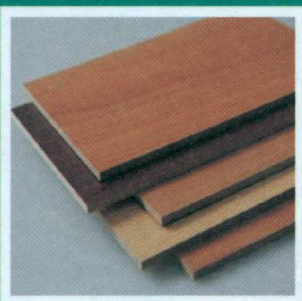
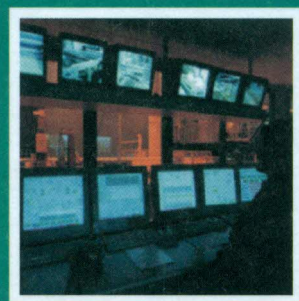
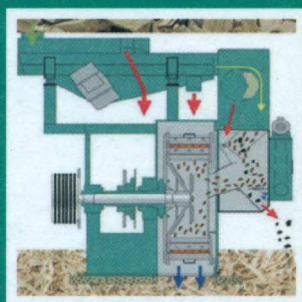
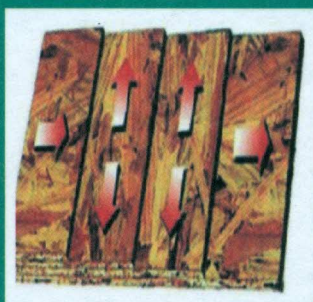
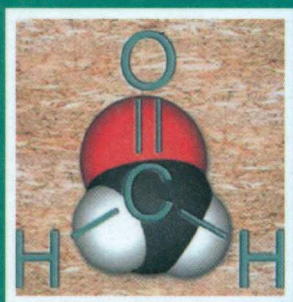


А. С. Еспаева

# ТЕХНОЛОГИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

---

**А. С. Еспаева**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЛИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

**УЧЕБНИК**

**Утверждено Министерством образования и  
науки Республики Казахстан**

**Алматы, 2011**

УДК 674 (075.8)  
ББК 37.133.8я73  
Е 85

**Рецензенты:**

**Жугинисов М. Т.** - профессор, доктор технических наук;  
**Тишакова Н. И.** - главный технолог ТОО «BMG Engineering»;  
**Касенов К. М.** - кандидат технических наук;  
**Карпыков С. С.** - кандидат технических наук;

**Еспаева А. С.**

**Е 85 Технология плитных материалов.** – Алматы: ТОО РПИК «Дэуір» 2011 – 488 с.

ISBN 978-601-217-185-3

Учебник написан в соответствии с ГОСО ВПО 2006 г. для специальностей 050725 Технология деревообработки на основе рабочей программы дисциплины «Технология плитных материалов». Рассмотрены теоретические основы и конструкции технологического оборудования, используемого для производства древесностружечных и древесноволокнистых плит, древесных материалов на основе измельченной древесины, а также оборудование для облицовывания и других способов облагораживания плитных материалов.

Изложены принципы работы машин, даны их кинематические схемы и методы расчетов для обоснования основных технологических и конструктивных параметров рабочих органов.

Учебное пособие содержит задание на курсовое проектирование, необходимые сведения по расчетам, сырья и основного технологического оборудования для производства древесных плит, а также рекомендации по составлению технологических схем и планировочных решений.

**УДК 674 (075.8)**  
**ББК 37.133.8я73**

ISBN 978-601-217-185-3

© А. С. Еспаева, 2011 г.  
© Ассоциация высших учебных  
заведений Республики Казахстан, 2011

## Введение

В настоящее время перед отечественным плитным производством стоят следующие основные задачи: восстановление и повышение объёмов производства, увеличение конкурентоспособности и повышение качества плит, снижение материалоемкости производства, экономически эффективное снижение токсичности плит и улучшение качества поверхностного слоя плит для ламинирования. Одна из основных причин сокращения объёмов производства и продаж ДСтП заключается в неудовлетворительном качестве продукции и несоответствии её требованиям стандартов из-за устаревших технологий и технологических линий. Поэтому разработка новых технологий производства древесных плит, соответствующих современным требованиям качества, экономичности, экологии и безопасности, является значимой актуально-практической задачей.

Проблема рационального и комплексного использования древесины имеет первостепенное значение. Основная задача заключается в том, что из всей перерабатываемой древесины должна быть получена полноценная продукция. В связи с этим совершенствование техники и технологии деревообработки должно быть направлено на создание безотходных производств, изыскание рациональных путей переработки древесных материалов, способствовать повышению эффективности использования древесины.

Древесина как сырьё и синтетические материалы, используемые в производстве плит, в основном определяют их свойства и являются мощным экономическим рычагом в современных рамках работы предприятия. Около 50% затрат на производство единицы продукции падает на сырьё и материалы. Отсюда глобальными задачами плитной промышленности являются снижение материалоемкости продукции, расходов сырья и материалов на 1 м<sup>2</sup> плит, токсичности плит.

Оборудование для производства плитных материалов быстро обновляется и модернизируется. На заводах и предприятиях устанавливаются новые специальные станки и машины, а также автоматические линии. Улучшились показатели точности и технологическая надежность станков и прессовых установок.

Особое внимание уделено информации, призванной создать ясное понимание существа основных вопросов дисциплины, привить способность к самостоятельному анализу и воспитать творческое отношение к решению профессионально-прикладных задач. Дисциплина «Оборудование предприятий» наиболее тесно связана с технической механикой, высшей математикой, физикой. При отборе материалов для учебника учитывались особенности примерных учебных программ перечисленных дисциплин.

Роль инженера-технолога – специалиста в области технологии древесных плит и пластиков на современном предприятии разнообразна и очень ответственна, требует отличного знания технологического оборудования и его технологических и конструктивных возможностей, умения квалифицированно организовывать технологические процессы производства.

Рассмотрены перспективные механизации и автоматизации производства с учетом совершенствования нормы организации труда работающих на производствах.

## Глава 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

### 1.1 Европейские стандарты на древесные плитные материалы

Европейский комитет по стандартизации (технический кабинет «Древесные плитные материалы») разработал систему стандартов на древесные плиты всех видов. Эти стандарты постепенно получают статус национальных, становятся обязательными к соблюдению не только на европейском, но и на мировом рынке. Стандарты отличаются особой полнотой и охватывают практически весь диапазон их возможного применения.

Перечислим **типы древесных плит из измельчённой древесины** и соответствующие европейские стандарты, регламентирующие их производство:

- древесностружечные, ДСтП – EN 312
- из ориентированной крупноразмерной стружки, OSB – EN 300
- цементно-стружечные (на цементном связующем), ЦСП – EN 634
- древесноволокнистые твёрдые мокрого способа изготовления, ДВП-Т – EN 622-2
- древесноволокнистые полутвёрдые мокрого способа изготовления, ДВП-ПТ – EN 622-3
- древесноволокнистые пористые (изоляционные) мокрого способа изготовления, ДВП-М - EN 622-4
- древесноволокнистые средней плотности сухого способа изготовления, MDF – EN 622-5.

Соответственно особенностям применения каждый тип плит подразделяется **на виды**:

- Плиты общего назначения. Не рассчитаны на восприятие внешних нагрузок и должны эксплуатироваться в сухих по-

мещениях (со средней температурой воздуха 20 °С, влажностью воздуха до 65%).

- Плиты общего назначения влагостойкие. Не рассчитаны на восприятие внешних нагрузок, могут эксплуатироваться при повышенной влажности воздуха (до 85%).
- Плиты конструкционные. Способны нести внешнюю нагрузку, должны эксплуатироваться в сухих помещениях.
- Плиты конструкционные влагостойкие. Способны нести внешнюю нагрузку, могут эксплуатироваться при повышенной влажности воздуха.
- Плиты конструкционные атмосферостойкие. Способны нести внешнюю нагрузку, пригодны к эксплуатации в атмосферных условиях, а также в контакте с водой или водяным паром.
- Плиты особо прочные. Обладают определёнными прочностными характеристиками, должны эксплуатироваться в сухих помещениях.
- Плиты особо прочные влагостойкие. Обладают определёнными прочностными характеристиками, могут эксплуатироваться при повышенной влажности воздуха.

## 1.2 Древесностружечные плиты

Древесностружечные плиты, ДСтП – это листовой материал, получаемый горячим прессованием древесной стружки, смешанной с синтетической смолой. Его широкому применению, прежде всего в производстве мебели и строительстве, способствуют следующие **преимущества стружечных плит** перед другими древесными материалами:

- + Сравнительно невысокая стоимость
- + Большие габариты ДСтП при высокой жёсткости и хорошей формостабильности
- + Малая размероизменяемость при изменении температурно-влажностных условий эксплуатации
- + Возможность регулировать некоторые физико-механические показатели ДСтП

+ Однородность свойств в различных направлениях по плоскости плиты

А также:

+ Богатая сырьевая база, в том числе в виде вторичного сырья лесной и деревообрабатывающей промышленности

+ Возможность полной автоматизации производства ДСтП.

В то же самое время стружечные плиты как материал, получаемый путём разрушения природной структуры древесины, имеют и существенные **недостатки**:

- Прочность при изгибе у ДСтП меньше (примерно в 4-6 раз), чем у натуральной древесины: даже у самых прочных плит марки Р7 (по европейскому стандарту) этот показатель не превышает 20 МПа, тогда как для натуральной древесины прочность в 100 МПа при поперечном изгибе не является предельной
- Плотность ДСтП выше, чем у исходной древесины (примерно в 1,5 раза)
- Повышенная твёрдость и хрупкость при отсутствии пластических свойств (слабая деформируемость)
- Водостойкость и долговечность хуже, чем у массивной древесины
- Токсичность, обусловленная содержанием в составе ДСтП свободного формальдегида.

По структуре стружечные плиты могут быть одно-, трёх-, пяти- и многослойными.

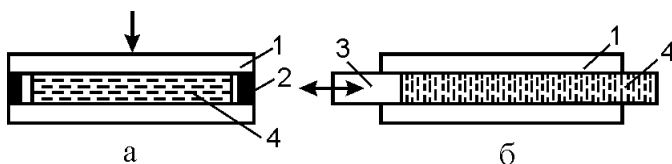
Однослойные ДСтП состоят из одинаковых по размеру древесных частиц, которые вместе со связующим равномерно распределены по толщине плиты (такие однородные ДСтП, получаемые по новейшим технологиям, при достаточно высоком качестве поверхности способны составить конкуренцию волокнистым плитам средней плотности).

У трёхслойных наружные слои состоят из более мелкой стружки, а связующего содержат больше, чем внутренние слои; таким образом сырьё расходуется рациональнее, однако не в ущерб качеству плит.

У пятислойных добавлены наружные слои из очень мелкой стружки или шлифовальной пыли.

Многослойными называются плиты, у которых размер частиц плавно увеличивается снаружи вовнутрь, и при этом не прослеживается чёткого разделения на слои. Изготовлением плит с пятью и более слоями занимаются сравнительно немногие предприятия.

По способу изготовления ДСтП различают плиты плоского прессования и экструзионные плиты (рис. 1.1). При плоском прессовании получают ДСтП, частицы в которых ориентированы параллельно пласти изготовляемого материала. В экструзионных прессах усилие прессования направлено перпендикулярно плоскости выпускаемой плиты, и основная масса древесных частиц внутри плиты располагается поперечно к этой плоскости. У экструдированных плит прочность при изгибе меньше, но они прочнее при отрыве поперёк пласти.



**Рис. 1.1.** Схемы получения ДСтП:

а – методом плоского прессования, б – методом экструзии (7 – плиты пресса, 2 – ограничитель толщины, 3 – пуансон, 4 – стружечная плита)

В последние годы в России экструзионных плит не производят. На Западе действуют предприятия по выпуску экструзионных плит, в том числе пустотелых. Плиты этой разновидности обладают малой массой при высокой жёсткости и широко применяются, например, как наполнитель дверных полотен.

### 1.2.1 Технические требования к ДСтП по европейскому стандарту

**Европейский стандарт EN 312**, определяющий технические требования к ДСтП, состоит из следующих частей:

312-1. Общие требования ко всем типам ДСтП

312-2. Требования к ДСтП общего назначения – марки Р2

312-3. Требования к ДСтП для интерьера и мебели - марки Р3

312-4. Требования к конструкционным ДСтП - марки Р4

312-5. Требования к конструкционным влагостойким ДСтП - марки Р5

312-6. Требования к особо прочным ДСтП - марки Р6

312-7. Требования к особо прочным влагостойким ДСтП - марки Р7

Таким образом, европейский стандарт определяет шесть марок ДСтП для шести условий эксплуатации. Соответственно этому различаются и требования к физико-механическим свойствам плит. В таблице 1.1 приведены их нормативные показатели для лабораторных условий: при относительной влажности воздуха 65% и температуре воздуха 20 °С.

Общие требования к товарным ДСтП всех типов, перечисленные в первой части стандарта, определяются следующими показателями (они установлены для относительной влажности воздуха 65% и температуры 20 °С):

*Допуск по толщине* как для отдельной плиты, так и для их партии составляет для шлифованных ДСтП  $\pm 0,3$  мм, для нешлифованных от  $-0,3$  до  $+1,7$  мм; *допуски по длине и ширине плиты* составляют  $\pm 5$  мм (метод испытания описан в стандарте EN 324-1).

*Прямолинейность кромок* по стандарту должна быть 1,5 мм/м, а *перпендикулярность сторон* 2,0 мм/м (метод испытания EN 324-2).

*Влажность плит* при вышеназванных окружающих условиях должна быть, согласно методу испытания EN 322, в пределах 5-13%.

*Допуск на отклонение измеряемой плотности от средней плотности* контролируемой плиты установлен в  $\pm 10\%$  (метод испытания EN 323).

*Выделение свободного формальдегида* определяется перфораторным способом (метод EN 320). При влажности плит  $W = 6,5\%$  получаемые значения должны быть для плит класса 1 менее 8 мг/100 г, для плит класса 2 – в пределах 8–30 мг/100 г. При другой влажности плит (в диапазоне от 3 до 10%) нужно умножать перфораторные значения на коэффициент  $F$ , который рассчитывается по формуле  $F = -0,133W + 1,86$ .

**Таблица 1.1. Требования стандарта EN 312 к физико-механическим свойствам ДСтП**

Марка ДСтП	Номинальная толщина плиты, мм							
	3-4	4-6	6-13	13-20	20-25	25-32	32-40	40
<b>Предел прочности при изгибе, Мпа (EN 310)</b>								
P2	14	14	12,5	11,5	10	8,5	7	5,5
P3	13	15	14	13	11,5	10	8,5	7
P4	15	17	17	15	13	11	9	7
P5	20	19	18	16	14	12	10	9
P6	-	-	20	18	16	15	14	12
P7	-	-	22	20	18,5	17	16	15
<b>Модуль упругости при изгибе, Мпа (EN 312)</b>								
P3	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050
P4	1950	2200	2300	2150	1900	1700	1500	1200
P5	2550	2550	2550	2400	2150	1900	1700	1550
P6	-	-	3150	3000	2550	2400	2200	2050
P7	-	-	3350	3100	2900	2800	2600	2400
<b>Прочность на отрыв поперёк пласти, МПа (EN 319)</b>								
P2	0,31	0,31	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,14
P3	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
P4	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
P5	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
P6	-	-	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,25
P7	-	-	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
<b>Прочность на расслоение, МПа (EN 311)</b>								
P3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Разбухание по толщине за 24 часа, %(EN317)</b>								
P4	23	19	16	15	15	15	14	14
P5	13	12	11	10	10	10	9	9
P6	-	-	15	14	14	14	13	13
P7	-	-	9	8	8	8	7	7
<b>Прочность поперёк пласти после циклич. испытаний, МПа (EN 321)</b>								
P5	0,30	0,30	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12
P7	-	-	0,41	0,36	0,33	0,8	0,25	0,20

Разбухание по толщине после циклических испытаний, % (EN 321)								
P5	12	12	11	11	10	10	9	9
P7	-	-	10	10	9	9	8	8
Прочность поперёк пласти после кипячения, МПа (EN 1087-1)								
P5	0,15	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
P7	-	-	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15

Контроль этих показателей может быть как внутрипроизводственным, так и сторонним. Испытания полагаются проводить по статистическому методу (см. EN 326-2 и EN 326-3) с соблюдением предписанных интервалов. Линейные допуски и влажность плит следует контролировать не реже чем через каждые 8 часов для каждой марки выпускаемых плит.

Выделение свободного формальдегида проверяется у плит 1-го класса не реже, чем через каждые 24 часа, а у плит 2-го класса не реже, чем раз в неделю - для каждой марки продукции. За показатель эмиссии свободного формальдегида можно брать среднее из значений, определённых как минимум для трёх плит, при этом каждое из значений не должно превышать допускаемое более чем на 10%. У плит некоторых марок выделение свободного формальдегида очень мало или вовсе не заметно. В таких случаях интервал между испытаниями увеличивают, однако обязанность доказывать, что продукция соответствует требованиям европейского стандарта, всегда возлагается на изготовителя плит либо на того, кто проводил испытания.

В той же части стандарта даются рекомендации по двухцветной маркировке продукции. Первый цвет указывает на назначение плит: для общих целей (одна либо две полосы белого цвета) или для несущих конструкций (одна либо две полосы жёлтого цвета), второй – на условия эксплуатации: в сухих помещениях (голубой цвет) или в помещениях с повышенной влажностью воздуха (зелёный цвет). Цветовые обозначения для шести европейских марок ДСтП будут следующими:

P2 – белый, белый, голубой

P3 – белый, голубой

P4 – жёлтый, жёлтый, голубой

P5 – жёлтый, жёлтый, зелёный

P6 – жёлтый, голубой

P7 – жёлтый, зелёный

Каждая цветная полоса маркировки имеет ширину 25 мм и наносится в углу плиты, перпендикулярно одной её стороне. Здесь же ставится штамп, в котором указаны изготовитель, номер стандарта, номинальная толщина плиты, класс эмиссии формальдегида и дата изготовления.

### 1.2.2 Технические требования к ДСтП

Технические требования к древесностружечным плитам для мебельного производства в Российской Федерации определяет **ГОСТ 10632**. Согласно этому стандарту, необлицованные и неотделанные ДСтП нельзя использовать при строительстве и оборудовании жилья, а также в детских, школьных и лечебных учреждениях – из-за наличия в плитах токсичного вещества (свободного формальдегида).

ДСтП классифицируются по следующим признакам:

- по физико-механическим показателям (табл. 1.2): марки ГТ-А или П-Б; марка присваивается по результатам физико-механических испытаний, плиты с индексом Б имеют более низкие показатели
- по качеству поверхности: сорт 1 или 2, что определяется по результатам визуальной оценки плиты с двух сторон
- по виду обработки: с обычной поверхностью или с мелкоструктурной (М) поверхностью
- по степени обработки: шлифованные (Ш) или нешлифованные
- по гидрофобным свойствам: обычной водостойкости или повышенной (П) водостойкости
- по содержанию свободного формальдегида: класс Е-1 допускает содержание не более 10 мг, а класс Е-2 от 10 мг до 30 мг формальдегида на 100 г веса плиты.

Все эти признаки отражаются в условных обозначениях ДСтП. Например, плита марки А, 1-го сорта, с мелкоструктур-

ной поверхностью, шлифованная, класса эмиссии Е-1, размерами 3500 × 1750 × 16 мм обозначается:

*П-А, 1, М, Ш, Е-1, 3300 × 1750 × 16мм, ГОСТ 10632.*

Для плиты марки Б, 2-го сорта, с обычной поверхностью, нешлифованной, обычной гидрофобности, класса эмиссии Е-2, с другими размерами обозначение будет:

*П-Б, 2, Е-2, 1220 × 2440 × 20, ГОСТ 10632.*

**Таблица 1.2. Физико-механические показатели ДСтП (ГОСТ 10632)**

Показатель	Норма для марки	
	П-А	П-Б
Разбухание	%, не более:	
за 24 часа	22	33
за 2 часа (у плит повыш. водостойк.)	12	15
Прочность при изгибе для плит толщиной:	МПа, не менее	
8-12 мм	18	16
13-19 мм	16	14
20-30 мм	14	12
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти, для плит толщиной:	МПа	
8-12 мм	0,35	0,30
13-19 мм	0,30	
20-30 мм	0;25	
Сопротивление выдёргиванию шурупов:	Н/мм <sup>2</sup> , не менее	
из пласти	55	50
из кромки	50	45
Покоробленность, мм/м	1,2	1,6
Шероховатость:	$Rm_{max}$	
для обычной поверхности	50	63
для мелкоструктурной поверхности	32	40
для нешлифованной поверхности	320	500

ГОСТ устанавливает следующие пределы для размеров плит:  
длина от 1830 до 5680 мм,  
ширина от 1220 до 2500 мм,  
толщина от 8 до 28 мм (с шагом 1 мм).

Для нешлифованных плит к толщине добавляется припуск на шлифование (до 1,5 мм). Стандарт оговаривает очень жёсткий допуск по разнотолщинности:  $\pm 0,3$  мм. Это связано, прежде всего, с тем, что если при облицовывании в однопролётных прессах в одной запрессовке окажутся заготовки с большим разбросом по толщине, то из-за неравномерного распределения давления будет получаться брак.

Допуск по ширине и длине плит составляет  $\pm 5$  мм, прямоугольность оценивается по разности диагоналей, которая не должна превышать 0,2% длины плиты.

Плотность выпускаемых ДСтП варьирует от 550 до 820 кг/м<sup>3</sup> (причём изготовить плиту меньшей плотности сложнее), в расчётах её обычно принимают равной 750 кг/м<sup>3</sup>.

**Сравнение требований стандарта EN 312 с требованиями ГОСТ 10632** позволяет сделать следующие выводы:

1. Евростандарт охватывает более широкий диапазон требований к ДСтП, учитывая возможность их применения не только в мебельной промышленности, но и в строительстве.

2. Стандарт EN 312 предусматривает для ДСтП марки Р3 (для мебели и интерьера) более широкий круг обязательных испытаний, чем это предусмотрено в российском ГОСТе. К числу показателей, не нормируемых для ДСтП отечественного изготовления, относятся модуль упругости при изгибе и прочность на отрыв наружного слоя. Для всех европейских ДСтП требуется также определять плотность и выдерживать этот показатель в пределах  $\pm 10\%$  от средней величины в партии продукции.

3. По евростандарту показатель набухания ДСтП по толщине нормируется только для плит марки Р4 (конструкционные) и выше. Соответствующий норматив отечественного стандарта ниже, чем у марки Р4.

4. По показателю прочности при изгибе отечественные ДСтП марки П-А соответствуют европейской марке Р5, а ДСтП марки

П-Б идентичны марке РЗ. По прочности на отрыв поперёк пласти требования ГОСТа не превосходят европейскую норму для марки Р2.

5. Требования по разнотолщинности шлифованных ДСтП в европейском стандарте и в ГОСТе совпадают ( $\pm 0,3$  мм), а по эмиссии свободного формальдегида класс Е-1 по европейской норме несколько более жёсткий, чем по ГОСТу (8 против 10 мг/100 г).

### 1.2.3 Требования к облицованным ДСтП

В мебельной промышленности широко применяются стружечные плиты, облицованные синтетическими плёнками. Технические требования к такой продукции нормированы в ГОСТ Р 52078-2003 «Плиты древесностружечные, облицованные плёнками на основе термореактивных полимеров». Одно из основных требований к облицованным ДСтП, изготовленным по этому стандарту, состоит в том, что их покрытие должно быть термически стойким, то есть даже при повышенных и резко меняющихся температурах сохранять безупречный внешний вид (допускается лишь незначительная потеря блеска, цвета).

Классификация облицованных плит предусматривает разделение их по физико-механическим свойствам на **три группы качества: А, Б и У**.

К группе У относят ДСтП с улучшенными эксплуатационными свойствами, получаемые только из необлицованных шлифованных плит марки А (по ГОСТ 10632), первого сорта, с мелкоструктурной поверхностью. Для этих плит изменение внешнего вида покрытия не допускается не только при повышенной и меняющейся температуре, но и при испытаниях на стойкость к пятнообразованию, а также на гидротермическую стойкость.

Для плит групп А и Б допускаются малозаметные потеря блеска, цвета и проявление структуры плиты-основы при гидротермических воздействиях. Пятнообразование с незначительным изменением внешнего вида поверхности допускается только для плит группы Б.

Удельное сопротивление при нормальном отрыве покрытия для плит групп У и А должно быть не менее 0,80 МПа, а для плит группы Б не менее 0,60 МПа.

Методы контроля качества плитной продукции, в том числе контроль других показателей облицованных ДСтП, рассмотрены в главе 10.

По внешнему виду покрытия облицованные ДСтП подразделяются на **два класса - 1 и 2**. У плиты могут быть покрытия разных классов на лицевой и оборотной стороне или же только одна облицованная пласьть.

Для всех облицованных плит недопустимым считается перекос рисунка. Для плит 2-го класса допустимы: непропечатка рисунка при условии, что она не портит внешний вид; незначительная волнистость поверхности при отсутствии серебристости; блёсткость, если на неё приходится не более 1% поверхности плиты (для плит 1 -го класса все эти дефекты недопустимы). Другие допустимые дефекты перечислены в таблице 1.3.

Согласно ГОСТ 20400 и ГОСТ Р 52078, дефектам на поверхности облицованной плиты даются следующие определения:

*Вмятина* – местное углубление на поверхности плиты.

*Таблица 1.3. Дефекты покрытий облицованных ДСтП, допускаемые по ГОСТ Р 52078-2003*

Дефект	Предел для класса	
	1	2
Вмятины:		
шт./м <sup>2</sup> , не более	1	3
наибольший размер на поверхности, мм	5,0	5,0
глубина, мм, не более	0,2	0,4
Включения:		
шт./м <sup>2</sup> , не более	не допускаются	2
наибольший размер на поверхности, мм		20,0
Серебристость пор (рассеянная), % поверхности, не более	не доп.	5
Пятна:		
шт./м <sup>2</sup> , не более	не доп.	1
наибольший размер на поверхности, мм		30,0
Риски отдельные волосяные шт./м <sup>2</sup> , не более	не доп.	4

Царапины:		
шт./м <sup>2</sup> , не более	не доп.	1
размер, мм, не более		200
Проявления структуры подложки:		
включений крупной стружки, шт./м <sup>2</sup> , не более	1	3
наибольший размер участка на поверхности, мм	5,0	15,0

*Серебристость пор* – побеление поверхности плиты из-за недостаточной растекаемости смолы в поверхностном слое плёнки.

*Пятно на поверхности плиты* – ограниченный участок, отличающийся по цвету от остальной поверхности плиты.

*Риски* – следы обработки, остающиеся на лакокрасочном покрытии после облагораживания поверхности плиты.

*Царапина* – узкое углубление в виде линии на поверхности плиты, оставленное острым предметом и носящее случайный характер.

*Непропечатка рисунка* – отдельный участок печатного рисунка на поверхности плиты, отличающийся по цвету и фактуре от идентичного рисунка покрытия.

*Проявление структуры подложки* – проявление стружки наружного слоя древесностружечной плиты-основы на облицованной поверхности плиты.

*Волнистость поверхности древесностружечной плиты* – наличие по всей поверхности плиты продольных или поперечных полос, располагающихся с равномерным шагом.

