может быть введено до трех метилольных групп. Наконец, ароматические соединения лигнина значительно менее реакционноспособны по отношению к группам гидроксibenзилового спирта, чем фенол, из-за присутствия метокси- или метокси-эквивалентных групп, а не гидроксильных групп в ароматических кольцах лигнина. По этим причинам лигнин в технических отработанных растворах не может быть сшит так же эффективно, как синтетические фенолформальдегидные смолы [11].

Введение лигнина в структуру фенолформальдегидной смолы, и, соответственно, клея на ее основе, позволит снизить себестоимость древесных композитов и экологическую нагрузку на окружающую среду за счет использования природного возобновляемого сырья.

Лигнин может быть введен в структуру фенолформальдегидной смолы посредством предварительного растворения лигнина в феноле и последующей реакции метилолирования формальдегидом.

Также может быть предварительно получен метилолированный лигнин, который далее вводят в готовую фенолформальдегидную смолу. За счет совмещения метилолированного лигнина с фенолформальдегидной смолой решается фундаментальная проблема лигнина: замедление времени прессования. Поскольку в этом случае реакционная способность введенных метилольных групп лигнина зависит от реакционной способности фенольных ядер, доступных для реакции, смешивание с синтетической фенолформальдегидной смолой гарантирует, что реакционная способность фенолформальдегидной смолы не ухудшится.

Таким образом, до 30 % метилолированного лигнина можно использовать для замены клея на основе фенольной смолы без снижения производительности и времени прессования. При испытаниях на промышленных предприятиях по производству фанеры с такими системами были получены хорошие результаты [11].

Система метилолированный лигнин – фенолоформальдегидная смола оказалась не подходящей для применения на фабриках по производству ДСтП, где определяющим фактором является время прессования. Были предприняты попытки применить более реакционноспособные лигнины, такие как лигнины жома (отходы сахарного тростника), которые составляют от 0,7 до 0,9 реакционноспособного положения для каждого фенилпропанового звена, используя тот же подход.

Хотя хорошие ДСтП можно получить из смеси 67 % метилолированного багассного лигнина и 33 % фенолформальдегидной смолы, их можно получить только при времени прессования от 37 до 50 с/мм, что все еще слишком велико, чтобы представлять какой-либо интерес для промышленного производства ДСтП. Таким образом, для ДСтП низкая реакционная способность лигнинов по отношению к формальдегиду и ограниченное количество положений, доступных для реакции с формальдегидом на большинстве ароматических ядер фенилпропановых звеньев лигнина, очевидно, являются ограничивающими факторами для использования этого материала [11].

1.3. Получение и свойства карбамидоформальдегидных, карбамидомеламиноформальдегидных и меламиноформальдегидных олигомерных связующих для производства ДСП, ДВП и фанеры

Аминосмолы представляют собой продукты поликонденсации альдегидов с соединениями, содержащими аминные или амидные группы.

Карбамидоформальдегидные смолы являются наиболее важным и наиболее используемым классом клеев на основе аминосмола. Формальдегид на сегодняшний день является основным используемым альдегидом.

Преимуществом клеев на основе карбамидоформальдегидных смол (UF клеи) является:

1. Пригодность для массового и недорогого производства;
2. Хорошая начальная растворимость в воде;
3. Высокая твердость отвержденного клея;
4. Негорючесть отвержденного клея;
5. Термостойкость отвержденного клея;
6. Бесцветный клеевой шов;
7. Легкая адаптируемость к различным условиям отверждения.

Терморективные аминсмылы на основе карбамида получают методом поликонденсации. Карбамид реагирует с формальдегидом, в результате чего образуются метилольные производные карбамида. Дальнейшая реакция и сопутствующее элиминирование воды приводит к образованию водорастворимых низкомолекулярных олигомеров. Более высокомолекулярные продукты, нерастворимые и неплавкие, получают дальнейшей конденсацией низкомолекулярных олигомеров. Самым большим недостатком аминсмылов является снижение их физико-механических характеристик под воздействием влаги. Это происходит за счет гидролиза их аминометиленовых связей. Поэтому чистые UF-клеи используются только для внутренних работ.

Вместо формальдегида в реакции поликонденсации с карбамидом может быть использован карбамидоформальдегидный концентрат (КФК-85), содержащий 60 масс. % формальдегида и 25 масс. % карбамида. Получение карбамидоформальдегидного концентрата осуществляется методом каталитического окисления метанола в формальдегид в потоке кислорода на высокоэффективном железомолибденовом оксидном катализаторе в реакторе с последующей абсорбцией формальдегида раствором карбамида.

Реакция между карбамидом и формальдегидом достаточно сложная и приводит к образованию как линейных, так и разветвленных полимеров, а также трехмерных сеток в отвержденной смоле. Это связано с функциональностью 4 в карбамиде из-за наличия четырех замещаемых атомов водорода (реально карбамид только трифункционален, поскольку тетраметилолкарбамид никогда не был выделен). Важнейшими факторами, определяющими свойства продуктов реакции, являются:

- относительное мольное соотношение карбамида и формальдегида;
- температура реакции;
- различные значения рН, при которых происходит конденсация.

Эти факторы влияют на скорость увеличения молекулярной массы.

Реакция между карбамидом и формальдегидом делится на две стадии:

- щелочная конденсация с образованием моно-, ди- и триметилолкарбамида;
- кислотная конденсация метилолкарбамида сначала до растворимых, а затем до нерастворимых сшитых смол.

В щелочной среде реакция карбамида и формальдегида при комнатной температуре приводит к образованию метилольных производных карбамида (рис. 1.11). При дальнейшей конденсации они образуют метиленэфирные связи между молекулами карбамида [11].

В кислой среде из водных растворов карбамида и формальдегида или из метилольных производных карбамида образуются низкомолекулярные метиленпроизводные карбамида. Они содержат концевые метилольные группы, благодаря которым протекает дальнейшая реакция отверждения смолы. Образовавшиеся монометиллолпроизводные карбамида сополимеризуются посредством кислотного катализа и образуют сильно разветвленные полимерные сетки (рис. 1.12) [11].

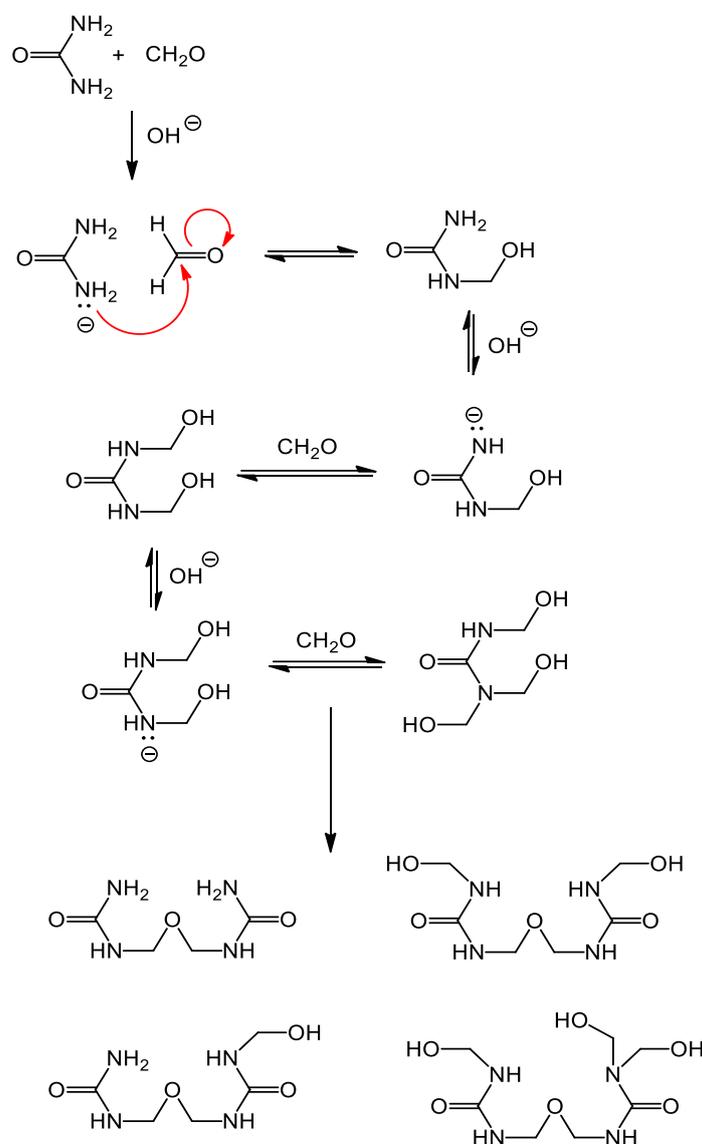


Рис. 1.11. Структура метилольных продуктов реакции карбамида с формальдегидом в щелочной среде

В промышленности выпускается широкий ассортимент карбамидоформальдегидных смол, имеющих различные свойства и области применения. В табл. 1.6 приведены характеристики карбамидоформальдегидных смол, выпускаемых по ГОСТ 14231–88 [12].

Назначение марок карбамидоформальдегидных смол, выпускаемых по ГОСТ 14231–88, приведено в табл. 1.7 [12].

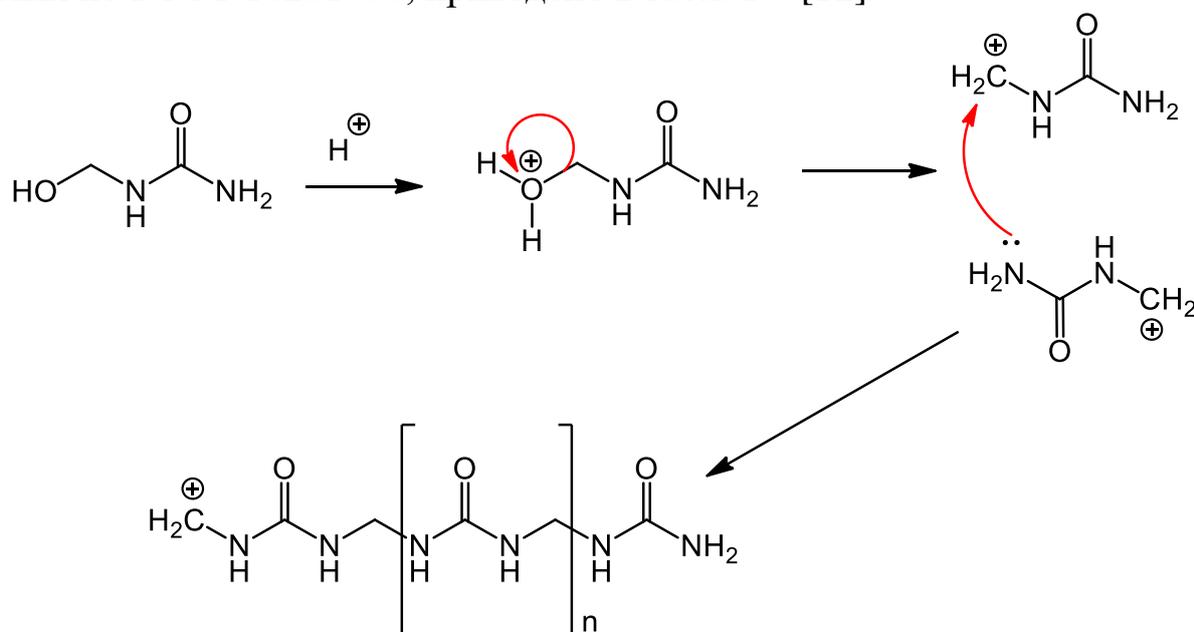


Рис. 1.12. Поликонденсация метилольных производных карбамида в кислой среде

Характеристики выпускаемых в промышленности по ТУ 2223-360–00203447–99 малотоксичных карбамидоформальдегидных смол марок КФМТ-05, КФМТ-10, КФМТ-10М приведены в табл. 1.8.

Смола КФМТ-10М обладает пониженной токсичностью и используется преимущественно для получения древесностружечных плит и плит МДФ с классом эмиссии по формальдегиду Е1.

Смола КФМТ-05М применяется в производстве ДСП, фанеры, мебельных деталей пониженной токсичности (Е1, Е0).

Синтез карбамидоформальдегидных смол в производстве представляет собой периодический процесс. Процесс поликонденсации смолы должен быть автоматизирован, контроль за протеканием процесса осуществляется оператором на мнемосхеме монитора ПК. Процесс синтеза смолы происходит в реакторе из нержавеющей стали, снабженном якорной или лопастной многоуровневой мешалкой. Объем реактора может быть различным, как правило, от 10 до 90 м³.

Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд из нержавеющей стали с полусферическим днищем, верхней съёмной

крышкой и пароводяной рубашкой, имеющий люк для чистки, штуцер для отбора проб, смотровое окно, мешалку. Аппарат снабжен манометром, термометром сопротивления, рН-метром, вакуумметром, взрывной мембраной. Перед загрузкой сырья реактор проверяется на герметичность путем создания в нем вакуума. Весовые мерники сырья заблокированы с соответствующими насосами склада химического сырья с помощью концевых выключателей, что обеспечивает автоматическое отключение насосов при достижении заданного веса и предотвращает возможность переливов.

Таблица 1.6

Характеристики карбамидоформальдегидных смол, выпускаемых по ГОСТ 14231–88 [12]

Наименование показателя	Норма			
	КФ-О	КФ-Б	КФ-Ж	КФ-БЖ
1. Внешний вид	Однородная суспензия от белого до светло-желтого цвета без посторонних включений			
2. Массовая доля сухого остатка, %	66 ± 1	67 ± 2	67 ± 2	67 ± 2
3. Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,25	0,9	0,9	0,8
4. Условная вязкость при (20,0 ± 0,5) °С, с: по вискозиметру ВЗ-246 с соплом диаметром 4 мм; по вискозиметру ВЗ-246 с соплом диаметром 6 мм	30–50 45–70 (Ф)	40–90	– 15–35 (Ф) 35–50 (М)	– 35–45
5. Концентрация водородных ионов, рН	7,5–8,5	7,0–8,0	7,5–8,7	7,3–8,5
6. Время желатинизации: при 100 °С, с; при (20 ± 1) °С, ч, не менее	40–60 –	25–40 2	40–65 –	30–45 –
7. Смешиваемость смолы с водой при (20 ± 1) °С в соотношении по объему 1 : 2	Полная			
8. Предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры после вымачивания образцов в воде в течение 24 ч, МПа, не менее	1,6	1,6	1,5	1,5

Примечание. (Ф) – фанера; (М) – мебель.

Пример рецептуры загрузки сырья в реактор для синтеза карбамидоформальдегидной смолы с использованием карбамидоформальдегидного концентрата КФК-85 приведен в табл. 1.9.

Стадии синтеза карбамидоформальдегидной смолы.

1. Приготовление конденсационного раствора.

В реактор из мерника загружают КФК-85 и нейтрализуют порцией едкого натра до щелочной среды. Затем в реактор дозируют 1 порцию карбамида. Смесь перемешивают в течение 15 мин, отбирают пробу для определения показателя преломления и pH.

Таблица 1.7

Назначение марок карбамидоформальдегидных смол,
выпускаемых по ГОСТ 14231–88 [12]

Марка	Назначение
КФ-О	Производство фанеры, для склеивания бумаги, в строительной промышленности и для других целей, кроме производства древесностружечных плит
КФ-Б	Производство фанеры, теплоизоляционных материалов, склеивание деталей мебели
КФ-БЖ	Производство фанеры, склеивание деталей мебели, столярно-строительных изделий
КФ-Ж	Производство фанеры, склеивание деталей мебели, столярно-строительных изделий, для изготовления литейных стержней и форм, укрепления грунтов

Примечание. Б – быстроотверждающаяся; Ж – повышенной жизнеспособности; О – общего назначения.

2. Щелочная конденсация.

Щелочная конденсация проводится при температуре 80...100 °С ориентировочно в течение 50 мин. По окончании конденсации определяют pH и показатель преломления (Кр) реакционной смеси. pH смеси на стадии щелочной конденсации устанавливается за счет реакции самораскисления.

3. Кислая конденсация.

С помощью муравьиной кислоты доводят pH до кислой среды. Конденсация ведется при температуре 80...100 °С до достижения заданного значения вязкости по ВЗ-4. Первую пробу на вязкость отбирают через 15 мин после загрузки кислоты. Конденсацию останавливают нейтрализацией второй порцией раствора едкого натра до щелочного pH и дают охлаждение.

4. Доконденсация смолы с 2-й порцией карбамида.

При 60...80 °С в реактор загружают вторую порцию карбамида и буру. Продолжают охлаждение ректора до 20 °С. Смолу анализируют на рН, Кр и вязкость.

5. Охлаждение, стандартизация, упаковка смолы.

Готовую смолу откачивают в приемную емкость и предъявляют на анализ ОТК через 24 ч.

Таблица 1.8

Характеристики малотоксичных карбаминоформальдегидных смол,
выпускаемых по ТУ 2223-360-00203447-99

Наименование показателя	Норма			
	КФМТ-05	КФМТ-10 (ДСП)	КФМТ-10 (МДФ)	КФМТ-10 М
1. Внешний вид	Однородная жидкость от светло-желтого до белого цвета			
2. Массовая доля сухого остатка, %	64-68	67-70	67-70	68-72
3. Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,05	0,1	0,1	0,1
4. Условная вязкость по ВЗ-246 (сопло 4 мм) при (20,0 ± 0,5) °С, с:	50-100	60-90	60-100	50-90
5. Концентрация водородных ионов, рН	7,5-9,5			
6. Время желатинизации при 100 °С, с	50-80	45-60	50-70	45-60
7. Предельная смешиваемость смолы с водой, при которой наблюдается коагуляция, по объему соответственно	1:2...1:10	1:2...1:6	1:1...1:4	1:1...1:6
8. Плотность при 20 °С, г/см ³ , не менее	1,270			

Таблица 1.9

Рецептуры загрузки сырья в реактор

№	Наименование компонента	Массовое соотношение компонентов, %
1	КФК-85	46,18
2	Вода	14,77
3	Карбамид I-я порция	16,07
4	Карбамид II-я порция	22,90
5	Бура (тетраборат натрия)	0,08

В процессе производства плитных древесных материалов используют клеи на основе карбамидоформальдегидных смол. Типичная рецептура клея на основе карбамидоформальдегидной смолы для производства фанеры приведена в табл. 1.10.

Перед применением смолу необходимо тщательно перемешать и проверить вязкость. Определение вязкости смолы позволит получать клеи более стабильного качества. С целью улучшения однородности клея предпочтителен следующий порядок загрузки компонентов: загружают рецептурные количества смолы, затем при постоянном перемешивании – остальные компоненты клея. Клеи перемешивают в течение 5–10 мин.

Таблица 1.10

Рецептура клея на основе карбамидоформальдегидной смолы
для производства фанеры

Состав клея	Масс. ч.
Смола карбамидоформальдегидная	100,0
Мука	0–2,0
Каолин	8,0–10,0
Лигносульфонаты технические порошкообразные	8,0–12,0
Вода	6,0–12,0
Отвердитель хлористый аммоний (NH ₄ Cl)	0,3–1,3
Итого	122,3–137,3

Рекомендуемая температура клея составляет 18...24 °С. Хранение клея на основе карбамидоформальдегидной смолы не должно превышать 8 ч.

Перед подачей на вальцы клеи необходимо перемешать и проверить по показателю «вязкость по ВЗ-4». Проверка вязкости клея – каждые 2 ч с емкости/вальцев. Периодичность мытья вальцев на карбамидоформальдегидных смолах – через каждые 10 дней.

Меламиноформальдегидные (MF) и меламинокарбамидоформальдегидные (MUF) смолы являются одними из наиболее часто используемых клеев для наружных и внутренних деревянных панелей, а также для подготовки и склеивания бумажных ламинатов и слоистых пластиков как низкого, так и высокого давления. Более высокая устойчивость MF и MUF к воздействию воды является их преимущественным отличием от карбамидоформальдегидных (UF) смол. Клеи MF дорогие, поэтому чаще всего используются MUF, удешевленные за счет добавления большего или меньшего количества карбамида. Несмотря на их

широкое использование и экономическую важность, литература по меламинам составляет лишь небольшую часть, посвященной UF-смолам. Часто MF и MUF описываются в литературе как подгруппа UF аминосмол. На самом деле это не так, поскольку они обладают собственными особыми характеристиками и свойствами, которые в некоторых отношениях сильно отличаются от свойств UF клеев [7].

Реакция меламина с формальдегидом аналогична, но отличается от реакции формальдегида с карбамидом. Формальдегид сначала атакует аминогруппы меламина, образуя метилольные производные, причем присоединение формальдегида к меламину происходит более легко и полно, чем присоединение к карбамиду. Аминогруппа меламина легко присоединяет до двух молекул формальдегида. Таким образом, возможно полное метилолирование меламина, чего нельзя сказать о карбамиде. К одной молекуле меламина можно присоединить до шести молекул формальдегида (рис. 1.13).

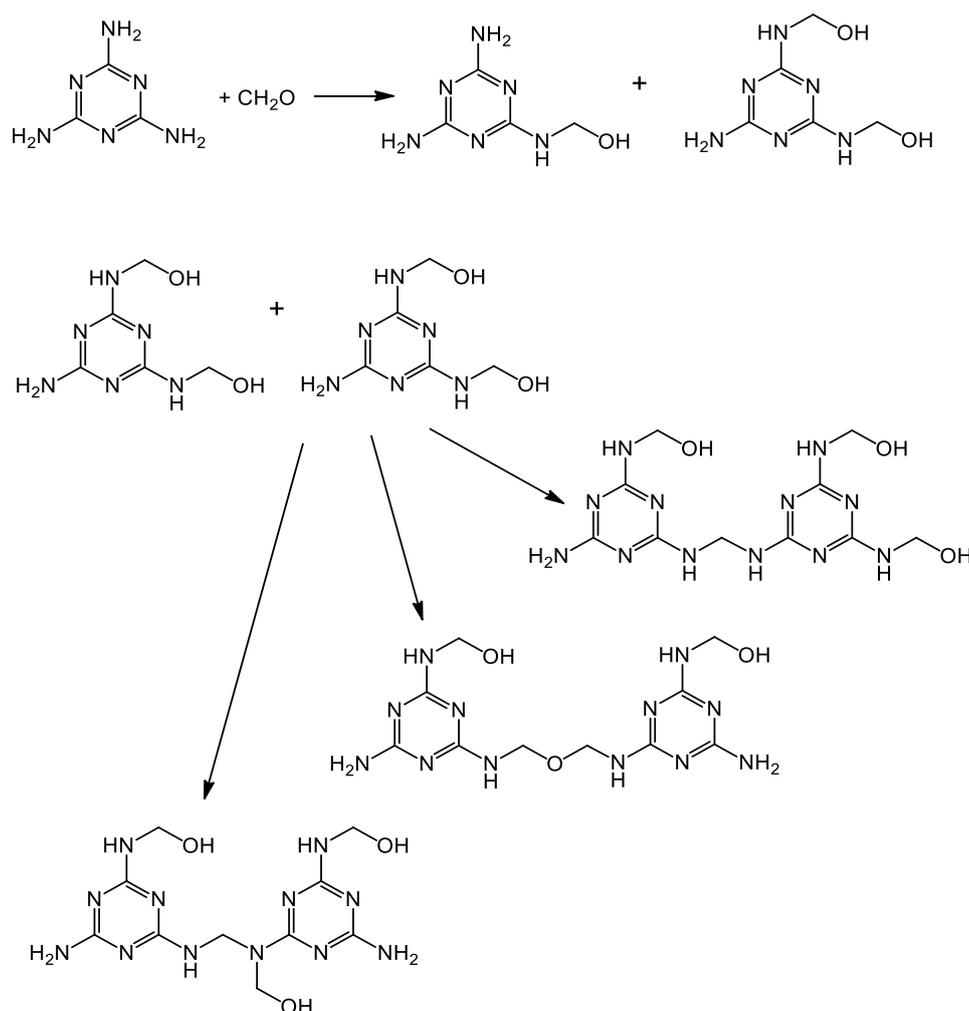


Рис. 1.13. Реакция меламина с формальдегидом

Стадия метилолирования приводит к образованию ряда метилольных соединений с двумя-шестью метилольными группами. Другое важное отличие состоит в том, что конденсация MF и их отверждение может происходить не только в кислых, но и в нейтральных или даже слабощелочных условиях. Механизм дальнейшей реакции метилолмеламинов с образованием гидрофобных интермедиатов такой же, как и для UF смол, с отщеплением воды и формальдегида. Образуются метиленовые и эфирные мостики, и размер молекул смолы быстро увеличивается. Эти промежуточные продукты конденсации составляют большую часть коммерческих смол MF. В процессе окончательного отверждения промежуточные продукты превращаются в нерастворимые и тугоплавкие смолы [11].

2. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ОЛИГОМЕРНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

Древесностружечные плиты – это плитный материал, изготовленный из древесных стружек с органическим термореактивным олигомерным связующим. Сырьем для получения древесных стружек является измельченная древесина.

Исходя из размеров древесной стружки и ее ориентации в структуре древесностружечных плит, производят классические древесностружечные плиты с традиционной стружкой (ДСтП) и плиты с крупноразмерной стружкой (ОСП).

Для изготовления древесностружечных плит в качестве термореактивных олигомерных связующих наибольшее применение находят карбамидоформальдегидные смолы (КФС) и фенолформальдегидные смолы (ФФС).

2.1. Получение древесностружечных плит с традиционной стружкой (ДСтП)

Древесностружечные плиты получают из различных видов древесины с использованием разных видов термореактивных олигомерных связующих, различными способами и для различных целей. Этим объясняется большое число разновидностей этих плит.

Древесностружечные плиты классифицируют по следующим признакам.

Способ горячего прессования. По способу горячего прессования различают плиты плоского прессования и экструзионные плиты (рис. 2.1).

В плитах плоского прессования частицы древесной стружки расположены параллельно их лицевой поверхности (пласти). Такие плиты получают при приложении усилия прессования перпендикулярно их пласти (плоское прессование). Стружечные плиты плоского прессования получают с использованием прессов различной конструкции периодического и непрерывного действия.

В экструзионных плитах древесные частицы расположены преимущественно перпендикулярно их пласти. Такие плиты (рис. 2.2) получают в экструдерах при приложении прессующего усилия параллельно их пласти.

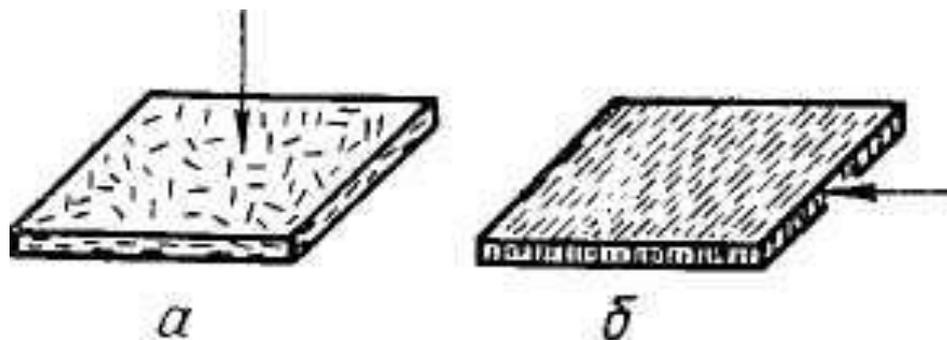


Рис. 2.1. Направление усилия прессования при изготовлении ДСтП:
a – плиты плоского прессования; *б* – экструзионные плиты

Конструкция ДСтП. По этому признаку различают однослойные, трехслойные и многослойные ДСтП плоского прессования. Однослойные плиты имеют одинаковые размеры древесных частиц и одинаковое содержание связующего по всей их толщине.



Рис. 2.2. Трубчатые экструзионные ДСтП

В трехслойных ДСтП оба наружных слоя изготавливают из более тонких или мелких древесных частиц и с количеством связующего вещества большим, чем во внутреннем слое. Слои могут отличаться и другими признаками: плотностью, наличием разных добавок.

В ДСтП с фракционированием древесных частиц в наружных слоях размер древесных частиц постепенно возрастает от лицевой поверхности по направлению к середине плиты. В поверхностных слоях находятся самые мелкие древесные частицы и древесная пыль, что обеспечивает получение плит с мелкоструктурной поверхностью и низким показателем ее шероховатости.

В многослойных ДСтП размер древесных частиц постепенно возрастает от поверхности к середине плиты, а содержание связующего вещества соответственно уменьшается. Однако в отличие от трехслойных плит, в которых достаточно ярко выражена граница между наружными и внутренними слоями (рис. 2.3), в многослойных плитах такой границы нет.



Рис. 2.3. Трехслойные ДСтП

Плотность плиты. На основании этого свойства выделяют ДСтП малой плотности (плотность менее 550 кг/м^3), плиты средней плотности ($550\text{--}750 \text{ кг/м}^3$), плиты высокой плотности (750 кг/м^3 и более).

Вид используемых древесных частиц. Основное количество ДСтП сейчас производится из специально изготовленных древесных частиц сравнительно небольших размеров, так как такие плиты имеют относительно высокие показатели физико-механических свойств, удовлетворяющие требования в первую очередь мебельной промышленности. В традиционных ДСтП преобладает плоская или игольчатая стружка длиной до 40, шириной до 12 и толщиной до 0,45 мм (рис. 2.4).

По размерам частиц в стружечной массе различают древесную пыль, а также мелкую, среднюю и грубую фракции стружки. Главная характеристика частиц древесной стружки – их толщина. Другим характерным показателем древесных частиц является коэффициент формы, то есть отношение средней длины частиц к их толщине. Для получения плит с высокой прочностью при изгибе это соотношение у частиц наружных слоев должно укладываться в диапазон 50–100. Частицы толщиной 0,2 мм используются в наружных слоях стружечных плит, толщиной от 0,3 до 0,5 мм – во внутреннем слое. Качество стружечной массы обусловлено способом ее изготовления, конструкцией и техническими характеристиками используемого оборудования.



Рис. 2.4. Древесная стружка в трехслойных традиционных ДСП

Вид используемого олигомерного связующего. По этому показателю различают ДСП на органических и неорганических связующих. При изготовлении плит на органических связующих используют карбамидо-, фенол-, карбамидомеламиноформальдегидные смолы и полиизоцианаты, которые вводят в стружечную массу в виде жидкостей, реже в сухом виде. Наибольшее применение в производстве ДСП получили карбамидоформальдегидные смолы.

От вида используемого олигомерного связующего в производстве ДСП зависит вид применяемых других химических веществ в качестве отвердителей и буферных веществ, наполнителей гидрофобных добавок, антисептических и огнезащитных средств, упрочняющих добавок, эмульгаторов, осадителей и добавок другого назначения [3, 4, 13].

При использовании карбамидоформальдегидных смол для производства ДСП в России наиболее широко используется водный раствор хлористого аммония в количестве 0,5–1,0 % от массы смолы (по сухим веществам). Используются в составе водного раствора хлористого аммония в качестве наполнителя лигносульфонаты, позволяющие уменьшить расход смолы.

Для ускорения процесса отверждения фенолформальдегидных связующих иногда используют в качестве отвердителя карбонат кальция в количестве до 5 % от массы сухой смолы.

Гидрофобность (влагостойкость, водостойкость). По данному признаку ДСП делят на плиты повышенной и обычной водостойкости. Плиты повышенной водостойкости изготавливают с применением фенолформальдегидных, карбамидомеламиноформальдегидных смол, изоцианатов и полиизоцианатов. Плиты обычной водостойкости изготавливают с применением карбамидоформальдегидных смол с добавлением гидрофобных веществ.

По виду обработки поверхности различают шлифованные и нешлифованные плиты.

По виду защитно-декоративных покрытий поверхности плиты бывают необлицованные и облицованные. Плиты облицовывают натуральным и синтетическим шпоном, бумажно-смоляными пленками, пластиками (рис. 2.5). Кроме того, поверхность плит можно покрывать красками, эмалями, лакокрасочными материалами.

Назначение плит. Выпускают ДСтП общего назначения, специального назначения, для строительства жилых помещений, строительства детских и лечебных учреждений. Особенности плит общего назначения (в том числе для производства мебели) являются средний уровень прочности и водостойкости, низкая токсичность и в большинстве случаев высокое качество поверхностей. Такие плиты предназначены для эксплуатации в условиях, исключающих воздействие воды, влаги, высокой температуры, например, внутри отапливаемых помещений. Плиты общего назначения, как правило, используют для изготовления штучной и встроенной мебели, для отделки интерьера внутри здания и т. д. Такие плиты преимущественно изготавливают на основе карбамидоформальдегидных смол без введения в стружечную массу специальных добавок.