*Блёткость* – точечные участки повышенного глянца.

*Свесы покрытия* – технологическое превышение размеров формата отверждённой плёнки над размерами плиты-основы, обусловленное требованиями к качеству облицованной плиты. Свесы снимаются при последующем фрезеровании.

У покрытий 2-го класса должно быть в целом не более пяти дефектов на один квадратный метр. Если у ДСтП с двумя облицованными пластами количество дефектов на одной поверхности больше допустимого предела, она может быть переведена в разряд плит с одной облицованной пластью. Тогда её сортность

будет определяться качеством лучшей пласти, а дефекты другой стороны можно не принимать во внимание.

По внешнему виду облицованные ДСтП классифицируются ещё по трём признакам:

- по степени блеска покрытия: глянцевые (Г) или матовые (М),
- по виду печати покрытия: одноцветные (Оц) или с печатным рисунком (Пр),
- в зависимости от фактуры поверхности покрытия: гладкие (Гл) или рельефные (Р).

Поскольку оценить качество покрытий цифровыми показателями очень трудно, на практике широко применяют образцы – эталоны, утверждаемые в установленном порядке.

Обозначение облицованной ДСтП содержит условную информацию о свойствах покрытия (класс покрытия, степень блеска, вид печати, фактура поверхности, индекс цвета и рисунка), группе качества и ссылку на ГОСТ. Классы покрытия обозначают дробью, у которой в числителе указан класс покрытия лицевой пласти, а в знаменателе – оборотной. Для плит с одной облицованной пластью в знаменателе ставят прочерк.

Например, ДСтП, облицованная пропитанной термореактивными полимерами бумагой, с матовым одноцветным покрытием 1-го класса на лицевой пласти и 2-го класса на оборотной пласти, с гладкой фактурой поверхности, группы качества А обозначается следующим образом:

*Плита 1/2М-Оц-Гл-А – ГОСТ Р 52078-2003*, а для ДСтП, облицованной пропитанной термореактивными полимерами бумагой, с глянцевым покрытием 2-го класса на обеих пластях, с печатным рисунком, группы качества А обозначение будет: *Плита 2/2-Г-Пр-Р-А – ГОСТ Р 52078-2003*.

#### **1.2.4 OSB – плиты с ориентированным расположением стружки**

Обозначение OSB происходит от английского *Oriented Strand Boards*. Эти плиты изготавливаются из крупноразмерной узкой и длинной стружки – своего рода прядей, которые при формировании ковра располагаются в одном направлении. Плитам OSB предшествовало появление плит *Waferboard*, из так называемой

вафельной стружки – частиц приблизительно квадратной формы с неориентированным расположением в ковре.

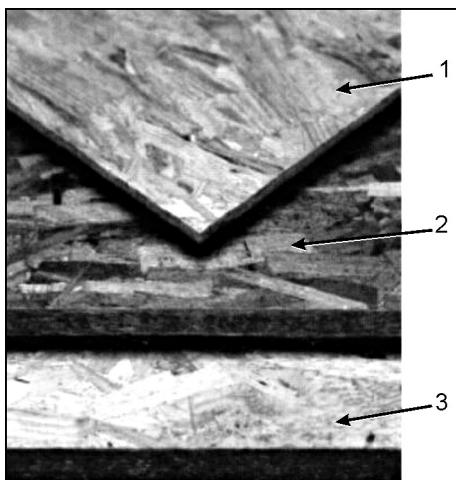
Плиты OSB уже составили серьёзную конкуренцию строительной фанере, которая постоянно дорожает из-за нехватки соответствующего сырья. В Канаде стимулом к их производству служат

большие запасы осины, не пригодной для целлюлозно-бумажного производства. Ориентация частиц в одном направлении в какой-то мере возвращает плитам основное достоинство натуральной древесины – её высокую прочность при изгибе в направлении вдоль волокон. Второе преимущество плит OSB заключается в том, что ориентацию частиц при формировании ковра можно задавать послойно, то есть в среднем слое располагать их поперечно к длине плиты (рис. 1.2). Имитируемый таким образом «эффект клеёной фанеры» находит довольно широкое применение в плитном производстве.

Для плит OSB, выпускаемых в Северной Америке, принят следующий ряд толщин: 6,35; 7,9; 9,5; 11,1; 12,7; 15,9; 19,0; 22,2 и 25,4 мм. Средние форматы составляют 2440 × 1220 мм, но могут достигать до 2440 × 7320 мм. Панели наиболее ходового размера 2440 × 590



**Рис. 1. 2.** Конструкция плиты OSB, получаемой при использовании четырёх формирующих машин (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)



**Рис. 1. 3.** Цвет плит OSB в зависимости от типа связующего: 1 – использован полиизоцианатный клей, 2 – фенолоформальдегидный клей, 3 – мочевиномеламиновый клей (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

мм с кромками, обработанными в шпунт и гребень, применяются в качестве покрытий для полов.

Плотность плит OSB составляет, как правило, 610–670 кг/м<sup>3</sup>. В строительстве используют нешлифованные плиты. Шлифование необходимо только в тех случаях, когда требуется соблюдать жёсткий допуск на размер по толщине.

Основным связующим являются фенольные смолы, которые в сочетании с парафином дают материал высокой водостойкости, пригодный для строительных целей. В Европе применяют и

*Таблица 1.4. Общие требования к плитам OSB по стандарту EN 300*

Показатель	Метод испытания	Норматив
Допуск по толщине для нешлифованных плит, мм	EN 324-1	±0,8
Допуск по толщине для шлифованных плит, мм	EN 324-1	±0,3
Допуск по длине и ширине, мм	EN 324-1	±3,0
Прямолинейность кромок, м/м	EN 324-2	1,5
Прямоугольность сторон, мм/м	EN 324-2	2,0
Влажность плит, %:	EN322	
OSB/1, OSB/2		2-12
OSB/3, OSB/4		5-12
Отклонения от средней плотности плиты, %	EN323	±10
Содержание свободного формальдегида, мг/100 г	EN120	
Класс 1 Класс 2		До 8 8-30

меламиновые связующие - для плит, используемых в мебельном производстве, в изготовлении упаковок и для некоторых других целей. В зависимости от типа связующего, готовые **OSB** получают различными по цвету (рис.1.3).

**Европейский стандарт EN 300** различает четыре типа плит **OSB** (таблицы 1.4 и 1.5):

- **OSB/1** – плиты общего назначения, пригодные для использования в интерьере, в том числе в изделиях мебели
- **OSB/2** – плиты конструкционные для использования внутри помещений
- **OSB/3** – плиты конструкционные, влагостойкие
- **OSB/4** – плиты конструкционные повышенной прочности, влагостойкие

Конструкционные плиты пригодны для сооружения стен, полов и перекрытий, а также строительных балок.

Поскольку плиты **OSB** могут быть трёхслойными, с перекрёстной ориентацией прядей (эффект фанеры), стандарт различает у этого материала главную и неглавную оси. Главной считается ось, совпадающая с направлением волокон наружных частиц, а неглавная перпендикулярна ей.

*Таблица 1.5. Физико-механические свойства плит OSB (EN 300)*

Тип плиты	Номинальная толщина плиты, мм / Нормативные показатели (ниже)		
	6-10	10-18	18-25
Прочность при изгибе (главная/неглавная оси), МПа			
OSB/1	20/10	18/9	16/8
OSB/2	22/11	20/10	18/9
OSB/3	22/11	20/10	18/9
OSB/4	30/16	28/15	26/14
Модуль упругости (главная/неглавная оси), МПа			
OSB/1	2500/1200	2500/1200	2500/1200
OSB/2	3500/1400	3500/1400	3500/1400
OSB/3	3500/1400	3500/1400	3500/1400
OSB/4	4800/1900	4800/1900	4800/1900

Прочность при растяжении поперёк пласти, МПа			
OSB/1	0,30	0,28	0,26
OSB/2	0,34	0,32	0,30
OSB/3	0,34	0,32	0,30
OSB/4	0,50	0,45	0,40
Набухание по толщине за 24 ч, %			
OSB/1	25	25	25
OSB/2	20	20	20
OSB/3	15	15	15
OSB/4	12	12	12
Прочность при изгибе (главная ось) после циклических испытаний, МПа			
OSB/3	9	8	7
OSB/4	15	14	13
Прочность при растяжении поперёк пласти после циклических испытаний, МПа			
OSB/3	0,18	0,15	0,13
OSB/4	0,21	0,17	0,15
Прочность при растяжении поперёк пласти после кипячения, МПа			
OSB/3	0,15	0,13	0,12
OSB/4	0,17	0,15	0,13

Маркировка плит **OSB** должна содержать следующие данные: наименование изготовителя, номер стандарта, тип плиты, номинальную толщину, направление главной оси (если она не параллельна длинной стороне плиты), класс эмиссии свободного формальдегида, дату изготовления. Цветная маркировка необязательна, но на случай её использования рекомендуются такие цвета: OSB/1 – белый, синий; OSB/2 – жёлтый, жёлтый, синий; OSB/3 – жёлтый, жёлтый, зелёный; OSB/4 – жёлтый, зелёный.

### 1.2.5 Цементно-стружечные плиты

Цементно-стружечные плиты (ЦСП) – наиболее распространённый вид плит на минеральном связующем – изготавливаются из цемента и древесной стружки, в смесь которых вводится небольшое количество химической добавки для минерализации

древесной стружки. Минерализованная древесная стружка – это по сути органический материал, трансформированный в состояние, при котором он приобретает устойчивость к биологическим воздействиям, эрозии и гниению. Этим и объясняются эксплуатационные достоинства ЦСП: их хорошая сопротивляемость влаге и гнили, грызунам, насекомым и грибкам, огню и химикатам, погодным условиям и т.п. Содержание стружки в этих плитах не превышает 30%, поэтому иногда цеха ЦСП относят не к деревообрабатывающей промышленности, а к промышленности строительных материалов. Плиты выпускаются как с необлагороженной поверхностью, так и с облицовкой либо с отделкой лакокрасочными материалами.

Согласно **ГОСТ 26816**, цементно-стружечные плиты относятся к группе трудносгораемых материалов (группа горючести Г-1) повышенной водостойкости и предназначаются для применения в строительстве. Их используют в качестве стеновых панелей, покрытий, подоконных досок, при устройстве подвесных потолков, вентиляционных коробов, полов и в других строительных узлах.

По физико-механическим свойствам цементно-стружечные плиты подразделяются на две марки: ЦСП-1 и ЦСП-2. Требования ГОСТа к размерам и физико-механическим свойствам ЦСП приведены в таблицах 1.6 и 1.7.

*Таблица 1.6. Размеры ЦСП (ГОСТ 26816)*

Номинальный размер*, мм	Предельные отклонения для нешлифованных плит**	
	ЦСП-1	ЦСП-2
Длина		
3200,3600	±3	±5
Ширина		
1200, 1250	±3	±5
Толщина (с градацией через 2 мм)		
8-10	±0,6	±0,8
12-16	±0,8	±1,0

18-28	±1,0	±1,2
30-40	±1,4	±1,6
* По согласованию с потребителем допускается изготовление плит других форматов, с градацией через 25 мм		
** Для шлифованных плит предельные отклонения составляют ±0,3 мм		

**Таблица 1.7. Требования к физико-механическим свойствам ЦСП (ГОСТ 26816)**

Показатель	Норма для марки	
	ЦСП-1	ЦСП-2
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1100-1400	1100-1400
Влажность, %	9 ± 3	9 ± 3
Разбухание по толщине за 24 ч, %, не более	2,0	2,0
Водопоглощение за 24 ч, %, не более	16	16
Прочность при изгибе, МПа, не менее, для толщин, мм:		
от 8 до 16 включительно	12,0	9,0
от 18 до 24 включительно	10,0	8,0
от 26 до 40 включительно	9,0	7,0
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти, МПа, не менее	0,4	0,35
Шероховатость пласти R <sub>m</sub> , мкм, не более:		
для нешлифованных плит	320	320
для шлифованных плит	80	100
Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее	3500	3000
Твёрдость, МПа, не менее	45-65	45-65
Ударная вязкость, Дж/м <sup>2</sup> , не менее	1800	1800
Удельное сопротивление выдёргиванию шурупов из пласти, Н/м <sup>2</sup> , не менее	4-7	4-7
Теплопроводность, Вт/(м °С)	0,26	0,26
Класс биостойкости по ГОСТ 17612-83	4	4

Снижение прочности при изгибе после 20 циклов температурно-влажностных воздействий, %, не более	30	30
Разбухание по толщине после 20 циклов температурно-влажностных воздействий, %, не более	5	5
Снижение прочности при изгибе после 50 циклов испытания на морозостойкость, %, не более	10	10

Из других показателей, характеризующих ЦСП как строительный материал, следует назвать среднее значение удельной теплоёмкости 1,15 кДж/кг °С и гарантийный срок эксплуатации в строительных конструкциях – 50 лет. Индекс распространения пламени у них нулевой (пламя по поверхности не распространяется), предел огнестойкости 50 мин, группа дымообразующей способности Д (токсичные газы и пары не выделяются).

При оценке качества поверхности ЦСП учитываются такие дефекты, как сколы кромок и раскрошивание углов, пятна от масла или ржавчины, вмятины. Не допускаются расслоения по толщине, посторонние включения и механические повреждения.

По сравнению с обычными ДСтП у цементно-стружечных плит почти вдвое большая плотность. Однако это не означает повышения прочности при изгибе - она примерно в 1,5 раза меньше, так как все материалы на основе цемента хорошо работают на сжатие, но плохо - на растяжение и изгиб. Основное преимущество ЦСП - высокая водо- и атмосферостойкость, огнестойкость и экологическая безвредность. Детали из ЦСП ни в коем случае не должны подвергаться изгибу, зато они могут выдерживать большие нагрузки на сжатие перпендикулярно пласти плиты.

Среди других листовых материалов из древесной стружки с минеральным связующим отметим **стружечные плиты на каустическом магнезите**. Они пригодны для наружного использования, например для ограждающих конструкций малоэтажных деревянных домов. Эти плиты бывают твёрдыми (Т), особо твёрдыми (ОТ) и сверхтвёрдыми (СТ) и имеют плотность от 900 до 1450 кг/м<sup>3</sup> и толщину от 10 до 18 мм. Их разбухание за 24 часа

составляет всего 3–5%, водопоглощение не более 20%, прочность при изгибе 10-25 МПа и при растяжении поперёк пласти 0,4–0,9 МПа. Расход связующего 415 кг/м<sup>3</sup>, других химических веществ - до 150 кг/м<sup>3</sup>.

**Стружечно-гипсовые плиты**, в которых гипс служит связующим, изготавливаются полусухим способом, то есть стружка не сушится, а прессование ведётся в холодном состоянии. Отверждение происходит за счёт процесса гидратации, то есть перехода жжёного гипса в дигидрат, в течение примерно одного часа. Ковёр готовится в обычных формирующих машинах. Давление прессования 0,7-1,1 МПа, процесс отверждения экзотермический. После снятия давления (распалубки) плиты высушивают в сушилке при температуре 40 °С и шлифуют с двух сторон. По прочности на изгиб они сравнимы с гипсоволокнистыми плитами.

### 1.3 Древесноволокнистые плиты

Древесноволокнистые плиты, ДВП – листовой материал, изготавливаемый путём горячего прессования или сушки массы из древесного волокна, сформированной в виде ковра. ДВП классифицируют по различным признакам.

Исходя из особенностей производства различают:

- *плиты прессованные*, которые получают путём сдавливания волокнистого ковра в горячем прессе, и *плиты непрессованные*, когда волокнистый ковёр преобразуется в плиту только за счёт нагрева, без приложения давления;

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

При прессовании мокрым способом получают *плиты односторонней гладкости* – у них поверхность, выходящая из-под пресса, будет гладкая, а на обратной стороне остаются следы сетки, на которой происходит прессование. При прессовании сухим способом получают *плиты двухсторонней гладкости*, поскольку они формируются между двумя металлическими листами.

Поверхности у гладких ДВП могут быть *облицованными* с одной либо двух сторон (например, декоративно-слоистыми пластиками или плёночными материалами) или *профилированными*. Профилирование может выполняться как во время прессования, так и при последующей обработке, с одной либо двух сторон.

По твёрдости различают ДВП сверхтвёрдые, твёрдые, полутвёрдые, мягкие (пористые).

**Мягкие ДВП** преимущественно служат для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, перекрытий. Их применяют для обшивки стен в производстве щитовых и панельных домов, как заполнитель дверных полотен, как выравнивающий материал под твёрдое покрытие полов. Специальные звукопоглощающие (акустические) плиты изготавливают однослойными из мягких ДВП 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 твёрдой плитой с перфорацией.

**Твёрдые и полутвёрдые ДВП** 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.

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

**Плиты средней плотности, MDF** – сравнительно новая продукция, занимающая особое место среди твёрдых древесных листовых материалов. Плиты MDF получают сухим способом. Плотность у них 700–800 кг/м<sup>3</sup>, а прочность при изгибе 30–35 МПа, то есть примерно вдвое больше, чем у традиционно исполь-

зуемых 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 трёхслойные MDF, у которых содержание связующего в среднем слое пониженное, а плотность наружных слоев достигает 1000 кг/м<sup>3</sup>. Это позволяет получать из MDF 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.

### 1.3.1 Требования к волокнистым плитам по европейскому стандарту

Упомянутая в начале этой главы система стандартов EN 622, определяющая европейские требования к древесноволокнистым плитам, содержит, в частности, следующие документы:

EN 622-1. Древесноволокнистые плиты. Общие требования.

EN 622-2. Требования к твёрдым волокнистым плитам (сокращённо обозначаются латиницей НВ)

EN 622-3. Требования к полутвёрдым плитам (МВЛ, МВН)

EN 622-4. Требования к мягким (пористым) плитам (SB)

EN 622-5. Требования к плитам средней плотности сухого способа производства (MDF)

*Допуски по ширине и длине для перечисленных здесь видов плит по общим требованиям составляют  $\pm 2$  мм/м, но не более  $\pm 5$  мм для одной плиты. Отклонения от прямоугольности не должны превышать 2 мм/м, а прямолинейность кромок нормирована как 1,5 мм/м. Методы проверки линейных размеров регламентированы в EN 324-2.*

*Таблица 1.8. Допустимая разнотолщинность  $\Delta$  для ДВП общего назначения*

Обозначение плит по EN 622	$\Delta$ , мм
НВ при номинальной толщине, мм:	
до 3,5	$\pm 0,3$

3,5-5,5	±0,5
более 5,5	±0,7
MBL, MBH при номинальной толщине, мм:	
до 10	±0,7
более 10	±0,8
SB при номинальной толщине, мм:	
до 10	±0,7
10-19	±1,2
более 19	±1,8
MDF при номинальной толщине, мм:	
до 6	±0,2
6-19	±0,2
более 19	±0,3

*Влажность волокнистой плиты* должна укладываться в пределах 4–9%, за исключением плит MDF, для которых норма влажности составляет 4-11% (метод определения EN 322).

*Отклонение от средней плотности* для плит MDF установлено в ±7% и определяется по методу EN 323.

*Таблица 1.9. Требования к физико-механическим свойствам твёрдых ДВП*

Марка плиты	Номинальная толщина плиты, мм		
	До 3,5	3,5-5,5	Более 5,5
Разбухание по толщине за 24 ч, % (EN 317)			
нв	35	30	25
нв.н	25	20	20
нв.Е	12	10	8
нв.ЛА	35	30	25
нв.НЛА1	15	13	10
нв.НЛА2	15	13	10
Прочность при растяжении поперёк пласти*, МПа (EN 319)			
нв	0,5	0,5	0,5
нв.н	0,6 (0,3)	0,6 (0,3)	0,6 (0,25)

HB.E	0,7 (0,5)	0,6 (0,42)	0,5 (0,35)
HB.LA	0,6	0,6	0,6
HB.HLA1	0,8 (0,5)	0,7 (0,42)	0,65 (0,35)
HB.HLA2	0,8 (0,5)	0,7 (0,42)	0,65 (0,35)
Прочность при изгибе*, МПа (EN 310)			
HB	30	30	25
	35	32	30
HB.E	40	35	32
HB.LA	33	32	30
HB.HLA1	38	36	34
HB.HLA2	44(17)	42 (16)	38(15)
Модуль упругости при изгибе, МПа (EN 310)			
HB.E	3600	3100	2900
HB.LA	2700	2500	2300
HB.HLA1	3800	3600	3100
HB.HLA2	4500	4300	4100
* В скобках норматив прочности после кипячения образцов согласно процедуре EN 1087-1			

*Содержание свободного формальдегида* оценивается у плит MDF перфорационным способом по методу EN 120. У продукции класса А оно не должно превышать 9 мг/100 г, а у продукции класса В – 40 мг/100 г. Эти значения указаны для влажности плиты  $W = 6,5\%$ . При другой влажности их нужно умножать на коэффициент  $F$ , который рассчитывается по следующим формулам:

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

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

*Разнотолщинность* определяется по методу EN 324-1. Её допустимые показатели приведены в таблице 1.8.

**Стандарт EN 622-2** различает шесть марок твёрдых ДВП:

HB - общего назначения

HB.H – общего назначения влагостойкие

HB.E – общего назначения атмосферостойкие

HB.LA – конструкционные

HB.HLA1 – конструкционные влагостойкие

*Таблица 1.10. Требования к физико-механическим свойствам полутвёрдых ДВП*

Обозначение ДВП по EN	Номинальная толщина плиты, мм	
	До 10	10 и более
Разбухание по толщине за 24 ч, % (EN 317)		
MBL	20	20
MBH	15	15
MBL.H	15	15
MBH.H	10	10
MBL.E	9	9
MBH.E	6	6
MBH.LA1	15	15
MBH.LA2	15	15
MBH.HLS1	7	7
MBH.HLS2	7	7
Прочность при растяжении поперёк пласти, МПа (EN 319)		
MBH	0,10	0,10
MBH.H	0,30	0,30
MBH.E	0,30	0,30
MBH.LA1	0,10	0,10
MBH.LA2	0,20	0,20
MBH.HLS1	0,40 (0,20)*	0,40 (0,20)*
MBH.HLS2	0,40 (0,20)*	0,40 (0,20)*
Прочность при изгибе, МПа (EN 310)		
MBL	10	8
MBH	15	12
MBL.H	12	10
MBH.H	18	15
MBL.E	14	12
MBH.E	21 (8)*	18 (6)*
MBH.LA1	18	15
MBH.LA2	21	18

МВН.HLS1	25	22
МВН.HLS2	28 (10)*	25 (9)*
Модуль упругости при изгибе, МПа (EN 310)		
МВН.E	2400	2200
МВН.LA1	1800	1600
МВН.LA2	2700	2500
МВН.HLS1	2300	2100
МВН.HLS2	2900	2800
* В скобках норматив прочности после кипячения образцов согласно процедуре EN 1087-1		

НВ.HLA2 – конструкционные особо прочные влагостойкие

Для твёрдых ДВП интервалы между контрольными испытаниями их физико-механических свойств (табл. 1.9) такие же, как для стружечных плит (см. раздел 1.2.1).

В ряде случаев изготовитель обязан предоставить потребителю дополнительные сведения о свойствах твёрдых ДВП. Предельные показатели, которые не должны превышать ни в одном испытании, установлены для следующих параметров: изменение длины плиты при изменении влажности – не более 0,25%, изменение толщины плиты при изменении влажности – не более 10% (методы испытания регламентирует EN 318), односторонняя абсорбция воды – не более 300 г/м<sup>2</sup> (метод испытания EN 382-2).

Доля минеральных включений в твёрдых ДВП, согласно методу испытаний ISO 3340, не должна превышать 0,05%.

Маркировка на твёрдые ДВП ставится в углу плиты и состоит из двух-трёх полос определённого цвета шириной 12 мм:

НВ - белый, белый, синий

НВ.Н – белый, белый, зелёный

НВ.E – белый, белый, коричневый

НВ.LA – жёлтый, жёлтый, синий

НВ.HLA1 – жёлтый, жёлтый, зелёный

НВ.HLA2 – жёлтый, зелёный

Стандарт EN 622-3 различает следующие марки полутвёрдых ДВП:

MBL и MBH – общего назначения  
 MBL.H и MBH.H - общего назначения влагостойкие  
 MBL.E и MBH.E – общего назначения атмосферостойкие  
 MBH.LA1 – конструкционные  
 MBH.LA2 - конструкционные повышенной прочности  
 MBH.HLS1 – конструкционные влагостойкие  
 MBH.HLS2 – конструкционные повышенной прочности влагостойкие

*Таблица 1.11. Требования к физико-механическим свойствам мягких ДВП*

Марка плиты	Номинальная толщина плиты, мм		
	До 10	10-19	Более 19
Набухание по толщине за 24 ч, % (EN 317)			
SB	10	10	10
SB.H	7	7	7
SB.E	6	6	6
SB.LS	8	8	8
SB.HLS	6	6	6
Прочность при изгибе, МПа (EN 310)			
SB	0,9	0,8	0,8
SB.H	1,1	1,0	0,8
SB.E	1,2	1Д	0,9
SB.LS	1,2	1,1	0,9
SB.HLS	1,3	1,2	1,0
Модуль упругости при изгибе, МПа (EN 310)			
SB.LS	140	130	100
SB.HLS	150	140	120

Нормативы на их физико-механические свойства приведены в таблице 1.10.

В маркировке полутвёрдых ДВП указываются наименование изготовителя, ссылка на евростандарт, тип плиты, номинальная толщина, дата изготовления. Возможна дополнительная цветная полосовая маркировка:

MBL и MBH - белый, белый, синий  
 MBL.H и MBH.H – белый, белый, зелёный  
 MBL.E и MBH.E – белый, белый, коричневый  
 MBH:LA1 – жёлтый, жёлтый, синий  
 MBH.LA2 - жёлтый, синий  
 MBH.HLS1 – жёлтый, жёлтый, зелёный  
 MBH.HLS2 – жёлтый, зелёный

**Стандарт EN 622-4**, устанавливающий требования к мягким (пористым, изоляционным) ДВП, различает пять марок этих изделий:

SB – общего назначения  
 SB.H – общего назначения влагостойкие  
 SB.E – общего назначения атмосферостойкие  
 SB.LS – конструкционные  
 SB.HLS – конструкционные влагостойкие (табл. 1.11)

**Стандарт EN 622-5** регламентирует требования к плитам MDF (табл. 1.12) и различает в этой продукции следующие марки:

MDF – общего назначения  
 MDF.H – общего назначения влагостойкие  
 MDF.LA – конструкционные  
 MDF.HLS - конструкционные влагостойкие

### 1.3.2 Требования к волокнистым плитам

*Таблица 1.12. Требования к физико-механическим свойствам MDF по европейским нормам*

Марка плиты	Номинальная толщина плиты, мм								
	1,8-2,5	2,5-4,0	4-6	6-9	9-12	12-19	19-30	30-45	45
Набухание по толщине за 24 ч, % (EN 317)									
MDF	45	35	30	17	15	12	10	8	6
MDF.H	35	30	18	12	10	8	7	7	6
MDF.LA	45	35	30	17	15	12	10	8	6
MDF.HLS	35	30	18	12	10	8	7	7	6
Прочность при растяжении поперёк пласти, МПа (EN 319)									

MDF	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50
MDF.H	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70
MDF.LA	0,70	0,70	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55
MDF.HLS	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,60
Прочность при изгибе, МПа (EN 310)									
MDF	23	23	23	23	22	20	18	17	15
MDF.H	27	27	27	27	26	24	22	17	15
MDF.LA	29	29	29	29	27	25	23	21	19
MDF.HLS	34	34	34	34	32	30	28	21	19
Модуль упругости при изгибе, МПа (EN 310)									
MDF	-	-	2700	2700	2500	2200	2100	1900	1700
MDF.H	2700	2700	2700	2700	2500	2400	2300	2200	2000
MDF.LA	3000	3000	3000	3000	2800	2500	2300	2100	1900
MDF.HLS	3000	3000	3000	3000	2800	2700	2600	2400	2200
Набухание по толщине после циклических испытаний, %									
MDF.H	50	40	25	19	16	15	15	15	15
MDF.HLS	50	40	25	19	16	15	15	15	15
Прочность при растяжении поперёк пласти после циклических испытаний, МПа									
MDF.H	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
MDF.HLS	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10
Прочность при растяжении поперёк пласти после кипячения, МПа									
MDF.H	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10
MDF.HLS	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10

В Российской Федерации ДВП мокрого способа изготовления выпускаются по **ГОСТ 4598**, который предусматривает разделение этой продукции на четыре вида: мягкие (М), полутвёрдые (ПТ), твёрдые (Т) и сверхтвёрдые (СТ). Некоторые из распространённых размеров и марок отечественных ДВП приведены в таблице 1.13, а ориентировочные физико-механические показатели - в таблице 1.14.

Твёрдые ДВП, прессуемые без сушки волокна, являются плитами односторонней гладкости. Нижняя их сторона имеет след от сетки, на которой располагается волокнистый ковёр и через которую при создании в горячем прессе рабочего давления удаляется влага. При такой технологии твёрдые ДВП не могут быть слишком толстыми: преобладающий объём выпуска у плит толщиной 3,2 мм.

**Таблица 1.13. Марки и размеры, мм, отечественных ДВП мокрого способа производства**

Марка ДВП	Длина, макс. откл. $\pm 5$ мм	Ширина, макс. откл. $\pm 3$	Толщина	Предельное отклонение толщины
М-4	3000, 2700, 2500, 1800, 1600, 1200	1700, 1220	12, 16, 25	$\pm 1,0$
М-12				
М-20			8, 12	$\pm 0,7$
ПТ-100	5500, 3600, 3000, 2700, 2500, 2350, 2050, 1200	2140, 1830, 1700	6,8,12	$\pm 0,7$
Т-350			2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	$\pm 0,3$
Т-400				
СТ-500				

**Таблица 1.14. Физико-механические свойства ДВП мокрого способа производства**

Марка плиты	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа
М-1, М-2, М-3	100-400	0,4-2,0
ПТ	400-800	21,0
Т, Т-С, Т-П, Т-СП	800-1050	33,0-38,0
СТ, СТ-С	950-1100	до 47,0

На заводе «Спичплитпром» выпускают тонкие ДВП каландрового способа прессования. Их изготовление регламентируется ТУ 5536-0257438-0060. Эта продукция обозначается марками ТСН-30 и ТСН-40 (Т – твёрдые, С – сухой способ прессования, Н – непрерывный способ прессования) и имеет следующие показатели по разбуханию:

Ряд толщин по ТУ для обеих марок:	2,5	3,2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	
Разбухание за 24 ч, %, не более:	ТСН-30	40	40	40	35	35	30	30
	ТСН-40	35	30	30	25	25	20	20

Прочность при растяжении поперёк пласти у обеих марок, согласно ТУ, не менее 0,4 МПа. У плит ТСН-30 плотность не превышает 850 кг/м<sup>3</sup> и прочность при изгибе должна быть не менее 30 МПа. У плит ТСН-40 эти показатели, соответственно, 950 кг/м<sup>3</sup> и 40 МПа. Путём склеивания нескольких тонких плит (от 2 до 6) по толщине можно получать клеёные панели толщиной от 12 до 32 мм со свойствами, аналогичными MDF.

*Таблица 1.15. Требования к физико-механическим свойствам MDF согласно ТУ 5536-026-00273643-98*

Показатель	Марки плит Шекснинского КДП	
	ПСП-А	ПСП-Б
Минимальный предел прочности при статическом изгибе, МПа		
для толщин:8–12 мм	25	23
13–18 мм	23	20
19-25 мм	20	18
Минимальный предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа		
для толщин:8–12 мм	0,55	0,30
13-18 мм	0,50	0,30
19-25 мм	0,50	0,30
Макс, разбухание по толщине за 24 часа, %		
для толщин:8–12 мм	15	18
13–25 мм	10	12
Влажность, %	3-11	
Мин. модуль упругости при изгибе, МПа		
для толщин:8–12 мм	2700	1900
13–18 мм	2200	
19-25 мм	2100	

Таблица 1.15.

Макс. содержание формальдегида, мг на 100 г абсолютно сухого продукта		
в плитах класса Е-1	10	10
в плитах класса Е-2	30	30

Требования к производству MDF в Российской Федерации основываются на ТУ 5536-026-00273643-98 – специально разработанных технических условиях, в создании которых участвовали специалисты ВНИИДрева и Шекснинского комбината древесных плит. На комбинате эта продукция именуется ПСП и подразделяется следующим образом:

по физико-механическим свойствам – на марки ПСП-А и ПСП-Б (см. табл. 1.15);

по содержанию формальдегида – на классы токсичности Е-1 и Е-2;

по качеству поверхности – на сорта 1 и 2.

Для плит 1-го сорта не допускаются такие дефекты, как неразмолотые пучки волокон, углубления, вмятины, царапины на пласти, пятна от парафина, масла или связующего, а также какие бы то ни было дефекты шлифования. Цветовая пятнистость (разнотонность с чёткими контурами) допустима, если её площадь занимает не более 5% всей поверхности плиты.

У плит 2-го сорта вмятины и иные углубления до 0,3 мм при диаметре до 10 мм возможны, но не более двух на квадратный метр плиты, как и число царапин, длина которых не должна превышать 200 мм. Пятна от парафина, масла или связующего допускаются размерами до 1 см<sup>2</sup>, но также не более двух на квадратный метр плиты. На поверхности плиты могут быть видны неразмолотые пучки волокон размерами до 3 × 15 мм, но не более пяти на квадратный метр поверхности. Дефекты шлифования (недошлифовка, прошлифовка, линейные следы от шлифования, волнистость поверхности) допускаются, если на них приходится не более 10% от площади каждой пласти. Разнотонность для плит второго сорта не нормируется.

Для плит обоих сортов недопустимы расслоения и инородные включения. Сколы углов и кромок возможны, только если они не нарушают допустимых отклонений по длине и ширине плиты.

Типовым для российских плит средней плотности является формат 2440 × 1830 мм, при толщинах от 8 до 25 мм, но по согласованию с потребителем возможны и другие размеры. Нормированные отклонения по длине и ширине составляют ±5 мм, по толщине ±0,2 мм. Отклонение от прямолинейности кромок допускается не более 2 мм, от перпендикулярности кромок – не более 2 мм на 1 м длины кромки. Последний показатель можно оценивать как разность длин диагоналей, которая не должна превышать 0,2% длины диагонали плиты.

В условном обозначении плит указывают марку, сорт, класс токсичности, размеры плиты и нормативный документ, регламентирующий её изготовление. Например: *ПСП-А, 1, Е1, 2440 × 1830 × 16, ТУ5536-026-00273643-98*.

#### **1.4 Другие плитные материалы из древесных частиц**

При разработке новых композитных продуктов на древесной основе чаще всего руководствуются стремлением получить материал, экологически более чистый, чем традиционные древесные плиты.

**Плиты и детали на термопластичных** связующих появились сравнительно недавно и известны на рынке под условной маркой ДПКМ – древесно-полимерные композитные материалы. В качестве термопластичных добавок используются полиэтилен, полипропилен, сополимеры этилена с пропиленом или с винилацетатом, полистирол и сополимеры стирола, поливинилхлориды, полиметилметакрилат и прочие полимеры, получаемые из доступного углеводородного сырья. Древесным наполнителем могут служить древесная мука (дисперсность 0,01–1 мм), опилки (1–8 мм), молотая кора, растительные сельскохозяйственные отходы, стружка хвойных и лиственных пород (10–20 мм). Исследования показали, что порода древесины особого значения не имеет, гораздо важнее размер и форма древесных частиц.

Содержание связующего варьируется в широких пределах – от 10 до 40% от массы абсолютно сухой древесины. Получаемый термопластичный материал имеет прочность при изгибе, сопоставимую с прочностью стандартных ДСтП, и при этом обладает такими достоинствами, как экологическая чистота, невысокая плотность, хорошая водо-, морозо- и биостойкость, низкая себестоимость и технологичность. Отходы плитного производства в данном случае стопроцентно пригодны для переработки в новую продукцию. Древесно-клеевую смесь можно перерабатывать как методом экструзии с получением профильных погонажных изделий, так и методом плоского прессования с получением не только плит постоянной толщины, но и профильных деталей мебели, стеновых панелей, тарных деталей и т.п. По данным печати, в 2000 году на Западе разработкой и производством подобных древесно-полимерных композитных материалов занимались около сорока фирм и объём выпуска этой продукции составил около трёхсот тысяч тонн. Номенклатура продукции весьма разнообразна, например:

- оконные профили из смеси отходов древесины и ПВХ в соотношении 60 : 40,
- оконные профили из древесины и полипропилена в соотношении 50 : 50,
- профили и поддоны из композита, содержащего древесину и продукт переработки пластиковых бутылок (70: 30),
- листовой материал из древесной муки, полиолефинов (30%) и переработанной крошки из шин.

Отличительная особенность данной технологии заключается в том, что нагреванию подлежит сам формуемый материал, в то время как пресс должен быть холодным или иметь загрузочную часть слегка нагретой. Для российских деревообрабатывающих предприятий такой путь использования древесных отходов вполне привлекателен, так как он позволяет при сравнительно малых инвестициях получать продукцию с высокой добавленной стоимостью.

**Волокнисто-стружечные плиты**, ВСП изготавливают из так называемой волокнистой стружки – древесных частиц, которые

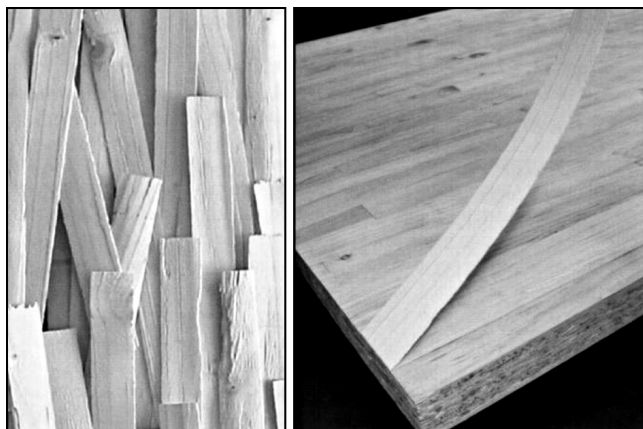
по своей форме занимают промежуточное положение между игольчатой стружкой, получаемой в центробежных станках, и волоконном, получаемым путём размола пропаренной щепы в дефибраторах. Волокнистую стружку получают путём сухого размола щепы из хвойных и мягколиственных пород в зубчато-ситовых мельницах. В России производят, например, трудногорючие ВСП на фенольном связующем с использованием в качестве антипирена органофосфатных соединений. В одноэтажном прессе с паровой продувкой ковра получают ВСП с плотностью 760–780 кг/м<sup>3</sup>. Их прочность при изгибе составляет 25 МПа, а внутренняя прочность достигает 0,6 МПа, что примерно вдвое выше, чем у ДСтП.

**Плиты на полиизоцианатном связующем** (другое их название **поликарбамидные плиты**) применяются при возведении сборных домов и отделке помещений. Их выпуск впервые был освоен в начале семидесятых годов прошлого столетия в ФРГ, где они известны под маркой PMDI. При изготовлении этих плит связующее в виде аэрозоля наносят на свободно падающую стружку. Расход клея не превышает 5% от массы абсолютно сухой стружки. Недостаток этого способа в том, что распыляемый клей налипает на металлические рабочие поверхности прессы. PMDI - материал умеренной токсичности (1-я категория вредности); критическая температура пиролиза у него составляет 250–300 °С, что выше, чем у других видов плит.

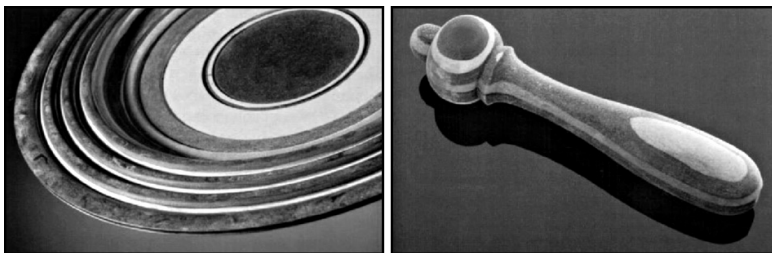
**«Скримбер»** – это сравнительно новый плитный материал, выпуск которого освоен в Австралии (там в 1989 году было организовано его производство с годовой мощностью 45 тыс. м<sup>3</sup>). В качестве сырья используются стволы молодых деревьев от рубок ухода. Их разделяют на брёвна длиной до 3,6 м с выбраковкой (например, путём электронного сканирования) кривых и чрезмерно влажных сортиментов. Отсортированный кругляк подаётся в раздавливающие вальцы, где подвергается продольному расщеплению без нарушения структуры древесины. Затем материал идёт в аппарат с профильными вальцами, в котором древесная ткань разрушается, но получаемая масса разравнивается так, что сохраняется направленность волокон, и из их равномерно расположенных прядей формируется ковёр. Связующим служит клее-

вой раствор с парафином. Непрерывное полотно из волокнистой массы высушивается до влажности 5%, разделяется на заготовки, которые укладываются одна на другую, подпрессовываются, и полученные «слоёные пироги» раскраиваются на продольные блоки длиной 12 м. Блоки подаются в индукционный пресс, где формируется продукция конечной плотности и требуемых размеров. Её послепрессовая выдержка составляет десять дней. Получаемые таким способом балки применяют в строительстве, промышленности и для декоративных целей.

Острая нехватка высококачественного сырья для изготовления фанеры подталкивает к созданию альтернативных высокопрочных материалов путём переработки не столь дорогой древесины, как дефицитный фанерный кряж. Успешным примером такой альтернативы может служить запатентованная технология «Европлай» по изготовлению плит и бруса из крупной форматированной стружки, то есть небольших прямоугольных полосок строганого шпона с определёнными размерами. Щитовые детали и балки из такой стружки (рис. 1.4) отличаются необычайной прочностью. Форматированную стружку можно также использовать для создания упрочнённого верхнего слоя ДСтП или OSB.



**Рис. 1. 4.** Альтернатива клеёной фанере: форматированная крупномерная стружка идёт на изготовление листового материала, бруса, а также на создание упрочнённого верхнего слоя ДСтП или OSB (иллюстрация предоставлена фирмой SAB)



**Рис. 1. 5.** Из композитов на основе MDF глубокого крашения можно вытачивать и фрезеровать необычные декоративные элементы

К успешным технологическим материалам, без сомнения, следует отнести и композиты из **MDF глубокого крашения** (о технологии получения таких плит рассказывается в главе 13). Спрессовывая волокнистые плиты различных оттенков и толщины, удаётся получать интереснейшие комбинированные материалы, пригодные для токарной и иной обработки резанием. Этот метод за последнее время стал настоящим возбудителем творческой фантазии для дизайнеров и декораторов (рис. 1.5) и уже интересовал многих изготовителей плит.

## Глава 2 СЫРЬЁ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

### 2.1 Древесное сырьё

Практически любая отрасль лесного комплекса может давать древесное сырьё для плитных предприятий. Наибольшую долю его составляют отходы лесозаготовительной промышленности, на которые приходится примерно 40% от объёма сплошной рубки. Характеристики круглых лесоматериалов, пригодных для использования в производстве плит, определяет ГОСТ 13-76 «Сырьё древесное для технологической переработки». Допускаются все пороки древесины, кроме внутренней гнили, распространяющейся более чем на половину диаметра ствола. Для плитного производства разрешается поставка всех пород и их смесей. Самые подходящие породы для изготовления ДСтП – сосна и ель. При их использовании получают плиты наивысшей прочности благодаря хорошей деформативности хвойной древесины, а также возможности получать из неё гладкую и ровную стружку. Для ДВП, изготавливаемых мокрым способом, рекомендуется хвойная древесина, для плит сухого способа изготовления предпочтительны лиственные породы; если же породы смешиваются, то желательно вводить в волокнисто-клеевую массу упрочняющие добавки.

Лесосечные отходы, получаемые при рубках ухода, тоже идут на изготовление плит. Обычно для этих целей отбирается круглый неокорённый материал диаметром 2–6 см и длиной 1–3 м.

Лесопильная промышленность поставляет для плитного производства вторичное сырьё – отходы в виде горбылей, обзолной рейки, а также кусков и опилок. В среднем одна лесопильная рама даёт в год 10–15 тысяч кубометров древесного сырья, пригодного для дальнейшей переработки.

Отходы, образующиеся в фанерном производстве при раскряжёвке, оцилиндровке чураков и лущении, а также остатки-

карандаши, обрезки фанеры, опилки и шлифовальная пыль в значительных объёмах направляются в качестве вторсырья на плитные предприятия.

На мебельных производствах в отходы попадает сухая древесина, влажностью не более 15%. Это обрезки пиломатериалов и плит, станочная стружка, опилки и пыль. Мебельная фабрика средней мощности даёт в год до 6–10 тысяч кубометров вторичного сырья для ДСтП. То же самое можно сказать и о предприятиях по выпуску столярно-строительных изделий – оконных и дверных блоков, покрытий для пола и т.п.

Применение станочной стружки и опилок в плитном производстве постоянно возрастает. Их доля в общей массе древесного сырья доходит до 30%.

В странах с малыми запасами древесного сырья для производства плит используют виноградную лозу, камышовый тростник, костру льна и конопли, стебли хлопчатника.

Технологическая переработка кускового сырья состоит в размельчении его в щепу, из которой затем получают стружечную или волокнистую массу. Щепу изготавливают в рубительных машинах, и требования к размерам кускового сырья на каждом производстве определяются рабочими параметрами имеющихся машин.

Требования к качеству технологической щепы для производства ДСтП устанавливает ГОСТ 15815. Размеры частиц 20–60 мм в длину и не более 30 мм в толщину, допустимое содержание коры до 15% (то есть окорка круглых лесоматериалов необязательна), гнили не более 5% и минеральных примесей не более 0,5%. Технологическая щепка из тонкомерных деревьев и сучьев готовится с соблюдением ТУ 13-735. Она имеет худшие показатели и допускается только как добавка (до 20% для наружных слоев и без ограничения для внутренних) к стандартной щепе. Технологическая пыль фракции 0,5/0 используется для внутреннего слоя, фракции 0,25/0 – для наружных слоев ДСтП. При объёмной массе пыли 100–250 кг/м<sup>3</sup> её удельная поверхность составляет от 5 до 40 м<sup>2</sup> на 100 г. Доля пыли в стружечной массе может доходить до 50%. Шлифовальная пыль состоит из частиц разме-

рами от  $0,01 \times 0,1$  до  $0,5 \times 1,0$  мм. Её можно добавлять к стружке наружных слоев в объёме 20–25%. Однако при этом расход связующего увеличивается на 10–20% и появляется опасность образования комков из пыли, пропитанной смолой, из-за которых потом возникают смоляные пятна на плите.

**Для изготовления плит OSB** технологическая щепка неприемима, поскольку здесь требуется плоская стружка, получаемая только из крупномерного сырья на специальных станках. Наилучшим сырьём считаются круглые лесоматериалы мягколиственных пород, особенно осина, однако используются также сосна, ель, пихта, лиственница. Твердолиственные породы не рекомендуются, поскольку дают чрезмерно много мелкой фракции в процессе подготовки. По той же причине в производстве плит с крупномерной стружкой почти не используются отходы лесопиления.

**В производстве ДВП**, как и для стружечных плит, исходным материалом служит технологическая щепка, но полученная из древесины, не подвергавшейся искусственной сушке. Изготовленная в рубительной машине щепка (к ней могут добавляться опилки от лесопиления) обязательно сортируется на трёхуровневых ситах: размер отверстий верхнего сита  $39 \times 39$  мм, нижнего  $5 \times 5$  мм. Крупную фракцию доизмельчают в дезинтеграторах. Выход щепы в среднем составляет: из технологического сырья 1-го и 2-го сортов и дров 92–94%, из сырья третьего сорта 86%, из кусковых отходов 91%, из шпона-рванины 80% и из сучьев 70%. Для обеспечения равномерной влажности (оптимально 30–50%) щепу рекомендуется перемешивать в процессе приготовления, выдерживать в бункерах, пропускать через гидромойку. В производство ДВП идёт щепка без мятых кромок, с длиной частиц 10–35 мм (оптимальная 20 мм), толщиной не более 5 мм, с углом среза 30–60 градусов. Содержание гнили допускается не более 5%, минеральных включений не более 1%, коры не более 15% (в щепе из сучьев – до 20%). С увеличением доли коры ухудшаются не только внешний вид плит и их прочностные характеристики, но и состав оборотных и сточных вод, снижается выход массы.

Сырьём для заводов и цехов, производящих **плиты MDF** служат в основном круглые лесоматериалы и отходы лесопиления

лиственных и хвойных пород. Из лёгкой древесины хвойных пород получают светлые плиты высокого качества. Применяются также щепы, получаемая как попутный продукт на лесопильных заводах с современными пыльно-фрезерными брусующими агрегатами, станочная стружка и опилки. На плитных предприятиях, использующих привозное сыпучее сырьё, его обязательно подвергают очистке и промывке.

Способы обмера и учёта древесного сырья зависят от его величины. Дровяное долготё длиной более 3 м обмеряют и учитывают поштучно. Дровяное долготё длиной до 3 м, дрова колотые и тонкомерное сырьё подлежат складочному обмеру с последующим переводом в плотную меру через соответствующие коэффициенты полнодревесности. Щепу обмеряют в кучах или ёмкостях и учитывают в плотных кубометрах, умножая на коэффициент полнодревесности (0,36–0,42).

## 2.2 Связующее и другие химические компоненты

На Западе, в силу преобладающего разделения труда, производством смол, как правило, занимаются специализированные предприятия, что способствует унификации и лучшему соблюдению требований к связующему. В России же на практике сложилось так, что многие плитные предприятия имеют собственные подразделения по приготовлению смол, и этим обусловлено большое количество отечественных марок и модификаций для связующих, используемых в отрасли.

Из органических связующих на российских предприятиях по выпуску ДСтП используются главным образом **карбамидные смолы**. Наиболее распространённая марка отечественной смолы – КФ-НФП с содержанием свободного формальдегида не более 0,15% и высокой концентрацией сухого вещества (66%) при сравнительно низкой вязкости.

В гораздо меньших объёмах на предприятиях РФ выпускаются стружечные плиты на **фенольных связующих** (СФЖ-3014 и подобных), хотя за рубежом производство таких стружечных плит весьма значительно. Плиты на фенольных связующих идут

в основном на устройство полов малоэтажных зданий. Следует иметь в виду, что в смолах типа СФЖ содержится щёлочь (NaOH), которая очень гигроскопична, и поэтому во влажном климате такие плиты буквально втягивают в себя влагу. Немецкий стандарт ОЖ 68763 ограничивает содержание щёлочи в наружных слоях ДСтП до 1,7%, а в целом по плите до 2,2%.

### **Смолы для древесных плит**

Мировая практика показывает, что в зависимости от предъявленных к древесным плитам требованиям качества при их изготовлении используют связующие вещества на основе разных типов синтетических клеящих смол.

Синтетические смолы применяют не непосредственно как связующие в готовом виде, либо добавляют специальные отвердители. Кроме того, в состав связующих иногда добавляют вещества, выполняющие роль нейтрализаторов свободного формальдегида.

### **Характеристика и виды синтетических смол**

Синтетические смолы относятся к классу высокомолекулярных органических соединений и делятся на две основные группы: конденсационные и полимеризационные. Первые образуются в результате реакции поликонденсации не менее двух химических веществ, вторые получают в результате реакции полимеризации одного или нескольких исходных веществ-мономеров.

Наибольшее распространение в производстве древесноплитных материалов получили термореактивные (необратимо переходящие при нагревании в твердое нерастворимое состояние) конденсационные синтетические смолы, образующие клеевые соединения высокой прочности и жесткости. К ним относятся карбамидоформальдегидные (КФС/UF), фенолоформальдегидные (ФФС/PF), меламиноформальдегидные (МФС/MF) и карбамидомеламино (фе-нол) формальдегидные (КМ(Ф)ФС/Ми(Р)Р) смолы. Пользуясь реакцией полимеризации, синтезируют поливинилацетатные, полихлорвиниловые, полиуретановые смолы (изоцианаты) (pMDI) и др. Из всех типов полимеризационных смол только изоцианаты нашли свое место в плитной промышленности. Также изредка используют совмещенные смолы на основе конденсационных и полимеризационных.

Термореактивные конденсационные синтетические смолы на основе формальдегида образуются при вступлении его в реакцию с карбамидом и/или меламином, и/или фенолом при специфических температурных условиях, определенном давлении, концентрации водородных ионов (рН среды) и при добавлении определенных катализаторов.

**Карбаминоформальдегидные смолы (КФС)**, образующие клеевые соединения средней водостойкости, получают поликонденсацией карбамида с формальдегидом. Реакция поликонденсации охватывает несколько стадий, направление которых и свойства образующихся продуктов зависят от условий протекания процесса (соотношения исходных веществ, концентрации водородных ионов, температуры и продолжительности конденсации). По внешнему виду это однородные суспензии от белого до светло-желтого цвета без посторонних включений с концентрацией (массовой долей сухого остатка) от 65 до 69%.

Широкое распространение КФС обусловлено их преимуществами по сравнению с другими типами синтетических смол:

- высокая адгезионная способность;
- большая скорость отверждения (перехода в твердое состояние);
- низкая вязкость при высокой концентрации;
- высокая стабильность при хранении, обеспечивающая возможность транспортировки на значительные расстояния;
- низкое содержание в свободном состоянии токсичных химических веществ;
- небольшая стоимость и недефицитная сырьевая база для их получения.

В производстве древесных плит применяют только низкотоксичные (с низким молярным соотношением исходных продуктов) КФС в виде водных растворов различной вязкости и концентрации. Для создания оптимальных условий их отверждения используются отвердители определенного состава, обладающие кислотными свойствами, особенно при нагревании. Роль отвердителей сводится к созданию в смоле кислой среды, ускоряющей

процесс дальнейшей поликонденсации, завершающейся отверждением связующего.