Рис. 2.5. Ламинированные ДСП

ДСП для строительства должны обладать повышенной прочностью, водо- и биостойкостью, а в отдельных случаях и огнестойкостью, хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами и др. Такие плиты в основном изготавливают на основе фенолоформальдегидных смол, а в отдельных случаях на основе карбамидоформальдегидных смол с введением в стружечную массу специальных добавок (гидрофобизаторов и антисептиков).

Плиты специального назначения должны обладать специальными свойствами, например, в отношении размеров, плотности, прочности в определенном направлении, водо-, био-, огнестойкости и др.

В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 10632–2014 [14] ДСтП общего назначения, применяемые в условиях, защищенных от увлажнения, изготовленные методом горячего плоского прессования древесных частиц, смешанных со связующим, используемые для товаров народного потребления, производства мебели и других видов продукции (кроме плит специального назначения, с облицованной или окрашенной поверхностями, а также плит, используемых для жилищного строительства, строительства зданий для детских, школьных и лечебных учреждений) принято классифицировать по свойствам.

ДСтП, соответствующие нормам ГОСТ 10632–2014 по физико-механическим показателям, подразделяют на [14]:

- плиты Р1 общего назначения для использования в сухих условиях;
- плиты Р2 для использования внутри помещения (включая производство мебели) для использования в сухих условиях;
- плиты I и II сорта в зависимости от показателей внешнего вида пластей (лицевых поверхностей);
- плиты подразделяют по виду поверхности на обычные (О) и мелкоструктурные (М);
- плиты шлифованные (Ш) и нешлифованные (НШ);
- классы эмиссии формальдегида (Е0,5; Е1; Е2В) в зависимости от содержания в плите (выделения из них формальдегида в воздух).

Условное обозначение плит должно включать обозначение типа плит, сорт, вид поверхности, степень обработки поверхности, класс эмиссии формальдегида, номинальные длину, ширину и толщину в миллиметрах, обозначение стандарта [14].

Примеры условных обозначений ДСтП [14]:

1. Плита типа Р1, I сорта, с мелкоструктурной поверхностью, шлифованная, класса эмиссии Е1, размером 3500×1750×15 мм:

Р1, I, М, Ш, Е1, 3500×1750×15, ГОСТ 10632–2014.

2. Плита типа Р2, II сорта, с обычной поверхностью, нешлифованная, класса эмиссии Е2, размером 3500×1750×16 мм:

Р2, II, О, НШ, Е2, 3500×1750×16, ГОСТ 10632–2014.

Физико-механические показатели плит должны соответствовать нормам, указанным в табл. 2.1, 2.2, 2.3. Предельно допустимые нормы содержания формальдегида в плите, выделения формальдегида из плиты в воздух, для плит классов эмиссии формальдегида Е0,5, Е1 и Е2 не должны превышать значений, указанных в табл. 2.4.

Таблица 2.1

Физико-механические показатели плит типа P1 и P2 [14]

Наименование показателя	Норма для плит типа	
	P1	P2
1. Влажность, %		
$T_H <*>$	5	
T_B	13	
2. Покоробленность, мм (T_B)	1,6	1,2
3. Шероховатость поверхности пласти R_m , мкм, не более:		
– для шлифованных плит с обычной поверхностью;	63	50
– для шлифованных плит с мелкоструктурной поверхностью;	40	32
– для нешлифованных плит $<*>$	500	320

Примечание. $<*>$ – определяется по согласованию изготовителя с потребителем; T_H и T_B – соответственно нижний и верхний пределы показателей.

Таблица 2.2

Физико-механические показатели плит типа P1 [14]

Наименование показателя	Норма для плит номинальной толщины, мм							
	до 3	Свыше 3 до 4 включительно	Свыше 4 до 6 включительно	Свыше 6 до 13 включительно	Свыше 13 до 20 включительно	Свыше 20 до 25 включительно	Свыше 25 до 32 включительно	Свыше 32 до 40 включительно
1. Предел прочности при изгибе, МПа, не менее (T_H)	11,5	11,5	10,5	10,0	10,0	8,5	7,0	5,5

Окончание табл. 2.2

2. Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа, не менее (T_H)	0,31	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,14
--	------	------	------	------	------	------	------	------

Для определения класса эмиссии формальдегида применяют один из методов, указанных в табл. 2.4. Рекомендации по применению древесно-стружечных плит различных классов эмиссии формальдегида приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.3

Физико-механические показатели плит типа P2 [14]

Наименование показателя	Норма для плит номинальной толщины, мм								
	до 3	Свыше 3 до 4 включительно	Свыше 4 до 6 включительно	Свыше 6 до 13 включительно	Свыше 13 до 20 включительно	Свыше 20 до 25 включительно	Свыше 25 до 32 включительно	Свыше 32 до 40 включительно	Свыше 40
1. Предел прочности при изгибе, МПа, не менее (T_H)	13	13	12	11	11	10,5	9,5	8,5	7
2. Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее (T_H)	1800	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050

Окончание табл. 2.3

Наименование показателя	Норма для плит номинальной толщины, мм								
	до 3	Свыше 3 до 4 включительно	Свыше 4 до 6 включительно	Свыше 6 до 13 включительно	Свыше 13 до 20 включительно	Свыше 20 до 25 включительно	Свыше 25 до 32 включительно	Свыше 32 до 40 включительно	Свыше 40
3. Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа, не менее (T_H)	0,45	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
4. Удельное сопротивление нормальному отрыву наружного слоя, МПа, не менее (T_H)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Длина и ширина плит определяются конструкцией прессового оборудования. При изготовлении плит в одноэтажных и многоэтажных гидравлических прессах размеры прессуемых плит определяются размерами обогреваемых плит пресса.

Таблица 2.4

Классы эмиссии формальдегида

Класс эмиссии формальдегида	Предельно допустимые нормы содержания формальдегида в плите, установленные перфораторным методом, мг/100 г абс. сухой плиты	Предельно допустимые нормы выделения формальдегида из плиты в воздух, установленные методом испытания в климатической камере, мг/м ³ воздуха
E0,5	До 4,0 включительно	До 0,08 включительно
E1	Св. 4,0 до 8,0 включительно	Св. 0,08 до 0,124 включительно
E2	Св. 8,0 до 20,0 включительно	Св. 0,124 до 0,5 включительно

Примечания:

1. Содержание формальдегида в плите установлено для плит с абсолютной влажностью $W = 6,5 \%$. Для плит с другой влажностью (в диапазоне от 3 до 10 %) определенное в соответствии с ГОСТ 27678 содержание формальдегида в плите необходимо умножить на коэффициент F , который вычисляют по формуле (1):

$$F = - 0,133W + 1,86. \quad (1)$$

2. Рекомендуемые предельно допустимые нормы содержания формальдегида в плитах класса эмиссии E0,5 и E1 за полугодовой период проверки не должны превышать среднего значения 3,3 мг/100 г абс. сухой плиты и 6,5 мг/100 г абс. сухой плиты соответственно.

Таблица 2.5

Применение древесностружечных плит различных классов эмиссии формальдегида [14]

Класс эмиссии формальдегида	Применение плит
E0,5	Для производства детской мебели, мебели для учебных заведений, мебели для дошкольных учреждений и другой мебели
E1	Для производства бытовой мебели, мебели для общественных помещений и изделий, предназначенных для эксплуатации внутри жилых и общественных зданий и помещений
E2	Для производства других изделий, кроме мебели

При изготовлении плит в прессах непрерывного действия длина получаемых плит может быть любой. Размеры плит по длине и ширине устанавливаются исходя из возможностей применяемого оборудования и требований заказчика.

Показатель плотности ДСтП характеризует в первую очередь их материалоемкость. В то же время известно, что плотность плит оказывает первостепенное влияние на показатели физико-механических свойств (механические показатели резко повышаются, водопоглощение уменьшается), однако при этом повышается расход сырья, связующего, других материалов и энергии на их производство, а, следовательно, и их себестоимость, а также увеличивается масса изделий, изготавливаемых из плит, например, мебели.

Предприятия заинтересованы в производстве плит, отвечающих требованиям стандарта при наименьшей их плотности. Значение плотности является технологическим параметром, служит для определения расхода сырья, синтетических смол и химикатов и может корректироваться в зависимости от конкретных условий производства.

Определение плотности по каждой партии необходимо также для оценки технико-экономического уровня производства и при аттестации продукции для сравнения с отечественными и зарубежными аналогами.

К плитам, предназначенным для облицовки бумажно-смоляными пленками, предъявляются более высокие требования, чем к плитам для облицовки шпоном, бумажно-слоистым пластиком, пленочными полимерными материалами и др. Прежде всего такие плиты отличаются мелкоструктурной поверхностью. Поверхностные слои плит независимо от их конструкции (трех-, пяти- или многослойные) формируются из мельчайших древесных частиц и пыли.

Плиты под облицовку бумажно-смоляными пленками должны иметь равномерную по площади плотность. Неравномерная плотность приводит к неравномерному давлению прессования – более высокому в местах большей плотности и более низкому в местах меньшей плотности. Неравномерная плотность проявляется в виде недопрессовок, т. е. темных и светлых пятен на поверхности облицованных плит.

Чтобы получить необходимую прочность облицованного слоя, плотность поверхностных слоев исходных плит после калибрования и шлифования должна быть 850–900 кг/м³. При меньшей плотности облицовочный слой может отслоиться вследствие значительных напряжений, возникающих в нем.

Особенно высокие требования предъявляют к равномерности толщины плит. Разнотолщинность плиты не должна превышать $\pm 0,15$ мм.

В отличие от ДСтП общего назначения огнестойкие древесностружечные плиты в соответствии с ГОСТ 32398–2013 в условном обозначении должны дополнительно содержать группу горючести плит (Г1 или Г2).

Для влагостойких ДСтП по ГОСТ 32399–2013 предусмотрено три типа плит в зависимости от их физико-механических показателей и области применения:

- Р3 – плиты, не несущие нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях;
- Р5 – плиты, несущие нагрузку, предназначенные для применения во влажных условиях;
- Р7 – плиты, несущие повышенную нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях.

Схемы получения ДСтП

У каждого предприятия могут быть свои уникальные технологии производства ДСтП. Приведем универсальные и упрощенные структурные и технологические схемы получения ДСтП. Характеристики используемого оборудования для производства ДСтП описаны в литературе [3, 4, 13, 15–18].

В обобщенном виде технологии получения ДСтП с органическими олигомерными связующими горячим прессованием в прессах непрерывного действия состоят из следующих стадий:

1. Подготовка древесного сырья;
2. Получение древесной стружки;
3. Сушка и сортировка древесной стружки;
4. Приготовление композиций химических веществ;
5. Дозирование и смешивание сухой древесной стружки с химическими веществами;
6. Формирование древесностружечного ковра;
7. Холодная подпрессовка древесностружечного ковра;
8. Горячее прессование древесностружечного ковра;
9. Послепрессовая обработка ДСтП;
10. Облагораживание ДСтП;
11. Сортировка, упаковка, маркировка, складирование ДСтП.

На рис. 2.6 приведена упрощенная структурная схема получения горячим прессованием однослойных ДСтП, на рис. 2.7 – детальная структурная схема получения горячим прессованием трехслойных ДСтП [19], а на рис. 2.8 – технологическая схема производства трехслойных ДСтП [13].



Рис. 2.6. Упрощенная структурная схема получения горячим прессованием однослойных ДСтП



Рис. 2.7. Структурная схема получения трехслойных ДСтП [19]

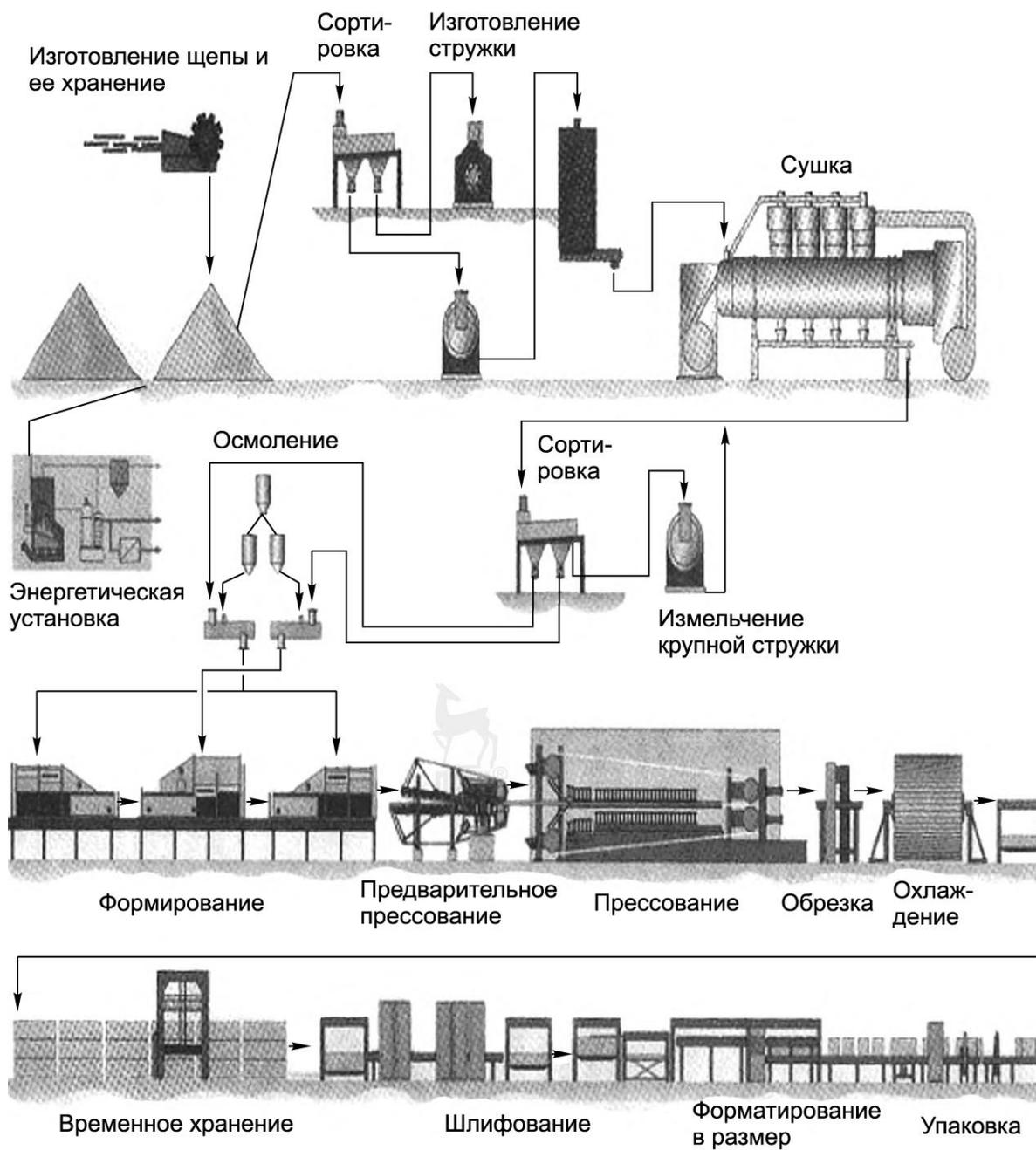


Рис. 2.8. Технологическая схема получения горячим прессованием трехслойных ДСтП [13]

2.2. Получение древесностружечных плит с крупноразмерной ориентированной стружкой (ОСП)

Плиты из крупноразмерной ориентированной стружки (ОСП, OSB) получают из древесных частиц, имеющих сравнительно большие размеры по длине и ширине при небольшой толщине (рис. 2.9). Для получения ОСП используют древесные частицы продолговатой формы (длиной 60...90 мм, шириной 5...12 мм, толщиной 0,3...0,6 мм) или формы, близкой к квадратной (35×35; 40×40 мм при толщине 0,4...0,8 мм).

Из крупноразмерной стружки изготавливают в основном плиты для строительства и плиты специального назначения (рис. 2.10). В России в настоящее время ОСП производят в значительных объемах.

При изготовлении плит с органическими связующими используют фенолформальдегидные, карбамидомеламиноформальдегидные, карбамидоформальдегидные смолы и полиизоцианаты, которые вводят в стружечную массу в виде жидкостей, реже – в порошкообразном («сухом») виде.

ОСП делят на плиты повышенной и обычной водостойкости. Плиты повышенной водостойкости получают с применением фенолоформальдегидных, карбамидомеламиноформальдегидных смол, изоцианатов и полиизоцианатов.

Система приготовления связующего аналогична действующей в технологии ДСтП. Связующим служат ФФС с добавлением сульфата аммония или другого отвердителя. ОСП для мебели вырабатывают на КМФС. Плиты обычной водостойкости изготавливают с применением карбамидоформальдегидных смол с добавлением гидрофобных веществ.



Рис. 2.9. Крупноразмерная стружка для изготовления ОСП



Рис. 2.10. ОСП из тонкой резаной стружки

Выпускают ОСП с ориентированной и неориентированной стружкой. В плитах с ориентированной стружкой последняя укладывается длинной стороной в одном направлении в данном слое.

В разных слоях направление ориентации стружки может быть различным, например, взаимно перпендикулярным. Такие плиты отличаются повышенной прочностью на изгиб в одном направлении. ОСП с ориентированной стружкой (рис. 2.11) предназначены для использования в строительстве, при изготовлении кузовов автомашин, контейнеров, сельскохозяйственных сооружений (бункеров, амбаров) и др.

В ОСП с неориентированной стружкой древесные частицы укладываются в хаотическом порядке. Для производства ОСП используют стружки длиной 50–175 мм, ширина которых примерно в 3–5 раз меньше длины, а толщина в среднем равна 0,6–0,8 мм. Для получения таких стружек и работы с ними необходимо оригинальное оборудование. Такие плиты имеют одинаковые механические показатели во всех направлениях плоскости плиты.

Наибольшее применение ОСП находят в строительстве. Эти плиты строительного назначения получают с фенолформальдегидными связующими.



Рис. 2.11. Ориентация древесной стружки в ОСП [3]

В соответствии с ГОСТ Р 56309–2014, который распространяется на древесные плиты, изготовленные методом горячего прессования с крупноразмерной, ориентированно расположенной в их горизонтальной плоскости древесной стружкой, смешанной со связующим (используемые в строительстве, включая жилищное), ОСП классифицируют по следующим признакам [20]:

– условия применения в зависимости от физико-механических показателей;

– степень обработки поверхности;

– содержание (выделение) формальдегида.

В зависимости от условий применения ОСП подразделяют по физико-механическим показателям на следующие типы [20]:

- ОСП-1 – плиты общего назначения, не несущие нагрузку, для применения внутри помещений при использовании в сухих условиях;

- ОСП-2 – плиты, несущие нагрузку, для использования в сухих условиях;

- ОСП-3 – плиты, несущие нагрузку, для использования во влажных условиях;

- ОСП-4 – плиты, несущие повышенную нагрузку, для использования во влажных условиях.

По степени обработки поверхности плиты подразделяют [20] на нешлифованные (НШ) и шлифованные (Ш).

В зависимости от содержания (выделения) формальдегида, плиты изготовляют классов эмиссии E0,5, E1 и E2.

Условное обозначение плит должно включать в себя обозначение типа, степень обработки поверхности, класс эмиссии формальдегида, номинальные длину, ширину, толщину в миллиметрах, обозначение настоящего стандарта.

Примеры условных обозначений ОСП [20]:

– плита типа ОСП-3, шлифованная, класса эмиссии E1, размеры 2500×1250×12 мм: **ОСП-3, Ш, E1, 2500×1250×12, ГОСТ**;

– плита типа ОСП-1, нешлифованная, класса эмиссии E2, размеры 2800×1500×16 мм: **ОСП-1, НШ, E2, 2800×1500×16, ГОСТ**.

Технологическая схема получения ОСП [18] приведена на рис. 2.12.

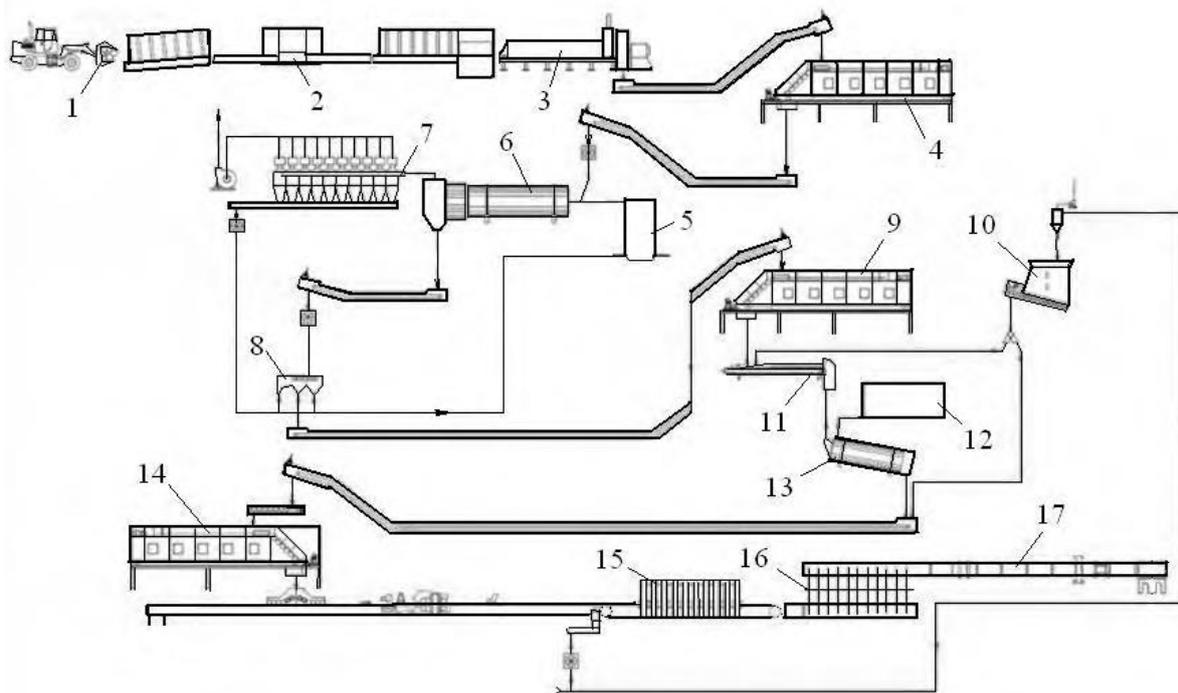


Рис. 2.12. Технологическая схема производства ОСП производительностью 100 тыс. м³/год компании «Древмаш-Евразия» [18]:

- 1* – погрузчик лесоматериалов; *2* – окорочный станок; *3* – стружечный станок;
- 4* – бункер сырой стружки; *5* – энергетический комплекс;
- 6* – барабанная сушилка; *7* – фильтр; *8* – сито для фракционирования стружки;
- 9* – бункер сухой стружки; *10* – бункер стружки, возвращенной после разрушения стружечного ковра; *11* – массовый дозатор стружки;
- 12* – емкость клеевой смеси; *13* – смеситель стружки и клеевой смеси;
- 14* – пакетформирующие машины; *15* – однопролетный пресс;
- 16* – охладитель плит; *17* – линия обрезки и укладки плит в пакеты

3. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ОЛИГОМЕРНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

Древесноволокнистые плиты (ДВП) – это плитный листовой материал, изготавливаемый путем горячего прессования или сушки массы из древесного волокна с органическими олигомерными связующими, сформированный в виде ковра.

Формирование древесного ковра в производстве ДВП, в отличие от технологии ДСП, может производиться в водной среде (мокрое формирование ковра) по аналогии с производством бумаги и картона.

При производстве мягких ДВП отсутствует стадия горячего прессования плит.

Главные отличия способов производства ДВП, по сравнению с ДСП, заключаются в размоле древесного сырья на древесные волокна, мокром формировании древесноволокнистого ковра и в мокром горячем прессовании с применением сетки для удаления воды или сушке ковра.

Отличие структуры ДВП, по сравнению с ДСП, заключается в том, что во всем объеме древесноволокнистых плит древесные частицы имеют форму волокон, т. е. длина этих частиц намного превышает их толщину и ширину и они приближаются по форме к анатомическим структурным элементам древесины.

Способ производства ДВП определяется средой для формирования древесноволокнистого ковра (МФ – мокрое формирование ковра в водной среде, СФ – сухое формирование ковра в воздушной среде) и условиями горячего прессования плит (МП – мокрое прессование с применением сетки для удаления воды или сушка ковра, СП – сухое прессование без применения сетки).

В мировой практике принята следующая классификация способов производства ДВП:

- мокрый способ (МФ + МП);
- сухой способ (СФ + СП);
- мокро-сухой способ (МФ + СП);

Только при сухом способе производства ДВП в процессах плитообразования высока доля процессов, аналогичных процессам формирования структуры и свойств ДСП.

- полусухой способ (СФ + МП).

Древесные волокна представляют собой обрывки древесных тканей, группы клеток древесины и отдельные клетки. Основная масса

древесных волокон имеет длину 0,4–5 мм и толщину 8–400 мкм. Толщина отдельных волокон составляет от 1 до 80 мк, а длина – от 20 до 4500 мк.

При других способах производства ДВП в формировании их структуры и свойств преобладают процессы межволоконного взаимодействия: «свойлачивания», переплетения, зацепления (по аналогии получения из шерстяных волокон войлока). Благодаря большой роли этих процессов возможно производство ДВП с высокими физико-механическими свойствами без связующих и упрочняющих добавок.

Межволоконные взаимодействия – это сложный комплекс химических, физических, механических и других процессов, протекающих как на границе, так и в объеме древесных волокон с участием отдельных компонентов и продуктов их превращения, а также дополнительно введенных химических веществ (связующих, гидрофобизаторов и др.).

Основное назначение оптимизации химико-технологических процессов при производстве ДВП – это достижение однородности распределения волокон в формируемом объеме материала с максимальной общей энергией межволоконного взаимодействия. Энергия межволоконного взаимодействия зависит от химического строения, пластичности и эффективной поверхности волокон, расстояния между ними.

Особенности структуры ДВП придают им ряд положительных свойств.

Мягкие ДВП относятся к хорошим тепло- и звукоизоляционным материалам. Твердые и сверхтвердые плиты по показателям твердости, истираемости, био- и огнестойкости приближаются к свойствам древесины. Плиты MDF превосходят ДСтП по прочности на изгиб, способности к механической обработке лицевой поверхности, окрашиваемости.

Промышленное производство ДВП из специально получаемой древесной массы начато впервые в США в 1922 г. В России первое промышленное производство ДВП было организовано мокрым методом в 1936 г. на Нагатинском заводе под Москвой на оборудовании фирмы Defibrator АВ. Производственная мощность твердых и мягких плит составила 3,2 млн м²/год.

В настоящее время наибольшее применение в мире нашли мокрый и сухой способы производства ДВП. При этом мокрый способ практически не развивается, но производство плит средней плотности MDF по сухому способу развивается динамично [21].

В России до недавнего времени применялся в основном мокрый способ. В настоящее время на всех отечественных заводах оборудова-

ние для мокрого способа морально и физически устарело и требует коренной модернизации. В последнее время в связи со строительством новых заводов доля сухого способа производства в общем объеме выпуска ДВП значительно увеличилась.

ДВП классифицируют по следующим признакам [22–24]:

1. По способу производства;
2. По плотности;
3. По назначению;
4. По виду лицевой поверхности;
5. По гладкости поверхности;
6. По виду механической обработки;
7. По специальным свойствам;
8. По виду отделки.

Так, **по способу производства** ДВП делятся на:

- плиты, изготовленные *мокрым способом*, при котором для транспортировки волокна и формирования ковра используют воду;
- плиты, изготовленные *сухим способом*, при котором для тех же целей используют воздух.

По плотности:

- сверхтвердые (СТ) плотностью более 950 кг/м³;
- твердые (Т) плотностью более 800 кг/м³;
- полутвердые (ПТ) плотностью 400–800 кг/м³;
- мягкие (М) плотностью 100–400 кг/м³;
- средней плотности (MDF, ДВП-СП) плотностью 700–800 кг/м³;
- высокой плотности (HDF) с плотностью более 1000 кг/м³.

По назначению:

- общего назначения;
- конструкционного назначения.

По виду лицевой поверхности:

- с необлагороженной лицевой поверхностью;
- с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- с подкрашенным лицевым слоем;
- с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- с рельефным рисунком (фактурной поверхностью);
- с профилированной поверхностью.

По гладкости поверхности:

- односторонней гладкости;
- двусторонней гладкости.

По виду механической обработки:

- рустованные с продольными и поперечными канавками;
- перфорированные с круглыми или щелевидными отверстиями;
- шлифованные;
- нешлифованные.

По специальным свойствам:

- огнестойкие;
- биостойкие;
- влагостойкие;
- атмосферостойкие.

По виду отделки:

- с эмалевым покрытием;
- облицованные синтетическими пленками;
- облицованные бумажно-смоляными пленками;
- и др.

Для каждого вида древесноволокнистых плит существуют различные марки плит, предусмотренные национальными стандартами или специальными техническими условиями.

В России действует межгосударственный стандарт ГОСТ 34026–2016 («ПЛИТЫ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫЕ. Определения, классификация и условные обозначения»). В этом стандарте [23] применены следующие термины с соответствующими определениями:

Например, в России по ГОСТ 4598–2018 для ДВП мокрого способа производства предусмотрены следующие марки плит [22]:

- Т – с необлагороженной лицевой поверхностью;
- Т-П – твердые плиты мокрого способа производства с подкрашенным лицевым слоем;
- Т-С – твердые плиты мокрого способа производства с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- Т-СП – твердые плиты мокрого способа производства с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- Т-В – с необлагороженной лицевой поверхностью и повышенной водостойкостью;
- Т-СВ – с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы и повышенной водостойкостью;
- НТ – пониженной плотности (полутвердые);
- СТ – повышенной прочности (сверхтвердые) с необлагороженной лицевой поверхностью;
- СТ-С – повышенной прочности (сверхтвердые) с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;

- М-1 – мягкие плиты мокрого способа производства с плотностью 300–400 кг/м³ (прочность при статическом изгибе не менее 2 МПа);
- М-2 – мягкие плиты мокрого способа производства с плотностью 200–300 кг/м³ (прочность при статическом изгибе не менее 1,2 МПа);
- М-3 – мягкие плиты мокрого способа производства с плотностью 100–200 кг/м³ (прочность при статическом изгибе не менее 0,5 МПа).

Твердые плиты марок Т, Т-С, Т-П, Т-СП в зависимости от уровня физико-механических показателей подразделяют на группы качества А и Б. По качеству поверхности плиты этих марок подразделяют на I и II сорта. По ГОСТ, твердые ДВП могут иметь длину от 1220 до 6100 мм, ширину – от 610 до 2140 мм, а толщину – от 2,5 до 6 мм. Для мягких плит допустимые размеры: длина от 1220 до 3000 мм, ширина – 1220 мм, а толщина – от 8 до 16 мм. Условное обозначение плит состоит из марки, группы качества, сорта, размеров по длине, ширине, толщине и обозначения стандарта.

Примеры условных обозначений ДВП мокрого способа производства:

– твердая плита с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы, группы качества Б, II сорта с номинальными размерами 3050×2140×3,2 мм:

Т-СП гр. Б II с 3050×2140×3,2 ГОСТ 4598–86;

– мягкая плита плотностью от 300 до 400 кг/м³ с номинальными размерами 1800×1220×12,0 мм:

М-1 1800×1220×12,0 ГОСТ 4598–86.

В России для ДВП сухого способа производства нет национального стандарта и их виды, марки и свойства регламентируются техническими условиями конкретных производителей.

Требования к ДВП по ГОСТ 4598–2018, ТУ 5536–0257438–0060–95 и ТУ 5536–026–00273643–98 [24] приведены в табл. 3.1.

Мягкие ДВП используются для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, перекрытий.

Твердые и полутвердые ДВП применяют в строительстве для отделки стен, а также при устройстве полов. В мебельном производстве они применяются для изготовления шкафов, выдвижных ящиков, полок, корпусов для радиоаппаратуры. Их используют также для внутренней облицовки пассажирских вагонов, автобусов, речных судов, для изготовления посылочных ящиков и упаковки.