При изготовлении плит специального назначения (повышенной водо-, био- и огнестойкости) используют соответствующие вещества (гидрофобизаторы, антисептики и антипирены), придающие плитам необходимые свойства.

**Фенолоформальдегидные смолы (ФФС)**, образующие клеевые соединения повышенной водостойкости, получают взаимодействием одноатомного фенола или его производных и формальдегида в присутствии катализатора. Химический состав исходного сырья (фенола и формалина), условия проведения процесса конденсации и характер используемого катализатора в конечном итоге определяют состав, строение и физико-химические свойства ФФС. В зависимости от условий реакции могут быть получены два типа смол – термопластичные и термореактивные. В производстве древесноплитных материалов используются только термореактивные (резольные) клеящие смолы.

По внешнему виду эти ФФС представляют собой прозрачные жидкости различной вязкости, интенсивно окрашенные (от светло-янтарного до темно-вишневого цвета). Они обладают фенольным запахом. Концентрация колеблется в пределах от 40 до 50%, обеспечивает высокие адгезионные свойства. Клеящие ФФС, предназначенные для склеивания древесины при повышенной температуре, должны содержать минимальное количество фенола и формальдегида в свободном состоянии. Вязкость ФФС, синтезированных без добавления стабилизаторов, сравнительно быстро нарастает при хранении. Поэтому такие смолы, обычно более дешевые и содержащие наименьшее количество не прореагировавших фенола и формальдегида, изготавливают в месте их потребления.

Применение ФФС в плитной промышленности в качестве связующего обеспечивает изделиям повышенную водо- и термостойкость и более высокую стойкость к переменным атмосферным воздействиям по сравнению с КФС. Остальные физико-механические свойства плитной продукции, изготовленные на обоих типах смол, практически одинаковы. В то же время ток-

сичность плит на ФФС ниже, чем на КФС и практически соответствует фоновому уровню натуральной древесины. Технологический недостаток ФФС – необходимость применения при производстве плит на их основе удлиненных по сравнению с КФС режимов прессования и высокой температуры. Интенсификация режимов прессования может быть достигнута за счет добавления к ФФС некоторых веществ, являющихся ускорителями отверждения. Следует иметь в виду, что в ФФС содержится щелочь, которая очень гигроскопична, что приводит к адсорбции древесными плитами атмосферной влаги. Поэтому вводятся ограничения на содержание щелочи в ФФС и плитах на их основе. Немецкий стандарт DIN 68763 ограничивает содержание щелочи в наружных слоях древесины плит до 1,7%, а в целом по плите – до 2,2%.

Изготовление ФФС часто связано с экологической опасностью, обусловленной использованием фенола. Его замена на дифенилолпропан, являющийся продуктом конденсации фенола с ацетоном и представляющий собой сыпучий материал с длительным сроком хранения, который относится к веществам III класса опасности, позволяет создать экологически безопасное производство полного аналога фенольной смолы.

Необходимо отметить, что значительное количество ФФС на Западе производится в порошкообразной форме. Многие предприятия, изготавливающие OSB (главным образом в США и Канаде), применяют такие смолы. В России производство порошкообразных ФФС отсутствует.

В отечественной плитной промышленности ФФС используется только при изготовлении ДВП. В зарубежной практике около 5% мирового производства ДСП, главным образом OSB, основано на ФФС. Однако в странах ЕС использование этих смол в производстве OSB практически прекращено. Запрещен и ввоз готовой продукции на этих смолах. Поэтому при ориентировании производства OSB на экспорт их в Европу необходимо использовать связующие на основе меламиновых смол и изоцианатов.

**Меламино - и карбамидомеламино-формальдегидные смолы (МФС и КМФС)** совмещают в себе быстроту отверждения, присущие КФС, и способность создавать клеевые соединения по-

вышенной водостойкости, присущие ФФС. МФС, синтезированные с применением меламина и формалина, представляют собой непрозрачные вязкие жидкости молочно-белого цвета.

Применение в широких масштабах МФС, обладающих ценными клеящими свойствами, ограничивается высокой стоимостью исходного продукта – меламина. Для снижения стоимости смол этого класса при их изготовлении часть меламина заменяется более дешевым продуктом – карбамидом. Несмотря на то, что КМФС получают при значительно меньшем количестве меламина по сравнению с МФС, свойства их близки последним, особенно водостойкость. Наиболее высокая водостойкость достигается применением для склеивания древесины смолы с содержанием 60-62% сухих веществ. Они обладают способностью склеивать древесину при нагревании как с добавлением отвердителя, так и без него. В плитном производстве этот класс смол за рубежом применяют и как связующее, и для получения ламинатов – материалов, предназначенных для отделки поверхности плит. В России из-за дефицита и высокой стоимости меламина эти смолы используют только для получения отделочных пленочных покрытий. Однако выравнивание в последнее время цен на ФФС и КМФС открывает возможность использования последних и в отечественной практике производства плит.

Разновидностью рассмотренных выше конденсационных смол являются меламинокарбамидофенолоформальдегидные, фенолокарбамидоформальдегидные, карбамидорезорциновые, карбамидодициандиамидоформальдегидные смолы и др. Однако никакого широкого применения в отечественной практике деревообработки они не получили. В зарубежной практике первая из перечисленных смол используется в производстве OSB как связующее для наружных слоев в сочетании с изоцианатами для внутренних слоев.

За последнее столетие человечество научилось синтезировать десятки веществ, доселе не существовавших в природе. Однако формальдегид не является одним из «продуктов химической революции», как о нём нередко думают. Формальдегид (муравьиный альдегид) принадлежит к числу древнейших органических

соединений, появившихся на нашей планете задолго до зарождения на ней каких-либо форм жизни.

Молекула его имеет весьма незамысловатое строение: атом углерода, атом кислорода и два атома водорода, т. е.  $\text{HCHO}$ , или  $\text{CH}_2\text{O}$ . Формальдегид - бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде и спирте и отличающийся высокой реакционной способностью.

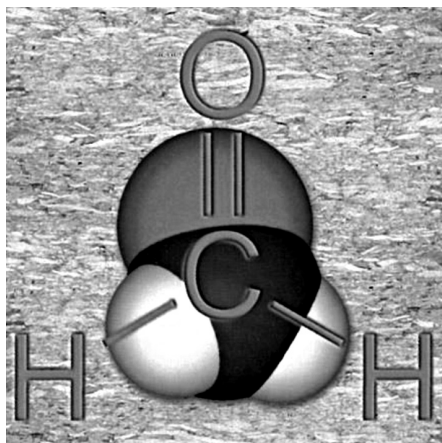


Рис. 2.1.

Единицами измерения содержания его в воздухе служат либо миллиграмм на кубический метр ( $\text{мг/м}^3$ ), либо промилле (ppm)-относительная единица, обозначающая число частиц данного вещества на миллион частиц воздуха. При комнатной температуре и атмосферном давлении для формальдегида соотношение между

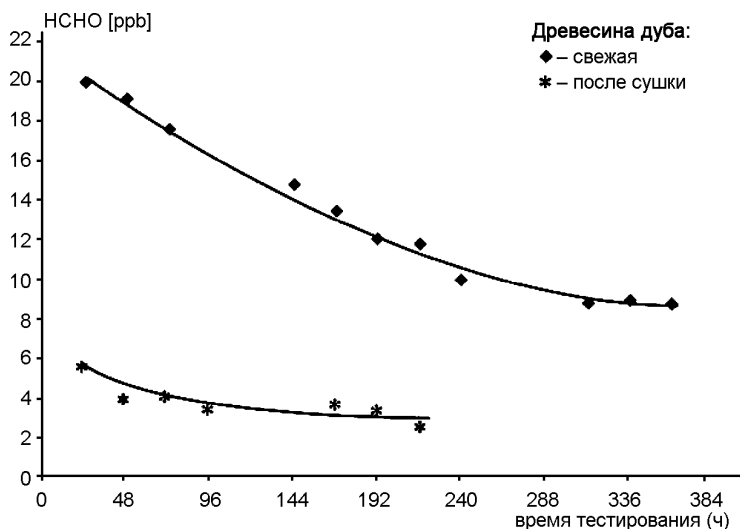


Рис. 2.1. Результаты, полученные Б. Мейер и К. Бёме: измерение эмиссии  $\text{CH}_2\text{O}$  из натуральной древесины

этими единицами примерно таково:  $1 \text{ ppm} = 1,2 \text{ мг/м}^3$ , или  $1 \text{ мг/м}^3 = 0,833 \text{ ppm}$ . В твёрдых материалах содержание этого вещества обычно выражают в микро- или миллиграммах на грамм (мкг/г, мг/г), или - как в стандартах на древесные плиты, например, - в миллиграммах на 100 г (мг/100г).

Формальдегид постоянно присутствует в природной среде: под действием ультрафиолетовых лучей он синтезируется в атмосфере в результате взаимодействия метана и озона, а также участвует в естественных метаболических процессах живых организмов.

В 1997 году в журнале Forest Products было опубликовано исследование Б. Мейер и К. Бёме (WKI), которые изучали эмиссию формальдегида из образцов натуральной древесины различных пород. Уровни эмиссии, замеренные в климатической камере, были хоть и очень низкими, но не нулевыми - 2-9 ppb (т. е. 0,002-0,009 ppm, или 0,002-0,011 мг/м<sup>3</sup>), причём максимальные показатели были получены при тестировании древесины сосны и дуба.

Формальдегид образуется в результате химической деградации лигноцеллюлозного комплекса древесины, и при определённых условиях, таких, как повышенная температура и влажность, даже в древесных материалах, не содержащих никаких химических добавок, может появиться заметное количество этого вещества.

В монографии А.Е. Анохина «Снижение токсичности мебели» приводятся следующие данные. Проварка древесины ценных пород при температуре 90-110° С вызывает гидролиз её составляющих и повышает содержание формальдегида в строганом шпоне ясеня до 8 мг/100 г, а в шпоне дуба - до 4,14 мг/100 г (шпон из середины ванчеса), или даже до 87,21 мг/100 г (с краёв ванчеса).

Формальдегид выделяется также при сжигании практически любой органики: дров, угля, бензина, бытового газа и т. д. Поэтому основными источниками загрязнения атмосферы больших городов являются автотранспорт и различные промышленные предприятия, а в жилищах свою лепту вносят табачный дым и газовые плиты.

На протяжении прошлого века формальдегид находил весьма широкое и разнообразное применение, причём не только в химической промышленности. Он использовался для дезинфекции помещений и инструментов, для дубления кож, изготовления лекарств, в сельском хозяйстве - для защиты растений и протравливания семенного материала, и даже в качестве пищевого консерванта.

О токсичности больших доз формальдегида было известно давно, однако о повышенной концентрации этого вещества в воздухе помещений стали много говорить и писать в конце 1970-х. К тому времени в промышленно развитых странах уже производилось большое количество содержащих формальдегид строительных и отделочных материалов. Сыграли свою роль и изменения в укладе жизни: энергетический кризис первой половины 1970-х привёл к тому, что теплоизоляция зданий стала проводиться более тщательно, а естественная вентиляция снизилась. Как следствие, значительно ухудшилось качество воздуха в помещениях. И появилось множество сведений, подтверждающих негативное воздействие такой среды на здоровье человека.

Формальдегид раздражает глаза и органы дыхания (обычно при концентрации 1 -3 ppm, хотя пороги чувствительности у разных людей различаются весьма существенно), сенсibiliзирует кожу, при длительном контакте вызывает дегенеративные процессы в печени, селезёнке и почках.

Есть указания о действии его на центральную нервную систему, которое проявляется в виде головных болей, усталости и депрессии. Он также может провоцировать астматические приступы как неспецифический раздражитель. Согласно рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), уровень содержания его в воздухе жилых и общественных помещений не должен превышать 0,1 мг/м<sup>3</sup> (среднее значение при измерении в течение 30 минут).

За последние два с половиной десятилетия были введены существенные ограничения на применение формальдегида и ужесточены стандарты на содержание его в промышленной продукции. Более строгими стали и законы, определяющие предельно

допустимые концентрации химических веществ в воздухе рабочих цехов: сейчас в большинстве европейских стран ПДК формальдегида (среднее значение за 8 часов) составляет 0,5 ppm (0,6 мг/м<sup>3</sup>) или ниже. Что же касается воздуха жилых помещений, то во многих государствах концентрация формальдегида не является объектом законодательного регулирования, а для контроля безопасности промышленной продукции принято ориентироваться на упомянутую выше рекомендацию ВОЗ – 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Одним из источников поступления формальдегида в воздух помещений являются древесные плиты, и в последние годы эта проблема стала объектом самого пристального внимания со стороны медиков, правительств, органов по стандартизации и самих производителей. В результате содержание опасного вещества в древесно-плитной продукции значительно уменьшилось, особенно в Европе и Японии. Так, организация FormaCare, входящая в состав Европейского совета по химической промышленности, приводит данные о многократном снижении выделения формальдегида из древесных плит, достигнутым по сравнению со средним уровнем 1978 года, примерно в тридцать раз!

Новый виток в борьбе с формальдегидом начался два года назад, когда он был официально назван канцерогеном: Международное агентство по исследованию рака (International Agency for Research on Cancer, IARC), являющееся частью Всемирной организации здравоохранения, признало, что накоплено достаточно данных, позволяющих утверждать, что формальдегид, который ранее классифицировали как «потенциальный канцероген», вызывает у человека онкологические заболевания. И хотя ряд исследователей выдвигает серьезные аргументы против такого изменения классификации, новый статус формальдегида вызвал широкий общественный резонанс, и это вещество вновь оказалось в фокусе внимания специалистов, политиков и законодательных органов.

Стоит заметить, что формальдегид используют не только в производстве связующих для древесных плит, но и во многих других отраслях: он входит в состав теплоизоляционных, лакокрасочных и облицовочных материалов, фармацевтических и

косметических продуктов, товаров бытовой химии и т. д. Например, применяется в текстильной промышленности в специальных растворах - аппретах, с помощью которых закрепляют эффекты отделки, придают тканям несминаемость и малоусадочность. Содержание его оговорено стандартами на текстильную продукцию (ГОСТ Р 50729, ОЕКО-ТЕХ 100 и др.) Так, ГОСТ Р 50729 устанавливает ПДК свободного формальдегида для текстильных материалов бытового назначения: в тканях для верхней одежды - 1000 мкг/г (т. е. 100 мг/100г), для изделий платьево-блузочного ассортимента - 300 мкг/г, для белья - 75 мкг/г и т. д. Кстати, по некоторым позициям этот ГОСТ отличается более жёсткими требованиями, чем международный ОЕКО-ТЕХ 100.

Гораздо более строгие и отечественные нормы содержания формальдегида в воздухе жилых и общественных помещений, если сравнивать с рекомендацией ВОЗ: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН) 2.1.2.1002-00 предписывают концентрацию  $\text{CH}_2\text{O}$  не выше 0,01 мг/м<sup>3</sup> (временный гигиенический норматив). Означает ли это, что по чистоте воздуха в наших домах мы *«впереди планеты всей»*?

Вопрос скорее риторический. К примеру, в опубликованном Министерством природных ресурсов РФ Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2004 году» сообщается, что в воздухе городов средняя концентрация формальдегида была выше ПДК в 2,6 раза, а в некоторых городах наблюдалось превышение в десять и более раз.

Если учесть, что установленная ПДК для наружного воздуха - 0,003 мг/м<sup>3</sup>, то можно прийти к выводу, что 0,01 мг/м<sup>3</sup> - это примерно та концентрация, которая присутствует в качестве фона в уличном городском воздухе. Значит, сколько ни проветривай комнату, требованиям гигиенического норматива воздух в ней, к сожалению, соответствовать не будет, даже если внутри помещения нет ни одного источника формальдегида. А они, как известно, существуют практически в каждом современном жилище...

Если же говорить именно о древесных плитах - не приходится сомневаться в том, что для отечественной промышленности

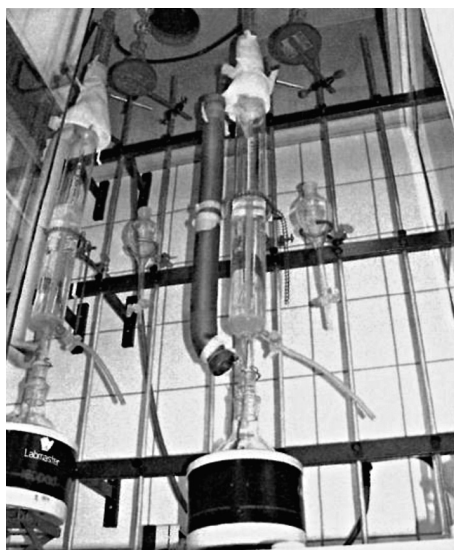
задача снижения эмиссии формальдегида является очень актуальной. Качество российской продукции за последние годы заметно улучшилось, однако по уровню безопасности она далеко не полностью соответствует международным требованиям. И нашим предприятиям, чтобы избежать фатального отставания, необходимо срочно принимать комплексные меры по снижению токсичности выпускаемых плит - что, безусловно, соответствует интересам и конечного потребителя.

Рассмотрим некоторые стандарты и методы измерений, принятые в международной и отечественной практике.

Накопление  $\text{CH}_2\text{O}$  в плите в ходе технологического процесса обусловлено как наличием свободного формальдегида в связующем, так и термопревращениями компонентов древесины и другими физико-химическими процессами. На завершающей стадии прессования он частично улетучивается с парогазовой смесью, а частично сорбируется древесиной и затем, в процессе эксплуатации плиты, может постепенно выделяться в окружающую среду.

Если говорить о необлицованных плитах, то простой здравый смысл подсказывает, что чем больше в плите содержится свободного формальдегида, тем выше может быть его миграция с поверхности. В общих чертах так оно и есть, хотя интенсивность миграции зависит также и от других факторов: температуры, влажности, степени отверждения связующего и т. д.

Стандарты для древесных плит, касающиеся формальдегида, определяют содержание свободного формальдегида в самой плите



**Рис 2.2.** Установка для измерения содержания  $\text{CH}_2\text{O}$  в плите перфораторным методом EN 120

или же эмиссию (миграцию) его из образцов плиты в окружающий воздух. Для таких измерений разработаны соответствующие методики.

Например, в Европе содержание формальдегида в необлицованных плитах определяют перфораторным методом EN 120, основанном на экстрагировании формальдегида из образцов древесных плит. В ходе испытаний 100 г образцов размером 25×25 мм помещают в сосуд с кипящим толуолом. Температура кипения этого вещества - 110,6°C, что обеспечивает выделение из материала свободного формальдегида, который затем попадает в ёмкость с дистиллированной водой, расположенную выше.

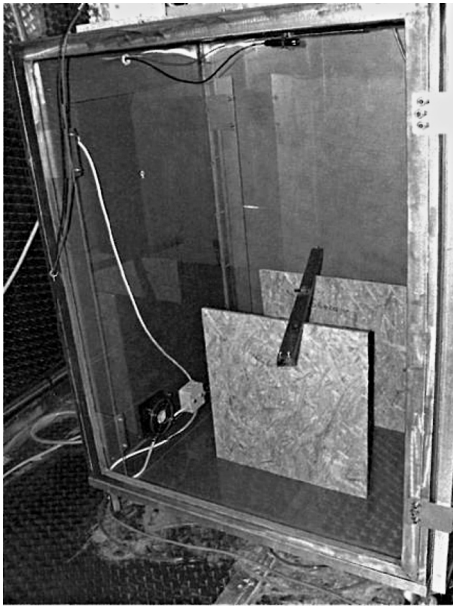
Общее количество  $\text{CH}_2\text{O}$ , поглощённого водой, определяется спектрофотометрическим способом. Результат выражается в миллиграммах на 100 г абсолютно сухой плиты. Этот метод не требует продолжительных испытаний (процесс идёт всего несколько часов) и благодаря своей простоте и доступности получил в промышленности широкое распространение.

В России аналогичный метод описан стандартом ГОСТ 27678 «Плиты древесностружечные и фанера. Перфораторный метод определения содержания формальдегида».

Что же касается определения миграции формальдегида из древесных плит в воздушную среду, то здесь существует гораздо больше методик.

В европейском стандарте EN 717 описаны три способа измерения эмиссии - камерный, газоаналитический и колбовый, причём результаты этих тестов выражаются в различных единицах:  $\text{мг}/\text{м}^3$ ,  $\text{мг}/\text{м}^2$  час и  $\text{мг}/\text{кг}$  соответственно. Сравнение результатов, полученных по разным методикам, - не такое уж простое дело и требует как минимум знания корреляционной зависимости.

Остановимся подробнее только на первом из упомянутых методов. Камерный метод испытаний (EN 717-1) выглядит так: образцы помещаются в климатическую камеру (из расчёта 1  $\text{м}^2$  поверхности плиты на 1  $\text{м}^3$  воздуха), где поддерживается температура 23°C и относительная влажность воздуха 45%. Воздух в камере обновляется каждый час, скорость его циркуляции над поверхностью образцов - 0,1 - 0,3 м/с. После удаления из камеры он



**Рис. 4.** Тестирование в климатической камере по методу ISO/DIS 12460-1

пропускается через дистиллированную воду, которая абсорбирует формальдегид. Продолжительность испытаний - 28 дней. Результат вычисляется по специальной формуле, исходя из количества выделенного формальдегида и объема воздуха.

В настоящее время Европейская федерация производителей древесных плит (EPF) в сотрудничестве с известным немецким институтом WKI исследуют альтернативные методы определения эмиссии формальдегида, пригодные для применения непосредственно на предприятиях, поскольку камерный метод требует не только

дорогостоящего оборудования, но и больших затрат времени. Важное место в этих исследованиях отводится возможности замерыть особо низкие уровни эмиссии формальдегида (около 0,03-0,04 мг/м<sup>3</sup>).

Кроме того, изучается и сравнивается с другими метод тестирования эмиссии формальдегида ISO/DIS 12460-1, разработанный Техническим советом по древесным плитам при международной организации ISO. Этот метод сочетает режим испытаний EN 717-1 с предварительной обработкой образцов, практикуемой в Северной Америке, что позволяет сократить время испытаний в климатической камере с 28 до 3-5 дней. Однако ISO/DIS 12460-1 предусматривает испытания при относительной влажности на 5% выше, чем EN 717-1, чтобы сравнить результаты, получаемые с помощью обоих методов, проводятся специальные исследования.

**Полиуретановыми смолами (изоцианатами) (MDI)** называют продукты, получаемые в результате сополимеризации полии-

зоцианатов с полигидроксилсодержащими соединениями, имеющими не менее двух гидроксильных групп в молекуле.

Синтез полиуретанов осуществляется преимущественно при взаимодействии ди- или триизоцианатов с многоатомными спиртами. При этом изоцианатная группа легко вступает в соединение с подвижным атомом водорода гидроксильной группы без выделения побочных продуктов. В России эта сырьевая база для полиуретановых смол дефицитна и дорога, поэтому изоцианаты в производстве древесных плит не используются. В то же время за рубежом они применяются при производстве всех видов древесно-плитной продукции, хотя общий объем их использования небольшой.

Необходимо отметить, что полиуретановые смолы требуют осторожности в обращении, так как в жидком виде они токсичны. Однако после полного отверждения в процессе прессования плиты на изоцианатном связующем выделяют минимальное количество формальдегида, равное фоновому самой древесины.

Высокая стоимость изоцианатных смол частично компенсируется в производстве плит их меньшим расходом по сравнению с традиционными смолами и снижением затрат тепла на сушку древесных частиц, благодаря тому, что для отверждения этого вида смолы их влажность должна находиться в диапазоне от 10 до 15%. Рыночная стоимость плит на изоцианатах в силу их низкой токсичности выше плит на других видах смол. В последнее время появились некоторые разновидности полиуретановых смол, получаемых путем синтеза с фенолом или родственными ему продуктами, например, фенолодифенилметилдиизоцианатная смола (pMDI).

Недостатком использования изоцианатных смол в производстве древесных плит является их высокая адгезия к металлу, из-за которой стружечный брикет при прессовании прилипает к плитам горячего пресса.

Во избежание этого изоцианатная смола в чистом виде используется только для внутреннего слоя плиты, а для наружных к ней добавляется специальное разделительное средство (буфер), которое при шлифовании удаляется, или применяется связующее на основе других типов смол.

С начала семидесятых годов плитная промышленность Германии использует **органические изоцианаты**, а именно дифенилметандиизоцианат и его полимер. Изоцианат образует химическую связь с лигнином и целлюлозой древесины. Это обеспечивает особенно прочное склеивание, а водостойкость не ниже, чем у фенольных связующих. Органический раствор PMDI не вносит в стружку дополнительной влаги, как это бывает при использовании конденсационных смол, поэтому средний слой плиты получается сравнительно сухим, наружные слои очень плотные. Для отверждения PMDI добавление отвердителя не требуется. Такие плиты отличаются высокой прочностью при изгибе. Кроме того, при использовании PMDI времени на прессование уходит примерно на 20% меньше, чем в производстве плит на карбамидных и фенольных смолах. Изоцианат не содержит гигроскопичных солей и формальдегида, а продукция с этим связующим выдерживает испытания на кипячение.

В Западной Европе применение изоцианатов диктуется больше экологическими соображениями: из-за проблемы формальдегида относительно дорогостоящий изоцианат все чаще выигрывает конкуренцию у значительно более дешёвых карбамидных смол (разница в цене примерно пятикратная). Использование водных эмульсий изоцианата упрочняет его рыночные позиции, так как позволяет избежать негативного влияния некоторых компонентов древесины на прочность склеивания. Хорошие результаты получаются уже при малых дозах MDI – всего 2,5–5% от массы сухой стружки, то есть примерно в два-три раза меньше, чем для карбамидных смол.

В США изоцианаты применяются в производстве плит MDF, а также композитных панелей, у которых ковёр из стружки, смешанной с изоцианатом, сразу облицовывается шпоном, так что дополнительного склеивания не требуется. В производстве плит 08В экономически оптимально средний слой плит делать на изоцианатах, а наружные слои – на жидких фенольных смолах.

Недостаток изоцианатных клеев – их высокая адгезия к металлу, из-за которой стружечный пакет прилипает к горячим плитам пресса или поддонам. Во избежание этого для наружных слоев применяют другой клей или же используют специальное

разделительное средство (буфер), которое при шлифовании плит удаляется.

### 2.3 Вспомогательные добавочные материалы

**Полиизоцианат «К»**, применяемый в качестве связующего, повышает водостойкость плит. Он содержит функциональные группы  $\text{CH}_2$ - и  $\text{NCO}$ - и даёт водостойкие соединения. Связывая свободную влагу, он может склеивать древесину повышенной влажности (до 20%).

**Сульфитные щёлоки** находят применение в плитном производстве, с тех пор как в 1960 году в Дании был предложен «метод Педерсена». Суть метода в том, что формованная смесь стружки со щёлоками выдерживается в горячем прессе около 30 минут, а затем ещё около двух часов в автоклаве при температуре 160 °С и давлении 10 бар. У полученных таким образом плит очень малое набухание по толщине: после суточного вымачивания в холодной воде не более 1%, однако прочность при изгибе не превышает 15 МПа. К недостаткам технологии можно отнести и сильный запах плит после автоклава. Цикл склеивания несколько уменьшается при смешивании щёлоков с фенольной смолой.

**Портландцемент** – минеральное связующее, при использовании которого в сырьевой смеси содержится всего 20% стружки, остальное – цемент, добавки и вода; плотность получаемых плит 1300-1600 кг/м<sup>3</sup>. Плиты в виде пакетов с прокладками изготавливаются в холодном одноэтажном прессе. Для отверждения цементной смеси требуются сутки, после чего пакеты разделяются, и плиты ещё 24 дня выдерживаются на складе до достижения полной прочности.

**Магнезитовый цемент** как минеральное связующее требует исключительно хвойной древесины, которая не содержит сахаров, препятствующих твердению цемента. (Для древесного сырья из лиственной древесины подходит **сорель - цемент**.) В сырьевой смеси с магнезитовым цементом доля стружки составляет уже 40%; плотность получаемых плит около 850 кг/м<sup>3</sup>. Изготовление плит в горячем прессе длится десять минут при температуре до 180° С. Плиты на магнезитовом цементе хотя и способны выдер-

живать кипячение в воде, не отличаются стойкостью к атмосферным воздействиям. Они находят применение в судостроении и в высотном домостроении, где ценятся за отличную пожаростойкость.

**Шлаковая мука** от металлургических печей используется в качестве связующего, например, на некоторых предприятиях в Китае, выпускающих плиты из стружки пирамидального тополя. Эти плиты, применяемые для специальных целей в строительстве, имеют плотность до  $1220 \text{ кг/м}^3$ , прочность при изгибе до 17 МПа и поперечном растяжении до 0,5 МПа.

**Гипс**, используемый как связующее в производстве стружечных плит (оптимальное соотношение гипс–древесина составляет 70 : 30), отверждается за счёт влаги, содержащейся в стружке, при этом время отверждения существенно меньше, чем в случае портландцемента. Гипсостружечные плиты характеризуются как трудногорючие, а по прочности примерно вдвое уступают плитам на синтетических смолах.

**Отвердителем** для карбамидных смол в плитном производстве всё чаще берут сульфат или нитрат аммония. От хлорида аммония в Германии и других странах Западной Европы полностью отказались из-за опасности образования диоксинов при сгорании ДСтП. На российских предприятиях он ещё используется в концентрации 0,5–1,0% к массе смолы.

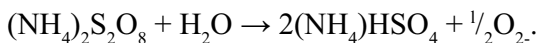
Чтобы предотвратить преждевременное отверждение клея на участке подпрессовки пакетов, в клеевой поток добавляют так называемый буфер – аммиак или карбамид, либо их смесь. Кислоты, образующиеся в небольших количествах при низкой температуре, нейтрализуются аммиаком, который при высокой температуре быстро удаляется с водяным паром, не мешая быстрой реакции отверждения. Действие же карбамида основано на том, что он связывает свободный формальдегид при низкой температуре. Но при высоких температурах прессования формальдегида выделяется значительно больше и карбамид уже не успевает его нейтрализовать, а значит, и тормозить реакцию отверждения. На практике в качестве буфера используют в основном аммиак, который значительно дешевле карбамида. Однако карбамид способен сократить содержание свободного формальдегида в го-

товой продукции. Например, чтобы снизить выделение свободного формальдегида до 5–9 мг на 100 г плиты, в сухую стружку внутреннего слоя добавляют гранулированный карбамид в количестве 8 кг на кубометр условно готовой плиты толщиной 15 мм. Связывание формальдегида происходит в процессе горячего прессования при температуре внутреннего слоя 80–100 °С.

При горячем прессовании в качестве отвердителя подходит и щавелевая кислота, применяемая обычно при холодном склеивании. Таким путём повышается прочность плит и снижается их разбухание. Интенсификации процесса прессования способствует и персульфат аммония  $(\text{NH}_4)_2 \text{S}_2\text{O}_8$  – удельная продолжительность прессования сокращается на треть (с 0,3 до 0,2 мин/мм) без снижения качества плит. Для изготовления биозащищённых плит применяют водный раствор (15–22%) КФА – кремнефтористого аммония  $(\text{NH}_4)_2 \text{SiF}_6$ .

Гексаэтиленатрамин (на производстве в ходу его сокращённое название «гекса») – отличный отвердитель, особенно в смеси с хлоридом или нитратом аммония. Его действие проявляется только при высокой температуре, когда он разлагается на формальдегид и аммиак. При этом аммиак быстро улетучивается, а формальдегид взаимодействует с хлоридом аммония и образует отверждающую кислоту. Кроме того, само присутствие формальдегида также ускоряет реакцию поликонденсации карбамидных смол. Гексаэтиленатрамин сравнительно дорог и его используют в тех случаях, когда аммониевые соли оказываются неэффективными, например, когда необходимо избежать преждевременного отверждения пакетов в горячих многэтажных прессах. У современных промышленных карбамидных смол очень низкое мольное соотношение карбамид–формальдегид (до 1 : 1,05), поэтому при взаимодействии последнего с хлоридом аммония образуется мало кислоты, и долю отвердителя приходится увеличивать до 3% (по сухому остатку).

Для смол с малым содержанием формальдегида особенно подходит в качестве отвердителя персульфат аммония, который при нагревании взаимодействует с водой, образуя кислород и кислую соль аммония, ускоряющую отверждение:



При его использовании следует иметь в виду, что кислота образуется уже на клееприготовительном участке и это неблагоприятно сказывается на жизнеспособности клея.

Щёлочноотверждаемые фенольные смолы в горячем прессе отверждаются без образования кислот, и скорость их поликонденсации существенно меньше, чем у карбамидных или изоцианатных клеев. Для ускорения процесса повышают температуру плит пресса или добавляют отвердитель, например поташ (карбонат кальция) – до 5% по сухому остатку. Будучи водорастворимым, поташ довольно быстро выветривается из плит. Лучшие отвердители для фенольных смол – резорцин или резорциновая смола, но из-за высокой стоимости они практически не применяются. Полиизоцианаты РМ01, как уже отмечалось, не требуют отвердителя. Ускорить процесс могут третичные амины. Изоцианат можно добавлять как отвердитель и к карбамидным смолам.

**Наполнители**, используемые в производстве плит, – чаще всего лигносульфонаты (побочный продукт в производстве целлюлозы сульфатным способом), представляющие собой полидисперсную систему коллоидных частиц нитевидной структуры. Вводимые в смолу в составе отвердителя, они могут заменить до 10% карбамидной смолы.

**Гидрофобными добавками** служат вещества, плавящиеся при нагревании и закрывающие поры в древесном материале. В основном это расплавленный парафин (0,5–1,0% от массы стружки), который подаётся в смеситель в виде водной эмульсии. В США практикуют распыление горячего парафина на стружку. При этом отпадает необходимость в дорогом эмульгаторе, снижаются требования к качеству парафина, зато увеличиваются затраты на специальное оборудование. В производстве волокнистых плит применяют также дистиллятный гач в виде воскоподобной массы с температурой плавления 50–54 °С. Однопроцентная его добавка предотвращает прилипание волокон к поверхностям глянцевых листов пресса и транспортным сеткам. Церезин и церезиновые композиции, как восковые продукты с более высокой температурой плавления, используются ограниченно.

**Антисептические средства** - очень важная добавка в состав стружечных плит. Достаточно вспомнить общеизвестные факты из практики домостроения в США, где в конце тридцатых и на протяжении сороковых годов от термитов пострадало множество односемейных домов. И хотя обитающие в Европе дереворазрушающие насекомые не опасны для стружечных плит, в жарких широтах термиты по-прежнему представляют серьёзную проблему.

Как показывают исследования, древесина при определённой влажности подвержена разрушительному воздействию грибков. Опасность повреждения древесной плиты зависит от типа связующего и оттого, сколько в составе сырья древесины ядровой и сколько заболонной. Для антисептически не защищенных плит на фенольных связующих эта опасность тем меньше, чем больше плотность исходной древесины, и при этом важно, чтобы доля связующего была не менее 12% к массе абсолютно сухой древесины. Из-за разрушения древесинного вещества при высокой влажности воздуха плиты на карбамидных клеях могут полностью утратить свою прочность. Замечено, что кора в составе плиты делает её более устойчивой к повреждению грибками.

Как показывает практика, универсального антисептического средства не существует: для каждого древесного материала необходима своя технология защитной обработки, причём применять её следует во время изготовления плит, поскольку строительные или иные нормы не предусматривают какой-либо защитной обработки в процессе эксплуатации. В плитном производстве применимы только некоторые из антисептиков для массивной древесины. По распространённости способы защитной обработки стружечных плит можно перечислить в следующем порядке:

1 Добавление защитного средства в поток связующего и совместное или раздельное распыление материалов в смесителе.

2 Добавление антисептика в порошковом виде к сухой или осмолённой стружке.

3. Пропитка стружки или распыление антисептика на стружку перед смешиванием либо перед сушкой частиц.

4 Напыление антисептика на уже осмолённую стружку.

**Огнезащитные средства (антипирены)** добавляются в сырьевую смесь при изготовлении трудновогораемых ДСтП. Обыч-

но используют гранулированную борную кислоту или смесь фосфорной кислоты с хлористым цинком ( $H_3PO_4 + 2pCl_2$ ), добавка которых составляет 5–10% от массы стружки. После антипирирования средняя скорость горения древесины и древесных материалов (в среднем составляющая 0,6 мм/мин) уменьшается в два-три раза. Огнестойкость плит можно повысить, комбинируя антипирены с минеральными связующими. С разработкой новых методов появились и новые разновидности плит: «трудновоспламеняемые» (класс В1 по немецкому стандарту 01И 4102) и «негорючие» (класс А2).

**Упрочняющие добавки** особенно нужны в производстве твёрдых ДВП мокрым способом из древесины лиственных пород, дающей укороченные волокна: волокнистую массу обрабатывают водным раствором смолы типа СФЖ или же чёрного технического альбумина (добавляется всего 1,5% по сухому остатку) и серной кислоты. При сухом способе волокна проклеивают смолой СФЖ-3014, что аналогично осмолению стружки в производстве ДСтП. При получении сверхтвёрдых ДВП добавкой служит талловое масло. Наилучшие результаты даёт смесь таллового и льняного масел, однако последнее иногда заменяют более доступным сиккативом.

**Пропитывающие составы**, обычно в виде сырого таллового масла, пектола или нефтяного гидрофобизатора, применяют только при изготовлении сверхтвёрдых ДВП мокрым способом. Добавление любого из этих веществ (не более 10%) и последующая тепловая обработка ведут к образованию на поверхности плиты защитной плёнки, повышающей прочность и водостойкость готового материала.

**Эмульгаторы:** олеиновая кислота, концентрат сульфитно-спиртовой бражки, аммиак водный, сода кальцинированная, натр едкий технический – служат для получения гидрофобной эмульсии.

**Осадители**, в качестве которых берутся серноокислый алюминий, квасцы, серная кислота, предназначены для разрушения гидрофобной эмульсии, осаждения и фиксирования клеевых частиц на волокнах.

## **Глава 3 ПОДГОТОВКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ПЛИТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Современные плитные предприятия, как правило, организованы по поточному принципу. Производительность отдельных ступеней технологического потока строго согласована. Работа некоторых станков и участков в определённой степени независима от производительности и загрузки остальных оборудования.

В целом мощность предприятия определяется множеством факторов. Среди них вид и структура сырья, транспортные расходы, структура затрат, степень изношенности оборудования, квалификация персонала и т.п. Российские предприятия по выпуску ДСтП, создававшиеся по отечественным проектам, имеют мощность от 25 до 110 тыс. кубометров плитной продукции в год, а построенные сравнительно недавно по проектам иностранных фирм – до 250 тыс. кубометров. Организация сырьевого склада на каждом из них зависит от вида исходного материала – крупномерное это сырьё (круглые лесоматериалы, кусковые отходы, бытовой и строительный утиль и т.п.) или сыпучее (опилки, привозная щепа). Заводы по выпуску стружечных и волокнистых плит, действующие в составе целлюлозно-бумажных или фанерных комбинатов, обычно работают на крупномерном сырье. В районах с развитой лесопильной промышленностью лесозаводы часто имеют собственные цеха по производству технологической щепы, которую получают путём измельчения отходов (горбыля, обзолных реек) либо при распиливании брёвен на пильно-фрезерных установках с дробительными устройствами. Такую щепу охотно используют близлежащие плитные предприятия.

### **3.1 Подготовка круглых лесоматериалов к измельчению**

Выбор оптимального объёма склада сырья представляет собой серьёзную задачу. Складские запасы должны быть достаточными для бесперебойной работы всего предприятия и вместе с

тем не слишком большими, так как длительное хранение сырья может неблагоприятно сказываться на его качестве. При хранении древесина высыхает и потом в процессе измельчения даёт много пыли и излишне тонкой фракции. Кроме того, древесина, особенно лиственных пород, предрасположена к гниению. Нормальным считается обновление всех складских запасов в течение года.

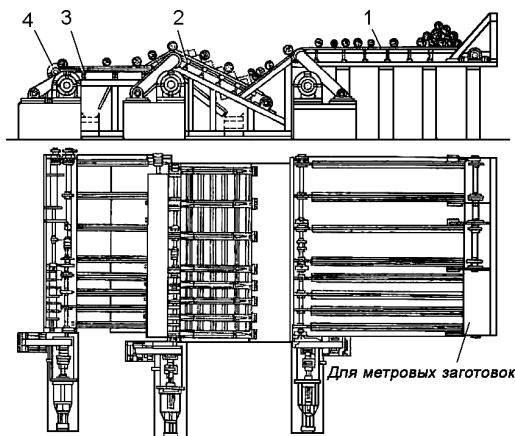
Для выгрузки сырья из вагонов или с барж используют краны большой грузоподъёмности, а для его укладки в штабели – краны средней грузоподъёмности. Краны, оснащённые грейферами, позволяют обойтись без применения ручного труда. На десяти-тонных кранах используются специальные грузозахваты для заполнения и опорожнения железнодорожных вагонов, штабелирования сырья, подачи его к местам переработки.

Приёмка сырья обычно не сопровождается какой-либо его сортировкой: принимаются различные породы, в том числе вперемешку, брёвна разной длины и диаметра. В производстве волокнистых плит можно использовать и древесину, повреждённую грибами. Не допускается только трухлявая гниль.

Количество принимаемого сырья учитывают как весовым методом, так и объёмным, с применением геометрических обмеров. На оба метода разработаны ТУ и ГОСТы. При весовом методе используются, например, вагонные весы: массу каждого вагона регистрируют с погрешностью 0,5–0,7%, а при статическом взвешивании в количествах от 14 до 26 тонн – с погрешностью  $\pm 0,2\%$ . Автотранспорт взвешивают на механических весах. Объём сырья в кубометрах находят умножением его зафиксированной массы в тоннах на переводной коэффициент, учитывающий древесную породу и время года (табл. 3.1).

*Таблица 3.1. Коэффициенты для перевода массы древесины в объём*

Время года	Коэффициенты для древесных пород		
	Мягколиств. (осина)	Твердолиств. (берёза)	Хвойные (ель)
Осень-зима	1,21	1,00	1,36
Весна-лето	1,27	1,10	1,43

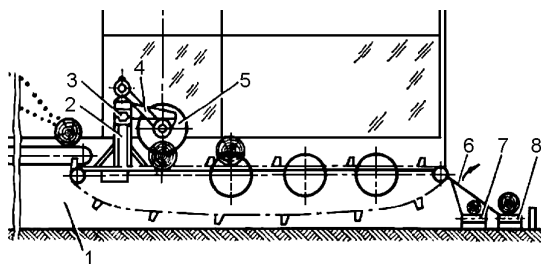


**Рис. 3.1.** Разобщик брёвен: 1 – приёмный транспортёр, 2 – наклонный транспортёр с толкателями, 3 – выдающий

Если партия сырья представляет собой смесь пород, средне-взвешенную величину вычисляют с учётом их долей. Не следует забывать, что весовой метод имеет погрешность из-за переменной влажности древесины.

Подготовку круглых лесоматериалов к измельчению составляют следующие операции: поштучная подача на технологическую линию, обмывка, обнаружение и удаление металлических включений, разделка по длине на мерные отрезки, раскалывание наиболее толстых чураков. Затем лесоматериалы либо измельчают на технологическую щепу в рубительных машинах, либо сразу превращают в стружку на стружечных станках. Для некоторых моделей стружечных станков предварительная раскряжэвка долготья не требуется.

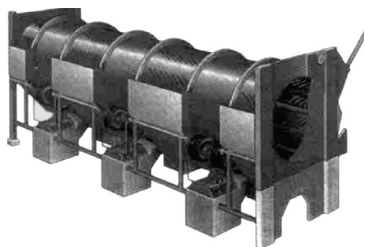
Для поштучной подачи брёвен применяют разобщики, один из которых схематически изображён на рисунке 3.1. Бункер такого разобщика вмещает до 10 кубометров брёвен диаметром до 60 см и длиной до 6,5 м. Раскряжэвка сырья на мерные отрезки (обычно по 1 м) выполняется на многопильных установках – слешерах. Отечественные установки с шестью пилами имеют производительность до 40 кубометров в час. Для сырья диаметром бо-



**Рис. 3.2.** Схема 12 – пильного слешера для поперечной распиловки круглых лесоматериалов: 1 – станина, 2 – стойка, 3 – балка, 4 – кронштейн, 5 – дисковая пила, 6 – механический разделитель, 7 – ленточный транспортёр для тонких брёвен, 8 – ленточный транспортёр для толстых брёвен

лее 40 см выпускаются 12-пильные установки, у которых шесть верхних пил образуют один дополнительный ряд (рис. 3.2).

Если, поступающая на предприятие древесина загрязнена илом, землёй или другими веществами, то её необходимо обмывать, а иногда и очищать от коры. Загрязнённое сырьё быстро затупляет режущий инструмент и даже может вывести из строя технологическое оборудование.

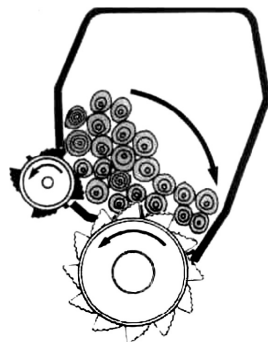


**Рис. 3.3.** Окорочный барабан, используемый в производстве плит OSB

Извлечение из древесины металлических включений относится к обязательным подготовительным операциям.

Для круглых лесоматериалов теперь применяют электронные металлоискатели.

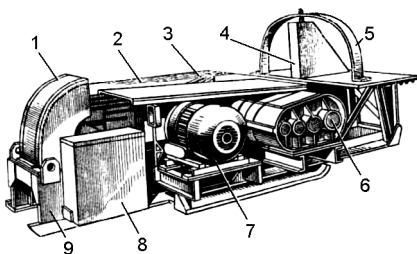
Гидротермообработка (ГТО) и окорка сырья – неизбежные операции при изготовлении плит OSB, а в производстве ДСтП они не обязательны, так как влажность сырья и без того достаточно высокая, а допустимая доля коры в щепе для стружечных плит составляет



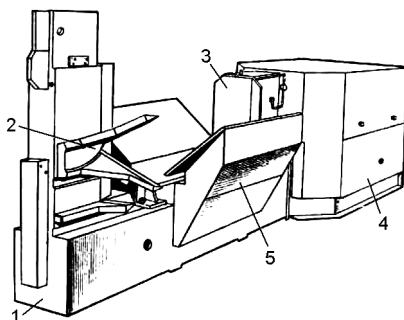
**Рис. 3.4.** Схема окорочного станка для круглых лесоматериалов

12–15%. ГТО и окорка операции весьма трудоёмкие и энергоёмкие, а очистка сточных вод и утилизация коры после логическую проблему. Для получения крупноразмерной стружки, которая требуется в изготовлении OSB высшего качества, сырьё иногда прогревают в горячей воде (75–80 °С). С древесины, идущей на изготовление наружных слоев стружечных плит, кору снимают в окорочных барабанах (рисунки 3.3 и 3.4). В современных барабанах применяется фрикционный способ окорки с дождеванием.

В силу ограничений, связанных с размерами оборудования, а также в связи с тем, что подача сырья ведётся вручную, кряжи большого диаметра необходимо раскалывать на механических древокольных станках – например, на цепных колунках с раскалывающим клином и пластинчатой цепью с толкателями (рис. 3.5). На рисунке 3.6 изображён гидравлический колун, у которого рабочее усилие достигает 30 тонн.



**Рис. 3.5.** Цепной колун:  
1 – ограждение цепи, 2 – стол-лоток,  
3 – упор рабочей цепи, 4 – клин,  
5 – ограждение клина, 6 – редуктор,  
7 – привод цепи, 8 – станина



**Рис. 3.6.** Гидравлический колун:  
1 – станина, 2 – узел раскалывания,  
3 – толкатель чураков, 4 – шкаф  
управления и гидроаппаратура,  
5 – направляющий лоток

### 3.2 Хранение и подготовка технологической щепы

Щепу, получаемую в рубительных машинах, обычно хранят в бункерах или же в кучах на открытой асфальтированной площадке. Такое хранение сыпучей древесины чревато загниванием её внутри кучи. Загнивание всегда сопровождается повышением

температуры, вплоть до самовозгорания древесины. (На лесопильных предприятиях такое случалось, например, в больших отвалах обзолных реек, коры и опилок, хранившихся в течение нескольких лет.)

Присутствие в щепе таких компонентов, как кора или опилки, снижает её водородный показатель рН на 3-4 единицы за четыре-пять месяцев хранения (то есть повышается кислотность). Такие изменения могут сказываться на стабильности технологического процесса. Длительное хранение хвойной щепы приводит к тому, что в получаемой из неё стружке возрастает доля мелкой фракции. Как показывают исследования, за двенадцать месяцев открытого хранения средняя плотность сосновой щепы падает на 5%, буковой – на 10%, а доля мелкой фракции при измельчении такой щепы возрастает на 30 и 11%, соответственно. При открытом хранении щепы неизбежно загрязняется песком, и устранить это загрязнение можно только промывкой.

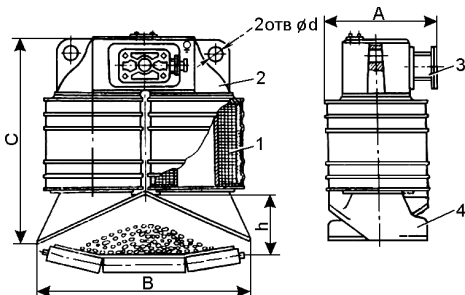
Щепу учитывают в насыпных кубометрах (нас. м<sup>3</sup>), которыми характеризуется «кажущийся» объём древесины, со всеми пустотами в измеряемом объёме щепы, и в плотных кубометрах (пл. м<sup>3</sup>) – по этому показателю можно судить об объёме собственно древесины. Для перехода от одной меры к другой используется коэффициент полндревесности, который показывает, сколько плотных кубометров щепы содержится в её насыпном кубометре.

Для несортированной щепы коэффициент полндревесности принимают равным 0,32.

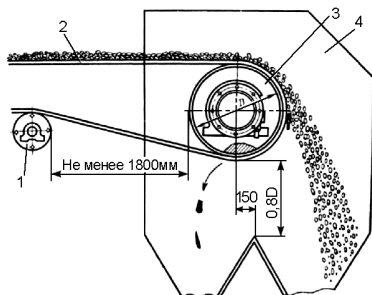
Размеры технологической щепы, мм	7 × 1,2 × 5	14 × 2,3 × 14	19 × 2,3 × 28	28 × 30 × 30
Коэффициент полндревесности	0,35	0,32	0,31	0,30

Щепу доставляют на склады железнодорожными вагонами и автотранспортом. Механизированные склады щепы оснащены винтовыми питателями и ленточными транспортёрами. Приёмное устройство склада обычно представляет собой котлован, который сверху закрыт прочной решёткой с расстоянием между

рёбрами до 200 мм. Решётка должна выдерживать гружёный щеповоз или трактор. Склад может быть оборудован мостовым краном с грейфером для выгрузки щепы из вагонов. Остатки щепы удаляют из вагонов при помощи вибрационных устройств.



**Рис. 3.7.** Схема подвешенного электромагнитного сепаратора: 1 – катушка, 2 – полюсная скоба, 3 – соединительная коробка, 4 – полюсные наконечники

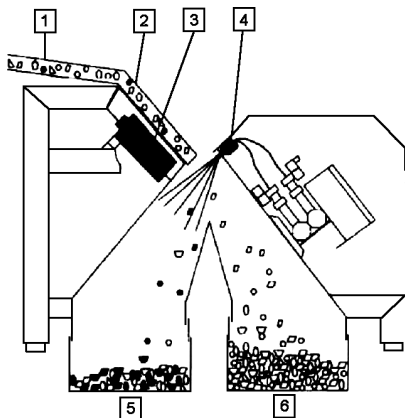


**Рис. 3.8.** Схема электромагнитного шкива: 1 – натяжной ролик, 2 – лента, 3 – барабан, 4 – ограждение-приёмник

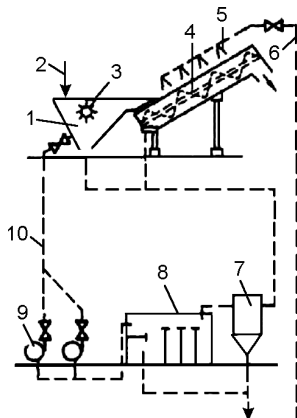
Привозную щепу перед подачей её в центробежные стружечные станки сортируют, чтобы выделить кондиционную фракцию, доизмельчить крупную фракцию и отделить посторонние включения. Металлические включения извлекают из сыпучих материалов посредством сепараторов с подвесными электромагнитами (рис. 3.7) или электромагнитных шкивов (рис. 3.8). Немагнитные металлы отделяют в сепараторах с детекторными катушками: высокочастотная детекторная катушка с шириной сегментов 32 мм улавливает инородные включения размером до 1 мм, и через специальную форсунку они выдуваются в отдельный приёмник (рис. 3.9). Чтобы отделить другие недревесные включения, щепу промывают в воде, сортируют механически (обычно на вибросепараторе) или же пневматически.

Качество плит существенно зависит и от чистоты щепы, а в производстве волокнистых плит мойка щепы является обязательной операцией. Удаление из щепы минеральных включений в конечном счёте помогает не только повысить качество волокнистой массы, но и заметно увеличить срок службы размольных дисков. Щепу можно мыть до загрузки в бункер хранения либо непосред-

ственно перед размолом. Песок, земля и прочие загрязнения отделяются только промывкой в воде в специальных установках, самый простой вариант которых – гидрлоток, направляющий щепу к стружечным станкам. Специальные моечные установки для очистки отходов лесопиления имеют в основе конструкции барабан, при вращении которого древесный материал несколько раз погружается в воду.