Сверхтвердые ДВП используются как электроизоляционный материал для изготовления панелей, щитков. Строители применяют их в качестве покрытий пола, а также для обшивки в помещениях с большими колебаниями влажности.

Таблица 3.1

Свойства ДВП

Способ производства, (нормативный документ)	Марка (группа) плиты	Средние показатели свойств плиты				
		Плотность, кг/м ³	Прочность при изгибе, МПа*	Прочность при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа*	Разбухание по толщине за 24 ч, %**	Содержание формальдегида, мг/100 г абс. сухой плиты**
Мокрый (ГОСТ 4598–86)	СТ	950–1100	47	0,32	13	Не нормируется
	Т-В, Т-СВ	850–1100	40	0,30	10	Не нормируется
	Т, Т-П, Т-С, Т-СП (группа А)	850–1100	38	0,30	20	Не нормируется
	Т, Т-П, Т-С, Т-СП (группа Б)	800–1100	33	0,30	23	Не нормируется
	НТ	600*	15	Не нормируется	30	Не нормируется
	М-1	200–400	1,8	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
	М-2	200–350	1,1	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
	М-3	100–200	0,4	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
Сухой (ТУ 5536–0257438–0060–95)	ТСН-30	850**	30*	0,4*	30–40**	Не нормируется
	ТСН-40	950**	40*	0,4*	20–35**	Не нормируется
Сухой (ТУ 5536–026–00273643–98)	ПСП-А	–	20–25*	0,50–0,55*	10–15**	30*
	ПСП-Б	–	18–23*	0,3*	15–18**	30*

Примечание. * – нижняя граница, Т(н); ** – верхняя граница, Т(в).

Плиты средней плотности, MDF – сравнительно новая продукция, занимающая особое место среди твердых древесных листовых материалов. Плиты MDF получают сухим способом. Плотность у них 700–800 кг/м³, а прочность при изгибе примерно вдвое больше, чем у традиционно используемых мебельщиками древесностружечных плит. Структура MDF более плотная и отличается равномерностью по всей толщине плиты. Наибольшим спросом пользуются плиты толщиной 10–30 мм, как конструкционный материал для мебели. Особенно экономичны трехслойные MDF, у которых содержание связующего в среднем слое пониженное, а плотность наружных слоев достигает 1000 кг/м³.

Важным показателем токсичности для плит MDF, как и для ДСП, является содержание в них свободного формальдегида. Содержание свободного формальдегида оценивается у плит MDF перфораторным методом по европейскому стандарту EN 120. У плит класса А оно не должно превышать 9 мг/100 г, а у плит класса В – 40 мг/100 г (для влажности плиты 6,5 %). При другой влажности их нужно умножать на коэффициент F , который рассчитывается по следующим формулам:

при влажности 4–9 % $F = -0,133W + 1,86$;

при влажности менее 4 % и более 9 % $F = 0,636 + 3,12e^{(-0,346W)}$.

Все ДВП в зависимости от содержания (выделения) формальдегида подразделяют на плиты класса эмиссии формальдегида: E0,5, E1, E2.

Следует отметить, что нормативы мировых стандартов на ДВП не соответствуют нормативам российских стандартов и технических условий. Поэтому в ближайшее время российские нормативы будут приведены в соответствие с мировыми или будут приняты в России мировые или европейские стандарты.

Относительно перспектив производства и применения ДВП многие специалисты [3, 13, 16] прогнозируют сохранение или незначительное увеличение объемов производства ДВП мокрого способа и значительный рост производства плит сухого способа производства.

В целом нужно отметить, что в России не только производство ДВП, но и всех древесных плит по мощности технологических линий, объему выпуска и качеству плит не отвечает потребностям народного хозяйства и потенциальным возможностям страны. Россия обладает более 25 % лесных запасов мира, а в мировом производстве древесных плит доля российских ДВП мокрого способа – 6,5 %, MDF – 0,8 %. Однако динамика развития производства древесных плит в России в последнее время вселяет определенный оптимизм.

Перейдем к более детальному рассмотрению технологии производства ДВП.

Способ производства древесноволокнистых плит с органическими олигомерными связующими определяется:

1. Средой для формирования древесноволокнистого ковра: мокрое формирование ковра в водной среде (МФ) и сухое формирование ковра в воздушной среде (СФ);

2. Условиями горячего прессования плит (мокрое прессование с применением сетки для удаления воды или сушка ковра (МП) и сухое прессование без применения сетки (СП)).

В настоящее время в мировой практике в основном применяют следующие промышленные способы производства древесноволокнистых плит: мокрый способ (МФ + МП) и сухой способ (СФ + СП).

Особенности структуры древесноволокнистых плит придают им ряд положительных свойств. Мягкие древесноволокнистые плиты относятся к хорошим тепло- и звукоизоляционным материалам. Твердые и сверхтвердые древесноволокнистые плиты по показателям твердости, истираемости, био- и огнестойкости приближаются к свойствам древесины. Древесноволокнистые плиты МДФ (MDF) превосходят древесностружечные плиты по прочности на изгиб, способности к механической обработке лицевой поверхности, окрашиваемости.

Внешний вид ДВП очень разнообразен и зависит от области их применения (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Внешний вид ДВП

Твердые древесноволокнистые плиты в зависимости от уровня физико-механических показателей подразделяют на группы качества, а по качеству поверхности – на сорта. Мягкие древесноволокнистые

плиты в зависимости от плотности подразделяют на марки.

Все ДВП в зависимости от назначения и области применения в промышленности и строительстве подразделяют на:

- плиты общего назначения для использования в сухих условиях;
- плиты для использования внутри помещения (включая производство мебели) в сухих условиях;
- плиты, несущие нагрузку, для использования во влажных условиях;
- плиты, несущие нагрузку, для использования в сухих условиях;
- плиты трудногораемые;
- плиты биостойкие.

Условные обозначения ДВП мокрого способа производства должны состоять из марки, группы качества, сорта, размеров по длине, ширине, толщине в миллиметрах и обозначения стандарта на конкретный вид изделия.

Приведем примеры условных обозначений ДВП мокрого способа производства.

Твердая плита с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы, группы качества Б, II сорта с номинальными размерами 3050×2140×3,2 мм:

Т-СП, гр. Б, II, 3050×2140×3,2, ГОСТ 4598–86.

Твердая плита повышенной прочности, группы качества Б, II сорта с номинальными размерами 3660×1220×4,0 мм:

СТ, гр. Б, II, 3660×1220×4,0, ГОСТ 4598–86.

Мягкая плита плотностью от 300 до 400 кг/м³, группы качества Б, II сорта с номинальными размерами 1800×1220×12,0 мм:

М-1, гр. Б, II, 1800×1200×12,0, ГОСТ 4598–86.

Условные обозначения плит древесноволокнистых сухого способа производства (моноструктурных, средней плотности (МДФ), высокой плотности (ХДФ)) должны состоять из марки, сорта, класса эмиссии формальдегида, номинальной длины, ширины и толщины в миллиметрах, обозначения стандарта на конкретный вид изделия.

Среди сырья и материалов, используемых в производстве древесноволокнистых плит, можно выделить следующие:

- сырье для получения волокнистой массы;
- химические вещества и вода;
- энергоносители и материалы.

Первичным исходным сырьем для получения волокнистой массы служат древесное и недревесное сырье.

Древесное сырье во всем мире является основным видом сырья в производстве древесноволокнистых плит для получения волокнистой массы. К нему относят:

- низкокачественные круглые лесоматериалы (дровяная древесина, тонкомерная древесина от рубок ухода);
- технологическая щепа;
- древесные отходы лесопиления, деревообработки и лесозаготовок (горбыли, рейки, вырезки, торцы, опил, сучки, ветки);
- отходы фанерного производства (карандаши, шпон-рванина).

Из недревесного сырья в качестве добавок к древесному сырью используют:

- отходы целлюлозно-бумажного производства, бумаги и картона (костра, пучки волокон, макулатура);
- отходы переработки однолетних растений (солома злаковых растений, багасса сахарного тростника, гузапая хлопка, тростник камыша и другие);
- отходы тканей.

Древесное сырье составляет основную долю сырья в производстве древесноволокнистых плит. При производстве древесноволокнистых плит, как и в производстве древесностружечных плит, можно использовать любые породы древесины. Для мокрого способа производства предпочтительней хвойная древесина, а для сухого – лиственная. Не рекомендуется использовать древесину, подвергшуюся искусственной сушке. На круглые лесоматериалы и технологическую щепу существуют ГОСТы, а на другие виды древесного сырья – технические условия. Рекомендуется принимать технологическую щепу длиной 10–35 мм (оптимальная – 20 мм), толщиной не более 5 мм с содержанием коры не более 15–20 %, гнили – не более 5 %, минеральных включений – не более 1 %.

Выбор древесного сырья определяется экономической целесообразностью с учетом вида изготавливаемых древесноволокнистых плит, величины запасов сырья, условий его заготовки, доставки и хранения.

В производстве древесноволокнистых плит могут использоваться следующие химические вещества:

- органические олигомеры (смолы);
- гипсовые связующие;
- специальные добавки (отвердители, гидрофобизаторы, осадители, упрочняющие добавки, антипирены, биоциды, поглотители формальдегида, красители и другие).

Для получения древесноволокнистых плит мокрого способа производства с органическими олигомерами применяют фенолформальдегидные олигомеры (смолы). В России наибольшее применение нашли водорастворимые жидкие фенолформальдегидные смолы марки СФЖ-3014, СФЖ-3024 и другие.

Для получения древесноволокнистых плит сухого способа производства с органическими олигомерами (ДВП-СП, МДФ, ДВП-ВП, ХДФ) применяют в основном карбамидоформальдегидные смолы. На отечественных предприятиях в основном используются смолы марки КФ-МТ-10, КФ-МТ-15 и другие. В качестве отвердителя карбамидоформальдегидных смол используется в основном хлористый аммоний и сульфат аммония. В Западной Европе для отверждения карбамидоформальдегидных смол в плитном производстве все чаще применяют сульфат или нитрат аммония. От хлорида аммония отказались из-за опасности образования диоксинов при сгорании плит.

В качестве гидрофобизирующих (водоотталкивающих) добавок в производстве древесноволокнистых плит применяют:

- парафин нефтяной;
- гач дистиллятный;
- церезин и композиции на его основе.

Для получения гидрофобных эмульсий гидрофобизирующих добавок помимо воды могут быть использованы:

- олеиновая кислота;
- кубовые остатки синтетических жирных кислот;
- аммиак водный;
- сода кальцинированная техническая;
- натр едкий технический;
- другие.

В качестве осадителей при мокром способе производства ДВП можно использовать:

- алюминий сернокислый очищенный;
- алюминий сернокислый технический неочищенный;
- нефелиновый или коалиновый коагулянт (сернокислый глинозем);
- квасцы алюминиево-калиевые технические;
- кислота серная техническая.

При мокром способе производства сверхтвердых ДВП в качестве упрочняющей добавки наибольшее применение находит масло таловое техническое, получаемое при производстве целлюлозы сульфатным

способом. Менее распространено применение масла льняного. Для ускорения высыхания масел часто используют сиккативы.

При производстве мягких плит в качестве упрочняющей добавки иногда используют канифоль сосновую.

Остальные виды добавок используют при получении ДВП со специальными свойствами (огне-, био-, атмосферостойких плит и др.).

Для подготовки химических веществ (приготовление водных растворов, эмульсий и др.) рекомендуется использовать деминерализованную воду. Для мойки древесной щепы, разбавления древесноволокнистой массы водой, охлаждения и промывки оборудования применяют воду пожаро-хозяйственного назначения.

Рассмотрим технологические стадии и операции при получении древесноволокнистых плит.

Операции на стадии складирования сырья аналогичны подобным операциям при производстве древесностружечных плит. Для обеспечения качества плит и его стабильности рекомендуется организовывать раздельное хранение древесного сырья по видам и породам древесины.

Подготовка химических веществ также аналогична производству древесностружечных плит, но имеются некоторые особенности.

Основная особенность заключается в том, что при производстве древесноволокнистых плит круглые лесоматериалы и кусковые древесные отходы обязательно перерабатываются в древесную щепу (щепы собственного производства), а привозная технологическая щепы обязательно подвергается мойке.

Различия в технологиях производства древесноволокнистых плит связаны с технологическими операциями разделки круглых лесоматериалов по длине и толщине и их окоркой.

Реальные технологические схемы получения мягких, полутвердых, твердых и сверхтвердых плит могут значительно различаться в зависимости от вида и компоновки основного оборудования, древесного сырья, требований к качеству готовых древесноволокнистых плит.

Рассмотрим технологические схемы получения древесноволокнистых плит.

Технологический процесс производства древесноволокнистых плит мокрым и сухим способом может включать следующие стадии (общая структурная схема получения древесноволокнистых плит представлена на рис. 3.2):

- прием, хранение и подготовка древесного сырья и химических веществ;
- получение древесноволокнистой массы (ДВМ);

- приготовление рабочих растворов и составов химических веществ;
- смешивание древесноволокнистой массы с рабочими растворами и составами химических веществ;
- формирование древесноволокнистого ковра;
- горячее прессование или сушка древесноволокнистых полотен (ковра в прессах непрерывного действия);
- термообработка плит (кроме мягких плит);
- кондиционирование и увлажнение плит (кроме мягких плит);
- сортировка, форматная резка, обработка поверхности и хранение готовых плит.

– Первоначально рассмотрим одинаковые технологические стадии получения древесноволокнистых плит при мокром и сухом способе их производства.

На стадии **приготовления и дозирования древесноволокнистой массы** выполняют следующие технологические операции:

- получение древесных волокон;
- разбавление волокон водой;
- дозирование разбавленной древесноволокнистой массы.

Разделение древесины на волокна (размол древесины) – это одна из ответственных операций в технологии производства древесноволокнистых плит. От качества и степени размола зависят дальнейшие технологические процессы и качество готовых плит.

В производстве древесноволокнистых плит размол древесины проводят под воздействием температуры, воды и давления в специальном оборудовании. Установлено, что при таком воздействии образуются древесные волокна, обеспечивающие высокое качество плит.

Структурная характеристика древесноволокнистой массы после размола подбирается оптимальной для конкретного производства.

Размол древесной щепы при производстве древесноволокнистых плит мокрым способом обычно проводят в две ступени. В производстве плит с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы (Т-С, Т-СП, Т-СВ, СТ-С) применяют и третью ступень размола.

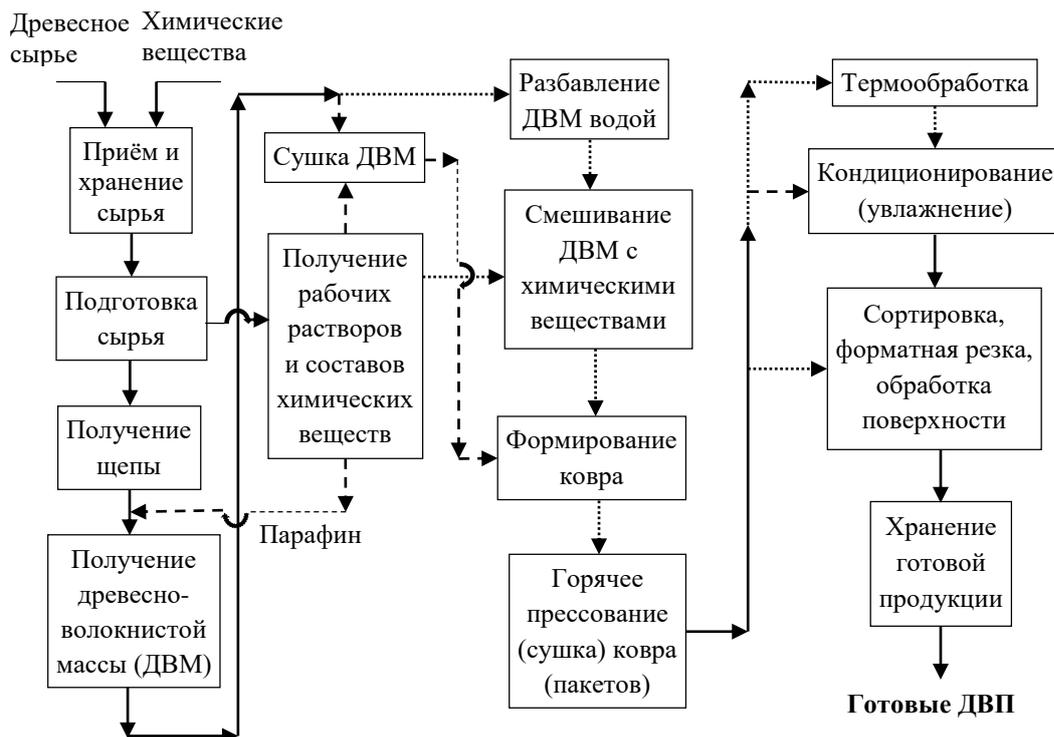


Рис. 3.2. Общая структурная схема производства древесноволокнистых плит:

— — мокрый и сухой способы производства; ··· — мокрый способ;

--- — сухой способ

На первой ступени размла наибольшее применение из размольного оборудования нашли дефибраторы.

На второй ступени размла применяют рафинеры (мельницы размла массы) для получения ДВМ тонкого помола с целью образования более тонких волокон с высокой удельной поверхностью. Полученную рафинаторную массу винтовым конвейером направляют для хранения и усреднения в массные бассейны.

На третьей ступени размла из размольного оборудования применяют голлендеры или конические мельницы.

Для получения волокна из однолетних растений (багасса и другие), макулатуры используют специальное оборудование.

В современных технологиях получения древесноволокнистых плит сухим способом древесноволокнистую массу получают термообработкой с ударным воздействием в специальном оборудовании.

Наибольшее распространение получила оценка степени помола древесной массы в единицах ДС (дефибратор-секунда). Суть метода заключается в определении времени обезвоживания в секундах 10 л древесной массы с концентрацией древесных волокон 1,28 %.

Для получения твердых древесноволокнистых плит с необлагороженной поверхностью степень размола после первой ступени составляет 12–16 ДС, после второй – 20–28 ДС, а после третьей – 87–110 ДС.

Масса грубого помола после дефибраторов имеет малую степень фибриллированности (расчесанности, разработанности) и большое количество нерасщепленных (нефибриллированных) волокон.

Такая масса быстро обезвоживается и образует рыхлый древесноволокнистый ковер, приводя к получению древесноволокнистых плит с низкими физико-механическими свойствами.

Масса тонкого помола состоит из хорошо фибриллированных волокон, она медленно обезвоживается, дает плотный ковер и позволяет получать прочные плиты.

Большое значение имеет длина волокон в ДВМ. Если волокна сильно изрублены и укорочены, возможно образование «мертвого размола» – сыпучей массы, в которой волокна не переплетаются (не свайлачиваются), и из них будет формироваться ковер низкого качества.

Большинство древесных волокон имеет следующие размеры: длина – 0,4–5 мм; толщина – 0,008–0,4 мм.

Оценивать качество ДВМ необходимо комплексно, сочетая определение степени размола с ее фракционным составом. Большинство приборов для фракционирования основано на пропуске определенного количества разбавленной ДВМ через сита с различными отверстиями.

Контроль качества ДВМ оценивают в лаборатории систематическими анализами степени размола, фракционного состава и концентрации ДВМ. В некоторых лабораториях определяют среднюю удельную поверхность волокон в полученной ДВМ. На современных предприятиях постоянный мониторинг качества волокнистого материала ведется при помощи видеокамер, путем измерения контрастности проб.

Качество приготовленной ДВМ зависит от многих технологических факторов, в том числе от:

- породы древесины;
- качества древесной щепы;
- температуры и продолжительности пропарки щепы;
- температуры и давления насыщенного пара при пропарке щепы;
- геометрии и степени износа размольной гарнитуры дефибраторов и рафинеров;
- и других.

Дальнейшие технологические стадии и операции получения древесноволокнистых плит различаются при разных способах их получения (мокрый или сухой способ).

Рассмотрим эти особенности, начиная с исторически первого промышленного способа получения древесноволокнистых плит мокрым способом.

3.1. Технологии производства ДВП мокрым способом

Древесноволокнистые плиты мокрого способа производства, изготовляемые из древесного волокна, смешанного с упрочняющими и гидрофобными добавками, предназначены для применения в строительстве, радиопромышленности, вагостроении, производстве мебели, торгового оборудования, тары, столярных и других изделий и конструкций, защищенных от увлажнения [22].

По межгосударственному стандарту ГОСТ 4598–2018 [22], древесноволокнистые плиты мокрого способа производства в зависимости от назначения подразделяются на твердые и мягкие.

Твердые плиты в зависимости от прочности, плотности и вида лицевой поверхности подразделяют на марки [22]:

- Т – твердые плиты с необлагороженной лицевой поверхностью;
- Т-В – твердые плиты с необлагороженной лицевой поверхностью и повышенной водостойкостью;
- Т-С – твердые плиты с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- Т-СВ – твердые плиты с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы повышенной водостойкости;
- 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-С – твердые плиты повышенной прочности (сверхтвердые) с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- НТ – твердые плиты пониженной плотности (полутвердые);
- НТ-С – полутвердые плиты с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;
- НТ-П – полутвердые плиты с подкрашенным лицевым слоем;
- НТ-СП – полутвердые плиты с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы.

Твердые плиты марок Т, Т-С, Т-П, Т-СП в зависимости от уровня физико-механических показателей подразделяют на группы качества

А и Б. По качеству поверхности плиты этих марок подразделяют на I и II сорта.

Мягкие плиты в зависимости от плотности подразделяют на марки М-1, М-2 и М-3.

Плиты марок СТ, Т-В, Т-СВ допускается применять для покрытия полов, в конструкциях наружных и балконных дверей с последующей отделкой лакокрасочными материалами.

Коэффициент теплопроводности мягких плит (справочное значение), Вт/(м*К):

- 0,05 – для плит марки М-3;
- 0,07 – для плит марки М-2;
- 0,09 – для плит марки М-1.

По ГОСТ 4598–2018, значения показателей физико-механических свойств плит мокрого способа производства должны соответствовать нормам, указанным в табл. 3.2 [22].

Предельно допустимые нормы содержания формальдегида в плитах и выделения формальдегида в воздух для классов эмиссии E0,5, E1 и E2 не должны превышать значений, указанных в табл. 3.3 [22]. Плиты, изготовленные без формальдегидсодержащих материалов, относят к классу E0,5 без испытаний.

Условное обозначение древесноволокнистых плит должно состоять из марки, группы качества, сорта, класса эмиссии формальдегида, размеров по длине, ширине, толщине и обозначения стандарта ГОСТ 4598–2018.

Приведем примеры условного обозначения плит по ГОСТ 4598–2018 [22]:

– плита твердая с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы (Т-СП), группы качества Б, II сорта, класса эмиссии формальдегида E1, с номинальными размерами 3050×2140×3,2 мм:

ДВП, Т-СП, гр. Б, II с, E1, 3050×2140×3,2 ГОСТ 4598–018;

– плита твердая повышенной прочности с номинальными размерами 3050×1220×4,0 мм:

ДВП, СТ, E1, 3050×1220×4,0 ГОСТ 4598–2018;

– плита мягкая с плотностью от 300 до 400 кг/м³ с номинальными размерами 1800×1220×12,0 мм:

ДВП, М-1, E1, 1800×1220×12 ГОСТ 4598–2018.

Таблица 3.2

Нормы физико-механических свойств ДВП мокрого способа производства

Наименование показателя	Норма для плит марок							
	СТ, СТ-С	Т-В, Т-СВ	Т, Т-П, Т-С, Т-СП		НТ-П, НТ-С, НТ-СП	М-1	М-2	М-3
			Группа А	Группа Б				
1. Плотность, кг/м ³	950–1100	850–1100	850–1100	800–1100	не менее 600	200–400	200–350	100–200
2. Предел прочности при изгибе, МПа: Т _н , не менее	47	40	38	33	15	1,8	1,1	0,4
3. Разбухание по толщине за 24 ч, %, не более	13	10	20	23	30	Не нормируется		
4. Влажность, % <i>m_n</i>	3	4	4	4	3	Не нормируется		
	10					12		
5. Водопоглощение за 2 ч, % <i>m_в</i>	Не нормируется					34		
6. Водопоглощение лицевой поверхностью за 24 ч, %, не более	7	7	11	13	25	Не нормируется		
7. Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа, не менее	0,40	0,35	0,32	Не нормируется				

В ГОСТ 4598–2018 сформулированы требования к качеству поверхности ДВП мокрого способа производства, наличию у них углублений (выступов), сколов, повреждения кромок, уровню удельной активности радионуклидов цезия-137.

Структурная и технологическая схемы производства твердых и сверхтвердых ДВП мокрым способом представлены на рис. 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

Предельно допустимые нормы содержания формальдегида в ДВП

Класс эмиссии формальдегида	Метод испытаний	Предельно допустимая норма формальдегида	Назначение испытаний
E0,5	Камерный метод по ГОСТ 30255	До 0,08 мг/м ³ воздуха включительно	Квалификационные и контрольные испытания
	Газоаналитический метод по ГОСТ 32155	До 0,8 мг/м ² ч включительно	Производственный контроль
E0,5	Перфораторный метод по ГОСТ 27678	До 4,0 мг/100 г абс. сухой плиты	Производственный контроль, квалификационные и контрольные испытания
E1	Камерный метод по ГОСТ 30255	Свыше 0,08 мг/м ³ до 0,124 мг/м ³ воздуха	Квалификационные и контрольные испытания
	Газоаналитический метод по ГОСТ 32155	Свыше 0,8 до 1,5 мг/м ² ч включительно	Производственный контроль
	Перфораторный метод по ГОСТ 27678	Свыше 4,0 до 8,0 мг/100 г абс. сухой плиты включительно	Производственный контроль, Квалификационные и контрольные испытания
E2	Камерный метод по ГОСТ 30255	Свыше 0,124 мг/м ³ воздуха до 0,3 мг/м ³ включительно	Квалификационные и контрольные испытания
	Газоаналитический метод по ГОСТ 32155	Свыше 1,5 до 3,5 мг/м ² ч включительно	Производственный контроль
	Перфораторный метод по ГОСТ 27678	Свыше 8,0 до 30 мг/100 г абс. сухой плиты включительно	Производственный контроль, квалификационные и контрольные испытания

Для технологии получения ДВП мокрым способом выделяют следующие стадии технологического процесса.

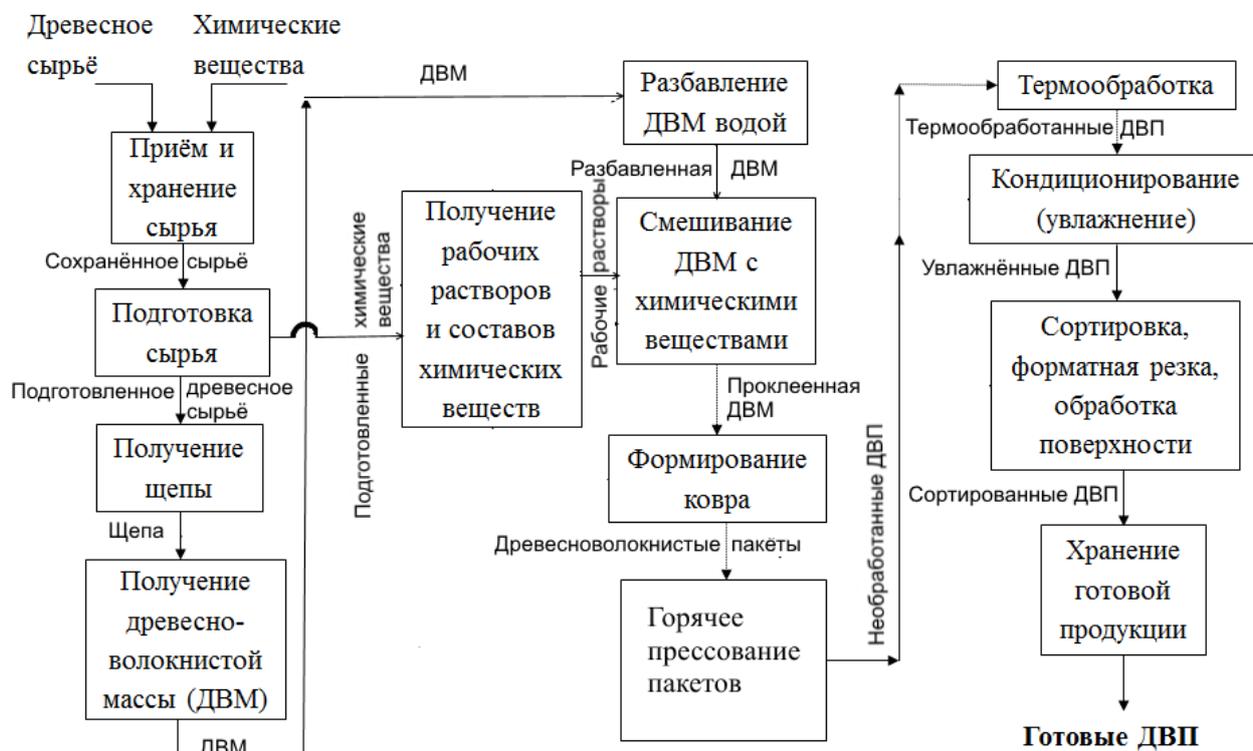


Рис. 3.3. Структурная схема процесса производства твердых и полутвердых древесноволокнистых плит мокрым способом производства

1. Складирование сырья;
2. Подготовка сырья;
3. Приготовление и дозирование древесноволокнистой массы (ДВМ);
4. Приготовление и введение химических веществ в волокнистую массу;
5. Мокрое формирование древесноволокнистого ковра и резка его на полотна;
6. Мокрое горячее прессование полотен;
7. Пропитка твердых плит маслом (при получении сверхтвердых плит);
8. Термообработка плит;
9. Увлажнение (кондиционирование) плит;
10. Форматная резка, сортировка, обработка и складирование готовых плит.

В производстве твердых и сверхтвердых ДВП на стадии **подготовки древесного сырья** выполняют следующие технологические операции:

1. Разделка круглых лесоматериалов на размеры, соответствующие приемному патрону рубительной машины;
2. Рубка круглых лесоматериалов и кусковых древесных отходов на щепу;
3. Сортировка щепы;
4. Доизмельчение крупной фракции щепы;
5. Извлечение из щепы металлических включений;
6. Мойка щепы;
7. Промежуточное хранение кондиционной щепы.

При выполнении операций 1–4 достигают тех же целей и используют такое же оборудование, как и при выполнении аналогичных операций в производстве древесностружечных плит. Контроль качества этих операций аналогичен производству древесностружечных плит. Образующиеся при этих операциях древесные отходы направляются на сжигание.

Мойку щепы водой (гидромойку) проводят в специальных установках для мойки щепы различных конструкций.

Основное назначение стадии гидромойки щепы – это смыв грязи, песка и других включений, в т. ч. металлических. Контроль качества операции гидромойки щепы оценивается по систематическим результатам определения в лаборатории содержания в щепе минеральных включений.

Во время гидромойки, помимо механических процессов отделения древесного вещества от минерального, происходят физико-химические процессы набухания древесины в воде. Промывка щепы водой создает более благоприятные условия для работы размольного оборудования.

Для промежуточного хранения кондиционная щепа конвейерами подается в бункеры запаса кондиционной щепы (должны обеспечивать запас до 36 ч работы технологической линии) либо в расходные бункеры размольного оборудования (запас не менее 2 ч работы размольного оборудования). При промежуточном хранении щепы происходят процессы выравнивания влажности между промытой кондиционной щепой и немойтой щепой собственного производства.

В современных проектах предлагается подвергать гидромойке только привозную технологическую щепу с целью экономии воды и средств на утилизацию или оплату экологических штрафов за сброс выделенных загрязнений.

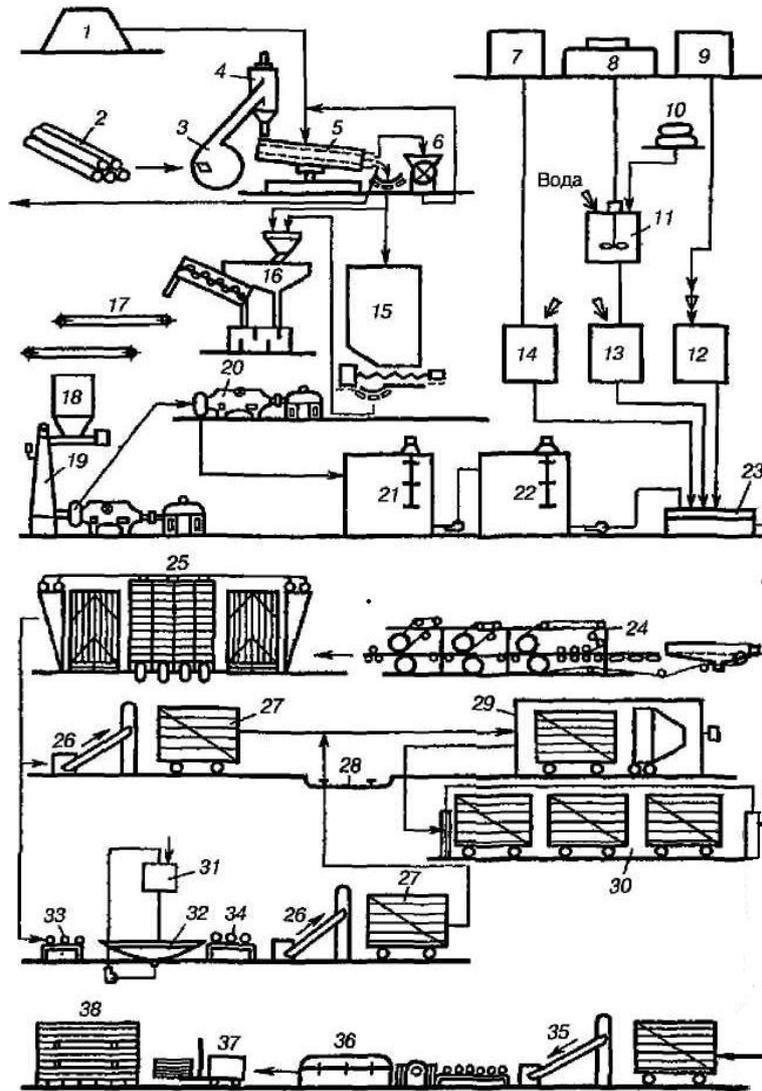


Рис. 3.4. Технологическая схема производства твердых и сверхтвердых древесноволокнистых плит: 1 – щепа; 2 – круглая древесина и кусковые отходы; 3 – рубительная машина; 4 – циклон; 5 – сортировка щепы; 6 – дезинтегратор; 7 – емкость для связующего; 8 – емкость для парафина; 9 – емкость для серной кислоты; 10 – мешки с эмульгатором; 11 – эмульсатор; 12, 13, 14 – расходные емкости соответственно для осадителя, парафиновой эмульсии, связующего; 15 – бункер щепы; 16 – установка для мойки щепы; 17 – ленточные конвейеры; 18 – расходный бункер щепы дефибратора; 19 – дефибратор; 20 – рафинатор; 21 – рафинаторный бассейн; 22 – массный бассейн; 23 – ящик непрерывного проклеивания; 24 – отливная машина; 25 – пресс; 26, 35 – загрузочное и разгрузочное устройства; 27 – вагонетка; 28 – траверсный путь; 29 – камера термообработки; 30 – камера увлажнения; 31 – емкость для пропитывающего состава; 32 – пропиточная машина; 33, 34 – роликовые конвейеры; 36 – форматно-обрезная установка; 37 – электропогрузчик; 38 – склад готовой продукции

На стадии **разбавления ДВМ водой и дозирования разбавленной древесноволокнистой массы** в циклоне дефибратора после отделения пара концентрация ДМ возрастает до 50 %. Добавляя в циклон воду, ДМ разбавляют перед второй ступенью размола до 4–12 %. После второй ступени размола ДВМ направляется в рафинаторные массные бассейны, где разбавляется водой.

Массные бассейны представляют собой горизонтальные или вертикальные железобетонные конструкции объемом 50–150 м³, снабженные лопастными или струйными мешалками. При хранении концентрация ДВМ в бассейне доводится до 3–4 %. При подаче на стадию формирования ковра концентрация ДМ должна составлять 0,9–1,8 %. Дозирование разбавленной древесноволокнистой массы осуществляется специальными массными насосами.

На стадии **приготовления и введения химических веществ в волокнистую массу** выполняют следующие технологические операции:

1. Приготовление и дозирование гидрофобной эмульсии;
2. Приготовление и дозирование рабочего раствора осадителя;
3. Приготовление и дозирование рабочего раствора связующего (смолы);
4. Приготовление и дозирование специальных добавок;
5. Введение химических веществ в волокнистую массу.

Гидрофобизаторы в технологии ДВП, помимо своей основной функции водоотталкивания и снижения водопоглощения плит, выполняют и другие функции: снижают прилипание древесноволокнистого ковра к металлическим листам плит горячего пресса и транспортным сеткам; придают блеск лицевой поверхности ДВП.

Используемые в производстве ДВП гидрофобизаторы (технические парафин, гач, церезин и другие) представляют собой твердую массу с преобладающим содержанием насыщенных нециклических углеводов гомологического ряда от C₁₉H₄₀ и выше. Эти вещества не растворяются в воде и их применяют в технологии производства ДВП мокрым способом в форме специально полученных в воде эмульсий.

Для получения устойчивых тонкодисперсных эмульсий гидрофобизаторов в воде наиболее эффективна олеиновая кислота с аммиаком. На отечественных предприятиях для снижения себестоимости ДВП в качестве эмульгаторов применяют отходы целлюлозно-бумажной промышленности (сульфатное мыло, сульфитно-бардяную бражку и др.).

Установлено, что в водных эмульсиях диспергированные частички гидрофобизатора, окруженные слоем эмульгатора, несут на своей поверхности отрицательный заряд.

Приготовление гидрофобных эмульсий не отличается от подобного процесса в технологии древесностружечных плит. После приготовления эмульсии в эмульгаторе она разбавляется водой до концентрации 6–10 % и перекачивается в соответствующую расходную емкость. Из расходной емкости насосом эмульсия подается через дозаторы в ящик непрерывного проклеивания или в смесительный насос для смешения с рабочим раствором олигомера. Дозирование эмульсии должно обеспечить содержание в ДВП гидрофобизатора 0,5–1,0 % по массе. При превышении дозировки происходит ослабление межволоконных связей и ухудшение физико-механических свойств плит.

В случаях, когда при получении волокон используется в основном древесина хвойных пород, теоретически можно отказаться от введения гидрофобизаторов при производстве твердых ДВП. Роль гидрофобизаторов в этом случае выполняют смоляные кислоты древесины.

Основное назначение осадителей состоит в осаждении из воды на древесные волокна гидрофобных веществ, олигомеров, смоляных кислот древесины хвойных пород в результате протекания процессов коагуляции.

Химизм процесса коагуляции заключается в создании с помощью осадителей в древесноволокнистой массе кислой среды с рН 4,5–5,0. В кислой среде происходит перезарядка поверхности коллоидных частиц гидрофобизатора и олигомера и они приобретают положительный заряд. Поскольку поверхность древесных частиц в воде имеет слабый отрицательный заряд, то в слабокислой среде начинается слипание древесных волокон с частицами гидрофобизаторов и олигомеров. Химические вещества осаждаются на волокнах не сплошной пленкой, а в форме маленьких капелек, покрывая лишь небольшую часть поверхности волокна.

Выбор осадителя зависит от свойств ДВМ, гидрофобных эмульсий и олигомера.

Из осадителей наибольшее применение находит серная кислота. Рабочий раствор серной кислоты получают путем разбавления водой в бачке-разбавителе исходной кислоты до концентрации 1,5–3,0 %. Из бачка-разбавителя рабочий раствор серной кислоты через дозатор направляется в ящик непрерывного проклеивания.

Концентрация рабочего раствора серной кислоты выше 3 % нежелательна, так как это может привести к появлению пятен на поверхности готовых ДВП, прилипание отпрессованных плит к глянцевым листам и транспортным сеткам при горячем прессовании. На некоторых

предприятиях применяют смесь серной кислоты с сульфатом алюминия 10 %-й концентрации.

Расход осадителя зависит от достижения величины рН проклеенной ДМ (рН 4,0–4,5) и обычно составляет около 1 % от массы абсолютно сухого волокна.

Основное назначение связующего состоит в повышении механической прочности и постоянной водостойкости ДВП.

В производстве ДВП мокрым способом в мире в качестве связующих в основном используют водорастворимые терморезистивные фенолформальдегидные олигомеры.

Механизм их действия заключается в протекании реакций отверждения под воздействием катализаторов (протонов, ионов металлов) и температуры. В результате реакций отверждения возникают прочные когезионные химические связи внутри капель олигомера и адгезионные связи этих капель с поверхностью волокон.

Поэтому часто олигомеры в технологии ДВП называют упрочняющими добавками или клеями.

Приготовление рабочего раствора олигомера заключается в разбавлении его водой в специальных емкостях с мешалкой до рабочей концентрации 5–10 %.

Приготовленный рабочий раствор олигомера через дозатор подается в ящик непрерывного проклеивания.

Расход рабочего раствора олигомера зависит от:

- вида изготавливаемых плит;
- породного состава древесины;
- качества ДВМ.

Обычно содержание олигомера в ДВП не превышает 2 % от массы абсолютно сухого волокна и находится в пределах 0,8–1,4 %. Для обеспечения качества ДВП повышенный расход олигомера необходим при увеличении в древесной щепе доли листовенной древесины и гнили. При использовании преимущественно хвойной древесины (содержание листовенной древесины менее 30 %) теоретически можно даже отказаться от применения олигомера в производстве ДВП.

С приготовлением и дозированием специальных добавок (антипиренов, биоцидов, красителей и др.) для производства огне-, био-, атмосферостойких и других ДВП со специальными свойствами можно познакомиться в книгах А. А. Леоновича [13].

Химические вещества вводят в волокнистую массу в специальных устройствах – ящиках непрерывного проклеивания. При производстве

ДВП с лицевым слоем из тонкодисперсной массы используют два ящика: ящик для основной массы и ящик для отделочной массы.

Конструкция ящика для проклейки основной массы выполнена из кислотостойкой стали, имеет продолговатую форму объемом, например, 8 м³ и длиной 4 м. Ящик разделен вдоль на 2 соединяющиеся между собой камеры, снабженные мешалками.

Древесная масса по трубопроводу поступает в ящик проклейки и протекает последовательно по камерам. В начале движения ДВМ в ящике в нее вводят растворы гидрофобной эмульсии и олигомера и только затем на расстояния не менее 1,5 м вводят раствор осадителя.

Коэффициент удерживания волокнами химических веществ в ящике проклейки составляет 70–80 %.

Из ящика проклеенная древесная масса по трубопроводу подается на стадию мокрого формирования древесноволокнистого ковра.

Качество проклейки определяется в лаборатории по содержанию химических веществ в проклеенной ДВМ.

На стадии **мокрого формирования древесноволокнистого ковра и резки его на полотна** выполняют отлив, формирование и резку древесноволокнистого ковра при следующих технологических операциях:

1. Истечение проклеенной ДВМ на формующую сетку.
2. Свободная фильтрация воды на сетке.
3. Вакуумный отсос воды.
4. Механический отжим воды.
5. Обрезка продольных кромок ковра.
6. Поперечная резка ковра на полотна.

В процессах отлива и формирования древесноволокнистого ковра на сетке несвязанная вода проходит через сетку, а волокна, оседая на ней, сцепляются и переплетаются. При вакуумном и механическом отжиме волокна все более сближаются друг с другом и между ними возникают межволоконные взаимодействия. При относительной влажности 68–72 % (сухости 32–28 %) ковер приобретает механическую прочность и становится транспортабельным.

На современных производствах ДВП все технологические операции данной стадии выполняют на отливных машинах непрерывного действия, которые по конструкции делят на круглосеточные и плоскосеточные машины. Наибольшее распространение получили плоскосеточные машины.

Конструкция плоскосеточной отливной машины может быть различной в зависимости от изготовителя, но ее основными узлами являются:

- напускной ящик;
- регистровая и отсасывающие части;
- форпресс;
- прессовая часть;
- пилы для резки ковра.

Напускной ящик служит для приема из ящика непрерывного проклеивания проклеенной ДВМ, равномерного налива ее на движущуюся сетку отливной машины. Навпускной ящик снабжен горизонтальной мешалкой и резиновым фартуком в месте слива массы.

Регистровая и отсасывающая части – это участок интенсивного удаления воды и формирования волокнистого ковра. При движении сетки по регистровым валикам диаметром 100 мм происходит свободное стекание воды в бассейн оборотной воды. В отсасывающей части обезвоживание происходит под воздействием вакуума. Для этого под сеткой в этой зоне отливной машины установлены отсасывающих устройства – ротабельты или вирабельты.

Ротабельт представляет собой трехсекционный металлический ящик, верхняя часть которого покрыта нержавеющей стальными пластинами с отверстиями, а на боковой части имеются трубы для подключения к вакуум-насосу. На поверхности ротабельта установлена вращающаяся непрерывная резиновая перфорированная лента. Вода, отсасываемая вакуумной установкой, поступает через ресивер в бассейн оборотной воды.

Для механического отжима воды и подпрессовки (обеспечения заданной толщины древесноволокнистого ковра) предназначены форпресс и прессовая часть отливной машины.

Форпресс состоит из 3–4 пар валов диаметром 250–300 мм. Нижние валы неподвижны, а верхние перемещаются в вертикальном направлении и обеспечивают давление на ковер.

За форпрессом обычно устанавливают 2–3 пары прессовых валов диаметром 700 мм (гауч-пресс), которые под действием гидравлического прижима могут перемещаться в вертикальном положении, создавая давление на ковер.

Узел резки состоит из двух параллельно расположенных пил для обрезки боковых кромок ковра и одной круглой пилы для разрезки его на отдельные полотна. Длина и ширина полотен обычно на 30–60 мм больше длины и ширины готовых ДВП.

Полученные полотна с помощью механических конвейеров поступают на стадию мокрого горячего прессования.

Оборотная вода в бассейне имеет достаточно высокое содержание волокон – до 1600 мг/л. Ее подвергают очистке с помощью фильтров, волокнуоулавливателей, отстойников. Выделенное волокно (скоп) возвращают в процесс, например, для получения лицевого слоя ДВП. Вода, отделенная от скопа, подается на очистные сооружения.

Качество сформированного древесноволокнистого ковра, равномерность распределения волокон, влажность, транспортабельная прочность зависит от многих факторов, например, от:

- породного и фракционного состава древесных волокон;
- концентрации ДВМ в напускном ящике;
- температуры воды в ДВМ;
- скорости налива ДВМ на сетку отливной машины;
- скорости движения сетки отливной машины;
- величины вакуума в отсасывающей части отливной машины;
- и других.

На стадии **мокрого горячего прессования полотен** выполняют следующие технологические операции:

- загрузка полотен в пресс;
- мокрое горячее прессование полотен;
- выгрузка отпрессованных плит.

Стадия мокрого прессования является основной стадией производства ДВП, определяющей качество выпускаемых плит и производительность технологической линии.

При мокром способе производства наибольшее распространение получили горячие гидравлические многоэтажные прессы периодического действия с загрузочно-разгрузочными этажерками. Число этажей прессы – от 15 до 30. Размер горячих плит прессы различен, но преобладают размеры 1200×5500, 1700×5500, 2140×6100 мм.

Поступающие по конвейеру полотна с помощью систем механизации укладываются на металлические транспортные листы (поддоны) и помещенные на них сетки (либо на сеточно-рамочные поддоны) и далее по одному загружаются в проемы многоэтажной загрузочной этажерки. После размыкания плит горячего прессы полотна на транспортных листах и сетках перемещаются на верхние поверхности греющих плит прессы.

Во время горячего прессования влажное древесноволокнистое полотно под воздействием высокой температуры и давления превращается в ДВП вследствие протекания различных физических и химических процессов.

Считают, что в начальной фазе горячего прессования набухшие и пластифицированные в воде волокна под действием давления сближаются и вытесняют воду в межволоконном пространстве. При этом в основном происходит механический отжим из полотна около 33 % содержащейся в нем воды. Вода перемещается от верхнего слоя полотна к нижнему, проходит через сетку и сливается с поддона самотеком. Температура полотна возрастает, в наибольшей степени для верхнего слоя. Средняя влажность полотна уменьшается до 45 %.

На следующей стадии начинается преобладание удаления воды из полотна за счет образования и удаления пара. Сначала вода испаряется из крупных пор, затем из межволоконного пространства, капилляров и стенок клеток волокон. Температура полотна не изменяется до тех пор, пока влажность не упадет ниже точки насыщения волокна. Удаление воды и пара приводит к дальнейшему сближению волокон и упрочнению межволоконных связей.

На конечной фазе прессования вода полностью испаряется, влажность полотна приближается к 1 %, а его температура – к температуре плит горячего пресса 200–215 °С. Под действием давления волокна сближаются еще больше и между ними реализуются различные физические и химические взаимодействия: водородные связи, силы Ван дер Ваальса, ковалентные химические связи.

Существуют различные гипотезы о химизме процессов, протекающих при мокром горячем прессовании. Согласно этим гипотезам, под воздействием воды, пара, температуры и давления в древесных волокнах происходят изменения химического строения целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина в результате реакций гидролиза, окисления, этерификации, деструкции, конденсации, радикальной полимеризации. Молекулы синтетического олигомера отверждаются и, превращаясь в сетчатый нерастворимый полимер, участвуют в образовании прочных когезионных и адгезионных связей для сцепления волокон.

Качество отпрессованных ДВП зависит от многих факторов, в т. ч. от:

- качества древесного волокна (породного и фракционного состава);
- вида и содержания в проклеенном волокне химических веществ;
- влажности и толщины древесноволокнистого полотна;
- диаграммы прессования.

Весь период (цикл) прессования разделяется на три фазы: отжим, сушку, закалку (рис. 3.5).

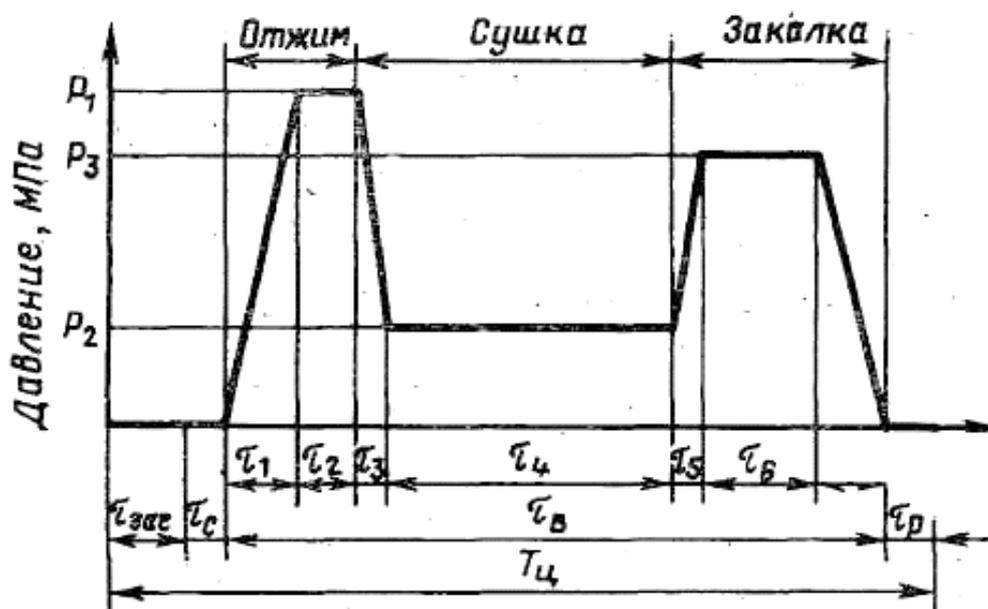


Рис. 3.5 Диаграмма мокрого горячего прессования при производстве ДВП мокрым способом

Время загрузки пресса ($\tau_{\text{загр}}$) и выгрузки составляет примерно 1 мин. Суммарное время смыкания ($\tau_{\text{см}}$) и подъема давления до максимального (τ_1) – не более 1,5 мин. Время выдержки при максимальном давлении (τ_2) подбирают опытным путем (не более 30 с), чтобы общее время фазы отжима ($\tau_1 + \tau_2$) было как можно коротким, но обеспечивало снижение влажности полотна до 45–50 %. Обычно продолжительность фазы отжима составляет 50–90 с.

Оптимальное максимальное давление для фазы отжима составляет 5,0–5,5 МПа. Установлено, что интенсивное удаление воды из полотен происходит при нарастании давления до 2,0–2,5 МПа. Дальнейшее повышение давления благоприятно сказывается на качестве готовых ДВП.

Для перехода к фазе сушки снижают давление прессования, чтобы создать благоприятные условия для удаления пара из полотен. Время сброса давления (τ_3) составляет 15 с. Во время фазы сушки вода из полотен удаляется до тех пор, пока не прекратится выделение пара из полотен и относительная влажность полотен не составит 7 %. Общее время фазы сушки, $\tau_3 + \tau_4$ (выдержка при давлении фазы сушки), находится в пределах 3,5–7 мин в зависимости от качества ДВП, толщины полотен, температуры плит горячего пресса.

Для обеспечения равномерного выделения пара из полотна давление в период сушки поддерживают постоянным на уровне 0,8 МПа.

В фазе сушки температура верхнего слоя полотна приближается к температуре плит горячего пресса, а температура среднего слоя несколько ниже. Температура нижнего слоя полотна в начале фазы сушки имеет величину порядка 100...120 °С, которая в ходе сушки возрастает, приближаясь в конце фазы к температуре плит пресса.

В фазе закалки полотна выдерживают до 3 мин при повышенном давлении (4,2–5,5 МПа) и температуре, доводя влажность полотен до 0,5–1,5 %.

При использовании в производстве ДВП только качественного хвойного сырья продолжительность фазы закалки, как сумму времени подъема давления до максимального, выдержки при максимальном давлении фазы закалки и сброса давления до нуля ($\tau_5 + \tau_6 + \tau_7$), можно сократить или исключить эту фазу.

Общее время выдержки полотен под давлением при повышенной температуре (τ_v) зависит от доли в волокне древесины лиственных пород, необходимой толщины и плотности готовых ДВП. Это время может находиться в диапазоне 7–10 мин для твердых ДВП толщиной 3,2 мм. Время размыкания плит пресса составляет 20–30 с.

Контроль качества отпрессованных ДВП осуществляют в лаборатории по плотности, толщине и другим физико-механическим показателям плит.

Выгрузка из пресса отпрессованных ДВП производится в многоэтажную разгрузочную этажерку одновременно с загрузкой полотен. С помощью системы конвейеров отпрессованные плиты отделяются от транспортных листов и сеток. При производстве твердых ДВП с помощью загрузочного устройства плиты укладываются на полки 100-полочной вагонетки и направляются на стадию термообработки. При производстве сверхтвердых ДВП отпрессованные плиты системой конвейеров передаются на стадию пропитки твердых плит маслом.

Стадия **пропитки твердых плит маслом** реализуется только при получении сверхтвердых ДВП. Твердые плиты пропитывают высушающими маслами для повышения их прочности и водостойкости. Высушающие масла имеют в своем составе не только гидрофобные, но и непредельные группировки, которые способны к образованию дополнительных химических связей между волокнами плиты.

Линия пропитки плит маслом находится в изолированном помещении и обычно включает в себя:

- входной роликовый конвейер;
- пропиточную машину;
- выходной роликовый конвейер;
- загрузочное устройство.

Пропиточная машина состоит из ванны, наполненной пропитывающим маслом, и системы подающих роликов. Масло постоянно циркулирует в системе: ванна – маслбак – циркуляционный насос – маслоподогреватель – ванна. Масло в ванне имеет температуру 120...130 °С.

На пропитку маслом подают горячие плиты, только что вышедшие из горячего пресса. С помощью транспортных устройств горячие плиты подаются во входную камеру пропиточной машины и в ходе их движения верхней неподвижной и нижней вращающейся щетками поверхности плит очищаются от пыли и загрязнений. Снятая пыль и загрязнения удаляются системой пневмотранспорта, а очищенная плита роликовым конвейером подается в ванну. Время пропитки плиты горячим маслом регулируется уровнем масла в ванне и скоростью вращения подающих валиков. Продолжительность пропитывания зависит от толщины плит и составляет 35–55 с. Расход масла составляет (10 ± 2) % от массы плиты. Для пропитки обычно используют смесь таллового и льняного масел в соотношении 60 : 40 или таловое масло с добавкой свинцово-марганцевого сиккатива в соотношении 93,5 : 6,5.

После выхода из пропиточной машины пропитанные плиты роликовым конвейером подаются в загрузочное устройство, с помощью которого загружаются в 100-полочную вагонетку и направляются на стадию термообработки.

Стадия **термообработки плит** (часто ее называют стадией закалки плит) предназначена для повышения водостойкости и прочности при изгибе твердых и сверхтвердых ДВП при воздействии высокой температуры порядка 160...170 °С. Улучшение этих показателей происходит в результате процессов термохимических превращений компонентов древесины, масел (в сверхтвердых плитах), доотверждения олигомера, которые приводят к росту числа и прочности межволоконных связей в плите.

Для термообработки применяют специальные камеры периодического или непрерывного действия. На отечественных предприятиях наибольшее распространение получили камеры периодического действия различных конструкций, в состав которых входят:

- стальные несущие стены с внутренней изоляцией, дверями с противовзрывными клапанами;

- осевой вентилятор;
- нагреватель воздуха;
- оборудование для впрыска холодной воды, тушения пожара;
- контрольно-измерительные приборы (КИП).

После загрузки вагонетки в камеру термообработки двери камеры закрываются. Вентилятор подает воздух в нагреватель воздуха, где с помощью теплоносителей (перегретая вода, и др.) воздух нагревается до 170 °С. Нагретый воздух поступает в нижнюю часть этажерки и отводится через канал в верхней части камеры. Необходимо добиваться равномерной скорости движения воздуха по всему потоку (примерно 5 м/с) при температуре 165 °С. Несоблюдение этих условий может привести к пожару.

Для плит, пропитанных маслом, температура воздуха должна быть снижена, так как реакция высыхания масла экзотермическая и за счет нее температура в камере термообработки повысится.

Продолжительность термообработки зависит от толщины плит и составляет 3–4 ч.

После завершения термообработки и выгрузки вагонеток из камеры они выдерживаются до снижения температуры термообработанных плит до 80...100 °С и затем поступают на стадию увлажнения (акклиматизации) плит.

Термообработанные плиты имеют высокую температуру, низкую влажность и пористую структуру. Они начинают адсорбировать пары воды из окружающего воздуха. В плотных пакетах (стопках) плит вода преимущественно адсорбируется по краям плит, увеличивая линейные размеры периферийных зон плит, создавая внутренние напряжения и волнистость поверхности. Для создания формоустойчивости плит необходимо их акклиматизировать, охлаждая и создавая равномерную по объему влажность плит. Этих целей добиваются за счет увлажнения плит.

Для увлажнения плит применяют увлажнительные машины и камеры. На отечественных предприятиях наибольшее распространение получили увлажнительные камеры проходного типа, рассчитанные на одновременное размещение 2–3 вагонеток.

Камера изготовлена из железобетона. Движение воздуха осуществляется осевым вентилятором. В камеру подводят воду и пар и автоматически поддерживают у воздуха температуру 65 °С и влажность 95 %. Температура ДВП перед загрузкой в камеру увлажнения должна быть ≤ 60 °С. Плиты подвергают увлажнению 6–8 ч. После завершения увлажнения первая вагонетка выгружается из камеры и загружается

новая. Выгруженные вагонетки направляются на стадию форматной резки, обработки и складирования готовых плит.

На стадии **форматной резки, сортировки, обработки и складирования готовых плит** достигают следующих целей:

- получают плиты заданных размеров по длине и ширине;
- кондиционируют плиты для выравнивания внутренних напряжений;
- получают плиты с механически обработанной поверхностью.

Поступившие со стадии увлажнения плиты в вагонетках разгрузочным устройством передаются на конвейеры и с их помощью поступают на форматно-обрезные установки, где разрезаются пилами по длине, ширине или на специальные заготовки.

Образующиеся при форматной резке крошки по ходу их движения фрезами разбиваются на мелкие части. Измельченные крошки вместе с опилками пневмотранспортом подаются в мешальный чан, где разбавляются водой до концентрации пульпы 3–4 % и далее насосами подаются в массный бассейн перед второй ступенью размола волокна.

Готовые по формату плиты поступают на сортировку, где проходят визуальный контроль качества поверхности. Плиты с кондиционной поверхностью укладываются в пачки высотой 0,6–0,7 м и автопогрузчиками направляются на закрытый склад, где хранятся в штабелях высотой не более 3,5 м. После охлаждения на складе, установления во всем объеме плит равновесного значения температуры и влажности, снижения внутренних напряжений часть плит из партии отбирается для анализа в лаборатории свойств конечной продукции.

Бракованные плиты, остатки плит после их анализа в лаборатории, куски плит, образующиеся при форматной резке, измельчаются в дробилках, разбавляются водой (в гидропульперах, промежуточных бассейнах) и поступают на вторичный размол.

Кондиционные ДВП поступают на продажу или на дополнительную обработку поверхности (отделку, механическую обработку).

Технология получения полутвердых ДВП незначительно отличается от технологии твердых ДВП. В основном эти различия связаны с обеспечением требуемой прочности полутвердых плит при их меньшей плотности, по сравнению с твердыми ДВП.

Меньшая плотность полутвердых ДВП достигается за счет меньшей толщины древесноволокнистых полотен перед мокрым горячим прессованием, что обеспечивается соотношением скорости налива древесноволокнистой массы на сетку отливной машины и скорости движения сетки.

Для достижения требуемой прочности полутвердых ДВП в их технологии обеспечивают повышенную степень разработки древесных волокон со степенью размола 28–35 ДС.

Основные отличия в **технологиях получения мягких ДВП** по сравнению с полутвердыми плитами связаны с получением и применением волокна тонкого помола (35–51 ДС), для чего часто применяют третью степень размола ДМ.

После стадии формирования древесноволокнистого ковра полотна подаются на стадию сушки. Стадии термообработки, увлажнения (кондиционирования) плит исключаются.

Примерная структурная схема производства мягких ДВП представлена на рис. 3.6.

На стадии сушки применяют многоэтажные роликовые сушилки непрерывного действия, в которых агентом сушки является воздух, подогретый в калориферах. Влажность и температура воздуха постепенно меняются по зонам сушилки. В первой зоне температура воздуха составляет 140...160 °С и влажность 30...40 %, а в последней зоне температура воздуха составляет 100...120 °С и влажность 10...12 %.

Процесс сушки включает следующие операции:

- загрузка полотен в сушилку;
- сушка полотен;
- выгрузка плит из сушилки.

Полотна загружаются в сушилку автоматически и непрерывно перемещаются в ней с помощью роликов со скоростью 0,2...0,6 м/мин. Общая продолжительность сушки составляет 2–3 ч, при этом относительная влажность полотен уменьшается от 65 до 1–3 %.

После автоматической выгрузки плит из сушилки они механическими конвейерами подаются на стадию форматной резки, сортировки и складирования готовых плит.