**Рис. 3.10.** Схема установки для промывки щепы: 1 – ванна, 2 – подача щепы, 3 – гребенчатый валик, 4 – винтовой транспортёр, 5 – форсунки, 6 – трубопровод свежей воды, 7 – отстойник песка, 8 – сборник оборотной воды и отстойник загрязнений, 9 – насосы, 10 – трубопровод оборотной воды

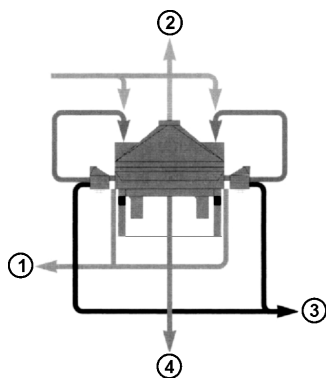


**Рис. 3.9.** Принципиальная схема сепаратора для удаления всех видов металла: 1 – подающий транспортёр, 2 – наклонный рукав, 3 – детекторная катушка, 4 – форсунка, 5 – металлические включения, 6 – стружечная масса без металлических включений

Одна из схем моечной установки показана на рисунке 3.10. С помощью гребенчатого валика 3 щепу погружают в воду. Ванна сообщается с наклонным открытым лотком, внутри которого вращается шнек 4, а сверху расположены форсунки 5 для обмыва щепы. Исползованную воду очищают в системе рециркуляции.

Возможна и сухая очистка от минеральных включений. При этом способе щепу, непрерывным потоком подаваемая в установку шнековым питателем, постепенно разделяется на четыре фракции (рис. 3.11). Сначала она равномерно распределяется по

ширине качающегося сита, на котором отделяются минеральные включения (фракция 1). Сито снизу продувается воздухом для отделения лёгких частиц, таких как пыль, бумага, фольга, которые отсасываются в циклон (фракция 2). Крупные частицы (фракция 3) с большей массой остаются на сите, по нему перемешаются в каналы V-образного сечения и поступают на повторное просеивание. Кондиционные частицы (фракция 4) оказываются на воздушной подушке и по направляющему поддону передаются на выносной транспортёр.



**Рис. 3.11** Схема установки для сухой очистки щепы:  
 1 – минеральные включения,  
 2 – пыль и другие легкие фракции, 3 – крупные куски,  
 4 – кондиционная щепа

### 3.3 Первичное измельчение древесины

#### 3.3.1 Общие положения

В производстве плит различают три технологические стадии измельчения древесины:

- *Первичное измельчение*, при котором формируется в основном длина частиц. Наиболее распространённый его способ – получение технологической щепы в рубительных машинах различного типа. Щепа представляет собой промежуточный сыпучий материал со средними размерами частиц примерно 25 мм в длину, 20–30 мм в ширину и 3–6 мм в толщину, весьма универсальный по своему применению: его можно использовать не только в плитном, но и в целлюлозном и гидролизном производствах.

- *Вторичное измельчение*, то есть превращение щепы в стружечную или волокнистую массу, частицы которой имеют вполне определённые размеры, необходимые для получения плит того или иного качества.

- *Доизмельчение* частиц, то есть дополнительное измельчение

стружки для наружных слоев стружечных плит или вторичный размол волокна в производстве ДВП мокрым способом.

Такая последовательность стадий не обязательна. Предпочтительность той или иной технологии измельчения определяется исходя из конкретных производственных условий. Если, скажем, на производство ДСтП сырьё поступает в виде круглых лесоматериалов, то зачастую экономически более оправданно изготавливать стружку непосредственно на стружечных станках, минуя стадию получения щепы в рубительных машинах. Щепа не требуется и при изготовлении плит OSB – крупномерную стружку можно получать только из круглых лесоматериалов или крупномерных отходов деревообработки.

Для получения каждой разновидности древесных частиц, используемых в плитном производстве, разработано подходящее измельчающее оборудование.

Технологическая щепа для производства стружечных и волокнистых плит вырабатывается в барабанных или дисковых рубительных машинах либо в дезинтеграторах.

Стружку для внутренних слоев ДСтП изготавливают в центробежных стружечных станках с ножевым барабаном, а также в стружечных станках с ножевым валом. Для получения мелкой стружки, идущей на наружные слои ДСтП, используют мельницы различных типов: молотковые, с размольно-ситовыми вкладышами, реже с зубчато-ситовым барабаном. Крупномерную стружку для OSB получают на специальных стружечных станках – стрендерах.

Разволачивание древесины происходит в дефибраторах, а для вторичного размола волокна служат рафинаторы и конические мельницы.

Станочную стружку, опилки, шлифовальную пыль и другие сыпучие отходы, образующиеся при выпуске пиломатериалов, шпона, фанеры и изделий из древесины, можно добавлять к специальной стружке без дополнительной обработки, или же их предварительно измельчают, сообразно с технологическими требованиями.

### 3.3.2 Получение технологической щепы

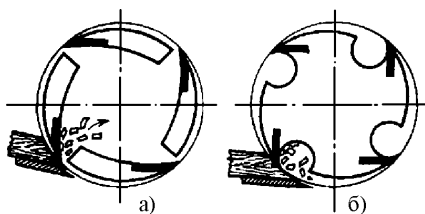
ГОСТ 15815 предусматривает две марки качества технологической щепы для плитного производства: ПВ – для древесноволокнистых плит и ПС – для древесностружечных (табл. 3.2).

Первичное измельчение – наиболее энергозатратная операция, поскольку на этом этапе разрыв волокон происходит в направлении максимальной прочности древесины. Поскольку размер частиц задаётся только по длине, ширина и толщина получаемой щепы могут быть значительно больше нормативных.

*Таблица 3.2. Требования к качеству технологической щепы для плитного производства*

Характеристика	Марка щепы	
	ПВ	ПС
	Показатель, %, не более:	
Массовая доля:		
коры	15	
гнили	5	
минеральных примесей	1	0,5
Остаток на ситах с диаметром ячеек, мм:		
30	10	5
20 и 10	79	85
5	10	-
на поддоне	1	10
Обугленные частицы	Не допускаются	

Рубительные машины для получения технологической щепы бывают барабанные или дисковые. У барабанных машин рабочий инструмент - ротор (барабан), на котором закреплены режущие ножи. Так называемый «открытый» ротор даёт более длинную щепу, чем «закрытый» (рис. 3.12). Барабанные машины обычно имеют большое проходное сечение (до 700 × 1200 мм), что позволяет перерабатывать в щепу крупномерный материал, однако

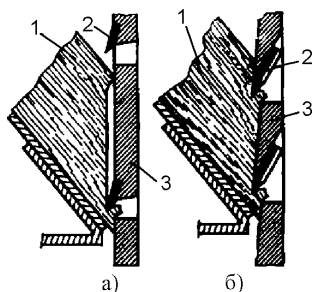


**Рис. 3.12.** Схема работы барабанной рубильной машины: а) – с закрытым ротором, б) – с открытым ротором

качество получаемых частиц хуже, зачастую они выходят чрезмерно длинными.

При этом длина частиц увеличивается с возрастанием скорости подачи материала и уменьшается с увеличением частоты вращения ротора и количества ножей на нём.

У дисковых машин длина щепы определяется величиной выступа ножей на ножевом диске – эту величину можно изменять в небольших пределах. Доля плоских частиц, как правило, получается больше, чем в барабанных машинах. Дисковые машины можно классифицировать по направлению подачи сырья (наклонная или горизонтальная) и выброса щепы (верхний или нижний выброс), по форме режущих ножей (плоские или геликоидальные, рис. 3.13) и по расположению ножевого диска (вертикальное или наклонное).



**Рис. 3.13.** Схема узлов резания дисковой рубильной машины: а) – с плоскими ножами, б) – с геликоидальными ножами (1 – древесное сырьё, 2 – ножи, 3 – вращающийся диск)

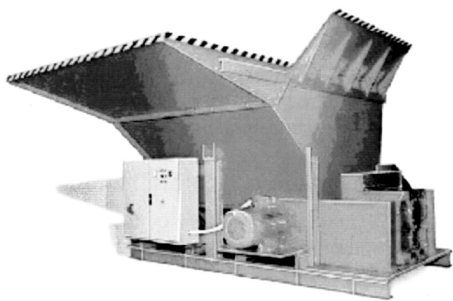
Нередко к стружке, получаемой из щепы, добавляют резаную стружку – от 30 до 50 процентов. Дело в том, что щепка даёт относительно мало плоской стружки, а управлять толщиной стружки при получении её из щепы почти невозможно и получается слишком много пыли. Кроме того, прямоугольная неплоская стружка, получаемая из щепы, не обеспечивает хорошего контакта частиц при формировании ковра и прессовании. Плиты из такой стружки имеют довольно низкую прочность на изгиб и повышенную разбухаемость по толщине.

На Западе для получения стружечного материала успешно используют древесный утиль (поддоны, деревянную тару, ка-

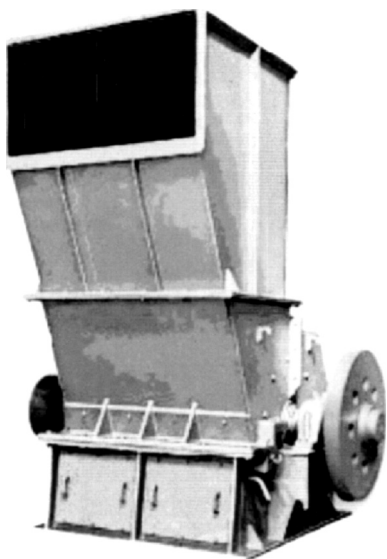
бельные барабаны, шпалы, старую мебель и пр.). Его измельчают на специальном оборудовании, которое отличается достаточным разнообразием. Например, в дробитель, изображённый на рисунке 3.14 утиль для первичного измельчения можно загружать без сортировки по размерам. Загрузка ведётся

сверху, через большую воронку, с помощью грейфера или другого устройства. Материал, засыпаемый на подающую плиту с гидроприводом, пропускается между наваренными зубьями и закалёнными шипами, которыми оснащён рабочий вал, при этом дроблёная масса просеивается через решётку. Полученный сыпучий материал состоит из кусков длиной 100–500 мм, и в плитном производстве подлежит дополнительному измельчению («дроблёнку» из утиля можно использовать и в качестве топлива). Для доизмельчения подходит, например, молотковая дробилка, изображённая на рисунке 3.15. В ней подаваемый вертикально материал после размельчения разделяется на колосниковой решётке по размерам частиц.

Рубительные машины, выпускаемые сегодня в России, подходят для превращения в технологическую щепу круглых и колотых лесоматериалов, низкокачественной древесины, отходов лесопиления и деревообработки, лесосечных отходов. Некоторые предпри-



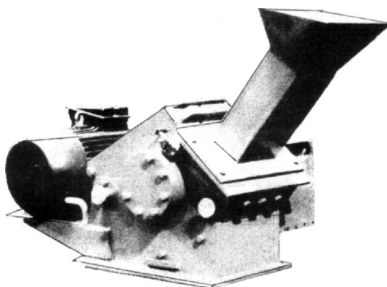
**Рис. 3.14.** Машина для измельчения древесного утиля



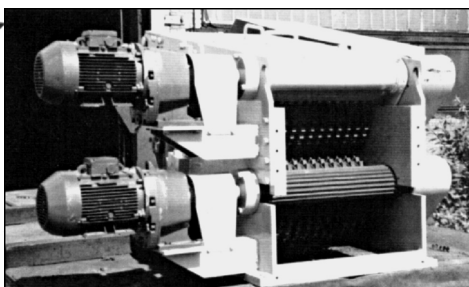
**Рис. 3.15.** Молотковая дробилка с вертикальной подачей сыпучего сырья

ятия выпускают передвижные рубительные машины и дробилки с приводом от трактора для измельчения лесосечных отходов непосредственно в местах лесозаготовок.

Стационарные измельчители барабанного типа бывают с гравитационной загрузкой (свободной засыпкой) сырья и нижним выбросом щепы (рис. 3.16) либо с принудительной подачей сырья (рис. 3.17). В зависимости от конструкции барабана такие рубительные машины могут производить щепу основной фракции длиной 4 - 12 или 10 - 35 мм; в них предусмотрена возможность быстрой и удобной смены режущих ножей и контрножа. Механизм резания имеет встроенное сито, что улучшает фракционный состав получаемой щепы. Для подобных машин не обязательно сооружать специальный фундамент.



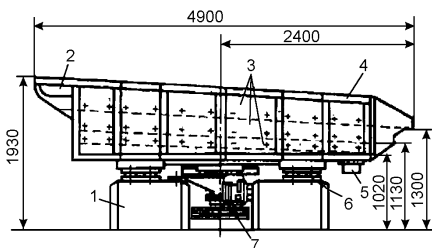
**Рис. 3.16.** Барабанная рубительная машина с гравитационной загрузкой сырья



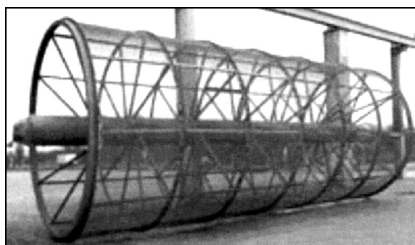
**Рис. 3.17.** Барабанная рубительная машина с принудительной загрузкой сырья: механизмы резания и подачи совмещены в едином корпусе, зубчатые валцы механизма подачи оснащены зачистными гребёнками

Чтобы получить кондиционную технологическую щепу, её сначала сортируют, а затем дополнительно измельчают отделённую крупную фракцию. Для сортировки на российских заводах часто используют отечественные установки с трёхуровневыми ситами, имеющими размер ячеек  $39 \times 39$ ,  $14 \times 14$  и  $6 \times 6$  мм, и расположенными с наклоном на 3 градуса в сторону разгрузки (рис. 3.18). Кондиционная щепа остаётся на среднем и нижнем ситах, откуда по ленточному транспортёру подаётся в производство. Обычно этот транспортёр оснащается магнитным сепарато-

ром для удаления металлических включений. Крупная фракция с верхнего сита может идти на доизмельчение, а самые мелкие частицы с поддона – на сжигание.

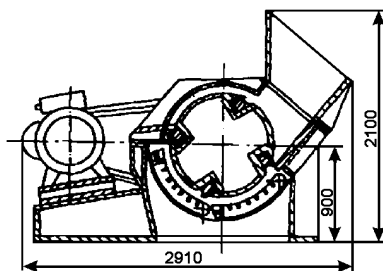


**Рис. 3.18.** Установка для сортировки щепы: 1 – фундамент, 2 – воронка, 3 – сита, 4 – короб, 5 – патрубок для выхода мелкой фракции, 6 – опорные подшипники, 7 – привод



**Рис. 3.19.** Барабанная сортировка щепы

Другой принцип отделения мелкой фракции из щепы или стружки использован в барабанной сортировке (рис. 3.19), из которой мелочь при вращении барабана просеивается через натянутое на него сито.



**Рис. 3.20.** Схема дезинтегратора

Применяется также сортировка щепы в роликовых классификаторах, с разделением материала на фракции за счёт изменения расстояния между вращающимися роликами со специальной насечкой.

Крупную фракцию щепы доизмельчают в малых рубительных машинах – дезинтеграторах. В них можно перерабатывать и кусковые отходы деревообработки и лесопиления, а полученную щепу после сортирования добавлять к основной массе технологической щепы. Изображённый на рисунке 3.20 отечественный дезинтегратор представляет собой машину барабанного типа с открытым ротором, наклонным загрузочным патроном и нижним выбросом щепы. Для приёма древесины и направления её в зону рубки служит загрузочный лоток.

## Глава 4 ПОЛУЧЕНИЕ СТРУЖКИ И ВОЛОКНА

### 4.1 Виды древесных частиц и измельчающего оборудования

Как видно из названий, плиты стружечные делают из стружки, а волокнистые - из волокна. Принципиальное различие между этими исходными материалами заключается в способе их получения: стружку для плитного производства получают в основном резанием, а волокно – истиранием. Толщина отдельных частиц в волокнистой массе примерно на один-два порядка меньше, чем толщина стружек, а качество древесных плит, и в первую очередь их прочность, тем выше, чем меньше размеры частиц. Поэтому волокнистые плиты (кроме изоляционных), как правило, прочнее стружечных. Однако, чем древесные частицы мельче, тем больше энергозатрат требуется на их получение. Повысить прочность стружечных плит можно не только уменьшая размеры стружки, но и сохраняя естественные свойства древесины – ориентируя крупноразмерную стружку вдоль длинной стороны плиты, как это делается при изготовлении OSB.

В Западной Европе накоплен достаточный опыт использования волокон в наружном слое стружечных плит: длинное волокно в наружных слоях ДСтП повышает прочность плиты при изгибе. Однако размол частиц требует больших энергозатрат – примерно 150–200 кВтч на тонну абсолютно сухого волокна, что далеко не всегда экономически оправдано. Во всяком случае, применение дефибраторов (машин для разволачивания частиц) в изготовлении мелкой фракции для наружных слоев ДСтП широкого распространения не нашло. Для наружных слоев преимущественно используются мелкая стружка, получаемая в мельницах и стружечных станках с ножевым валом, стружка, вырабатываемая из щепы в центробежных станках, стружка и опилки как отходы дереворежущих станков, а также шлифовальная пыль. Следует

иметь в виду, что из опилок получаются зернисто-кубические частицы и для гомогенизации материала необходимо ставить на агрегатах очень мелкие сетки – с отверстиями до 0,75 мм, что, естественно, увеличивает количество пыли и снижает производительность оборудования. Добавка стружки-отхода для изготовления среднего слоя стружечных плит может составлять до 40% от общей массы стружки внутреннего слоя, как это практикуется на японских предприятиях ещё с 1963 года. Пыль в ограниченных количествах добавляется в стружку наружных и внутреннего слоев. Считается, что во внутреннем слое пыли должно быть не более 10%, и многие производители стараются избегать её добавления, полагая, что использование пыли ведёт только к ухудшению качества и увеличению расхода сырья.

По размерам частиц в стружечной массе различают древесную пыль (в том числе шлифовальную), а также мелкую, среднюю и грубую фракции стружки. Главная характеристика частиц – их толщина. Например, при трёхъярусной сортировке для отделения пылевидных частиц (удаляемых из производственного процесса, обычно на сжигание) используют сита с размерами ячеек 0,2–0,5 мм, для мелкой фракции с ячейками 1,0-2 мм, для средней 6-12 мм. Эти фракции предназначаются соответственно, для наружных и внутреннего слоев ДСтП. Частицы крупнее средней фракции идут на доизмельчение. Возможно также двух- или одноярусное фракционирование или же с использованием роликовых сортировок. 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.

Качество **стружечной массы** обусловлено способом её изготовления. Хотя, по определению, стружкой в плитном производстве считаются все древесные частицы, получаемые путём резания, на практике под резаной стружкой подразумеваются частицы, вырабатываемые в стружечных станках непосредственно из круглого лесосырья или крупномерных отходов лесопиления. Эти частицы имеют плоскую форму, и толщина их довольно ста-

бильна. При доизмельчении в мельницах или рафинёрах частицы делятся продольно для достижения нужной ширины. Частицы толщиной 0,2 мм используются в наружных слоях стружечных плит, толщиной от 0,3 до 0,5 мм – во внутреннем слое.

*Игольчатую стружку* получают в основном в центробежных станках путём деления щепы в направлении вдоль волокон. Частицы толщиной и шириной от 2 до 5 мм подходят для среднего слоя трёхслойных плит или для изготовления однослойных плит, а частицы толщиной менее 0,3 мм – для наружного слоя ДСтП. Плиты из игольчатой стружки имеют рыхлые кромки, но хорошую формостабильность. Чрезмерно крупную игольчатую стружку тоже можно доизмельчать в мельницах или рафинёрах.

**Таблица 4.1. Варианты оборудования для участков измельчения древесины**

Сырьё	Оборудование
Для производства ДСтП	
Отходы лесопиления и деревообработки	Барабанная рубительная машина Бункер для щепы Центробежный стружечный станок
Круглые лесоматериалы	Стружечный станок с ножевым барабаном
	Бункер для стружки Дробилка или мельница Сушилка Станок вторичного измельчения
Стружка-отход (станочная стружка и опилки)	Бункер для стружки Мелница или дробилка Сушилка Станок вторичного измельчения
Лесосечные отходы	Дробилка Бункер для стружки Мельница Сушилка Станок вторичного измельчения
Для производства ДВП	

Привозная щепа	Мойка щепы
	Дефибратор
	Рафинёр

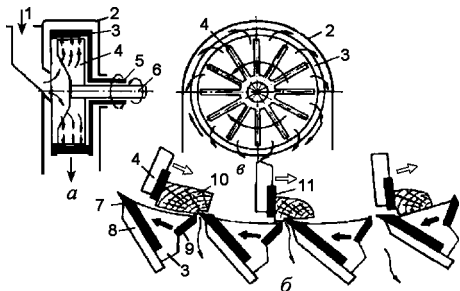
Для плит OSB нужна *крупноразмерная стружка* (стрэнды): оптимальными считаются размеры частиц не менее 100 мм в длину и 10 мм в ширину при толщине 0,3–0,5 мм. При изготовлении такой стружки иногда образуется и более мелкая фракция, пригодная, например, для внутреннего слоя ДСтП. Разновидностью стрэндов является *вафельная стружка* – получаемые на специальных станках частицы примерно квадратной формы со стороной от 30 до 50 мм - для изготовления так называемых «вафельных» плит, которые обладают высокой прочностью при сравнительно малом содержании связующего.

**Древесноволокнистая масса** отличается от стружечной малыми размерами частиц. Толщина отдельных волокон составляет от 1 до 80 микрон, а длина – от 20 до 4500 микрон.

Выбор измельчающего оборудования зависит от вида исходного сырья и выпускаемой продукции; в таблице 4.1 приведены типичные варианты применения тех или иных машин.

## 4.2 Получение стружки из щепы

Щепу перерабатывают в стружку на центробежных стружечных станках. Схема одного из таких станков изображена на рисунке 4.1. Загружаемая сверху щепа попадает на крыльчатку, вращающуюся внутри ножевого барабана. На внутренней стороне барабана установлены ножи, которые измельчают щепу, прижимая ее к ним под действием центробежных сил. Размер получаемой стружки зависит от выступа ножей и от величины зазора между ножом и корпусом барабана.



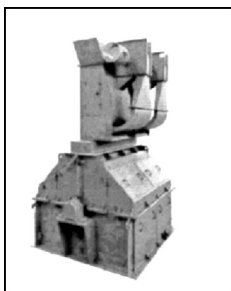
**Рис. 4.1.** Схема центробежного стружечного станка: а – вид сбоку, б – вид спереди, в – схема измельчения щепы



**Рис. 4.2.** Внутренний вид центробежного стружечного станка

На рисунке 4.2 центробежный стружечный станок показан с открытой крышкой (на переднем плане виден ножевой барабан, за ним – крыльчатка). На подобных станках можно размельчать щепу, отходы шпона и станочную стружку и получать до 22 т абсолютно сухой стружки в час при установленной мощности до 630 кВт.

Центробежные станки отличаются большой всасывающей тягой, поскольку вращающиеся в них барабан и крыльчатка, работают как вентиляторы. Во избежание заторов, объемное соотношение воздух: древесина должно быть не менее 99: а подача материала – строго равномерной. Чтобы в станок не попадали инородные предметы, его загружают через верхнюю шахту. В некоторых зарубежных моделях тяжёлые частицы удаляются через нижний канал, регулируемый с помощью воздушной заслонки. Встречный поток воздуха направлен так, чтобы он не препятствовал переносу щепы в зону измельчения, а тяжёлые частицы попадали бы в специальную шахту, которую можно оснастить магнитным сепаратором для отделения металлических включений.



**Рис. 4.3.** Центробежный безножевой стружечный станок

Щепу можно измельчать и безножевым способом - путём истирания частиц зубчатыми вкладышами. На рисунке 4.3 изображён такой безножевой центробежный стружечный станок для размельчения щепы, станочной стружки и дроблёных отходов. Материал подаётся сверху шнековым питателем. Мелкие металлические включения задерживаются встро-

енным постоянным магнитом, крупные включения падают на отделительный транспортёр. Очищенная масса, попадая в станок, отбрасывается крыльчаткой с билами на измельчающую дорожку и, измельчаясь, просеивается через сито.

На рисунке 4.4 показан станок с ножевым барабаном и представлен вариант компоновки четырёх таких станков в цехе стружечных плит. Щепа загружается сверху с помощью регулируемых винтовых питателей, стружка выдаётся на нижний транспортёр.

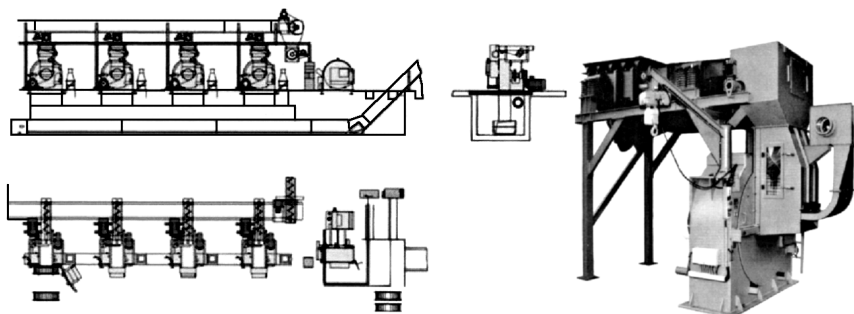
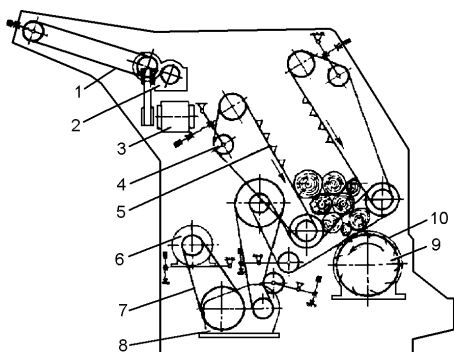


Рис. 4.4. Схема производственной линии из центробежных стружечных станков

Следует заметить, что стружка, получаемая из щепы, по качеству уступает стружке, нарезанной непосредственно из крупномерного сырья. В центробежных станках частицы измельчаются в направлении поперёк волокон древесины и управлять толщиной стружки практически не удаётся. Стружка несколько лучшего качества получается из длинной щепы, особенно при размельчении в станках с гребенчатыми ножами.