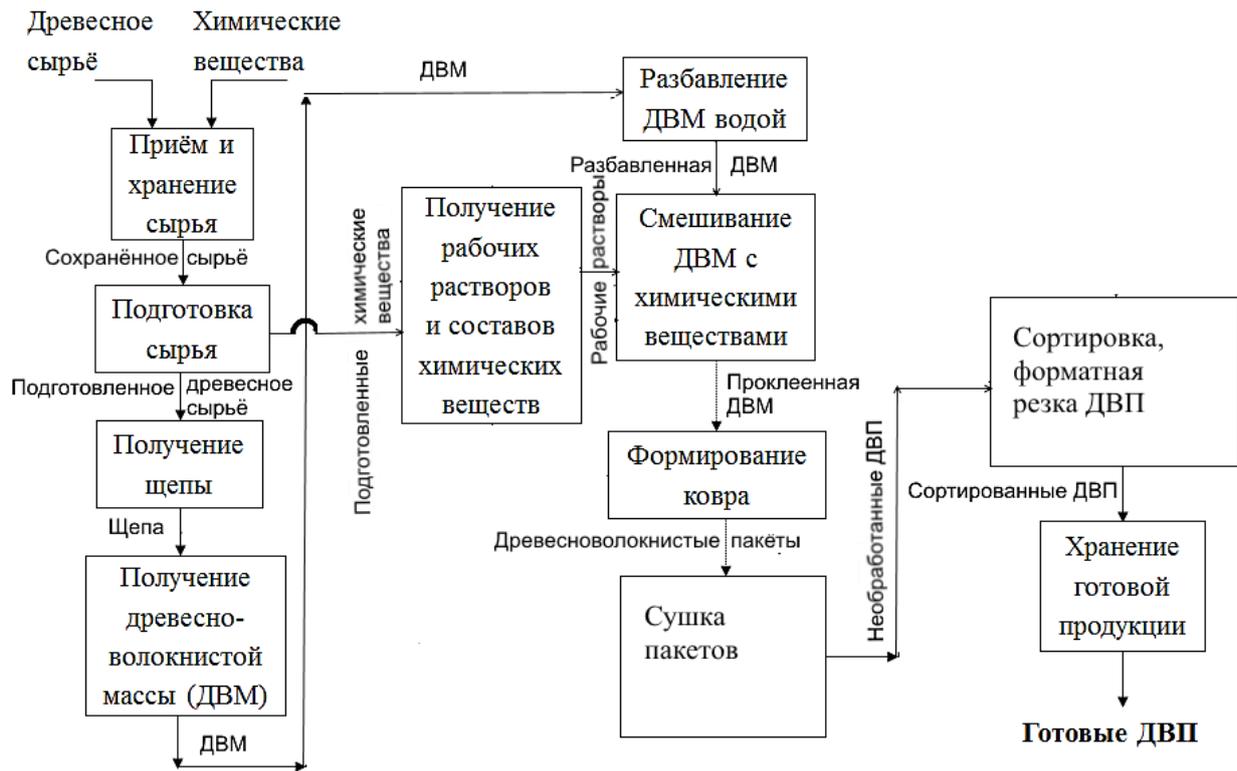


Рис. 3.6. Структурная схема получения мягких ДВП мокрым способом

Мягкие древесноволокнистые плиты преимущественно служат для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, перекрытий. Их применяют для обшивки стен в производстве щитовых и панельных домов, как наполнитель дверных полотен, как выравнивающий материал под твердое покрытие полов. Специальные звукопоглощающие (акустические) плиты изготавливают однослойными из мягких древесноволокнистых плит толщиной 12–20 мм с несквозной (на глубину, равную 0,7 толщины) круглой перфорацией диаметром 4–5 мм или в виде двухслойной конструкции, в которой мягкая плита с пазами сверху покрывается твердой плитой с перфорацией.

Твердые и полутвердые древесноволокнистые плиты находят применение в строительстве как обшивочный материал для внутренней либо наружной отделки стен с последующей окраской, а также как подкладочный слой при устройстве полов. В мебельном производстве они идут на задние стенки шкафов, выдвижные ящики, полки длиной до 600 мм, задние крышки корпусов для радиоаппаратуры; их используют для внутренней облицовки пассажирских вагонов, автобусов, речных судов, для изготовления посылочных ящиков, а при толщине 6–8 мм и упаковки под изделия – машиностроения, мебели и т. п.

Относительно перспектив производства и применения древесноволокнистых плит многие специалисты прогнозируют сохранение или снижение объемов производства плит мокрого способа и значительный рост производства плит сухого способа производства.

3.2. Технологии производства ДВП сухим способом

При сухом способе производства древесноволокнистых плит в процессах формирования структуры и свойств ДВП высока доля процессов, аналогичных процессам формирования структуры и свойств ДСтП.

Реальные технологические схемы производства древесноволокнистых плит сухим способом (МДФ, ХДФ и других) различаются в зависимости от вида и особенностей основного оборудования, требований к качеству готовых древесноволокнистых плит. Принципиальная структурная схема производства древесноволокнистых плит сухим способом приведена на рис. 3.7.

ДВП средней плотности, получаемые сухим способом (МДФ, MDF), – продукция, занимающая особое место среди твердых древесных листовых материалов. Плотность плит МДФ – 700–800 кг/м³, а прочность при изгибе примерно вдвое больше, чем у традиционно используемых мебельщиками древесностружечных плит. Структура МДФ более плотная и отличается равномерностью по всей толщине плиты. Наибольшим спросом пользуются плиты толщиной 10–30 мм, как конструкционный материал для мебели. Особенно экономичны трехслойные МДФ, у которых содержание связующего в среднем слое пониженное, а плотность наружных слоев достигает 1000 кг/м³. Это позволяет получать из МДФ мебельные детали с профильными кромками или фрезеровать на пласти детали рельефный рисунок любой сложности. Стоимость этих плит сравнительно высока, поэтому их используют преимущественно для лицевых деталей корпусной мебели.

В технологии производства древесноволокнистых плит сухим способом с многэтажным прессом периодического действия для горячего прессования в общем виде можно выделить следующие стадии технологического процесса их производства:

1. Складирование сырья;
2. Подготовка сырья;
3. Приготовление древесноволокнистой массы;



Рис. 3.7. Принципиальная структурная схема производства древесноволокнистых плит сухим способом

4. Приготовление и введение химических веществ в волокнистую массу;
5. Сушка древесноволокнистой массы;
6. Сухое формование древесноволокнистого ковра;
7. Холодная подпрессовка древесноволокнистого ковра и резка его на полотна;
8. Сухое горячее прессование полотен;
9. Термообработка плит (может отсутствовать);
10. Кондиционирование (увлажнение) плит;
11. Форматная резка, сортировка, обработка и складирование готовых плит.

Рассмотрим примерную технологическую схему производства твердых древесноволокнистых плит сухим способом с многоэтажным прессом периодического действия для горячего прессования. Рассмотрение технологии древесноволокнистых плит сухим способом производства будем проводить путем сравнения с технологией ДВП мокрым способом и технологией древесностружечных плит.

В отличие от мокрого способа производства ДВП, при сухом способе предпочтительней использовать древесину лиственных пород, поскольку их древесные волокна более однородны по аэродинамическим свойствам при сухом формировании древесноволокнистого ковра. В современных производствах древесноволокнистых плит используют и хвойные породы древесины или их смеси с лиственными. Желательно, чтобы доля преобладающей породы была более 70 %. Содержание коры и гнили в приготовленной древесной массе нежелательно.

В качестве связующих применяют жидкие карбамидоформальдегидные и фенолформальдегидные олигомеры (в России смолы КФ-МТ-15, СФЖ-3014 и др.). При применении карбамидных смол используют отвердители, в основном соли аммония. Из гидрофобизаторов применяют парафины, нефтяной гач. Осадители не используют.

При сухом способе производства древесноволокнистых плит применяют следующие технологические стадии и операции.

Стадии складирования и подготовки сырья принципиально не отличаются в технологиях производства древесноволокнистых плит сухим и мокрым способом.

На стадии приготовления древесноволокнистой массы при сухом способе производства древесноволокнистых плит отсутствует операция разбавления ДВМ водой. Размол древесной щепы в одну или две ступени проводят на различном оборудовании (дефибраторах, рафинерах, отдельных размольных установках). После второй ступени размола ДВМ направляют в наружный слой плит.

При оценке качества древесноволокнистой массы большое значение придается фракционному составу волокон и степени размола. Удовлетворительной считают такую ДВМ, в которой крупная фракция, оставшаяся на сите № 10 (10 отверстий на дюйм сетки) составляет 10 масс. %, средняя фракция (на сите № 80) составляет 70 % и мелкая (на сите № 200) составляет 20 %. Степень размола ДМ для наружных слоев должна иметь значение не ниже 13,7 ДС, а для внутренних – 12 ДС.

На стадии приготовления и введения химических веществ в волокнистую массу расплавленный гидрофобизатор вводится либо в пропарочную камеру, либо непосредственно в зону размола размольного оборудования.

Рабочие растворы смол в воде преимущественно распыляют на волокна с помощью дозировочных насосов и пневматических форсунок или дисков в массопроводах древесной массы после ее выхода из размольной части.

Средний расход абс. сух. химических веществ к массе абс. сух. волокна составляет:

- гидрофобизатор – 1–2 %;
- карбамидоформальдегидная смола с отвердителем (7–15 %) или фенольная смола (1,5–8 %).

Стадию сушки осмоленной древесноволокнистой массы проводят в одну или две ступени в пневматических сушилках различной конструкции (труба-сушилка, барабанная сушилка и др.). Предпочтительней 2-х ступенчатая сушка осмоленной ДВМ. На первой ступени сушку обычно проводят подогретым воздухом с температурой на входе 100...150 °С в течение 4–5 с. На второй ступени температура смеси воздуха с топочными газами устанавливается в диапазоне 90...200 °С в зависимости от влажности ДВМ после размола. Абсолютная влажность ДВМ после размола составляет 60–120 %, а на выходе после стадии сушки 6–8 %. Продолжительность 2-й ступени сушки обычно 8–15 с. Процессы, происходящие при сушке, осмоленной ДВМ, аналогичны процессам сушки древесной стружки в технологии древесностружечных плит. Заметного отверждения связующего при сушке, осмоленной ДВМ не происходит из-за незначительного времени пребывания в зоне высоких температур (не более 20 с).

Стадию сухого формирования древесноволокнистого ковра проводят аналогично производству древесностружечных плит на формирующих машинах механического формирования или на вакуумформирующих машинах различной конструкции. Формируют трехслойный или многослойный непрерывный древесноволокнистый ковер на сетке. Контроль качества сформированного ковра осуществляют, измеряя его массу. Процессы, происходящие на данной стадии, аналогичны процессам формирования древесностружечного ковра в технологии древесностружечных плит.

На стадии холодной подпрессовки древесноволокнистого ковра и резки его на полотна сформированный ковер системой транспортеров непрерывно подается к ленточному прессу для холодной подпрессовки, где его толщина ковра уменьшается более, чем в 2 раза. Полный цикл подпрессовки составляет около 20 с при давлении не менее 2,5 МПа. После подпрессовки ковер проходит металлоискатель для отделения металлических включений, резку по длине и ширине на полотна, отбраковку по массе, плотности и внешнему виду. Бракованные полотна сбрасываются в специальный бункер, затем измельчаются и пневмотранспортом направляются в формирующую машину для формирования среднего слоя плит или для сжигания в энергетическую

установку. Кондиционные полотна с помощью систем механизации поступают на поддонное или бесподдонное горячее прессование.

На стадии сухого горячего прессования кондиционные полотна через загрузочную этажерку укладываются на греющие плиты пресса. Температура плит пресса имеет высокое значение – от 205 до 260 °С. При использовании КФС температура плит пресса не должна превышать 220 °С в силу невысокой термостойкости карбамидных смол.

Режимы горячего прессования зависят от исходного сырья, заданных требований к древесноволокнистым плитам, а также технологических параметров на операциях, предшествующих горячему прессованию.

На предприятиях используют одно- и двухступенчатые диаграммы горячего прессования.

Диаграмма одноступенчатого прессования (рис. 3.8) подобна диаграмме горячего прессования древесностружечных плит. В начале прессования обеспечивают давление одновременного смыкания плит пресса ($P_1 < 0,3$ МПа) в течение около 10 с. Затем давление поднимается до максимального значения (P_2) от 5,5 до 7,5 МПа с продолжительностью выдержки при этом давлении до 40 с. Для обеспечения плотности готовой ДВП около 1000 кг/м³ давление P_2 должно быть 6,5–7,0 МПа. Для постепенного удаления парогазовой смеси из плиты проводят плавный сброс давления в течение не менее 30 с до значения не более 1,8 МПа (P_3). Для исключения повреждений плит при выходе парогазовой смеси и появления пузырей на их поверхности выдержка при давлении P_3 находится в диапазоне 70–210 с, а затем давление плавно (40–60 с) сбрасывается до нуля. Основные процессы формирования структуры и свойств древесноволокнистых плит протекают при выдержке полотен при давлении P_3 .

Относительная влажность древесноволокнистых полотен, поступающих на горячее прессование, обычно составляет (8 ± 1) %. При увеличении влажности полотен до 9 % сокращают выдержку при P_1 на 10–20 с, увеличивают продолжительность выдержки при P_2 на 60 с и снижают P_2 до 0,5–1,0 МПа. При влажности полотен менее 7 % необходимо увеличивать выдержку при P_1 на 30 с.

При двухступенчатом прессовании после выдержки полотен при максимальном давлении P_2 производят плавный сброс давления до нуля (P_3), а затем давление поднимают до величины $P_4 = 0,75P_2$ и полотна выдерживают при этом давлении 40–60 с. После стабилизации полотен при P_4 плавно сбрасывают давление до нуля и размыкают плиты пресса.

Отпрессованные древесноволокнистые плиты после выгрузки поступают на отделение транспортных листов (при поддонном прессовании) и обрезку кромок.



Рис. 3.8. Диаграмма горячего прессования ДВП сухим способом в 22-этажном прессе

Стадия термообработки плит улучшает качество древесноволокнистых плит сухого способа производства, повышая прочность на 10–25 %, а водостойкость на 50 %. Термообработка продолжает процессы, не получившие завершения в ходе горячего прессования плит.

На ряде предприятий и в последних технологических решениях по экономическим соображениям плиты не подвергаются термообработке, а повышения качества плит достигается увеличением расхода связующего и гидрофобизатора.

После стадии горячего прессования (или термообработки) плиты имеют высокую температуру и относительную влажность менее 1 %. Для охлаждения плит и приближения влажности к равновесной проводят **стадию кондиционирования (увлажнения) плит**. Древесноволокнистые плиты сухого способа производства грузят в многополочные вагонетки и подают в камеры кондиционирования (увлажнения). В камерах плиты последовательно проходят несколько зон с переменными значениями температуры (60...75 °С) и влажности (50–95 %) воздуха и в последней зоне охлаждаются до 20...30 °С и влажности 65–70 %. Общая продолжительность кондиционирования зависит от толщины плит и составляет 100–140 мин.

Остальные стадии производства древесноволокнистых плит сухим способом полностью идентичны соответствующим стадиям получения плит мокрым способом.

Современное производство сухим способом древесноволокнистых плит основывается на применении для горячего прессования плит проходных прессов непрерывного действия. В технологии с проходным прессом проводится кондиционирование плит с помощью веерного охладителя, как и в производстве древесностружечных плит.

Достоинства технологии и экономические преимущества сухого способа производства древесноволокнистых плит в значительной степени обязаны прессам проходного типа. Конструкция прессов зависит от производителей и постоянно ими совершенствуется.

В современных конструкциях проходных прессов длиной до 50 м предусмотрено изменение угла подачи ковра в пресс, что позволяет регулировать скорость выхода парогазовой смеси при изменении породного состава волокон и толщины ковра. Зона охлаждения в конечной фазе прессования древесноволокнистых плит, составляющая 25–30 % длины пресса, обеспечивает снижение давления парогазой смеси, предотвращая такие виды брака, как пузыри на поверхности и расслоения плит. Охлаждение плит в прессе позволяет получить относительную влажность плитного ковра на выходе из пресса, близкую к равновесной, 7–8 %.

Давление и температура прессования изменяются по зонам пресса. Время нахождения ковра в зонах пресса регулируется скоростью движения непрерывной стальной ленты пресса. Максимальное давление прессования обычно около 5 МПа, а минимальное – 1,5 МПа. Температура прессования в горячей зоне пресса обычно находится в диапазоне 180...220 °С. Удельное время прессования составляет 0,4–0,5 мин/мм толщины плиты. Плиты изготавливают толщиной от 3 до 40 мм.

В производстве древесноволокнистых плит сухим способом используют любые виды древесного сырья и породы древесины и требования к качеству древесного сырья менее жесткие, чем в производстве твердых ДВП мокрым способом. Несмотря на то, что в технологии производства древесноволокнистых плит сухим способом допускается в древесном сырье наличие коры и гнили, на большинстве предприятий проводят окорку круглых лесоматериалов и удаление из них гнили. Также на многих предприятиях предусмотрена мойка щепы собственного производства.

Древесное волокно получают в одну ступень размола. Пример состава волокна, используемого для производства плит MDF, приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Фракционный состав древесного волокна

№ фракции	Размер волокон, мм	Доля в общей массе
1	0–0,125	1,8
2	0,125–0,25	2,0
3	0,25–0,5	7,5
4	0,5–1,0	19,7
5	1,0–2,0	42,1
6	2,0–4,0	25,4
7	4,0–7,0	1,5

В качестве связующих в производстве древесноволокнистых плит сухим способом с проходными прессами используют рабочие растворы в воде КФС с отвердителями (расход смолы 10–12 % сухих веществ от массы абс. сух. волокна), а из гидрофобизаторов – расплав парафина (1 %).

Для производства древесноволокнистых плит сухим способом с проходными прессами используют каландровые прессы.

По сравнению с технологией древесноволокнистых плит сухим способом с прессами для горячего прессования периодического действия при каландровом прессовании отсутствуют стадии термообработки и кондиционирования (увлажнения) плит.

Размол древесной щепы обычно осуществляют в одну ступень в дефибраторе. В качестве связующего используют смесь КФС с отвердителем (расход смолы 12–15 % сухих веществ от массы абс. сух. волокна), а в качестве гидрофобизатора – парафин (1 %).

Формируют однослойный ковер в одной машине и по ходу его движения подпрессовывают (эта стадия может отсутствовать) и обрезают его боковые кромки. Для предварительного подогрева сформированного древесноволокнистого ковра используют установку токов высокой частоты, которая обеспечивает равномерный прогрев ковра до 50...70 °С.

Подогретый ковер ленточными транспортерами подается в загрузочную зону каландрового пресса различных конструкций. Основными элементами каландровых прессов являются:

- каландр (цилиндр с очень твердой металлической поверхностью диаметром 3–4 м), обогреваемый термомаслом до температуры 160...190 °С;
- направляющие, прессующие и натяжной валы;
- непрерывная металлическая лента.

Пресс-материал, находясь на металлической ленте, с помощью направляющих и прессующих валов прижимается к горячей поверхности каландра и прессуется в непрерывный плитный ковер. При этом давление прессования составляет 0,15–0,20 МПа, а удельное время прессования – 0,12 мин/мм толщины плиты. Давление прессования обеспечивается прессующими валами, а продолжительность – скоростью движения металлической ленты. Вышедший из каландрового пресса плитный ковер подается на форматную резку.

Толщина готовых древесноволокнистых плит варьируется от 1,5 до 12 мм в обратной пропорции к скорости подачи ковра. Плиты получают двусторонней гладкости и не требуют шлифования.

Волокнистые плиты, выпускаемые на каландровых прессах сухим способом, отличаются высокой плотностью и улучшенными прочностными характеристиками. Благодаря этому они сильно потеснили на рынке твердые древесноволокнистые плиты мокрого способа производства.

В учебной литературе приведены технологические расчеты для производства различных древесных плит, а также техническая характеристика и описание работы оборудования [3, 4, 8–12, 20].

Профессор В. Н. Волынский детально описывает технологические расчеты в производстве древесностружечных и древесноволокнистых плит, которые включают в себя [10]:

- расчет производительности головного оборудования и программы предприятия;
- расчет часовой и годовой потребности в древесном сырье и химических добавках;
- выбор оборудования, расчет его производительности и загрузки;
- расчет наиболее важных режимных параметров работы основного технологического оборудования.

4. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ФАНЕРЫ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ОЛИГОМЕРНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ

Фанера – это материал, полученный путем склеивания не менее трех листов лущеного шпона со взаимно перпендикулярным направлением волокон в смежных слоях (рис. 4.1).

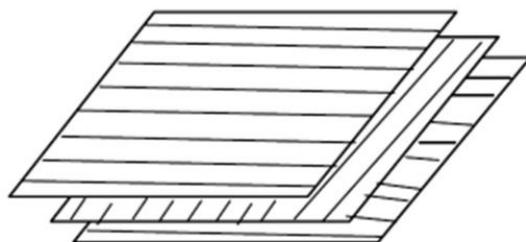


Рис. 4.1 Правила сборки пакета шпона при склеивании фанеры

При конструировании фанеры соблюдают следующие правила:

1. Лист фанеры должен быть симметричен относительно среднего слоя;
2. Число слоев шпона в фанере обычно нечетное (3, 5, 7, 9 и т. д.), хотя выпускается и 4-слойная фанера, в которой два внутренних слоя имеют параллельное направление волокон.

В процессе изготовления фанеры на древесный шпон наносится слой клеевого состава, а далее происходит процесс склеивания листов шпона между собой. Для повышения прочности фанеры слои шпона накладываются так, чтобы волокна древесины каждого листа были перпендикулярны соседним. Основой материала выступает древесный шпон толщиной 1–1,4 мм.

Классифицировать фанеру можно по нескольким критериям. Фанера имеет следующие марки в зависимости от типа облицовки и типа терморезактивного олигомера, входящего в состав клея (рис. 4.2):

- ФК – наиболее распространенный вид фанеры, при производстве которого применяются карбамидоформальдегидные смолы;
- ФСФ – данная фанера отличается высокой прочностью и влагостойкостью, при производстве которой применяются фенолформальдегидные смолы;
- ФОФ – данная фанера получена при использовании фенолформальдегидной смолы, облицована с одной или с двух сторон различными облицовочными материалами, имеет очень высокую плотность и прочность.

Независимо от типа фанеры она делится на четыре сорта:

- **сорт первый** – минимальное количество изъянов на поверхности, вся ее поверхность однородная без сучков и трещин;
- **сорт второй** – на поверхности фанеры допускается незначительное коробление, трещины, а во внутренних и в наружных слоях допускается наличие вставок в местах сучков и червоточин;
- **сорт третий** – фанера может иметь видимые дефекты со вставками (допускается наличие червоточин до 6 мм);
- **сорт четвертый** – возможно наличие у фанеры множества дефектов, а также допускается неровность кромок краев ее листов с разницей до 5 мм.



Рис. 4.2. Фанера различных марок

Универсальная структурная схема производства фанеры представлена на рис. 4.3.

В обобщенном виде технологии получения фанеры с органическими олигомерными связующими состоят из следующих стадий:

1. Подготовка древесного сырья к лущению;
2. Лущение древесного шпона;
3. Сушка древесного шпона;
4. Сортирование и обработка высушенного древесного шпона;
5. Технологии склеивания фанеры;
6. Послепрессовая обработка фанеры;
7. Сортировка, упаковка, маркировка, складирование фанеры.

Подготовка древесного сырья к лущению

Наиболее широко в нашей стране для получения фанеры используется березовое сырье, так как оно характеризуется однородностью структуры, высокой прочностью. К недостаткам березы относится неправильная форма ствола, сравнительно большая доля коры и ее более прочное (чем у хвойных пород) сцепление с древесиной.

Древесина хвойных пород отличается повышенной смолистостью, большой разницей свойств у ранней и поздней древесины годовичных слоев (за исключением кедра), что обуславливает неравномерную прочность и разную толщину лушеного древесного шпона, его повышенную шероховатость и препятствует получению тонкого шпона. Тем не менее доля хвойного сырья, в основном соснового, в фанерной промышленности постоянно увеличивается в связи с ростом производства строительной фанеры большой толщины и больших форматов.

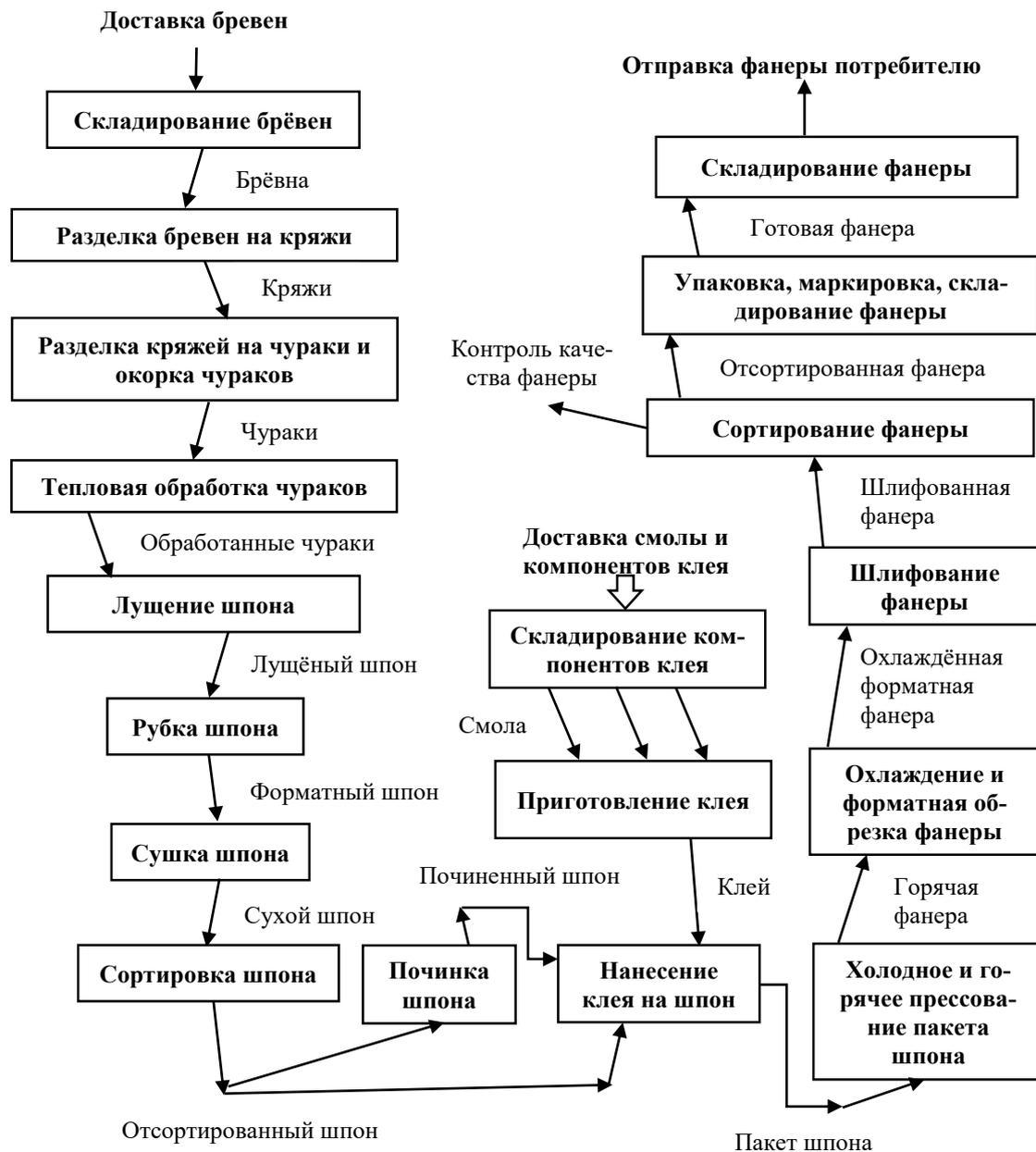


Рис. 4.3. Универсальная структурная схема производства фанеры

Склад сырья фанерного предприятия отличается от склада лесопильного завода наличием бассейнов для тепловой обработки (гидротермической обработки (ГТО) или проварки) древесного сырья (рис. 4.4).

Установлено, что качественное лущение шпона возможно при температуре древесины не ниже 20 °С. Проварка (выдержка в горячей воде) фанерного сырья пластифицирует древесину и обеспечивает ее качественное лущение.



Рис. 4.4. Бассейн с консольно-козловым краном для прогрева фанерного сырья

Режимы проварки могут быть мягкие (30...40 °С), применяемые для открытых бассейнов, то есть находящихся под открытым небом, и жесткие (60...80 °С), используемые для закрытых бассейнов. Мягкие режимы обеспечивают равномерный нагрев и высокое качество шпона. Применение жестких режимов требует дополнительной выдержки чуряков перед лущением (1–3 ч) и предварительной сортировки по диаметрам.

Подготовка сырья к лущению включает в себя три основных операции: гидротермическую обработку, окорку и разделку кряжей на чуряки. Последовательность их может быть различной в зависимости от конкретных, в основном климатических, условий данного предприятия.

На большинстве фанерных предприятий в России используется следующая технология подготовки древесного сырья к лущению:

- приемка древесного сырья;
- удаление и переработка неделовой древесины в дрова;
- укладка кондиционного древесного сырья на хранение;
- гидротермическая обработка древесины;

- окорка кряжей (отрезок нижней, комлевой части ствола, предназначенный для выработки специальных видов лесопродукции), удаление, складирование и переработка коры;
- раскрой кряжей на чураки (короткий отрезок кряжа), их сортировка по диаметру и передача в луцильный цех.

На многие фанерные предприятия древесное сырье доставляется автомобильным и железнодорожным транспортом, поэтому предприятия могут не создавать больших (межсезонных) запасов древесного сырья на складе. В силу технологических условий привезенное древесное сырье хранится недолго, что позволяет не беспокоиться по поводу снижения качества древесины, однако в летний период все же необходимо предпринять определенные меры ее защиты. При хранении в штабелях чаще всего используют дождевание или замазку торцов лесоматериалов для сохранения их высокой влажности. Наиболее эффективным способом может оказаться водное хранение на акватории предприятия (если таковая имеется) или в специальном бассейне.

Такой бассейн в зимнее время может подогреваться отработанным паром и в нем может выполняться первая ступень тепловой обработки сырья. В зимнее время в бассейне сырье размораживается, что значительно облегчает его переработку. В летнее время обработка в бассейне защищает древесину от грибков и насекомых. Дальнейший порядок технологических операций может быть разным. На многих предприятиях применяют прогрев кряжей, после чего выполняют их окорку и раскряжевку. Раскряжевка фанерного сырья обычно заключается в получении из кряжей чураков нужной длины, соответствующей длине ножа в луцильном станке. Для раскроя используют круглопильные станки с пилой диаметром до 2 м или цепные пилы. Длина чураков может составлять 1,3; 1,6; 1,91; 2,5 м. Из самых коротких и самых длинных чураков получают шпон для изготовления строительной фанеры форматом 1,22×2,44 м, из чураков длиной 1,6 м – шпон для фанеры форматом 1,525×1,525 м, а из чураков длиной 1,91 м – фанеру форматом 1,83×1,83 м.

Эта технология предполагает большие тепловые потери, так как прогрев кряжей ведется в открытых бассейнах, куда сырье загружается навалом или пачками. В зимнее время необходимо закрывать водную поверхность специальными крышками, которые притапливают древесину и сокращают тепловые потери в атмосферу.

Лушение древесного шпона

В производстве фанеры древесный шпон получают лушением чураков (рис. 4.5). Лушением называется процесс поперечного резания древесины с целью получения шпона заданной толщины, при котором истинной траекторией резания является Архимедова спираль. Лущенный шпон имеет лицевую и оборотную стороны, качество которых и определяет качество листа фанеры. Технические условия на лущенный шпон указаны в ГОСТ 99–2016 [25].

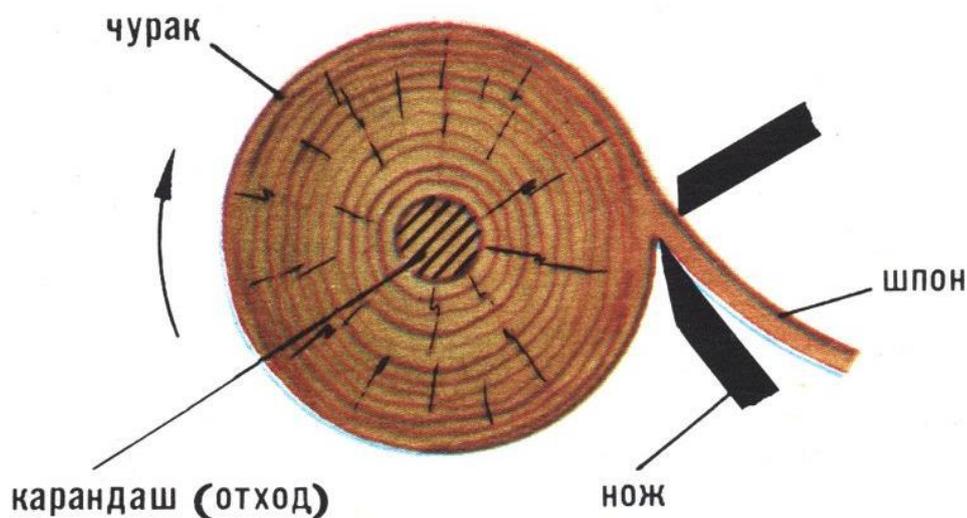


Рис. 4.5. Получение лущеного шпона в производстве фанеры

Главным оборудованием луцильных цехов фанерных предприятий являются линии лушения – рубки – укладки шпона. На рис. 4.6 представлена схема линии лушения фирмы Raute (Финляндия), являющейся поставщиком в Россию оборудования для производства фанеры.

Прогретые чураки, подаваемые по конвейеру, сталкиваются сбрасывателями на накопитель. Отсюда они поштучно подаются в центrovочно-загрузочное устройство для ориентированной подачи в луцильный станок. Шпон-рванина, получаемый на стадии оцилиндровки чурака, падает на ленточный конвейер и удаляется на измельчение в рубительную машину (на схеме не показана). Деловой шпон направляется на конвейер, где он притормаживается и укладывается петлями. Это позволяет уменьшить длину конвейера и экономно использовать производственную площадь.

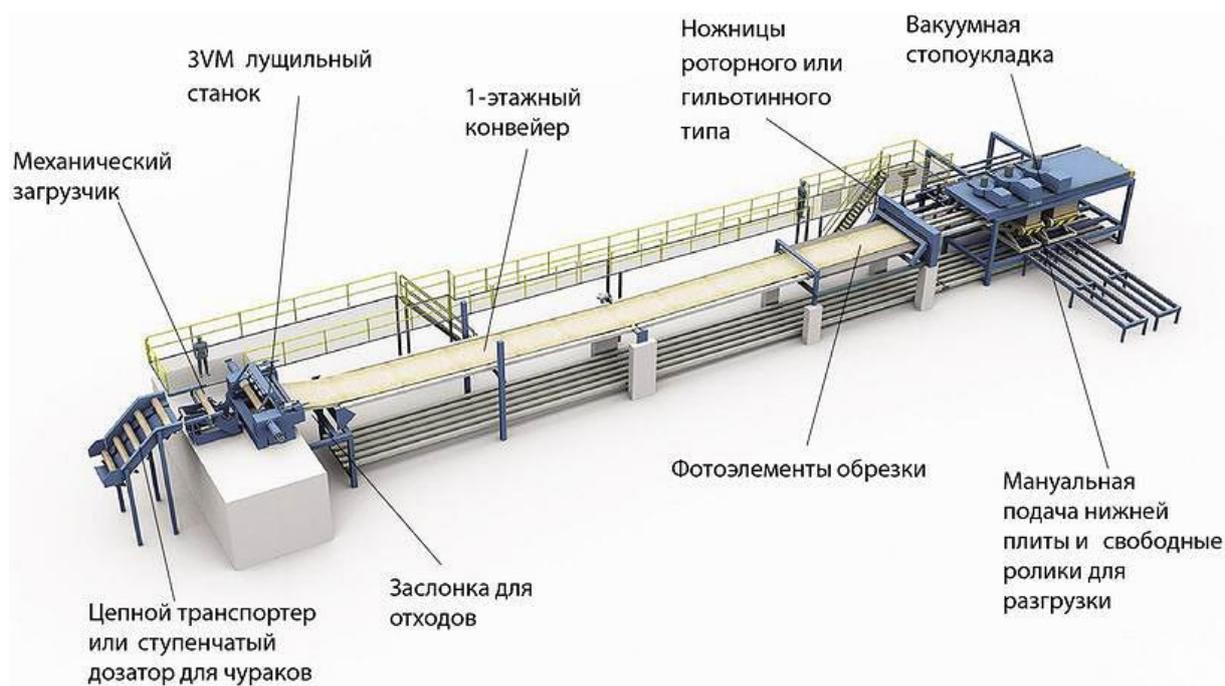


Рис. 4.6. Линия лущения древесного шпона фирмы Raute для производства фанеры

На последнем участке конвейера смонтирована ускоряющая ветвь, с помощью которой лента шпона выпрямляется и подается на пневматические ножницы для получения форматных листов шпона, которые накапливаются на подъемном столе стопоукладчика. После полного формирования стопы она вилочным погрузчиком доставляется к сушилкам или на участок промежуточного хранения. Время хранения плотной стопы сырого шпона не должно превышать четырех часов.

Кусковой и неформатный шпон, неизбежно образующиеся при рубке ленты шпона, нижней ветвью конвейера возвращаются к конвейеру удаления отходов и вручную раскладываются на подступные места. Карандаш (остаток от лущения) падает на продольный конвейер и направляется на измельчение или на переработку с получением попутной продукции.

В основу работы современного центровочно-загрузочного устройства (ЦЗУ) положен принцип электронного сканирования формы чурака. Чурак в центровочном приспособлении Raute CPL при его проворачивании измеряется лазерными сканерами (от 3 до 7 шт.) со скоростью 16 тыс. точек в секунду (до 112 тыс. замеров на один чурак). После компьютерной обработки для окончательного расчета берутся 100–250 результатов замеров, на основании которых определяется ось цилиндра, вписанного в чурак. Компьютер посылает команду на гид-

равлические сервоцилиндры, которые корректируют положение торцов чурака в двух координатах (X , Y). Чурак захватывается в его оптимальном положении передаточными рычагами и подается на лущильный станок, где останавливается в позиции ожидания окончания лущения предыдущего чурака (рис. 4.7).

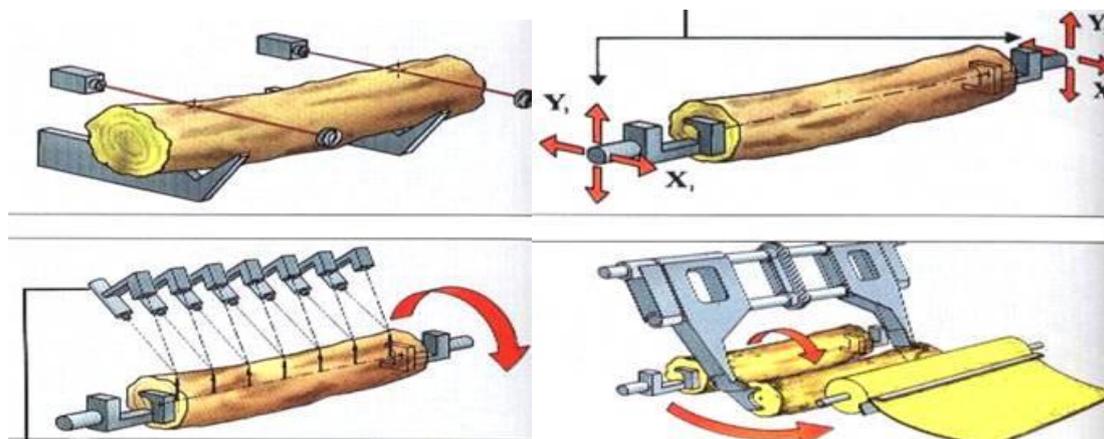


Рис. 4.7. Схема сканирования и центрирования чурака в центровочном приспособлении Raute CPL

Такая система позволяет не только повышать полезный выход шпона из чурака, автоматически переходить от оцилиндровки к лущению чурака, но и до минимума сократить время, затрачиваемое на вспомогательные операции, за счет быстрой смены чурака и отвода суппорта на расстояние, соответствующее диаметру следующего чурака. Фирма выпускает ЦЗУ широкой гаммы типоразмеров для чураков диаметром до 1850 мм и длиной до 3300 мм.

Дальнейшим шагом в усовершенствовании системы центрирования чураков стала система Smart Scan, в которой используется лазерная завеса. Она позволяет делать с шагом 25 мм до 72 замеров в каждом сечении чурака и построить его трехмерное изображение. Помимо того, система позволяет выполнять центрирование по годовым кольцам путем их сканирования с торцов чурака (рис. 4.8). Все эти новшества обеспечивают увеличение полезного выхода шпона на 5–10 % за счет увеличения примерно на 1 см диаметра чурака после оцилиндровки.

Лущильные станки в зависимости от размеров перерабатываемого сырья подразделяются на легкие (длина чурака – до 900 мм), средние (длина чурака – до 1900 мм) и тяжелые (длина чурака – больше 2000 мм).

На российских фанерных заводах есть луцильные станки ярославского завода «Пролетарская свобода» марок ЛУ-17 с длиной ножа 1700 мм и ЛУ-9 с длиной ножа 900 мм для получения спичечной соломки из коротких осиновых чураков, а также станки фирмы Raute с длиной ножа 2000 и 2650 мм и станки UROKO (Япония) с длиной ножа 2760 мм. Вращение чурака в этих станках обеспечивается за счет вращения кулачков, вонзающихся в торцы чурака. Внутри больших кулачков диаметром 110 мм находятся малые кулачки (диаметром 65 мм), выдвигаемые при уменьшении текущего диаметра чурака. Такие телескопические шпиндели позволяют уменьшить диаметр карандаша до 70–75 мм.

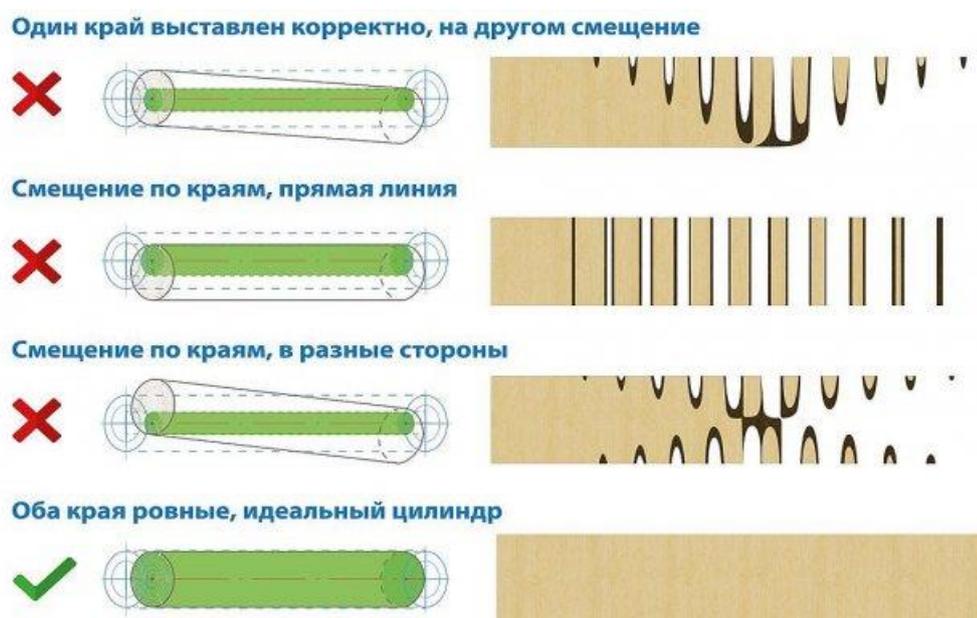


Рис. 4.8. Влияние центрирования чурака на выход делового шпона

К основным параметрам режима лушения шпона (рис. 4.9) относятся влажность и температура чурака, угловые показатели луцильного ножа и прижимной линейки, степень обжима шпона. Влажность древесины в период ее тепловой обработки почти не изменяется и в значительной мере зависит от породы древесины и способа доставки сырья. Наименьшей влажностью характеризуется ядровая зона сосны (минимальная 40 % при железнодорожной поставке), наибольшей – береза с ложным ядром (до 160 %). Оптимальная температура чураков на момент лушения зависит от породы древесины и заданной толщины шпона. Считается, что температура на поверхности карандаша должна быть не ниже 20 °С.

Чтобы избежать нежелательной разнотолщинности шпона (допускается $\pm 0,05$ мм для шпона толщиной (S) до 1,15 мм и $\pm 0,10$ мм – для более толстого шпона), следует тщательно соблюдать все угловые параметры, характеризующие установку ножа и прижимной линейки. Главными параметрами являются задний угол α и угол заточки β , которые в сумме образуют угол резания ($\delta = \alpha + \beta$).

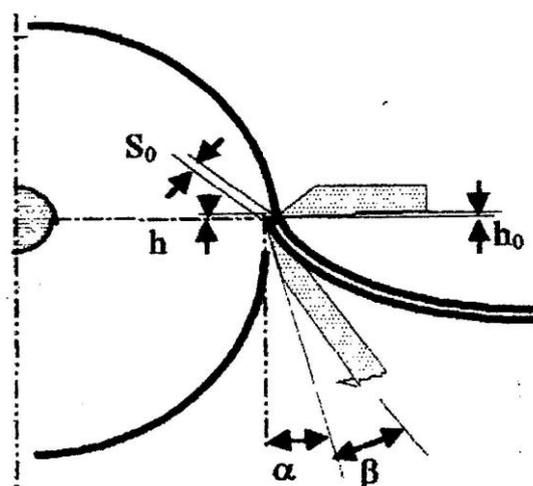


Рис. 4.9. Угловые параметры режима лущения: β – угол заточки;
 α – задний угол; $\gamma = \alpha + \beta$ – угол резания;
 h – высота установки ножа (± 1 мм)

Выбор начального значения угла α зависит от диаметра чурака: чем он больше, тем больше задний угол. В противном случае может возникнуть контактная площадка между ножом и чураком, что вызовет перегрев ножа. По мере лущения этот угол нужно уменьшать, чтобы усилие на чурак не было очень большим и не возникли вибрации в системе «чурак – нож – станок». Это особенно важно для чураков большого диаметра.

Чем выше плотность древесины, тем больше угол заточки β и толщина шпона. Угол заточки может меняться в пределах $18...22^\circ$. Большие углы заточки ($24...25^\circ$) при обработке еловой древесины связаны с высокой твердостью ее сучков.

Чем меньше задний угол и угол резания, тем выше качество шпона, так как с увеличением этих параметров увеличивается давление ножа на шпон. В результате повышается шероховатость шпона и уменьшается его прочность из-за углубления трещин, неизбежно образующихся на внутренней стороне ленты шпона (внутренней называют сторону, обращенную к сердцевине чурака).

Слишком малый задний угол опасен тем, что при этом увеличивается площадь поверхности соприкосновения задней грани ножа с чуралом. Давление на чурал возрастает, он прогибается, что вызывает неравномерность толщины ленты шпона. В современных лущильных станках предусмотрен механизм автоматического изменения заднего угла по мере уменьшения текущего диаметра чурала. В начальный период лущения он составляет $1 \dots 3^\circ$, в конце лущения $0 \dots 0,5^\circ$.

На изменение заднего угла влияет положение лезвия ножа по отношению к оси вращения чурала. У разных моделей станков может колебаться в пределах $\pm 1,0$ мм. Если лезвие ножа установлено выше оси вращения шпинделей, то задний угол в процессе лущения будет уменьшаться, если лезвие будет ниже этой оси – увеличиваться.

Важнейший параметр лущения – величина обжима шпона. Обжим достигается за счет того, что устанавливаемый между ножом и прижимной линейкой зазор (S_0) меньше толщины шпона ($S_0 < S$). Это позволяет упрочнить древесину в зоне резания и резко уменьшить глубину трещин на внутренней стороне шпона. Оптимальная величина обжима зависит от толщины шпона и составляет 16–20 %.

Оптимальная величина обжима эмпирически оценивается по формулам:

- для мягколиственных пород (ольха, осина, липа) $D = 7S_{ш} + 14$ %;
- для остальных пород $D = 7S_{ш} + 9$ %, где $S_{ш}$ – толщина шпона, мм.

Угол заточки прижимных линеек равен $48 \dots 63^\circ$, радиус закругленной нажимной кромки – 0,2–0,3 мм. При лущении шпона толщиной более 2 мм следует применять прижимную линейку с нажимной микрогранью шириной 3–8 мм.

Порядок операций на лущильном станке:

- чурал направляется в загрузочное устройство и устанавливается между шпинделями;
- чурал зажимается большими кулачками шпиндельных бабок, включается вращательное движение шпинделей;
- на ускоренной подаче подводится суппорт, захваты центрирующего устройства отводятся;
- ускоренная передача переключается на обдирочную подачу, при этом прижимная линейка отведена;
- после оцилиндровки включается рабочая подача, одновременно опускается прижимная линейка;
- при диаметре чурала 120–130 мм автоматически включается приспособление, предотвращающее изгиб чурала, а большие кулачки заменяются малыми;

– при подходе к кулачкам суппорт автоматически останавливается и на ускоренной подаче отводится назад, прекращается вращение шпинделей, они разводятся, и карандаш падает вниз.

В модернизированных лущильных станках фирмы Raute применен ряд новшеств, которые позволяют сократить время цикла лущения и повысить качество шпона. Это следующие новшества:

- цифровая регулировка зазора между ножом и прижимной линейкой;
- цифровое изменение заднего угла лущильного ножа;
- гидравлическое крепление ножа, облегчающее его замену;
- уменьшение диаметра малого кулачка с 65 до 60 мм, что позволяет уменьшить диаметр карандаша и увеличить выход шпона;
- цифровая подача ножевого суппорта вместо механической коробки передач, что облегчает плавную регулировку толщины шпона;
- автоматический возврат суппорта в исходное положение.

Лущильный станок СЛ–800 от российского НПО «Группа компаний МАГР» одновременно с лущением выполняет раскрой ленты шпона подвижными ножами на полосы необходимой длины. Станки оснащены гидравлическим подъемником-центроискателем для подачи чураков и их центрирования в телескопических кулачках. Необходимая толщина шпона в диапазоне от 0,5 до 5 мм задается на пульте станка и поддерживается в течение всего цикла лущения при помощи электронной системы с точностью до 0,1 мм. Японское оборудование UROKO для лущения представлено на рис. 4.10 и 4.11. За лущильным станком устанавливаются ножницы для рубки шпона на дощечки заданной ширины.

Рубка шпона выполняется на ножницах разной конструкции с целью получения форматных листов шпона и заготовок кускового шпона.

После рубки форматные листы укладываются в плотные стопы с помощью специального механизма – стопоукладчика. Сегодня на наших заводах распространены механические стопоукладчики. Лист шпона подается на гидравлический стол, который постепенно опускается и в крайнем нижнем положении вручную выкатывается для передачи стопы сырого шпона на промежуточное хранение.

На рис. 4.12 представлен вакуумный стопоукладчик. Здесь листы шпона за счет отсоса воздуха из верхней части станка поджимаются к подающим ремням, которые передают их на приемный стол. Может быть одно или два подступных места в зависимости от используемого сырья и производительности лущильного станка.

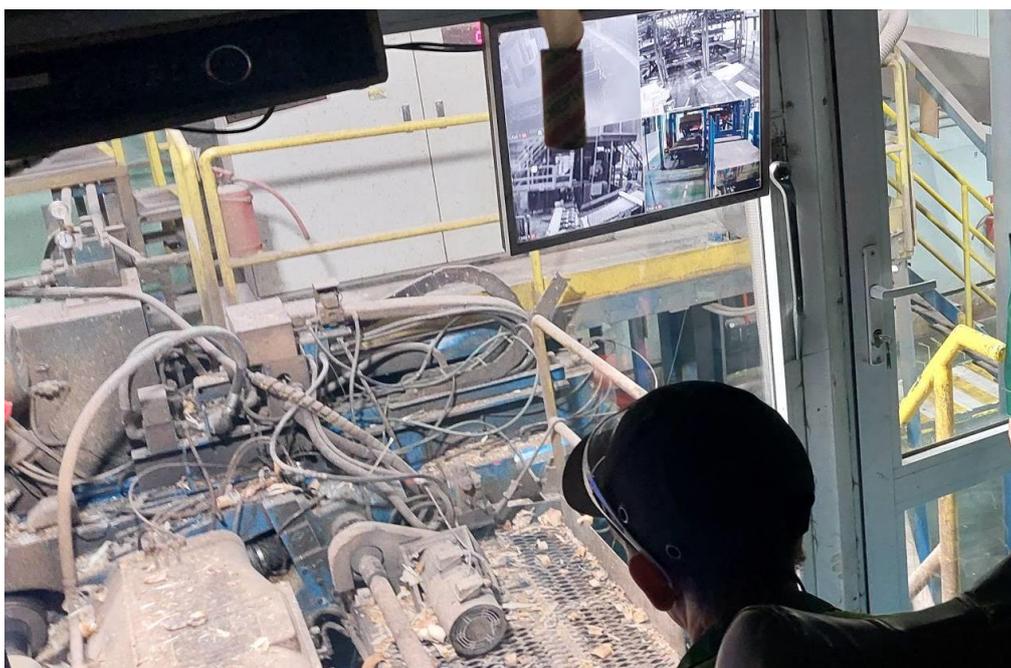


Рис. 4.10. Вид из кабины оператора современного лущильного станка Uroko RF9 («Свеза», Верхняя Синячиха)



Рис. 4.11. Центрирующее загрузочное устройство Uroko перед лущильным станком

В результате совершенствования линии лущения – рубки шпона заводом «Пролетарская свобода» с учетом опыта эксплуатации лучших образцов аналогичного оборудования отечественных и зарубежных производителей разработан луцильный комплекс КЛ 13–17. В комплект поставки входят транспортер-накопитель чураков, центровочно-загрузочное устройство (с центровкой чурака при помощи ультразвуковых датчиков), луцильный станок, а также линия рубки и укладки шпона модели ЛРУШ 13–17. Работа всех механизмов синхронизирована и автоматизирована. Луцильный станок оснащен трехкулачковыми шпинделями, что позволило добиться при лущении чураков уменьшения диаметра карандаша до 55 мм. Производительность комплекса (по сырью) – 10–11 м³/ч.



Рис. 4.12. Вакуумный стопокладчик

Сушка древесного шпона

В производстве древесных материалов сушка древесины является той операцией, без качественного проведения которой невозможно получение качественного конечного продукта. В полной мере это относится и к сушке шпона, начальная влажность которого может быть очень высокой.

Напомним, что влажность древесины определяется наличием в ее клетках связанной и свободной влаги. Свободная влага занимает полости клеток древесины, и ее удаление не изменяет размеров материала. При снижении влажности примерно до 30 % в древесине остается только связанная влага, которая находится в стенках клеток, и ее удаление, во-первых, вызывает усушку древесины, а во-вторых, требует значительных энергозатрат, превышающих необходимые для удаления свободной влаги.

В технологическом процессе сушки древесных материалов всегда различают два периода: сначала нужно удалять свободную влагу при повышенной температуре, а в течение второго периода при более мягком режиме – связанную влагу и снижать влажность материала до заданной величины.

У сушки древесного шпона (тонкого листового материала) в сравнении с сушкой пиломатериалов имеются следующие особенности:

- значительно возрастает скорость сушки, так как площадь испарения влаги велика, а толщина шпона мала;
- режим сушки может быть очень жестким (максимальная температура в сырой части сушильной камеры до 300 °С) и допускается большой перепад влажности по толщине листового материала;
- сушка приводит к значительному короблению шпона;
- для сушки шпона, как правило, используется оборудование проходного типа.

Существуют следующие способы подвода тепла к твердому телу:

- конвективный – тепло передается циркулирующим агентом сушки (воздухом или топочными газами), который является и влагопоглотителем;
- кондуктивный (контактный) – тепло шпону передается при контакте с поверхностью, например, плитой пресса, нагретой до 120...180 °С (влага поглощается окружающим воздухом);
- радиационный – тепло шпону передается ИК-лучами излучателями с температурой излучения 130...250 °С в виде электромагнитных колебаний в инфракрасном диапазоне. При радиационном способе прогревают шпон на 1–2 мм в глубину, причем температура на некоторой глубине листа шпона выше, чем на его поверхности;
- комбинированный – сочетание вышеперечисленных способов сушки. В сушильных камерах он чаще всего реализуется в разных сочетаниях (зависит от конструкции камеры).

Сырой шпон, полученный на лущильном станке, необходимо сразу же высушить во избежание биологического заражения древесины и снижения качества шпона. Начальная влажность шпона перед

сушкой колеблется в широких пределах (от 60 до 200 %) и зависит от породы древесины, времени и способа доставки сырья, условий его хранения, подготовки сырья к лущению и режима лущения. В результате обжима влажность шпона снижается на 10–12 % по сравнению с влажностью чурака. Ввиду большого разброса начальной влажности необходима подсортировка сырого шпона, например, ядрового отдельно от заболонного и т. д.

Конечная влажность шпона (W_k) зависит от вида клея, используемого при горячем склеивании в прессе, и колеблется от 7 до 12 %. Меньшие значения относятся к фенольным связующим низкой концентрации, так как они увлажняют шпон в момент нанесения клея сильнее, чем карбамидные.

Важнейшими параметрами процесса сушки шпона являются:

- температура агента сушки (T);
- направление потока и скорость движения агента сушки (v);
- относительная влажность воздуха (j);
- толщина шпона ($S_{ш}$);
- порода древесины.

Установлено, что наибольшая скорость сушки наблюдается в первом периоде при температуре не ниже 250 °С, а во втором периоде – при температуре не выше 180–200 °С (при сохранении качества шпона). В расчетах используют среднюю температуру как полусумму температур на входе и выходе воздуха из сушилки.

Основным фактором, влияющим на усушку, является температура агента сушки. Увеличение средней температуры со 110 до 180 °С снижает степень усушки с 7,5 до 5 %.

Имеет значение и толщина шпона: с ее увеличением степень усушки по ширине резко уменьшается, а по толщине – увеличивается.

Плотность древесины оказывает влияние на продолжительность сушки. Для учета этого фактора вводится коэффициент поправки на породу, равный отношению базисной плотности конкретной породы к базисной плотности древесины березы, равной 510 кг/м³.

Усушка шпона минимальна вдоль волокон (0,25–0,35 %). В радиальном направлении (то есть по толщине шпона) она составляет 5–6 %, в тангенциальном направлении (по ширине листа) – 7–11 %. По площади листа усушка неравномерна из-за неоднородностей строения древесины, что приводит к гофристости, короблению и растрескиванию шпона.

На российских предприятиях, производящих фанеру, используется отечественное и зарубежное сушильное оборудование. Сушильное оборудование для шпона можно классифицировать по следующим признакам:

- по способу передачи тепла: конвективные, контактные, радиационные и комбинированные сушилки;
- по типу циркуляции агента сушки: с продольной, с поперечной циркуляцией и с сопловым дутьем;
- по способу обогрева: воздушные сушилки с обогревом паром или горячей водой и газовые сушилки с обогревом топочными газами;
- по месторасположению калориферов: между этажами сушилки или в верхней части сушилки;
- по типу высушиваемого материала: для сушки листов шпона или ленты шпона;
- по числу этажей: от 1 до 8;
- по числу листов шпона, подаваемых по ширине сушилки: от одного до четырех;
- по методу работы: периодического или непрерывного действия. Один из видов сушилок шпона представлен на рис. 4.13.

Сортирование и обработка высушенного древесного шпона

Каждый лист лущеного шпона можно характеризовать по породе древесины, толщине, длине и ширине листа, назначению и качеству. Задача разделения шпона по назначению и по сортам (качеству) решается на участке сортирования сухого шпона. Это очень важная операция, имеющая большое значение для дальнейшей судьбы материала, который используется для производства фанеры

Порода древесины, из которой лущат шпон, определяется уже на первой технологической операции фанерного производства, т. е. при приемке и сортировании сырья. На фанерных заводах могут выпускать комбинированную фанеру с внутренними слоями из довольно толстого соснового шпона и наружными слоями из тонкого березового шпона. Технологические параметры подготовки сырья к лущению для сосны и березы различны, поэтому разделение поступающего сырья по породам обязательно.

Толщина шпона задается на лущильном станке при настройке и в дальнейшем в одну стопу складывается шпон только одной породы и одной толщины.

Длина шпона, т. е. размер вдоль волокон, определяется длиной ножа лушильного станка. По заданной технологом ширине лист шпона обрезается пневматическими ножницами на линии лушения-рубки. После обрезки форматных листов (обычно в форме квадрата со стороной 1,6 или 1,9 м) на участке образуется неформатный и кусковой шпон, ширина которого меньше заданного формата продукции.

После сушки листы шпона могут быть использованы по разному назначению. Форматные листы шпона предназначены для получения фанеры, при этом часть их может подвергаться починке с целью повышения качества. Неформатный и кусковой шпон могут быть квалифицированы как отдельная товарная продукция или отправлены на линии ребросклеивания с целью увеличения их ширины до требуемого формата.

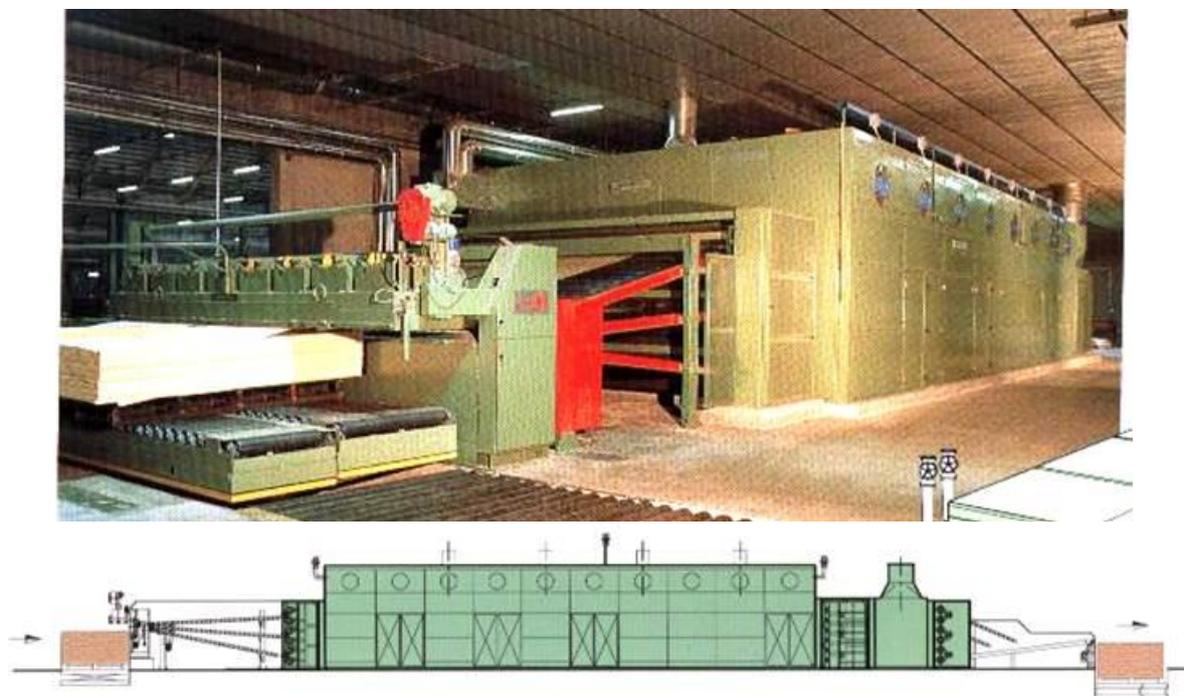


Рис. 4.13. Роликовая сушилка для шпона модели ET трехэтажная фирмы CREMONA (Италия)

Каждому листу шпона должен быть присвоен сорт, который определяется наличием на нем пороков древесины или дефектов обработки. Всего действующий межгосударственный стандарт ГОСТ 99–2016 устанавливает по пять сортов лущеного шпона лиственных и хвойных пород древесины: «Е (элита), I, II, III, IV – для лиственных пород; Ех (элита), Ix, IIx, IIIx, IVx – для хвойных пород» [25].

На участке сортирования сухого шпона решается задача разделения шпона по назначению и по сортам (качеству). Качественный выход шпона зависит главным образом от сорта сырья. Для каждого сорта

четко оговариваются допустимость того или иного вида пороков древесины или дефектов обработки: указываются предельные размеры сучков и их количество на 1 м^2 площади листа, процент площади листа, занятой ненормально окрашенными участками и т. д.

На предприятиях, не прошедших модернизацию, сохраняется ручная сортировка шпона. Выполнять ее сразу на выходе шпона из сушилки довольно трудно, так как рабочие должны в этом случае приспособляться к ритму работы сушильного оборудования. Поэтому часто у сушилок накапливаются стопы несортированного сухого шпона, которые затем вилочным погрузчиком перемещаются на участок сортирования, где работники могут трудиться в привычном ритме. На современных заводах используются автоматические линии сортирования сухого шпона, работа которых синхронизирована с работой сушильного оборудования.

В автоматических сортировках финской фирмы Raute сухой шпон сразу из сушилки попадает на поперечный конвейер. Оператор визуально оценивает сорт каждого листа и нажимает на пульте кнопку с номером кармана, в котором накапливается шпон того или иного сорта. Листы шпона с помощью вакуумных присосок поджимаются к верхней перфорированной ленте конвейера и транспортируются к своему карману. Установленные на этих линиях сканирующие устройства фиксируют пороки древесины, автоматически определяют сорт каждого листа и передают команду устройству, направляющему этот лист в нужный карман (рис. 4.14, 4.15).