### 4.3 Получение стружки резанием круглого и кускового сырья

Для переработки крупномерных заготовок в стружку на российских предприятиях преимущественно используется оборудование отечественного производства. Модели с горизонтальным ножевым диском имеют невысокую производительность. Фрезерные станки с ножевой головкой на 24 ножа способны пере-



**Рис. 4.5.** Стружечный станок с ножевым валом: 1 – загрузочный транспортёр, 2 – редуктор, 3 – привод загрузочного транспортёра, 4 – натяжной ролик, 5 – питатель, 6 – привод питателя, 7 – ремённая передача, 8 – редуктор, 9 – ножевой вал, 10 – привод ножевого вала

работывать заготовки различной длины. На станках с ножевым валом можно измельчать кругляк и крупные отходы длиной в полметра – метр; одна из таких моделей, производительностью до 6,5 т/ч, схематически изображена на рисунке 4.5, а способ

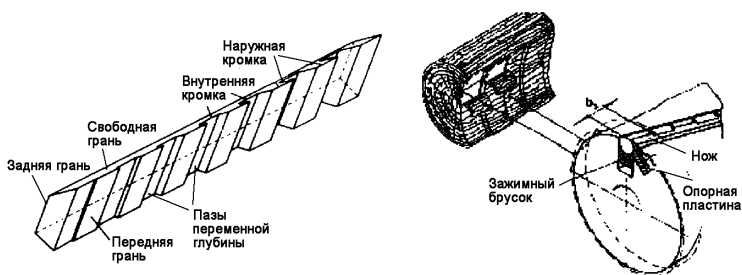
получения стружки в станках с ножевым валом пояснён на рисунке 4.6.

Производительность современных станков, оснащённых ножами гребенчатой формы без подрезателей, зависит от скорости подачи материала, степени заполнения станка, частоты вращения ножевого вала, числа ножей и ширины резания. Длина стружки зависит от породы и состояния древесины, от угла резания и от величины кармана для стружки. Подбирая конструкцию ножа и ширину зазора, можно регулировать ширину и толщину стружки.



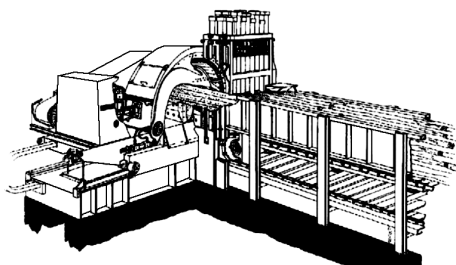
**Рис. 4.6.** Схема получения стружки на станке с ножевым валом:  $f$  – зазор между контрножом и корпусом,  $U$  – выступ ножа,  $V_c$  – скорость резания

Наилучшими по конструкции считаются ножи в форме двойной гребёнки (рис. 4.7). По всей длине такого ножа имеются пазы переменной глубины, способствующие равномерному распределению нагрузки. По мере того как в ходе работы ножи затупляются, толщина получаемой стружки постепенно увеличивается. Интервал между переточками ножей обычно составляет от 3 до 6 часов непрерывной работы.



**Рис. 4.7.** Устройство и принцип работы ножа типа «двойная гребёнка»

Станок, изображённый на рисунке 4.8, предназначен для получения стружки из длиномерного сырья, длиной до 16 м, то есть позволяет обойтись без предварительного поперечного раскроя кругляка в слесерной установке. Перерабатываемый материал подаётся вперёд на длину ножевого вала и удерживается специальным зажимом. Ножевой вал, устроенный на каретке, движется в поперечном направлении и перерабатывает консольную часть сырья в стружку. Затем каретка возвращается в исходное положение, и цикл повторяется. На таком станке можно вырабатывать крупную стружку (стрэнды) для плит OSB. Его производительность составляет до 10 тонн абсолютно сухой стружки в час при установленной мощности в 400 кВт.

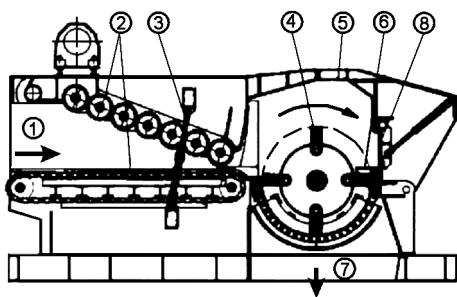


**Рис. 4.8.** Стружечный станок с ножевым валом для переработки долготья в стружку

Высокопроизводительные станки с ножевым валом, которые сегодня почти повсеместно вытеснили дисковые рубительные машины, имеют весьма серьёзный недостаток: на таких станках стружка получается серповидной формы. Однако, благодаря постоянным конструктивным усовершенствованиям, этот недостаток постепенно преодолевается, качество стружки улучшается, а затраты энергии на тонну абсолютно сухого материала удаётся снизить весьма существенно, примерно на 30%. Сегодня почти

все изготовители измельчающего оборудования выпускают станки с ножевым валом (производительностью до 30 т/ч).

Расчёты показывают, что выработка стружки непосредственно из круглых лесоматериалов обходится дешевле, чем получение и размельчение щепы. Тем не менее, для сырья из кусковых отходов и смешанной «биомассы» этап получения щепы неизбежен, и поскольку современные цеха ДСтП проектируются под самое разнообразное сырьё, производителям не стоит ориентироваться только на какой-либо один вид измельчающего оборудования.



**Рис. 4.9.** Схема установки для переработки древесного утиля с его предварительным раздавливанием

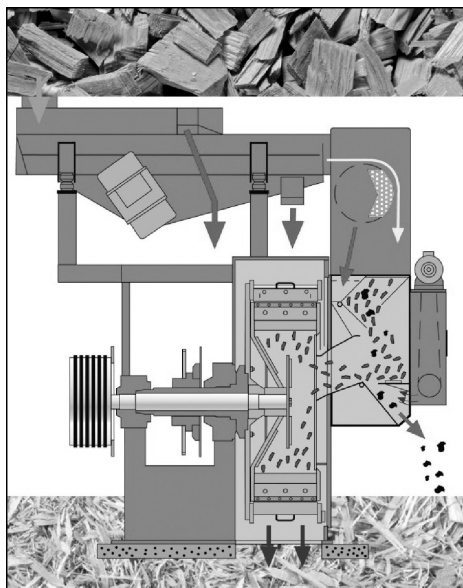
Уплотнённый раздавленный материал подаётся с постоянной скоростью к ротору и измельчается при нижнем ударе молотками. Первоначальная грубая фракция постепенно размельчается до размеров, соответствующих ячейкам нижнего сита 7.

#### **4.4 Дополнительное измельчение стружки (получение микростружки)**

Необходимость в дополнительном измельчении стружки возникает из-за чрезмерной ширины частиц, получаемых на стружечных станках как центробежных, так и с ножевым валом. Станки вторичного измельчения отличаются большим разнообразием типов и конструкций. Особенно распространены молотковые дробилки и мельницы с зубчато-ситовыми барабанами. В

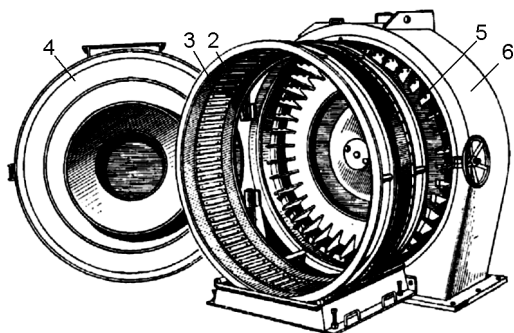
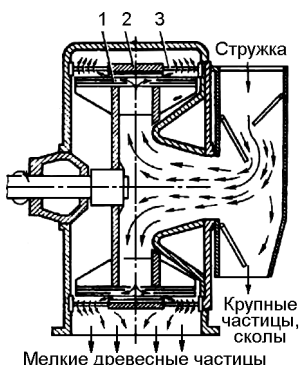
них крупные частицы размалываются на более мелкие путём истирания.

Молотковые мельницы весьма чувствительны к неравномерности загрузки и требуют большого расхода воздуха (в соотношении 99:1 к объёму древесины). За рубежом их чаще всего применяют для доизмельчения стружки наружных и внутреннего слоев, а для доизмельчения грубой фракции используются мельницы с крестовиной. Зубчато-ситовые мельницы подходят



и для приготовления стружки внутренних слоев. Производительность у крестовинных мельниц до 1500 кг/ч, у зубчато-ситовых до 2000 кг/ч.

У мельницы, изображённой на рисунке 4.10, ситовый барабан с размольной дорожкой закреплён неподвижно, а крыльчатка имеет два диска, которые разделяют полость барабана на три

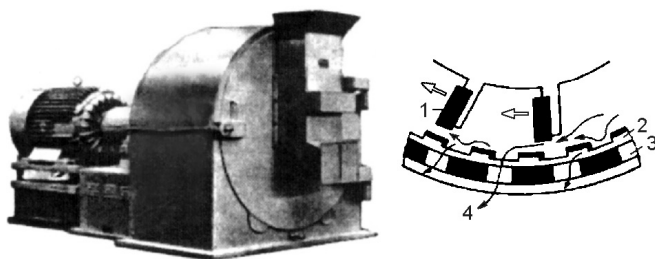


**Рис. 4.10.** Схема работы и общий вид барабанной установки для доизмельчения стружки: 1 – лопасть, 2 – размольная дорожка, 3 – ситовое кольцо, 4 – крышка, 5 – лопастной ротор, 6 – корпус

зоны. Стружка попадает в среднюю зону с кольцевой размольной дорожкой, измельчается и увлекается потоком воздуха вдоль зубьев измельчителя в боковые зоны с кольцевыми ситами. Сита выполнены в виде тёрки, что обеспечивает не только калибрование частиц, но и их доизмельчение.

Как правило, подлежащая доизмельчению стружка должна быть сухой и отсортированная. При переработке влажной стружки пропускная способность мельниц резко падает. Другим условием бесперебойной работы мельниц является равномерность их загрузки, что обычно достигается с помощью шнековых дозаторов.

На рисунке 4.11 изображена отечественная дробилка с зубчато-ситовым барабаном, которая конструктивно унифицирована со

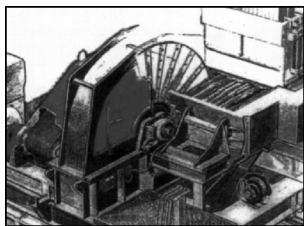


**Рис. 4.11.** Общий вид и схема работы дробилки с зубчато-ситовым барабаном:  
1 – крыльчатка, 2 – сегменты размола, 3 – ситовый вкладыш,  
4 – выход кондиционной стружки

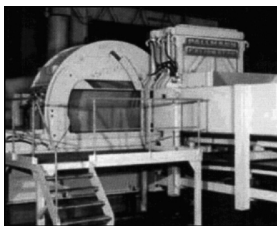
стружечным станком того же производителя. Установка перерабатывает крупные древесные частицы, опилки, стружку-отходы и технологическую щепу в кондиционную мелкую фракцию, предназначенную для наружных слоев стружечных плит. От центробежного стружечного станка эта мельница отличается только устройством барабана – вместо ножевого установлен зубчато-ситовый. В неё можно загружать сырьё любой влажности, неоднородное по составу и размерам. Рабочие органы машины охлаждаются потоком воздуха, а получаемый материал имеет хорошую сыпучесть и интенсивно подсушивается (например, с влажности 90% до 30–40%), что позволяет повысить производительность сушильного оборудования.

## 4.5 Получение крупноразмерной стружки

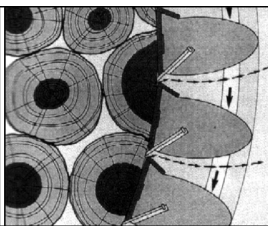
Крупная плоская стружка (стрэнды) для плит OSB производится на специальных стружечных станках, которые бывают дисковые (рис. 4.12) и барабанные. Сырьём служат окорённые длинные брёвна или мерные чураки диаметром не менее 50 мм. Нарезаемая стружка сортируется после сушки, древесная пыль идёт на сжигание, а слишком крупные частицы возвращаются в станок на повторное измельчение.



**Рис. 4.12.** Дисковый станок для нарезания крупной стружки

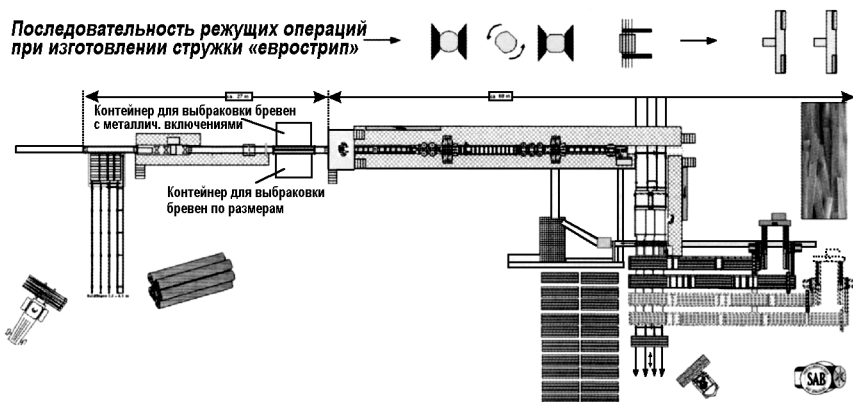


**Рис. 4.13.** Барабанный станок для получения стрэндов из круглых сортиментов разной длины (справа схема узла резания)



На рисунке 4.13 показан стружечный станок, предназначенный для изготовления стрэндов заданной длины, ширины и толщины - как из коротких сортиментов, так и из длинномерного сырья. Материал, загружаемый механически, подаётся в зону резания горизонтально и жёстко фиксируется специальными зажимами. Одновременно происходит распыление воды. Боковой упор с гидравлическим приводом закрывает зону резания, и древесина измельчается вдоль волокон с образованием гладкой прямоугольной стружки при незначительной доле мелкой фракции. Установленная мощность таких моделей от 160 до 925 кВт, а производительность по абсолютно сухой стружке – от 2 до 40 т/ч. Как своеобразное развитие технологии OSB можно рассматривать запатентованный недавно способ получения плит и бруса из крупной ориентированной стружки определённого прямоугольного формата, которую изготавливают на специальном оборудовании, преимущественно в условиях лесопильного производства. Процесс изготовления такой стружки (по сути – кусочков строганого

шпона) схематически представлен на рисунке 4.14. Отсортированное по диаметру круглое сырьё подаётся партиями на загрузочный поперечный транспортёр. Брёвна поочерёдно поступают на первый фрезерно-брусующий станок и обрабатываются по бо-



**Рис. 4.14.** Схема установки для получения прямоугольной стружки определённого формата (иллюстрация предоставлена фирмой SAB)

ковым поверхностям до заданной ширины. Затем заготовка переворачивается и поступает на второй фрезерно-брусующий станок, где обрабатывается по двум другим боковым поверхностям. (На обоих станках боковые части бревна измельчаются в щепу, которая также находит применение в плитном производстве.) Полученный брус подаётся на двухвальную круглопильную установку для распуска на доски определённого сечения. Из досок формируются пакеты, которые торцуются на длину, соответствующую длине частиц, и подаются в поперечном направлении в специальный ножевой станок с радиально расположенными ножами. Система загрузки в станок обеспечивает настолько плотное сцепление пилёных заготовок в пакете, что сколы при нарезании стружки исключены и толщина её выдерживается в пределах заданной.

## Глава 5 СУШКА И СОРТИРОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЁННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

### 5.1 Особенности сушки измельчённой древесины

Начальная влажность стружки для изготовления ДСтП колеблется в широких пределах: примерно от 60 до 120%. Конечная (перед смешиванием со связующим) должна составлять 1-5% для наружных слоев и 1-3% для внутреннего слоя. Температура сушильного агента в начальный период может достигать до 450 °С.

Известен и такой способ, когда стружку для внутреннего слоя высушивают до влажности 10–12%, а для наружных слоев практически не высушивают – она должна содержать до 40–45% влаги, благодаря чему при горячем прессовании плит интенсивно образуется пар и стружечный ковер быстро прогревается и просушивается по всей толщине. К тому же сырая стружка легче деформируется и даёт лучшее уплотнение наружных слоев плиты. При этом влага, содержащаяся в наружных слоях, служит своеобразным демпфером, который защищает стружечно-клеевую смесь от преждевременного отверждения при контакте с горячими плитами пресса до момента их смыкания. Изготовленные таким способом ДСтП имеют гладкую поверхность и не требуют шлифования. Однако в промышленном производстве такой метод применения не нашёл.

На некоторых предприятиях экономически выгодно держать большие запасы измельчённой сырой стружки: во время хранения она подсыхает, что позволяет значительно снизить энергозатраты на сушку. К тому же, при хранении влажность стружки выравнивается.

Исследования показали, что предпочтительна дифференцированная влажность сухой стружки для наружных и внутреннего слоев плиты. С этой целью рекомендуется выбирать независимые режимы сушки в потоках для внутреннего и наружных слоев или

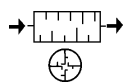
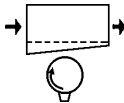
дополнительно распылять некоторое количество воды на стружку или на поддон. Чем больше влаги в стружке для наружных слоев, тем быстрее прогревается стружечный ковёр, тем выше будет пластичность древесины и лучше контакт частиц между собой. (Разумеется, речь идёт о технологически оправданном содержании влаги: оно не может быть бесконечно высоким, так как увеличивается время на испарение.) В результате наружные слои стружечной плиты получаются более плотными, улучшается её формостабильность. Стружка для среднего слоя, напротив, должна быть сухой, и желательно, чтобы весь пар выходил из неё в первой фазе прессования.

Важнейшие параметры режима сушки - температура сушильного агента и скорость его движения. Их выбор во многом предопределяет конечное качество продукции и эффективность технологического процесса. Если, скажем, температуру процесса повысить со 140 до 260 °С, продолжительность сушки сократится на 60 %, а при увеличении скорости циркуляции воздуха с 1 до 4 м/с – на 44 %. Однако высокотемпературная сушка измельчённой древесины осложняется из-за неравномерности размеров частиц: наиболее мелкие могут пересушиться, прежде чем дойдёт до кондиции крупная фракция. Следует учитывать и опасность воспламенения мелких частиц, полученных из древесины малой плотности, и особенно из смолистой древесины хвойных пород. Именно из соображений пожарной безопасности сушка при температурах выше 150 °С на практике не применяется.

## **5.2 Оборудование для сушки измельчённой древесины**

В отечественной и зарубежной практике применяются разнообразные сушильные аппараты для стружки и волокна (о критериях их выбора см. Приложение 2). Наиболее распространены конвективные сушилки, в которых перемещение древесных частиц от загрузочной стороны к разгрузочной обеспечивается механическим или пневматическим способом. Конструктивно они представляют собой вращающийся или неподвижный барабан

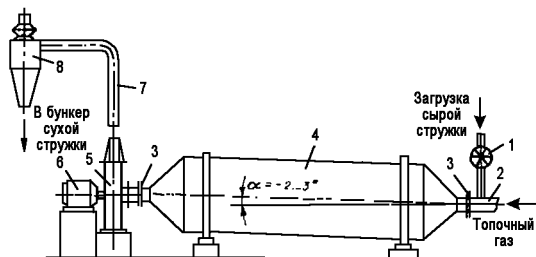
или сушильный канал в виде трубы той или иной конфигурации (рис. 5.1).

<b>Барabanные сушилки с трубчатым коллектором (время сушки до 30 мин)</b>	
	<p>Макс. температура 200о С Производительность по испаренной влаге 1–9 т/ч</p>
	<p>Время сушки 20-30 мин Макс. температура 450о С Производительность по испаренной влаге до 40 т/ч</p>
	<p>Время сушки 5-7 мин Макс. температура 400о С Производительность по испаренной влаге до 25 т/ч</p>
	<p>Время сушки менее 0,5 мин Макс. температура 500о С Производительность по испаренной влаге 2–14 т/ч</p>
	<p>Время сушки 0,5-3,0 мин Макс. температура 500о С Производительность по испаренной влаге до 10 т/ч</p>

**Рис. 5.1.** Типы устройств для сушки измельчённой древесины

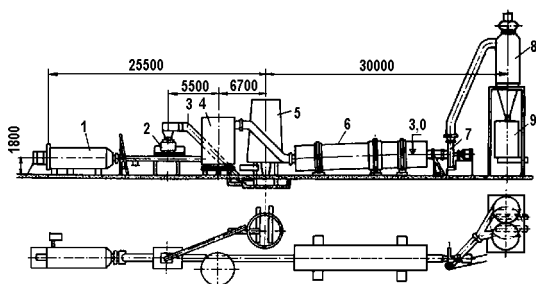
По способу передачи древесине тепла сушилки бывают двух типов: с прямым или непрямым обогревом. В сушилках прямого обогрева топочные газы непосредственно контактируют с частицами древесины и очень интенсивно их высушивают. Теплоноситель подаётся по ходу движения материала (прямоточные сушилки) или навстречу ему (противоточные сушилки). В первом случае имеет место большой перепад температур между сырой и сухой зонами сушилки, во втором – сравнительно равномерное температурное поле по всему её объёму. При непрямом обогреве теплоноситель подаётся по трубам, расположенным внутри сушилки, и частицы древесины высушиваются в потоке нагреваемого от этих труб воздуха, а также в результате соприкосновения с самими трубами. При прямом обогреве сушка происходит быстрее, однако довольно высока опасность возгорания древесных частиц. К тому же этот способ сопряжён с экологическими проблемами: при прямом обогреве образуются высокотоксичные отходящие газы, которые подлежат нейтрализации и утилизации.

## 5.2.1 Сушилки с вращающимся барабаном



**Рис. 5.2.** Схема вращающегося сушильного барабана: 1 – роторный питатель, 2 – газопровод, 3 – плавающее торцевое уплотнение, 4 – барабан, 5 – вентилятор-дымосос, 6 – электродвигатель, 7 – трубопровод пневмоустановки, 8 – циклон

Такая сушильная установка отечественного производства схематически изображена на рисунке 5.2. Барабан диаметром 2,2 либо 2,8 м установлен с наклоном в два-три градуса в сторону загрузки и вращается с частотой 3–4 об/мин. Внутри барабана имеются лопасти, которые захватывают и поднимают измельчённую древесину, продуваемую газовой воздушной смесью. Температура в топке 900–1000 °С, на входе в барабан 350–450 °С, на выходе 90–120 °С.



**Рис. 5.3.** Агрегат комбинированной сушки: 1 – топка, 2 – роторный питатель, 3 – транспортёр с погружными скребками, 4 – циклонная приставка, 5 – бункер, 6 – сушильный барабан, 7 – дымосос, 8 – циклон, 9 – противопожарный бункер

В этих сушилках стружку высушивают во взвешенном состоянии в потоке высокотемпературной газовой воздушной смеси, что обеспечивает интенсивный теплообмен и высокую производительность процесса сушки. В качестве теплоносителя используется топочный газ.

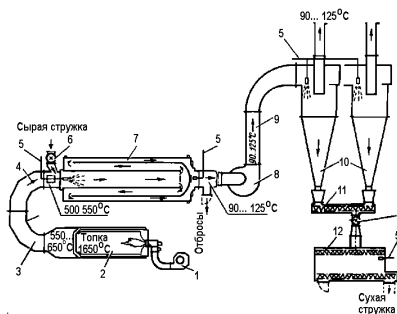
Недостатки сушилок такого типа: стружка в барабане истирается и имеет неравномерную конечную влажность; при сушке измельчённой древесины хвойных пород на лопастях барабана образуется налёт смолы.

Более совершенны отечественные агрегаты комбинированной сушки (рис. 5.3). Их

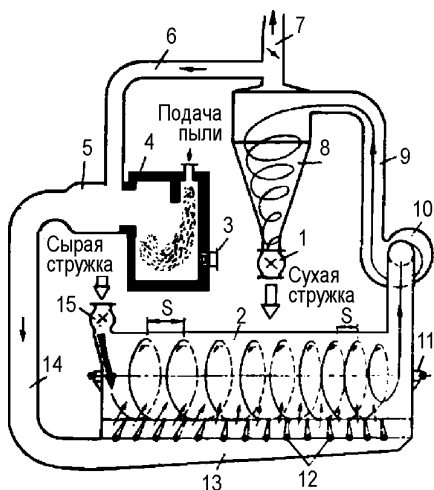
основные узлы: топочное устройство, циклонно-спиральная приставка, сушильный барабан, два циклона-отделителя, противопожарный бункер, а также установленный между барабаном и циклонами-отделителями вентилятор с двигателем. Стружка загружается из бункера через шнековый питатель. Топочные газы с температурой 600–800 °С через смесительную камеру поступают из топки в спиральную приставку, на выходе которой температура газа составляет 200–350 °С, а влажность стружки 20–40%. Таким образом, на первом этапе при очень высокой температуре сушильного агента удаляется в основном свободная влага. В барабане сушка продолжается уже при более мягком режиме (температура на выходе 90–120 °С). Система автоматического регулирования обеспечивает подачу нужного количества топлива, заданную температуру на выходе из барабана и управление электроприводом.

Для сухих частиц температура газа становится пожароопасной, начиная со 150–160 °С, и при достижении этого порога срабатывает электромагнитный клапан для впрыска воды или подачи пара.

В многоходовой барабанной сушилке (рис. 5.4) стружка совершает сравнительно длинный путь, передвигаясь из внутренней полости барабана в промежуточную и затем во внешнюю под действием потока газозвдушной смеси. В центральной полости стружка, перемещаемая под напором газозвдушной смеси, сушится во взвешенном состоянии. В промежуточной и наружной полостях её движение облегчается в результате пересыпания с лопаток при вращении барабана. Мелкие частицы высушиваются быстрее и покидают барабан раньше, более влажные и крупные находятся в барабане дольше.



**Рис. 5.4.** Установка с трёхходовым барабаном: 1 – вентилятор подачи воздуха в топку, 2 – топка, 3 и 9 – газоходы, 4 – запорная заслонка, 5 – система пожаротушения, 6 – роторный питатель, 7 – сушильный барабан, 8 – вентилятор-дымосос, 10 – циклоны, 11 – шнековый транспортер, 12 – противопожарный бункер



**Рис. 5.5.** Сушилка с сопловым барабаном: 7 и 75 – роторные питатели, 2 – сушильный барабан, 3 – форсунка для жидкого топлива, 4 – топка, 5 – смеси-тельная камера, 6, 9 и 14 – газоходы, 7 – шибер, 8 циклон, 10 – вентилятор-дымосос, 77 – вал мешалки, 12 – направля-ляющие лопатки, 13 – направляющий канал-газоход

На рисунке 5.5 изображена сушилка с сопловым барабаном, в нижней части которого по всей длине расположены направляющие лопатки. Вместе со щелью корпуса они образуют сопла, через которые топочный газ распределяется по касательной к внутренней поверхности барабана. Это заставляет стружку двигаться по спирали. Шаг спирали  $S$  регулируется углом наклона лопаток ( $10^{\circ}$ – $40^{\circ}$ ), что позволяет выбирать время сушки в пределах от двух до четырёх минут. Интенсивное перемешивание стружки и её продвижение вдоль барабана обеспечивает мешалка – вращающийся вал с лопастями. В сушилке предусмотрены реку-

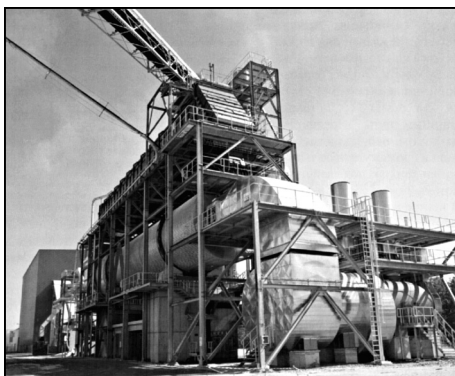
перация тепла, автоматизированная подача топлива, поддержание заданного температурного режима и предотвращение возгорания частиц. Критическими температурами являются  $350^{\circ}\text{C}$  на входе и  $170^{\circ}\text{C}$  на выходе.