Рис. 4.14. Сортировка сухого шпона



Рис. 4.15. Линия сортировки сухого шпона на выходе из сушилки

Значительная часть шпона проходит дополнительную обработку, а именно – починку форматных листов, ребросклеивание кускового шпона и стягивание трещин клеевой лентой.

Починка шпона выполняется с целью повышения сортности на один разряд за счет вырубки из листа сучков и постановки заплаток с натягом 0,1–0,2 мм. Починке подлежит шпон сортов II, III, IV. Вставки вырубаются из шпоновых полос с влажностью 3–5 % и той же толщины, что и требующий починки лист. У вставок обычно форма эллипса, а размеры колеблются от 25×15×100×60 мм (всего четыре типоразмера). Из общего объема высушенных листов шпона починке подвергаются от 10 до 30 %. Для этой цели используются шпонопочиночные станки марки ПШ или ПШ-2А (рис. 4.16). Станок работает так: лист вручную укладывается на рабочий стол станка, рабочий укладывает лист так, чтобы дефектное место находилось прямо под штампом станка, и нажимает педаль. После этого автоматически выполняется цикл нужных операций: верхняя просечка высекает в шпоне дефектное место, вырубленный участок шпона толкателем проталкивается вниз и удаляется сжатым воздухом при помощи подведенного воздуховода, из специальной ленты шпона нижней просечкой вырубается вставка (заплатка) и ставится на место дефекта (рис. 4.17). Заплатка удерживается за счет натяга, т. к. ее размеры немного превышают размеры образовавшегося отверстия.



Рис. 4.16. Шпонопочинка на станке ПШ-2А



Рис. 4.17. Заплата, устанавливаемая на месте сучка в лист шпона

В среднем производительность шпонопочиночных станков составляет 100–150 листов в час (0,4 м³/ч). Починки требуют примерно 30 % сухого шпона 1-го сорта, 36 % 2-го сорта и 57 % 3-го сорта. Заплаты вырубаются из специальных полос шпона, для получения которых существуют специальные делительные станки, например, СД-800 от фирмы «МАГР» (г. Брянск).

В станке-полуавтомате Patchmaster PM100 (Raute) используются заплаты сложной формы, которые надежно фиксируются в листе шпона. Усовершенствованная конструкция этого станка позволяет добиться производительности до 60 листов в минуту. Представитель техники нового поколения – система RoboPatching – полностью автоматизированная система починки шпона, которая по производительности почти в два раза превосходит станок-полуавтомат. RoboPatching выполняет следующие операции: система поиска обнаруживает дефект шпона, определяет его координаты относительно заданной точки и передает эти координаты промышленному роботу, который подводит дефектное место шпона под штамп починочного станка, работающего в обычном режиме. Производительность – до 1000 заплаток в час. Подобная роботизированная система починки шпона установлена на фанерном комбинате «Свеза» (Верхняя Синячиха).

Обработка кускового шпона включает в себя операции сортировки кусков по качеству, ширине и толщине, подготовки кромок и ребросклеивания, в результате чего из кускового шпона получают форматный.

Для подготовки кромок, то есть для создания идеально прямой кромки на листах кускового шпона, служат два типа станков – гидравлические ножницы и кромкофуговальные станки. В фанерном производстве наиболее распространены гидравлические ножницы.

Пачка кускового шпона обрабатывается на гидравлических ножницах марок НГ-30, НГ-18, СК-1, СК-2 и др. с целью формирования строго прямолинейных кромок для последующего ребросклеивания без фугования.

Цикл работы на ножницах таков. Из листов шпона примерно одной ширины формируется пачка, которая укладывается на рабочий стол станка так, чтобы одна из сторон пачки упиралась в направляющую линейку. После пуска станка пачку прижимает специальная прижимная балка, и нож, совершающий качательное движение в вертикальной плоскости («сабельный удар»), отрезает часть пачки. Станок может быть оснащен лазерным указателем линии резания, что облегчает позиционирование пачки шпона и уменьшает потери древесины. После подъема ножа прижимная балка поднимается, рабочий переворачивает пачку другой стороной, и цикл продолжается, то есть выполняется резка второй продольной кромки пачки шпона. Потери шпона на прирубке кусков составляют примерно 5–7 %.

Ребросклеивание шпона может выполняться по разным схемам. Продольное ленточное ребросклеивание заключается в наклеивании гуммированной ленты (бумажной ленты с нанесенным на нее и подсушенным резиновым клеем) на стык двух подготовленных кусков шпона. Продольное безленточное склеивание заключается в предварительном смачивании кромок клеем и последующем склеивании этих кромок. Склеивание с помощью клеевой нити выполняется так: клеевая нить проходит через зону горячего воздуха, оплачивается и зигзагообразно укладывается на стык кусков шпона, где почти моментально отверждается и склеивает их таким образом.

Точечное ребросклеивание выполняется с использованием клеев-расплавов, которые наносятся в горячем состоянии на стык кусков в виде отдельных точек и очень быстро отверждаются.

Кроме продольного, существует поперечное ребросклеивание, которое предусматривает наиболее производительный, проходной способ склейки кусков шпона, уложенных на движущийся транспортер и фиксируемых между собой с помощью жидких клеев, клеев-расплавов или клеевой нити.

Наибольшее распространение на российских заводах получил станок с клеевой нитью РС-9. Парные полосы шпона вручную подаются в станок, где одновременно с их продольным перемещением выполняется их стяжка, а нитеводителем, в котором нить проходит через сопла, смонтированные в гильзе, которая совершает колебательное движение,

на шов накладывается расплавленная термопластичная нить, которая нагревается воздухом, подаваемым через нагреватель.

Станки с продольной подачей малопроизводительны (0,3–0,4 м³/ч), поэтому используются в основном на мебельных фабриках для стяжки строганого шпона. На фанерных предприятиях все большее применение находят станки с поперечной подачей. У этого оборудования производительность выше.

Следующим шагом в совершенствовании техники для ребросклеивания явилось совмещение в одной линии ножниц и ребросклеивающего станка. Прирубка по одному листу позволяет использовать вместо тяжелых гидравлических легкие пневматические ножницы.

На линии ребросклеивания ОАО «Фантех» листы шпона разной ширины соединяются в бесконечную ленту шпона, которую можно прирубать на листы нужного формата. Стопы шпона, выгруженные на цепной конвейер, перегружаются на подъемный стол, который поднимает стопу на нужную высоту. Рабочий подает листы на конвейер, где винтовыми роликами выполняется боковое смещение, которое выравнивает шпон относительно поперечной кромки. Ножницы прирубают переднюю и заднюю кромку шпона перпендикулярно к направлению подачи с помощью оптического измерителя-фотоэлемента. Фотоэлемент также фиксирует дефекты в шпоне и, в соответствии с информацией, полученной от датчика, и встроенным персональным компьютером, подается команда ножницам на вырубку дефекта. С помощью пневмосопла и управляющих эксцентриков отходы шпона сдуваются на нижний конвейер. Целые бесшовные листы переводятся на двухэтажный конвейер, служащий промежуточным складом и подающий куски шпона на ребросклеивку.

На ребросклеивающем станке листы шпона склеиваются в бесконечную ленту с помощью расплавленной нити. На обе поверхности шпона наклеиваются расплавленные четыре пары нитей, причем крайние нити после каждого шва перекручиваются. Бесконечную ленту шпона ножницы раскраивают на листы заданного формата, которые укладываются на поддон в стопы на требуемую высоту стопоукладчиком. Когда стопоукладчик оказывается в нижнем положении, готовая стопа перемещается на рольганг выгрузки, а на стопоукладчик ставится новый поддон. Минимальная ширина кусков для ребросклеивания – 150 мм, производительность линии – 5–6 м³ в смену.

В последние годы заметное место в поставках оборудования на российский рынок заняло тайваньское оборудование. Более десяти лет назад в России появилась первая японская линия ребросклеивки

от компании «Хашимото Денки». На линии выполняется последовательно контроль толщины шпона, прирубка кромок, вырубка дефектов, соединение кусков каплями термопластичного клея и упрочнение нитями с одной стороны. Предусмотрена закрытая система клеенанесения. Расплав клея подается по горячим трубам к клеевым клапанам, расположенным на поверхности горизонтального аппликатора. Капли горячего клея попадают на кромку прирубленного куска шпона, который в ходе движения прижимается к предыдущему листу. Одновременно на верхнюю поверхность шпона прикатываются в направлении поперек волокон горячие термопластичные нити, которые быстро остывают и упрочняют готовый форматный лист шпона.

В ребросклейке японской компании «Минами» используется механическая система клеенанесения. Здесь предусмотрена ванна с горячим клеем, в который погружены специальные «пальцы». При подходе кромки шпона они поворачиваются на 180° и наносят клей на эту кромку. Скрепляющие нити наносятся на нижнюю поверхность листов, что предохраняет систему от попадания мусора под нити. У оборудования «Минами» производительность меньше, чем у ребросклейки компании «Хашимото» (скорость подачи 30 м/мин против 45 м/мин), но зато оно проще в обслуживании и, главное, обеспечивает высокое качество точечного ребросклеивания.

Технология «Минами» освоена тайваньскими машиностроителями. Сегодня в России работают по этой технологии более 30 тайваньских линий ребросклеивания шпона. Линия ребросклеивания на комбинате «Свеза» (Верхняя Синячиха) показана на рис. 4.18, 4.19.



Рис. 4.18. Подача кускового шпона в полуавтоматическую линию ребросклеивания Hashimoto



Рис. 4.19. Общий вид линии ребросклеивания Hashimoto «Свеза» (Верхняя Синячиха)

Помимо склеивания по ширине с целью получения форматного шпона из кусков на фанерном предприятии часто возникает необходимость сращивания листов шпона по длине с целью получения длинных листов из коротких. Это особенно актуально при производстве строительной фанеры с размерами 1220×2440 мм из чураков длиной 1,3 м. Уменьшение длины чурака снижает его кривизну и повышает выход шпона. Последующее сращивание коротких кусков шпона по длине открывает возможность для производства большеформатных плит при одновременном повышении полезного выхода шпона из сырья.

Для получения необходимой прочности склеивания используют усовое соединение с длиной уса 25–40 мм (рис. 4.20). Для этой цели ОАО «Фантех» выпускает линию сращивания шпона.

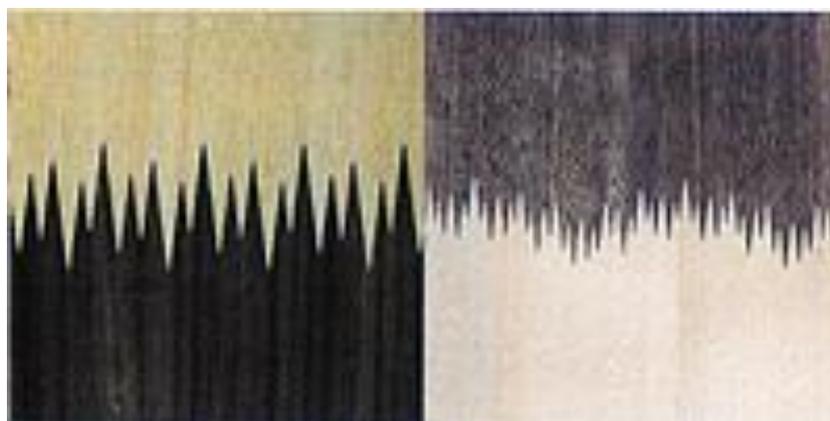


Рис. 4.20. Сращивание шпона на ус

Стопа шпона подается с роликового конвейера, который служит накопителем, на подъемный стол. Оператор поднимает стол на удобную для себя высоту и затем подает шпон на загрузочный конвейер, где листы выравниваются по одной кромке. На усовочном станке листы шпона усушаются таким образом, что на правой стороне листа скос получается сверху, а на левой – снизу. Длина уса регулируется в зависимости от толщины шпона. После усовки клеенаносящее приспособление наносит точно дозированный объем клея на поверхность шпона только с левой стороны. Затем листы укладываются в стопу высотой примерно 200–300 мм и выдерживаются перед запрессовкой (открытая выдержка) для того, чтобы из клея испарилась излишняя влага. После набора стопы шпон по роликовому конвейеру передается к пресс-балкам. На каждой пресс-балке операторы подают подготовленный шпон к кареткам загрузочного устройства, которые автоматически перемещают шпон к пресс-балкам и устанавливают намазанную кромку одного листа и сухую другого точно одну над другой. В процессе смыкания плит положение листов не меняется, что обеспечивает хорошее соединение. Пресс-балка смыкается, при этом каретка возвращается в исходное положение для приемки следующего листа. Время прессования в зависимости от свойств шпона и клея заранее установлено на пульте управления, и по его истечении пресс-балка автоматически размыкается. При этом каретка подает очередной лист шпона. После прессования получается бесконечная полоса шпона, которую можно рубить на полотна необходимой длины. Нож выполняет рубку автоматически – в соответствии с заданной длиной сращенного шпона. Автоматический стопоукладчик укладывает форматные листы шпона на подъемный стол. После достижения нужной высоты стопы стол опускается и стопа шпона перемещается на выгрузочный конвейер. Стол возвращается в исходное положение.

Линия сращивания шпона Raute R7 приведена на рис. 4.21.

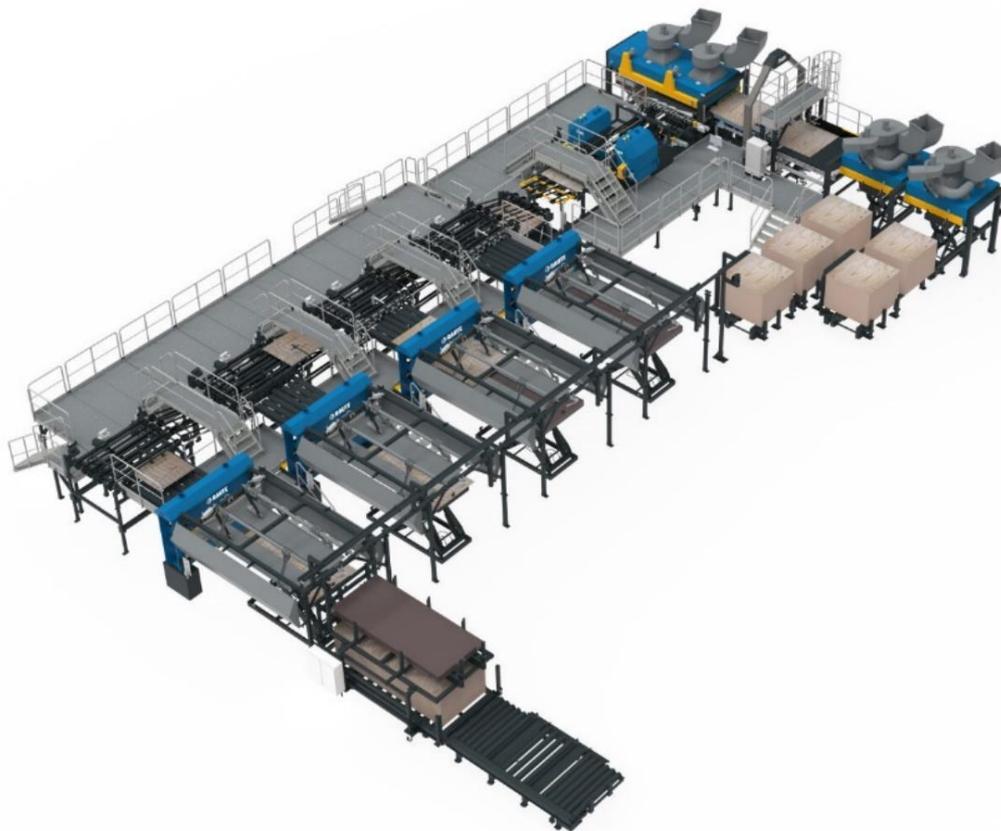


Рис. 4.21. Линия сращивания шпона Raute R7

Еще одним способом сращивания шпона является наклеивание бумажной ленты на стык листов шпона. Для того, чтобы стык был плотным, сначала делают небольшую нахлестку и прирубку сразу двух листов. Затем отходы удаляют сжатым воздухом, торцы листов прижимают друг к другу и наклеивают на стык бумажную полосу со смоленным клеем, который моментально фиксирует соединение.

Технологии склеивания древесного шпона

Рассмотрим основные этапы технологического процесса склеивания фанеры. От точности соблюдения параметров технологического режима во многом зависит качество фанеры. Технологические процессы склеивания фанеры состоят из следующих этапов:

1. Приготовление и нанесение клея на древесный шпон;
2. Сборка пакетов фанеры;
3. Упрессовка фанеры;
4. Прессование фанеры.

Приготовление и нанесение клея на древесный шпон

Для производства фанеры используются многокомпонентные клеи. Наряду с синтетической смолой в них могут присутствовать такие добавки, как отвердитель, наполнитель, пластификатор и прочие. Рецептуры клеев на разных заводах разные и часто являются ноу-хау предприятия.

Фанера марки ФК на многих заводах изготавливается с использованием карбамидоформальдегидной смолы КФ-МТ, к которой добавляются хлористый аммоний (в качестве отвердителя) и другие компоненты. Фанера марки ФСФ склеивается на фенолоформальдегидной смоле типа СФЖ-3014, которая не требует добавки отвердителя.

Клеи готовят в механических клеемешалках с бачками разной формы и емкости. У бачков должны быть двойные стенки (как в термосе), между которыми циркулирует вода («водяная рубашка») для регулирования температуры клеевой смеси. Основным рабочим органом клеемешалок является вал с лопастями, вращаемый электромотором через редуктор. Конструкция лопастей может быть разной: в виде плоских пластин, приваренных к валу с одинаковым или разным наклоном плоскостей относительно оси вала; в виде пропеллерных пластин, направленных в противоположные стороны или винтообразно приваренных к валу. Движение лопастей может быть планетарным или встречным, создающим вихревое движение клеевой смеси. Лопастями изготавливают из высокопрочной легированной стали.

Обычно скорость вращения лопастей – 60 об./мин, но в зависимости от вида клея она может меняться (от 25 до 75 об./мин). Нередко скорость вращения лопастей ограничивают для предотвращения вспенивания клея. Если же нужно получить вспененный клей, например, карбамидный, скорость вращения повышают. Длительность перемешивания составляет 15–30 мин. Последним из компонентов в клеевую смесь вводят отвердитель.

Смеситель может быть отдельным оборудованием, у которого вал с мешалкой опускается, например, в бочку со смолой, куда уже загружены необходимые компоненты. Размеры стойки мешалки, длина вала, диаметр перемешивающего органа выбирают с учетом геометрических размеров емкости заказчика.

Для экономии клея прибегают к его вспениванию. Для этого добавляют в смолу поверхностно активные вещества (альбумин, ОП-10, сапонал и др.) в количестве 0,2–1,0 %. Вспенивающий аппарат представляет собой многолопастную мешалку с частотой вращения рабочего органа 250–300 мин⁻¹. За 5–10 мин объем смолы увеличивается

в 3–5 раз по сравнению с исходным. После этого в нее добавляют отвердитель и снова перемешивают 5–10 мин. Устойчивость пены поддерживается не менее восьми часов. Наибольшее распространение получил вспениватель конструкции Усть-Ижорского фанерного завода (УИФЗ) вместимостью 600 л.

Экструдер представляет собой трубу с отверстиями, через которые вытекает клей, полосками ложащийся на проходящую под ним заготовку шпона (рис. 4.22). Оптимальный расход клея – 10–12 г/м (55–60 г/м²), потери клея – не более 5 %, скорость подачи под экструдером – до 70 м/мин.

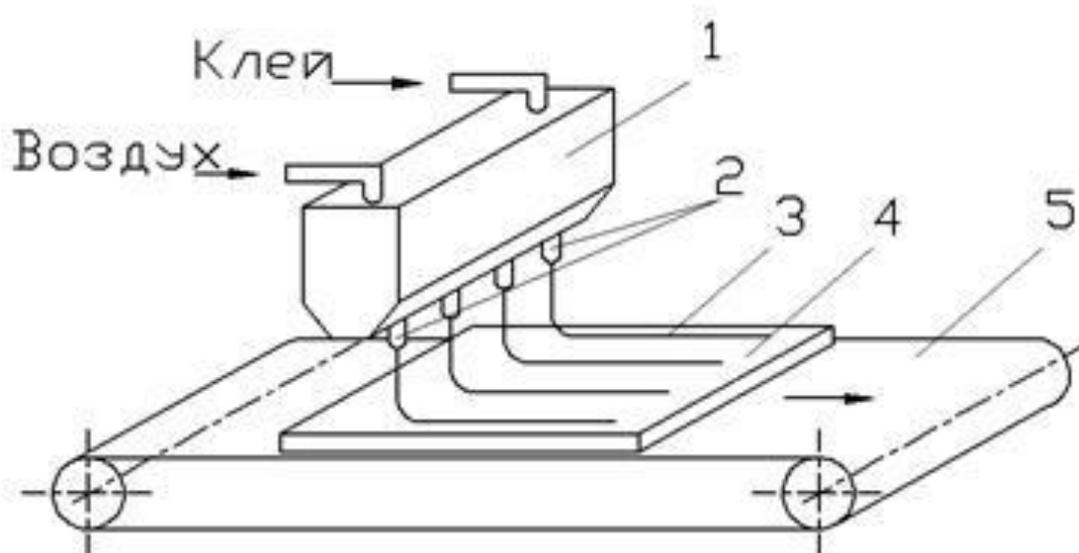


Рис. 4.22. Нанесение клея методом экструзии: 1 – экструзионная головка; 2 – сопла; 3 – полосы нанесенного на шпон клея; 4 – лист шпона; 5 – ленточный транспортер

Доля стоимости клея в себестоимости фанеры примерно 20 %, поэтому экономному расходованию клея уделяется большое внимание. Наиболее распространенным способом нанесения клея является контактный, реализуемый обычно с помощью клеенаносящих вальцов (рис. 4.23).

У рабочей поверхности клеенаносящих валов – резиновое покрытие, которое может быть как гладким, так и с винтовыми канавками, обеспечивающими заданный удельный расход клея.

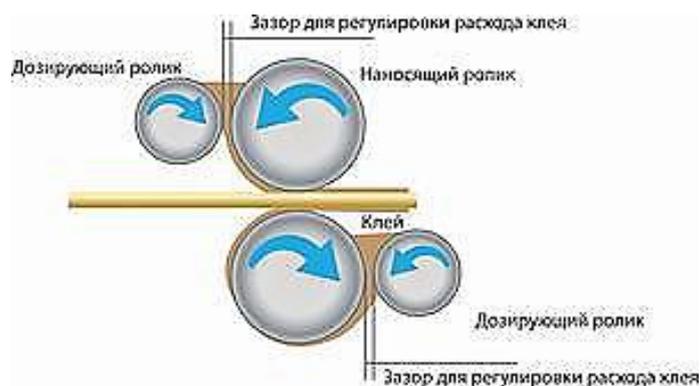


Рис. 4.23. Принципиальная схема и общий вид клеенаносящего станка КВ-18М (производитель – компания «МИИОР плюс», г. Рыбинск)

Форма и шаг канавки выбираются в зависимости от применяемого клея и удельного расхода, необходимого по технологическому процессу. Резиновое покрытие валов подбирается по твердости, химической стойкости, термостойкости, исходя из условий работы. Резиновое покрытие хорошо отдает клей (по сравнению с применяемым на некоторых станках полиуретановым или капроновым покрытием) и позволяет наносить клей на заготовки с разнотолщиной до 0,2 мм (металлическая или полиуретановая поверхности из-за жесткости оставляют участки, не промазанные клеем).

У рабочей поверхности дозирующих валов может быть эбонитовое или хромовое покрытие, которое защищает ее от коррозии.

Все валы станка проходят балансировку, что снижает вибрации, износ рабочих поверхностей валов, нагрузку на опоры.

В приводе валов используются обгонные муфты, при помощи которых выравниваются окружные скорости поверхностей валов, что устраняет трение между валами, так как происходит обкатывание валов без скольжения. Устранение проскальзывания между валами позволяет уменьшить износ поверхностного слоя валов и избежать нагрева клеевой смеси.

Валы изготавливаются с жесткими допусками по длине, что позволяет полностью устранить подтекание клея по торцам валов через торцевые уплотнения. В механизмах торцевых уплотнений используются съемные бронзовые вкладыши с минимальным коэффициентом трения. По окончании рабочей смены при промывке станка вкладыши торцевых уплотнений легко вынимаются для очистки и устанавливаются обратно.

Для настройки валов на параллельность и параллельного разведения и сведения валов применяются червячные редукторы, соединенные парно через шлицевые муфты. Эти редукторы не позволяют настройкам самопроизвольно сбиться. Строгая параллельность валов особенно необходима при работе с пониженным удельным расходом клея.

Привод станка укомплектовывается инвертором (частотным преобразователем), позволяющим менять обороты электродвигателя без потери мощности. Поэтому скорость прохождения заготовок может плавно меняться от 1–2 до 60 м/мин. При помощи инвертора осуществляется и плавный запуск станка, что позволяет избежать пусковых ударов и продлить срок службы станка. Инвертор дает возможность подключать станки с мощностью привода до 1,5 кВт к сети однофазного тока (220 В).

Важным моментом эксплуатации клеенаносящего станка является обеспечение безопасности работы оборудования. Защитные ограждения предназначены для исключения риска попадания рук операторов в опасные зоны станка во время работы. При открытии защитных ограждений станок останавливается, и включить его можно только после установки защитных ограждений в рабочее положение. Промывка станка выполняется при выключенном приводе, а для вращения валов используется специальная съемная рукоятка.

Способ налива (рис. 4.24) отличается от других тем, что заготовка (шпон) проходит через клеевую завесу. При этом способе применяется простое оборудование с малым числом трущихся деталей, не требуется настройка на толщину и легко регулируется расход клея, скорость подачи материала может достигать до 200 м/мин, а потери клея составляют не более 10 %. Однако ввиду интенсивной циркуляции жидкий клей быстро теряет растворитель, и требуется постоянно добавлять свежий клей в бак, а вязкость клеевой смеси не должна превышать 100 с (по вискозиметру ВЗ-4). Кроме того, клей наносится только на одну сторону листа шпона, поэтому при использовании способа налива (так же как при методе экструзии) требуется менять всю схему сборки пакетов. Оптимальный расход клея – 90 г/м², ширина донной щели – 0,75 мм, расстояние между щелью и шпоном – 60–100 мм. Скорость подачи не должна превышать четырехкратную скорость падения струи.

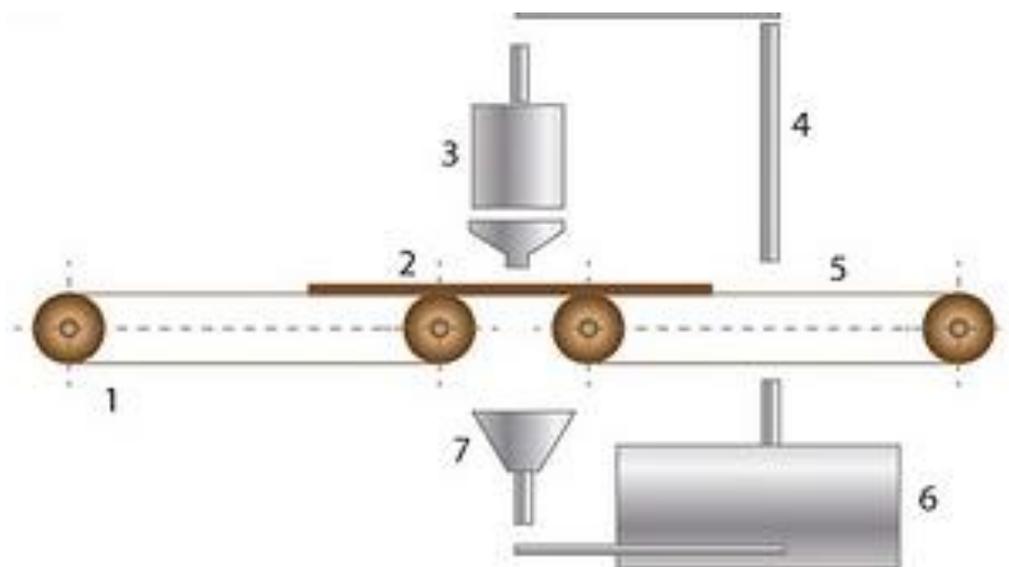


Рис. 4.24. Схема нанесения клея методом налива:
 1 – подающий конвейер; 2 – лист шпона; 3 – клееналивная головка;
 4 – трубопроводы; 5 – приемный конвейер; 6 – бак с клеем;
 7 – приемная воронка

Оптимальный расход клея в фанерном производстве приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оптимальный расход клея при склеивании шпона, г/м²

Способ нанесения	Береза	Хвойные породы древесины
Экструзионный (вспененный клей)	115	130
Экструзионный (обычный клей)	150	160
Наливом	145	160
Контактный (вальцовый станок)	155	200

Сборка пакетов фанеры

Перед клеенаносящим станком устанавливается стопа шпона для среднего слоя. После станка – стопы шпона лицевого и оборотного слоев. Сборка выполняется вручную на столе с упорными линейками, образующими базирующий угол. Основная идея механизации и автоматизации участка сборки пакетов с использованием классических клеенаносящих вальцов – обеспечение автоматической, без участия наборщика, подачи листов шпона из необходимого количества стоп непосредственно к месту сборки (рис. 4.25).

При этой концепции линию автоматической сборки можно условно разделить на два основных участка: подачи шпона в вальцы

и подачи рубашек и сухих серединок. Необходимое количество под-
стопных мест определяется сортностью выпускаемой фанеры и приме-
няющейся технологией. Таким образом, сборка пакетов осуществляют-
ся только одним оператором, который автоматически попеременно
получает необходимые листы шпона и укладывает их в пакет.



Рис. 4.25. Участок автоматизированной сборки пакетов фанеры
(производитель фирма Raute)

При сборке особое внимание обращают на симметричность листа фанеры и соблюдение параметров заданной конструкции. Нижний и верхний листы должны быть обращены лучшей стороной наружу. При использовании шпона из хвойной древесины для изготовления фанеры листы заболонного шпона должны быть в пакете снаружи, а листы ядрового – внутри. Если используются листы шпона разных пород, то хвойный шпон помещается внутрь пакета.

Прессование фанеры

Третий этап включает в себя следующие операции:

1. Холодная подпрессовка пакетов собранного шпона;
2. Горячее склеивание фанеры;
3. Горячее прессование фанеры.

В качестве головного оборудования фанерных предприятий почти повсеместно используются горячие гидравлические многоэтажные прессы. На многих фанерных заводах России эксплуатируется отечественный пресс П-714Б. Это 15-этажный пресс с нижним давлением, жесткими плитами и паровым обогревом.

Холодная подпрессовка пакетов собранного шпона

Холодная подпрессовка пакетов собранного шпона выполняется непосредственно перед горячим прессованием для получения цельных пакетов, удобных для транспортировки и загрузки в горячий пресс. Холодное прессование позволяет исключить взаимное смещение листов, сократить число повреждений наружных слоев, увеличить скорость транспортирования и загрузки в пресс, отказаться от использования прокладок, увеличить производительность пресса за счет повышения его этажности, сделать работу пресса независимой от участка сборки пакетов. На рис. 4.26 представлен одноэтажный пресс с верхним рабочим давлением для подпрессовки пакетов шпона.



Рис. 4.26. Холодные прессы для подпрессовки пакетов шпона

Обычно один холодный пресс может обслуживать не менее двух горячих прессов.

Цикл подпрессовки обычно определяется периодом сборки одного пакета, в течение которого в прессуемом пакете происходит увлажнение шпона и повышение вязкости клея в клеевых прослойках, что обеспечивает условия для прилипания слоев друг к другу, но без отверждения клея. При разборке подпрессованного пакета целостность листов не нарушается. Время хранения подпрессованного пакета зависит от вида клея и температуры помещения. Для фенольных клеев (без отвердителя) оно может составлять около суток.

Горячее склеивание фанеры

При склеивании фанеры сухим горячим способом в многоэтажных прессах применяют три основные технологические схемы:

1. Склеивание нескольких листов в рабочем промежутке прессы при постоянном рабочем давлении. Этим способом склеивают фанеру толщиной от 6 до 8 мм. Максимальная толщина пакета (суммарная толщина листов шпона) в одном промежутке прессы не должна превышать 18 мм. В противном случае не гарантируется необходимый равномерный прогрев как по площади листов, так и по толщине пакета из-за низкой теплопроводности древесины;

2. Склеивание по одному листу в промежутке прессы при постоянном давлении в период термообработки. Таким образом склеивают фанеру толщиной более 8 мм, а в некоторых прессах и более тонкую фанеру;

3. Склеивание по одному листу с охлаждением плит прессы. Применяется при склеивании фанерных плит и другой продукции большой толщины (более 20 мм). У технологии склеивания по одному листу есть свои достоинства: обеспечиваются симметричный нагрев каждого листа, одинаковая влажность и упрессовка наружных листов, низкая упрессовка в целом всего листа фанеры.

Параметрами режима склеивания фанеры являются:

1. Влажность пакета шпона, обычно она колеблется в пределах $(12 \pm 3) \%$;

2. Число листов в промежутке прессы. Оно определяется максимальной толщиной пакета (18 мм) и зависит от толщины фанеры. Обычно фанеру толщиной до 7 мм клеят по 2–4 листа в этаже прессы, более толстую – по одному листу;

3. Температура плит прессы. Зависит от марки используемого клея и числа слоев в фанере. Чем толще пакет, тем ниже должна быть температура склеивания. Для фенольных клеев требуется температура на 10...20 °С выше, чем для карбамидных;

4. Рабочее давление. Оно зависит от марки продукции и конструкции элементов прессы, передающих давление.

Цикл склеивания фанеры складывается из следующих периодов: загрузки пакетов в пресс, подъема и смыкания плит прессы, создания рабочего давления, выдержки под давлением, снижения давления, выгрузки фанеры. Составляющие цикла склеивания и типичная диаграмма изменения давления представлены на рис. 4.27.

К вспомогательному времени относится время, необходимое для загрузки и выгрузки пакетов, для смыкания и размыкания плит прессы. Время выдержки под давлением ($t_{пр}$) зависит от марки клея, породы древесины, слойности и толщины пакета и температуры плит

пресса. Время снятия давления складывается из двух периодов. В первом периоде происходит снижение давления с максимального уровня до безопасного, равного уровню давления пара в плитах пресса. Обычно этот период составляет 0,25 мин. Второй период занимает 1–3 мин., так как быстрое снятие давления может вызвать интенсивное парообразование, которое приведет к разрушению листов фанеры. При склеивании по одному листу время снятия давления сокращается примерно вдвое по сравнению с приведенным выше.

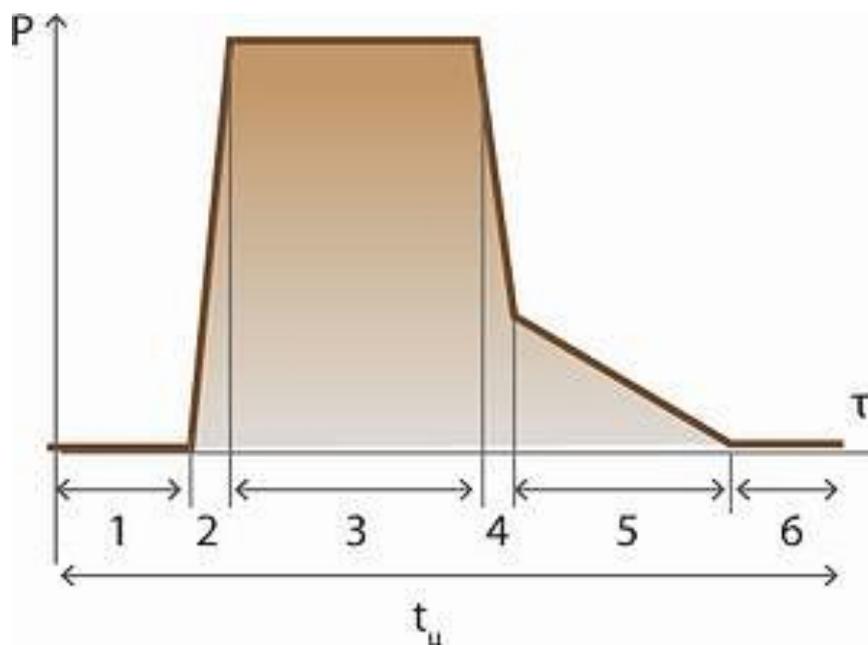


Рис. 4.27. Составляющие цикла склеивания и диаграмма изменения давления при склеивании фанеры:

- 1 – время загрузки пакетов; 2 – время смыкания плит;
- 3 – время прессования; 4 – время снятия давления в первом периоде;
- 5 – время снятия давления во втором периоде;
- 6 – время размыкания плит и выгрузки пакетов

Упрессовка фанеры (Y_n) определяется как относительное уменьшение толщины пакета шпона ($\sum S_{ш}$) до толщины фанеры ($S_{ф}$), %

$$Y_n = \frac{\sum S_{ш} - S_{ф}}{\sum S_{ш}} 100 \% .$$

Упрессовка зависит от многих факторов: давления склеивания, времени склеивания, температуры плит пресса, начальной влажности пакета шпона, толщины пакета шпона.

Возрастание влажности шпона, как и увеличение времени прессования, ведет к повышению упрессовки. При большой толщине пакета упрессовка неравномерная: наружные слои упрессовываются сильнее, так как они находятся ближе к горячим плитам.

Причиной упрессовки являются пластические деформации древесины под действием высокой температуры и давления. Силы упругости целлюлозного каркаса древесины недостаточно для полного восстановления его первоначального размера. Упрессовке способствует и проникновение клея в полости клеток, и его отверждение в них.

Шпон хвойных пород уплотняется на 30–50 % сильнее, чем березовый, из-за содержания в смоле летучих веществ, влияющих на коэффициент внутреннего трения в древесине.

Сокращение потерь при упрессовке может быть достигнуто за счет склеивания фанеры по одному листу в промежутке пресса, использования эластичных средств для передачи давления. При использовании очень жестких нагревательных плит необходимо обеспечить избыточное давление для ликвидации неплоскостности этих прессующих плит (нормативное значение – 0,1 мм на 1 м длины) и повышения качества клееной продукции.

Разработано несколько систем управления упрессовкой. Они основаны на том, что при снижении давления с 1,8–2,5 до 0,4–0,5 МПа развитие упрессовки во времени прекращается. Момент снижения давления устанавливается по общей деформации всех пакетов в горячем прессе, например, с помощью задатчика упрессовки, дающего команду гидросистеме пресса (система АСУП-1).

Почти не дает упрессовки холодный способ склеивания фанеры. При температуре плит пресса 18...20 °С толщина пакета может быть любой. Время выдержки в прессе зависит от типа используемого клея. Особенно эффективно использование холодного способа склеивания при изготовлении фанеры из соснового шпона.

Горячее прессование фанеры

Все существующие сегодня прессы в деревообработке можно классифицировать по следующим признакам:

- температуре: холодные и горячие (с нагревом или без нагрева);
- этажности: одно-, двух- и многоэтажные;
- характеру работы: периодического или непрерывного действия;
- виду привода: гидравлические, пневматические (в том числе вакуумные), механические, электромагнитные;

- виду средств, передающих давление: с жесткими плитами, гусеницами, роликами, мембранами, эластичными диафрагмами, лентами;
- виду теплоносителя: с обогревом паром, горячей водой, электричеством, минеральными жидкостями;
- конструкции станины: колонные, рамные и коробчатые.

Для обеспечения лучшей работы горячего пресса выполняют холодную подпрессовку пакетов шпона. В течение короткого периода и под невысоким давлением (примерно 1 МПа) происходит пропитка шпона клеем и нарастание вязкости клея. В результате устраняется волнистость шпона, пакеты приобретают правильную форму, что облегчает и ускоряет их загрузку в горячий пресс.

В качестве головного оборудования фанерных предприятий почти повсеместно используются горячие гидравлические многоэтажные прессы.

На многих фанерных заводах России эксплуатируется отечественный 15-этажный пресс П-714Б с нижним давлением, жесткими плитами и паровым обогревом. В основании пресса – литая станина со встроенными цилиндрами из высокоуглеродистой стали. Внутри цилиндров находятся поршни с манжетами из маслостойкой резины (срок службы – 3–5 месяцев). Профиль манжет таков, что при повышении давления увеличивается плотность их прилегания к поверхности цилиндров. У пресса П-714Б один главный цилиндр диаметром 600 мм – для создания рабочего давления (до 2,2 МПа) и два вспомогательных цилиндра диаметром 160 мм – для быстрого смыкания и размыкания плит пресса.

Гидросистема пресса включает в себя бак с рабочей жидкостью (маслом ИГП-30, ТП-22) объемом 630 л, насосы высокого и низкого давления, распределители и трубопроводы.

Нагревательные шлифованные плиты обеспечивают плотный контакт склеиваемых слоев шпона и упрессовку. Габариты плит пресса П-714Б – 1650×1750×42 мм. В плитах, которые свободно лежат на плитодержателях, есть система каналов диаметром 20 мм для циркуляции теплоносителя (пара). Система нагрева плит включает паропроводы, коллектор для распределения пара по плитам и гибкие шланги, позволяющие не нарушать герметичность системы при вертикальном перемещении плит. Вместо гибких шлангов могут использоваться шарнирные или телескопические трубки.

Наиболее удобным теплоносителем является насыщенный пар; температура плит зависит от давления пара. При использовании перегретой воды уменьшаются потери тепла из-за парообразования, сокращается время прогрева, увеличивается равномерность температурного

поля. В целом экономия тепла достигает 25 %. Существуют также высокотемпературные теплоносители в виде минеральных жидкостей с температурой кипения до 300 °С при нормальном давлении, например, ароматизированный минеральный теплоноситель АМТ-300. Его применение позволяет отказаться от системы паропроводов, использовать электронагрев жидкости и ее циркуляцию без потерь, под минимальным избыточным давлением.

Система управления прессом предусматривает возможность его работы в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Большинство действующих прессов П-714Б были модернизированы: старая система управления в них заменена современной. С пульта управления прессом можно задать все необходимые параметры прессования: температуру плит, время срабатывания насосов подъема и смыкания плит, настройки рабочего давления и времени прессования и т. п.

Пресс П-714Б относится к прессам без этажерок, его загрузка осуществляется с подъемного стола вручную.

Среди других прессов для производства фанерной продукции следует отметить 20-этажные прессы ОАО «Днепропресс» (г. Днепропетровск, Украина) с механизированной загрузкой пакетов и выгрузкой фанеры. У прессы Д-4042 Ф1 имеются загрузочная и разгрузочная этажерки, которые могут перемещаться вертикально. Собранные пакеты шпона загружаются поэтажно в загрузочную этажерку по мере ее опускания. Полностью загруженная этажерка находится в крайнем нижнем положении, что позволяет специальному устройству с толкателями выталкивать все листы фанеры из открывшегося пресса в разгрузочную этажерку. После этого загрузочная этажерка поднимается и те же толкатели загружают пакеты шпона в горячий пресс, который быстро смыкается, и начинается новый цикл прессования.

Размер горячих плит прессы Д-4042 Ф1 – 3300×1700 мм, пресс предназначен для изготовления специальных видов фанерной продукции (декоративной, бакелизированной), получаемых с использованием поддонов. В прессе возможно охлаждение плит в каждом цикле запрессовки, стабилизация толщины продукции за счет изменения давления прессования. Возможна поэтажная загрузка этажерок с конвейера.

Днепропетровская фирма «Волев» выпускает комплексы для производства фанеры формата 1525×525 и 2440×1220 мм на базе 15-ти и 20-этажных прессов. Производительность прессов – 20–5 тыс. м² фанеры в год. В состав комплекса входят:

– два участка сборки пакетов (столы подступные подъемные, транспортеры дисковые пульсирующие, столы сборки пакетов, приводные рольганги, рольганг продольно-поперечной подачи к подпрессовщику);

– подпрессовщик с автоматизированной загрузкой и выгрузкой стопы пакетов;

– горячий пресс с автоматизированной загрузкой и выгрузкой (рольганг подъемный, механизм загрузки этажерки, этажерка).

Среди зарубежных производителей прессов для выпуска фанеры следует отметить финскую фирму Raute, итальянскую Itaipresse и японскую Yamamoto.

Компания Raute (рис. 4.28) предлагает серию прессового оборудования (Pro, Select, Smart) с системами загрузки/выгрузки. Максимальное число этажей пресса – 36. Все прессы оснащены автоматическими системами управления, в том числе с контролем толщины готовой продукции. Давление прессования – до 2 МПа, производительность – до 60 тыс. м³ фанеры в год. Также применяют пресса производства Япония (рис. 4.29).

Послепрессовая обработка фанеры

Послепрессовая обработка фанеры включает в себя операции по охлаждению, форматной обрезке, шлифованию фанерной продукции.

Охлаждение фанеры выполняют для снижения температуры и влажности листов, выгруженных из горячего пресса. Для ускорения процесса используют веерные или конвейерные охладители. При длине конвейера 6,5 м и скорости подачи 1 м/мин время охлаждения листов фанеры составляет 6,5 мин.



Рис. 4.28. Универсальный 30-этажный горячий пресс (Raute Select) для прессования большеформатной фанеры 4×8 и 5×10 футов

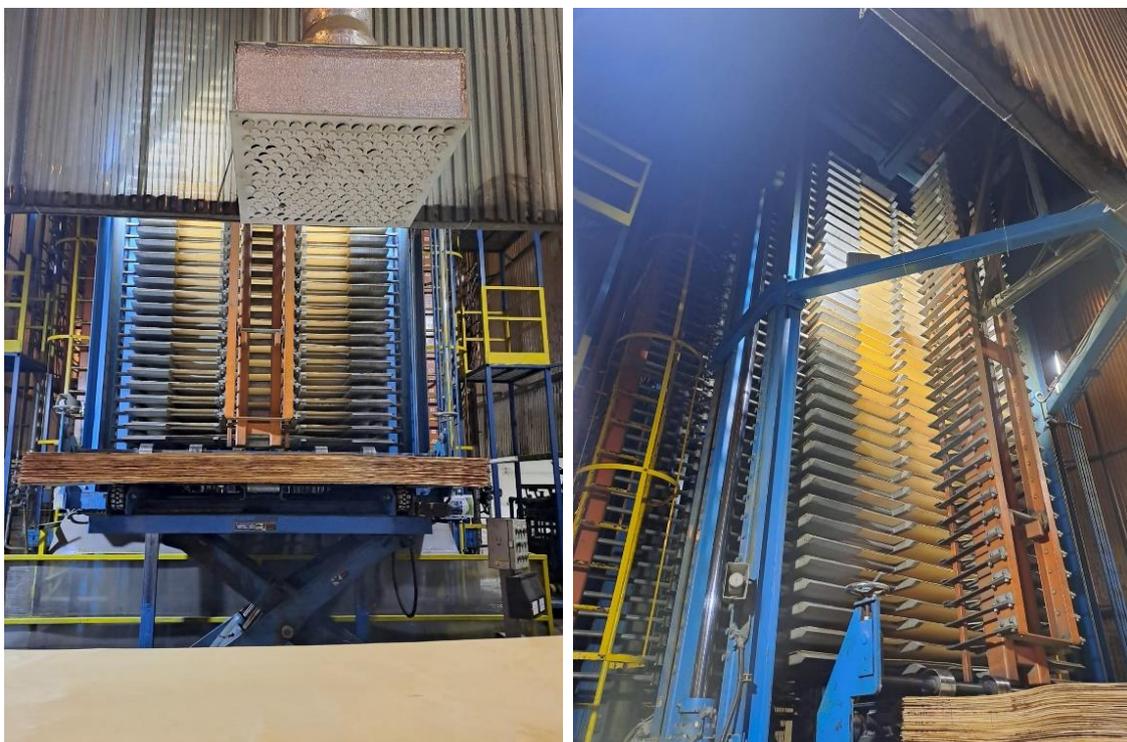


Рис. 4.29. Универсальный 35-этажный горячий пресс для прессования большеформатной фанеры Kitagawa, Япония (размеры плит 1,4×2,8 м)

Обрезка фанеры необходима для получения листов заданного формата. Допускаемое отклонение габаритов от заданных составляет 4–5 мм. Обрезку выполняют на круглопильных станках. Наиболее широкое применение нашли четырехпильные агрегаты, составленные из двух двухпильных станков, расположенных перпендикулярно. Особенность обрезки фанеры заключается в том, что у листов, выгруженных из пресса, нет ни одной строго прямолинейной базовой кромки. Поэтому базирование листа относительно пил на первом станке лучше выполнять с помощью гусеничной подачи. При обрезке второй пары кромок можно использовать станок с цепной подачей, в котором базирование выполняется с помощью упоров цепи.

Помимо поштучной, широко распространена обрезка фанеры в пачках. Ярославский завод «Пролетарская свобода» выпускает линию обрезки фанеры ЛОФ. Она состоит из подъемного стола, на котором формируется пачка необрезной фанеры высотой до 850 мм, и двух двухпильных станков с кареткой, на которую загружается пачка фанеры толщиной 20–40 мм. Скорость подачи до 22 м/мин.

Ввиду высокой твердости клеевых швов при обрезке следует использовать пилы с пластинками твердого сплава. Для измельчения срезов (реек, образующихся после опилования фанеры) на одном валу с пилой иногда устанавливают фрезу. Известен вполне удачный опыт использования срезов в качестве среднего слоя комбинированной фанеры.

Сортировка, упаковка, маркировка, складирование фанеры

В последние годы многие предприятия создали полуавтоматические поточные линии по обработке клееной фанеры. В их состав обычно включают веерный охладитель фанеры, подъемный стол-накопитель листов, два двухпильных обрезных станка, устанавливаемых под углом 90° друг к другу, и транспортер.

Компания Raute выпускает линии форматной обрезки фанеры трех моделей: Pro, Select и Smart. Они изготовлены в угловом исполнении с двумя двухпильными станками и отличаются друг от друга уровнем автоматизации на операциях подачи материала и настройки.

Для операции переобреза фанеры, цель которой – опилование листа фанеры на меньший стандартный размер из-за наличия недопустимого дефекта, используют однопильный станок типа ЦФ-5 с кареткой. Часто обрезанные полосы фанеры могут найти спрос как попутная продукция.

Сортирование фанеры выполняют по породам шпона наружных слоев, форматам, толщине, маркам и сортам. Процесс сортирования предусматривает три стадии:

- предварительное сортирование, в ходе которого определяют фанеру экспортную, общего назначения и направляемую в переобрез;
- сортирование экспортной фанеры;
- сортирование фанеры общего назначения.

Фанера общего назначения для внутреннего рынка подразделяется по внешнему виду на сорта. Каждый лист раньше осматривался с двух сторон и простукивался специальным молоточком на предмет обнаружения пустот (непрокля). В современных линиях сортирования фанеры для этой цели используются ультразвуковые приборы (рис. 4.30). На участке сортирования выполняют также мелкий ремонт листов: заделку выпавших сучков, разошедшихся трещин, запрессовку слабых углов, удаление пузырей, обзола и т. п. Затем на лист ставят штамп, содержащий информацию о сорте фанеры и номере сортировщика.



Рис. 4.30. Ультразвуковой сканер GreCon обнаружения дефектов фанеры после склеивания

В линии сортирования Raute интегрированы современные устройства автоматического видеоконтроля, которые идентифицируют все дефекты, влияющие на сорт фанеры, такие как трещины, выпадающие сучки, неотшлифованные поверхности, изменения в цвете. Общее состояние поверхности фанерного листа оценивается с помощью лазеров.

Для увеличения доли выпуска фанеры высших сортов необходимо увеличивать объемы починки форматного шпона, ребросклеивания кускового шпона, наращивать выпуск неравнослойной фанеры

с наружными слоями из тонкого высококачественного шпона, а также выполнять качественную починку фанеры.

Починка фанеры выполняется с целью ликвидации дефектов и повышения сортности листа фанеры. К числу устранимых дефектов относятся трещины, слабые углы, пузыри, отверстия от выпавших сучков. Починку выполняют на отдельном рабочем месте, оборудованном инструментом для фрезерования канавок и постановки заплаток, нанесения клея и запрессовки слабых углов в винтовом прессе и т. п. Широко используют замазки на основе смеси карбамидной смолы, казеина и древесной муки. С экономической точки зрения починка фанеры вполне себя оправдывает.

Компания Raute производит как автоматические, так и ручные линии ремонта фанерных плит. Имеются полностью автоматизированные системы, в состав которых входит видео- и робототехника, они используются для ремонта лицевых сторон листов фанеры. В основе технологии – использование интеллектуальной системы сортировки посредством видеокамеры, которая идентифицирует подлежащие починке дефекты и выдает в ПК системы информацию для позиционирования фрезерной головки. После устранения дефекта вырез автоматически заполняется быстротвердеющей пастой и выравнивается шлифованием. Система может быть запрограммирована на ремонт любых видов дефектов, возникающих после прессования плит, ее возможности могут быть расширены за счет включения в ее состав дополнительных ремонтных блоков.

Шлифование фанеры выполняется выборочно, по требованию заказчика. Барабанные шлифовальные станки сегодня почти не используются, так как они требуют частой смены шлифовальной шкурки и не обеспечивают нужного качества обработки. Наиболее эффективна обработка на широколенточных двухсторонних станках, характеризующихся высокой производительностью и точностью обработки (рис. 4.31).

Шлифование совмещается с калиброванием фанеры, то есть с получением точного размера по толщине (обычно с точностью не менее $\pm 0,2$ мм). Для этого на станке устанавливается не менее четырех шлифовальных головок – по две на каждую сторону листа фанеры. Сначала ведется обработка грубой шкуркой для снятия припуска и калибрования фанеры, а затем второй агрегат выполняет выглаживание поверхности материала.



Рис. 4.31. Широколенточный шлифовальный станок Kikukawa (Япония)

Оптимальная скорость резания при шлифовании составляет 25–30 м/с. Зернистость шкурок для грубого шлифования – 50–40, для чистового – 32–25. Скорость подачи составляет 10–17 м/мин для наружных слоев из форматного шпона и 8–12 м/мин – для слоев из ребросклеенного шпона. Усилие прижима шкурки к материалу составляет 7–12 Н/см, глубина сошлифовывания – 0,1–0,2 мм. Удельная длина шлифования, то есть число метров шлифованной поверхности на 1 м шкурки для обычной фанеры составляет 1000–1200 м/м, а для сосновой – всего 120–180 м/м, из-за смолистости древесины.

В России требования к показателям качества фанеры задаются межгосударственными стандартами в зависимости от области ее применения (фанера общего назначения, фанера специального назначения, фанера облицовочная и др.).

Требования действующих стандартов для фанеры общего назначения различаются для различных пород древесины шпона наружных слоев:

- ГОСТ 3916.1–2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия [26];

- ГОСТ 3916.2–2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия [27].

Для примера, по ГОСТ 3916.1–2018, фанеру общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород подразделяют:

- «на сорта в зависимости от внешнего вида поверхности;
- на марки в зависимости от степени водостойкости клеевого соединения;

- шлифованную и нешлифованную в зависимости от степени механической обработки поверхности;
- на сорта в зависимости от комбинации сортности наружных слоев;
- на марки по степени водостойкости клеевого соединения фанеры;
- нешлифованную, шлифованную с одной стороны, шлифованную с двух сторон» [26].
- Условное обозначение фанеры по требованиям ГОСТ 3916.1–2018 должно содержать:
 - «наименование продукции;
 - породу древесины наружных слоев;
 - марку;
 - сочетание сортов шпона наружных слоев;
 - класс эмиссии формальдегида;
 - вид обработки поверхности;
 - размеры;
 - обозначение настоящего стандарта» [26].

Пример условного обозначения фанеры с наружными слоями из шпона березы, марки ФК с сочетанием сортов шпона наружных слоев I/III, класса эмиссии формальдегида E1, шлифованной с двух сторон, длиной 2440 мм, шириной 1525 мм, толщиной 9 мм:

Фанера, береза ФК, М1, E1, Ш2, 2440×1525×9 ГОСТ 3916.1–2018.

Упаковка фанеры может осуществляться на специальных механизированных или автоматических линиях. Пачку перевязывают металлической лентой, проволокой или веревкой (рис. 4.32). Вес пачки при механизированной упаковке может достигать до 1 т. Производительность автоматической линии (например, фирмы Raute) – до 40 м³/ч. На пачке указывают наименование предприятия, размеры листа фанеры, марку, сорт, породу древесины, из которой изготовлен шпон, вид обработки, число листов в пачке и номер стандарта, по которому изготовлена упакованная продукция.

Компания Raute осуществляет поставки линий упаковки пачек фанеры для автоматической либо ручной обвязки как стальной, так и пластиковой лентой. Имеется у этой фирмы также упаковочная система бережного обертывания всех краев и углов пакета, обеспечивающая надежную защиту от холода, влаги и перегрева. В качестве упаковочного материала используется полиэтиленовая пленка, пригодная для

переработки. Герметично упакованная пачка фанеры не требует дополнительной обвязки и обертывания углов. Упакованные пачки фанеры хранятся на складе.



Рис. 4.32. Стол для упаковки пачек фанеры

Для ламинированной фанеры применяют покраску кромок в плотной стопе для создания дополнительного защитно-декоративного покрытия (рис. 4.33).



Рис. 4.33. Камера покраски кромок фанеры в стопе

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В технико-экономическом обосновании проектных решений для производства плитных древесных материалов необходимо учитывать особенности технологий их получения [21] и данные материального баланса их производства [28].

Профессор В. Н. Волынский [15, 16] описывает следующие технико-экономические показатели производства древесностружечных плит и древесноволокнистых плит МДФ.

Технико-экономические показатели производства трехслойных древесностружечных плит (ДСтП):

- «1. Характеристика продукции;
2. Спецификация сырья;
3. Клей и химические добавки;
4. Спецификация энергии;
5. Экологические показатели производства;
6. Потребность в персонале;
7. Состав оборудования для производства ДСтП.

Технико-экономические показатели производства древесноволокнистых плит средней плотности (МДФ):

1. Характеристика продукции;
2. Спецификация сырья;
3. Клей и химикаты;
4. Спецификация энергии;
5. Расходные показатели;
6. Потребность в персонале;
7. Состав оборудования для производства МДФ» [15, 16].

В. Н. Волынский приведены примеры инвестирования заводов по производству плит ДСтП, OSB и МДФ [16].

Профессор А. А. Леонович [13] в примерах инвестирования производства древесностружечных плит (ДСтП и OSB) и древесноволокнистых плит МДФ описывает:

- «состав технологического оборудования;
- производственные затраты;
- расходные показатели и заработную плату [13]».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одними из основных критериев профессионализма технологов производства плитных древесных материалов (ПДМ) являются следующие их знания:

- влияния качества исходного сырья на свойства ПДМ;
- химического строения термореактивных органических олигомеров, используемых в качестве связующих (клеев) в производстве ПДМ;
- физико-химических процессов поведения термореактивных органических олигомеров в производстве ПДМ;
- закономерностей реакций отверждения термореактивных органических олигомеров и их влияния на свойства ПДМ;
- закономерностей влияния рецептуры компонентов на свойства ПДМ;
- основного оборудования, используемого для производства ПДМ, и принципов его работы;
- закономерностей влияния технологических параметров производства ПДМ на их свойства;
- требований современных государственных стандартов и технических условий предприятия к показателям качества производимых ПДМ;
- социально-экономической оценки эффективности производства ПДМ.

Современные технологи должны быть авторами или соавторами проектов по:

- совершенствованию существующих на предприятии технологий производства ПДМ;
- внедрению новых для предприятия технологий производства ПДМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бюллетень Ассоциации «ЛЕСТЕХ». 2024. № 1 (15). С. 14.
2. Энциклопедия полимеров. В 3 томах. Т. 3. Полиоксадиазолы–Я. М. : «Советская энциклопедия», 1977. 1151 с.
3. Волынский В. Н. Технология клееных древесных материалов : учебное пособие. В 2 томах. Т. 1. Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 388 с.
4. Глебов И. Т. Технология клееных древесных материалов. СПб. : «Лань», 2023. 212 с. URL: <https://reader.lanbook.com/book/353921?lms=2a3ed36730efb7d40a7f062672e903c9#4> (дата обращения: 10.09.24).
5. Кноп А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе. М. : Химия, 1983. 280 с.
6. Gardziella A., Pilato L. A., Knop A. Phenolic Resins: Chemistry, Applications, Standardization, Safety and Ecology. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2000. 560 с.
7. ГОСТ 20907–2016. Смолы фенолоформальдегидные жидкие. Технические условия. Введен 22.11.2016. М. : Стандартинформ, 2017. 25 с.
8. Кондратьев В. П., Доронин Ю. Г. Водостойкие клеи в деревообработке. М. : Лесн. пром-сть, 1988. 216 с.
9. Шишлов О. Ф. Химия анакардоидов : монография. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2022. 484 с.
10. Лигнин // Википедия : [сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лигнин> (дата обращения: 10.04.2024).
11. Pizzi A., Mittal K. L. Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded. Taylor & Francis Group, LLC, 2003. 1024 с.
12. ГОСТ 14231–88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия. Введен 26.04.1988. М. : Стандартинформ, 1989. 15 с.
13. Леонович А. А. Технология древесных плит : учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : Издательство «Лань», 2019. 180 с.
14. ГОСТ 10632–2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. Введен 01.07.2015. М. : Стандартинформ, 2014. 17 с.
15. Волынский В. Н. Технология древесных плит и композитных материалов : учебно-справочное пособие. СПб. : Издательство «Лань», 2010. 336 с.

16. Волынский В. Н. Технология древесных плит и композитных материалов : учебно-справочное пособие. 3-е изд., стер. СПб. : Лань, 2020. 332 с.

17. Байгильдеева Е. И., Тунцев Д. В., Сафин Р. Г. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков : учебное пособие. Казань : Изд-во КНИТУ, 2018. 88 с.

18. Глебов И. Т. Технология и оборудование для производства древесных плит : учебное пособие. 2-е изд., стер. СПб. : Издательство «Лань», 2022. 240 с. URL: <https://reader.lanbook.com/book/205952?lms=ec743b5981625220f0cbc550c10e8f9c#1> (дата обращения: 10.09.2024).

19. Шварцман Г. М., Щедро Д. А. Производство древесностружечных плит. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Лесн. пром-сть, 1987. 320 с.

20. ГОСТ Р 56309–2014. Плиты древесные строительные с ориентированной стружкой (OSB). Технические условия. Введен 01.07.2015. 16 с.

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

22. ГОСТ 4598–2018. Плиты древесно-волоконистые мокрого способа производства. Технические условия. Введен 01.04.2019. М. : Стандартинформ, 2019. 17 с.

23. ГОСТ 34026–2016. Межгосударственный стандарт. Плиты древесноволокнистые. Определения, классификация и условные обозначения. Введен 01.11.2017. М. : Стандартинформ, 2016. 8 с.

24. ГОСТ 32274–2021. Плиты древесно-волоконистые сухого способа производства. Технические условия. Введен 01.05.2022. М. : Российский институт стандартизации, 2021. 24 с.

25. ГОСТ 99–2016. Шпон лущеный. Технические условия. Введен 01.04.2018. М. : Стандартинформ, 2017. 16 с.

26. ГОСТ 3916.1–2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия. Введен 01.04.2019. М. : Стандартинформ, 2019. 25 с.

27. ГОСТ 3916.2–2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия. Введен 01.04.2019. М. : Стандартинформ, 2019. 26 с.

28. Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Расчеты материальных балансов производства полимерных композиционных материалов : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. 169 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/142571> (дата обращения: 10.09.2024).

Учебное издание

*Шишлов Олег Федорович, Глухих Виктор Владимирович,
Газеев Максим Владимирович, Шкуро Алексей Евгеньевич*

**ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ISBN 978-5-94984-928-6



Редактор П. С. Фенина
Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано к использованию 02.11.2024.
Уч.-изд. л. 8,20. Объем 5,25 Мб.
Тираж 300 экз. (1-й завод 16 экз.).
Заказ № 7976

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Редакционно-издательский отдел. Тел. 8 (343) 221-21-44.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР УПИ».
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.
Тел.: 8 (343) 362-91-16.