### 5.2.2 Пневматические и вихревые сушилки

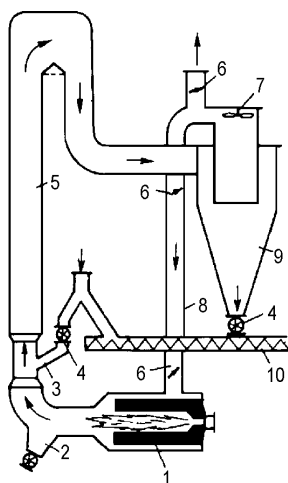
Конструктивную основу этих сушилок составляет вертикальная либо горизонтальная труба, проходя через которую древесина интенсивно высушивается в потоке газозвдушной смеси. По мере того как уменьшается скорость витания частиц, они уносятся в циклон. О масштабности производственного участка сушки в современном плитном производстве даёт представление, например, фотография справа (рис. 5.6).

Изображённая схематически на рисунке 5.7 установка для предварительной сушки стружки характеризуется сравнительно малым энергопотреблением, что достигается, помимо прочего, путём рециркуляции тепла, то есть частичного возврата в топку отработанного сушильного агента (до 60-70%). В ней, однако, невозможно регулировать продолжительность сушки частиц, поэтому такую трубу-сушилку целесообразно применять как установку первой ступени – для удаления из древесины свободной влаги.

Двухступенчатая сушилка, показанная на рисунке 5.8, состоит из трубы (первая ступень) и сушильного барабана, расположенного на низких опорах. Первая ступень может иметь индивидуальную топку, которая в летний период отключается, и в этом случае стружка подаётся сразу в барабан. Исходный материал влажностью 80-140% загружается в трубу, где температура на входе достигает 500 °С, а на выходе 170 °С. Увлекаемая

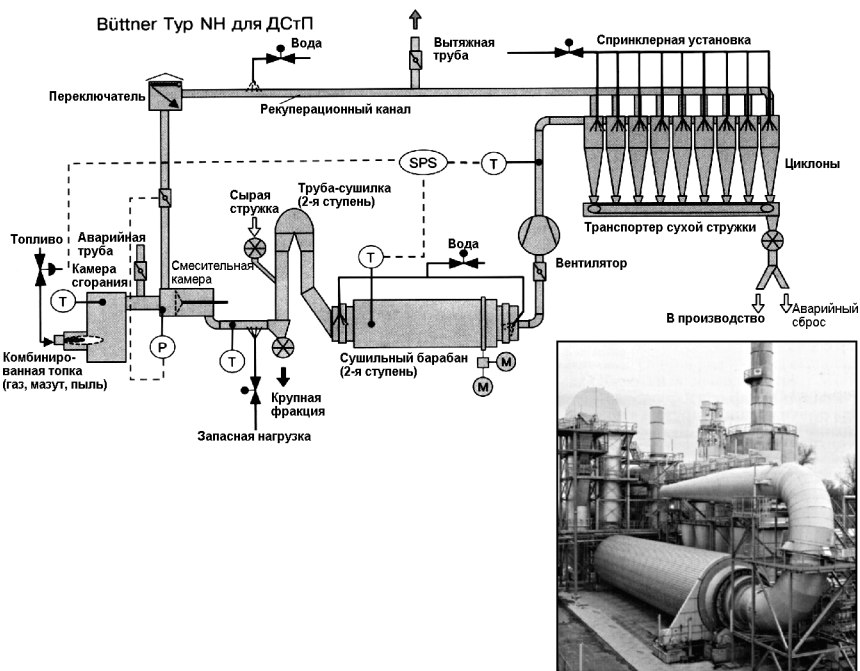


**Рис. 5.6.** Барабанная установка для сушки крупной стружки на заводе по выпуску плит OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)



**Рис. 5.7.** Схема вертикальной сушилки:  
 1 – топка, 2 – приёмник для удаления крупных частиц, 3 – патрубок подачи сырой стружки в трубу, 4 – роторный питатель, 5 – труба-сушилка, 6 – заслонка рециркуляции, 7 – вентилятор, 8 – газоход рециркуляции сушильного агента, 9 – циклон, 10 – шнековый транспортёр

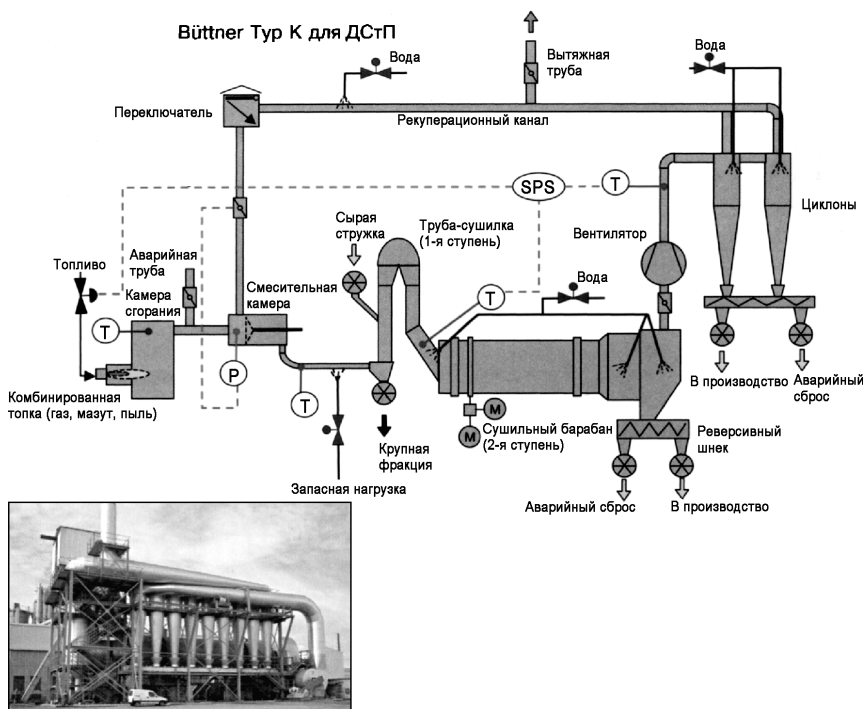
потоком горячего воздуха стружка интенсивно теряет свободную влагу и при поступлении в сушильный барабан уже имеет влажность 40-65%. Чрезмерно крупные частицы в процессе сушки падают вниз и удаляются на доизмельчение или на сжигание. Сухая стружка из барабана подаётся в циклоны и затем на ленточный



**Рис. 5.8.** Схема и общий вид двухступенчатой сушилки для стружки (иллюстрация предоставлена фирмой Buttner)

транспортёр для передачи на сортирование или в бункер запаса. Горячий воздух из циклонов частично возвращается по рекуперационному каналу в смешительную камеру.

На рисунке 5.9 изображена установка, в которой тоже предусмотрена двухступенчатая сушка частиц – в трубе и барабане, однако в данном случае барабан поднят на высокие опоры и на выходе у него встроен реверсивный шнек. При возникновении аварийной ситуации или при перегруженности циклонов, а так-

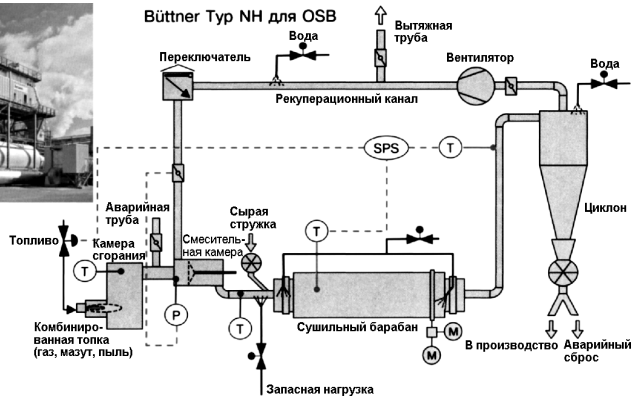


**Рис. 5.9.** Схема и общий вид двухступенчатой установки с трубой и поднятым барабаном для сушки стружки (иллюстрация предоставлена фирмой Buttner)

же при настройке оборудования сухая стружка сбрасывается из барабана в запасный бункер или в основной производственный поток.

Крупноразмерную стружку для плит OSB предпочтительно сушить в одноходовой сушилке. (Трёхходовые хотя и используются, в основном в Северной Америке, но годятся только для стружки длиной не более 115 мм.) Предварительная сушка такой стружки в пневматической трубе не практикуется из-за относительно большой массы частиц. Общий вид и принципиальная схема одноходовой сушилки показаны на рисунке 5.10. (См. также приведённый ранее пример сушильной установки для производства OSB на рисунке 5.6.)

Сушка волокнистой массы имеет свои технологические особенности. Из-за большой удельной поверхности частиц и опас-



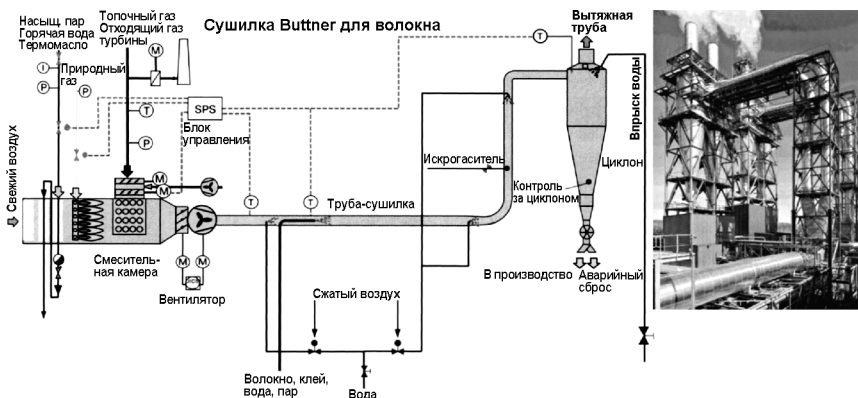
**Рис. 5.10.** Общий вид и схема одноходовой установки для сушки крупной стружки в производстве OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Buttner)

ности переплетения волокон их сушат только в пневматических сушилках (рис. 5.11), куда сырьё подаётся по скоростному трубопроводу. В трубе-сушилке оно увлекается потоком горячего воздуха, интенсивно высушивается при температуре не более  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$  и, достигнув конечной влажности 5-10%, поступает на сортировку.



**Рис. 5.11.** Пневматическая труба-сушилка (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

Предварительная сушка волокнистой массы происходит уже в рафинёре и при транспортировке в циклон. Если использовать при пневмотранспортировке нагретый воздух, можно влажность частиц, поступающих в сушилку, довести до 40 процентов. В одноступенчатых сушилках частицы волокна, соприкасаясь с горячим сушильным агентом, быстро высыхают снаружи, в то время как их сердцевина остаётся сырой, что не благоприятствует последующему выравниванию влажности волокнистой массы.



**Рис. 5.12.** Общий вид и схема сушилки для волокна в производстве плит MDF (иллюстрация предоставлена фирмой Buttner)

На рисунке 5.12 показан принцип действия установки для сушки волокна в производстве плит MDF. Сырое волокно вместе со связующим подаётся в трубу, куда нагнетаются горячие топочные газы. Высыхание обоих компонентов происходит при этом одновременно с оседанием клея на волокнах. Сухое осмолённое волокно из трубы перемещается в циклон, а оттуда к формирующей станции или бункеру промежуточного хранения. Установка оснащена системами рекуперации тепла и искрогашения. Специальный датчик в трубе-сушилке улавливает появление искры и включает подачу воды навстречу движущемуся материалу.

Двухступенчатая сушка обеспечивает большую равномерность остаточной влажности. При сушке с одновременным осмолением волокна свободный формальдегид почти полностью связывается конденсатом отработанных газов, что благоприятно сказывается и на условиях производства. Если обеспечен возврат тепла (рекуперация), энергозатраты снижаются на 10-15%. Поскольку объём газов, образующихся на второй ступени, незначителен, можно уменьшить размеры сушилки и за счёт этого приблизить бункер для волокна к формирующей станции, сократив тем самым транспортные пути, которые при одноступенчатой сушке довольно велики.

Как показывает практика, для стабильности производственно-

го процесса необходимо предусмотреть буферное хранение сухо-го осмолённого или неосмолённого волокна. Бункер, в котором хранится буферный запас, рекомендуется оснащать размалывающими вальцами, чтобы волокно подавалось на формирующую станцию без комков и в дозируемом количестве.

### 5.3 Сортирование измельчённой древесины

Современная сортировочная установка в производстве ДСтП – это сложное техническое сооружение (рис. 5.13), в котором высушенный материал разделяется, как правило, на четыре фракции: стружку для наружных слоев, для среднего слоя, крупную стружку (грубая фракция) и посторонние включения.



**Рис. 5.13.** Общий вид установки для сортировки стружки (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

В технологии производства стружечных плит следует различать понятия сортирования стружки и фракционирования частиц. Сортирование выполняется после сушки с целью отделить от кондиционной стружечной массы излишние пыль и крупные куски. Фракционирование частиц происходит на участке формирования стружечного ковра, то есть применимо только по отношению к осмолённой стружке (см. главу 6).

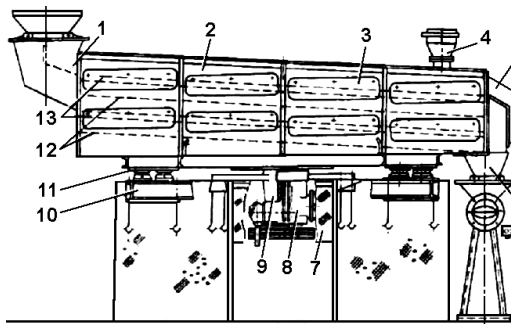
Если по технологии принята однопоточная схема, то есть изначальное разделение на потоки для наружных и внутреннего слоев не предусмотрено, тогда оно происходит по результатам сортирования сухой стружки. Если же разделение по потокам начинается с участка приёма сырья, то сортирование сухой стружечной массы имеет целью повысить её равномерность и качество перед смешиванием со связующим. В этом случае возможен и обмен между потоками: грубую фракцию из потока для наружных слоев направляют в поток для среднего слоя, а более тонкую из этого потока – в поток для наружных слоев. Ориентировочная толщина частиц: для обычных плит в среднем слое более 0,8 мм, в наружных слоях 0,4-0,8 мм; для плит с мелкоструктурной поверхностью в среднем слое 0,2-0,8 мм, в наружных слоях 0,1-0,3 мм.\*

Для сортирования стружки применяют механические или пневматические сепараторы: в первых разделение частиц происходит по размерам, во вторых – по массе. Используют и комбинированные устройства, объединяющие оба принципа сортирования.

### 5.3.1 Механические сортировки

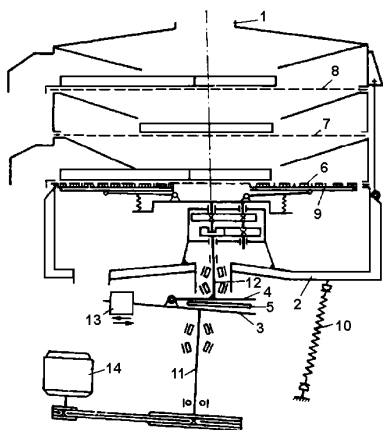
Механические сортировки хотя и не отличаются высокой точностью, однако применяются довольно широко, особенно там, где при формировании ковра стружка для наружных слоев дополнительно фракционируется пневматическим способом. Конструктивно механический сепаратор представляет собой устройство с горизонтальными или наклонными колеблющимися (вибрационными или полувибрационными) ситами, которые обычно изготавливаются из перфорированных стальных листов.

На российских предприятиях для интенсивного разделения частиц по фракциям применяются рассевы с ситовым коробом (рис. 5.14). В загрузочной воронке стружка разделяется на два потока, сразу попадает на два качающихся сита и быстро распределяется по их поверхностям. Мелкие частицы и пыль, проходя через ячейки, падают на соответствующий поддон и поступают в приёмник 6, крупные частицы аналогичным путём попадают в приёмник 5.



**Рис. 5.14.** Двухситовая механическая сортировка-рассев: 1 – загрузочная воронка, 2 – ситовый короб, 3 – смотровые окна, 4 – пылесборник, 5 – приёмник для крупной стружки, 6 – приёмник для мелких древесных частиц, 7 – ограждение привода, 8 – электродвигатель, 9 – привод короба, 10 – рама, 11 – опорные подшипники, 12 – сплошные поддоны, 13 – сита

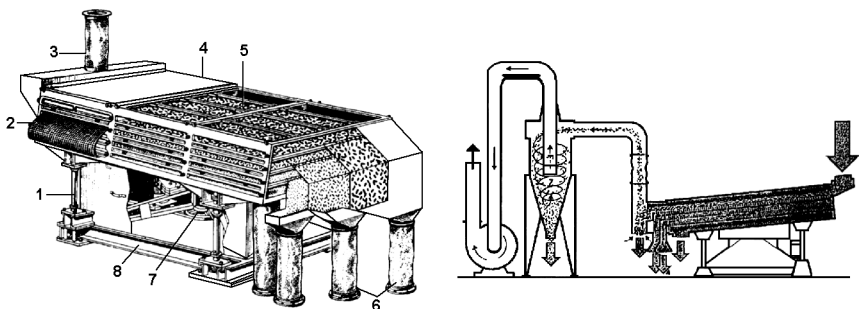
Сортировка российского производства, изображённая на рисунке 5.15, имеет три круглых сита, вибрация которых обеспечивается движением по всем трём



**Рис. 5.15.** Трёхситовая механическая сортировка-рассев: 1 – загрузочный патрубок, 2 – рама, 3 – нижняя плита, 4 – верхняя плита, 5 – клин, 6, 7 и 8 – сита, 9 – щётка, 10 – пружинная стяжка, 11 – главный вертикальный вал, 12 – цапфа, 13 – груз, 14 – электропривод

линейным координатам. Крупная фракция остаётся на верхнем сите. Кондиционная стружка выходит из патрубков среднего и нижнего сит, мелкая остаётся на дне и удаляется через нижний патрубок.

Одна из зарубежных моделей изображена на рисунке 5.16. Короб сортировки опирается на четыре стойки с упругими качающимися колпаками, выполненными из синтетического материала, что обеспечивает почти бесшумную работу машины. В короб помещаются одно, два или три сита, каждое из которых состоит из трёх гибких полотен, изготовленных из тонкой хромоникелевой прово-



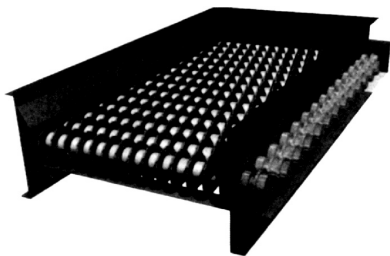
**Рис. 5.16.** Качающаяся сортировка: 1 – опорная стойка, 2 – сито (в выдвинутом положении), 3 – гибкий рукав подачи стружки, 4 – короб, 5 – верхнее сито, 6 – гибкие рукава для отсортированной стружки, 7 – привод, 8 – рама; справа – схема аналогичной машины с дополнительным пневматическим удалением из стружечного потока грубых и посторонних включений

локи. Полотна натягиваются посредством пружин, быстро устанавливаются и легко заменяются при загрязнении. У первого сита ячейки размерами 4 x 1,5 мм ориентированы поперечно, у второго и третьего ячейки 3x1 мм с продольной ориентацией. В современных модификациях таких машин предусмотрено дополнительное пневматическое отделение крупной фракции и инородных включений.

В роliko-дискoвых сортировках (рис. 5.17) крупная фракция стружки отделяется путём варьирования расстояния между роликoми. Сначала просеивается самая мелкая фракция. Потом расстояние между роликoми постепенно увеличивается, и под конец сверху остаётся самая крупная фракция, которую удаляют отдельным шнеком.

Чувствительность ситовых машин обуславливают следующие параметры:

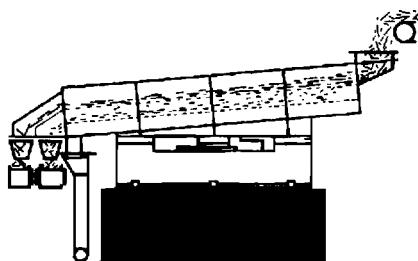
- Предельная пропускная способность, при которой ещё сохраняется достаточно точное разделение фракций
- Скорость подачи материала



**Рис. 5.17.** Роliko-дискoвая сортировка для сухой стружки

- Форма частиц и их влажность
- Величина свободной площади сита
- Продолжительность процесса сортирования.

Отверстия в ситах бывают круглые, квадратные или шлицевые. Сита с круглыми отверстиями наиболее практичны, не требуют особого ухода, однако они менее чувствительны, чем, например, сита с квадратными отверстиями, чистить которые приходится чаще. Сита с квадратными отверстиями пропускают больше крупной фракции, а через шлицевые отверстия, вставая вертикально, проходит и толстая стружка.



**Рис. 5.18.** Схема сортировки с разбрасывающим вальцом

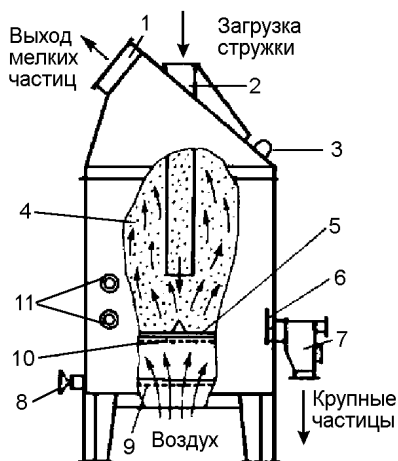
Фактически ситовые машины сортируют частицы не по толщине, а по площади их поверхности. Поэтому изыскиваются другие принципы сортирования, например с разбросом частиц (механическое фракционирование) или в потоке воздуха (пневматическое сортирование). В первом случае частицы, попадая на разбрасывающий валец, летят на расстояние, пропорциональное их массе, во втором же падающие частицы сдуваются потоком воздуха и летят на расстояние, обратное пропорциональное их массе. Принципиальная схема сортировки с механическим фракционированием частиц показана на рисунке 5.18.

### 5.3.2 Пневматические сортировки

Конструктивно пневмосортировка обычно представляет собой вертикальную трубу. В спокойном воздухе скорость оседания частиц зависит главным образом от их поверхностной плотности. Если скорость воздушного потока, движущегося навстречу частице, больше, чем скорость её оседания, частица поднимается вверх. Поскольку управлять можно только скоростью воздуха, эффективность сортировки сильно зависит от плотности частиц. По этой причине точность их сортирования по размерам умень-

шается при смешении в одном потоке сырья из разных древесных пород. Типичными примерами пневматических сортировок являются сепараторы, изображённые на рисунках 5.19 и 5.20.

Одноступенчатый сепаратор представляет собой вертикальный цилиндр, в который через верхнюю горловину 1 загружается стружка. В нижней части цилиндр имеет сетчатый участок высотой в 250 мм и окно для впуска воздуха. Верхняя горловина связана с вентилятором. Скорость образующегося в камере воздушного потока регулируется положением дроссельной решётки



**Рис. 5.19.** Одноступенчатый пневмосепаратор: 1 – горловина, 2 – труба загрузки стружки, 3 – осветительная лампа, 4 – камера сепарации, 5 – ворошитель, 6 – регулятор высоты слоя стружки, 7 – приёмник крупных частиц, 8 – решётка с дроссельной заслонкой, 9 – регулятор объёма подаваемого воздуха, 10 – сито, 11 – смотровые окна

относительно нижнего листа: поворачивая решётку, можно изменять размеры отверстий в днище камеры. Высота слоя стружки на сите 10 регулируется заслонкой 6 перед приёмником 7. Подбирая скорость воздушного потока, можно разделять стружку на две фракции. Двухступенчатый сепаратор (по существу это два одноступенчатых сепаратора, поставленные друг на друга) разделяет стружку на три фракции: из верхней камеры выходит стружка толщиной 0,1-0,5 мм для наружных слоев, из нижней -

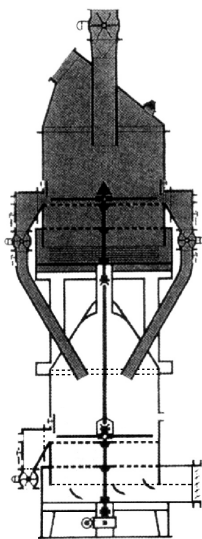


Рис. 5.20. Двухступенчатый пневмосепаратор

стружка толщиной 0,2-1,0 мм для внутреннего слоя, крупные частицы удаляются роторным питателем.

В последнее время некоторые предприятия начали заменять пневмосепараторы на ситовые (механические) сепараторы: хотя точность пневматического сепарирования выше, ситовые машины потребляют меньше электроэнергии, а также выделяют меньше пыли и шума во время работы.

### 5.3.3 Комбинированные сортировки

К разряду комбинированных относятся пневмоситовые и инерционно-пневматические сортировки стружки. У пневмоситового сепаратора, схема которого показана на рисунке 5.21, сита 9 в коробе 1 установлены в трёх плоскостях. В нижней части короба имеется патрубок для выхода пыли. С верхнего сита непресеянная стружка поступает в пневмокамеру, где частицы со скоростью витания меньшей, чем скорость воздуха, подаваемого вентилятором 4, выходят через верхние патрубки, а грубые частицы и сколы падают вниз. Со среднего сита стружка поступает в поток для среднего слоя плит, а с нижнего - в поток для наружного слоя. Таким образом можно получать до четырёх фракций стружки. Производительность сепаратора достигает 10 т/ч.

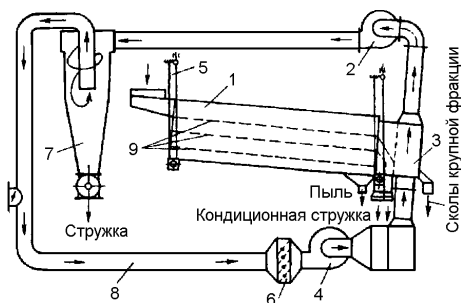


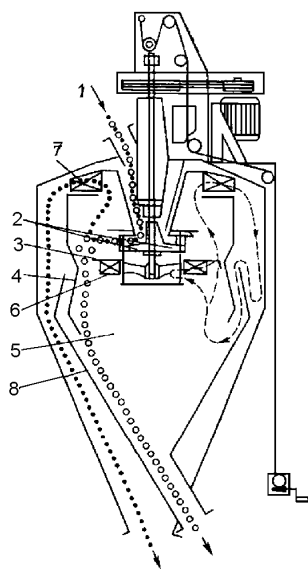
Рис. 5.21. Пневмоситовый сепаратор:

- 1 – сито-вый короб, 2 и 4 – вентиляторы,
- 3 – пневмокамера, 5 – тросовая подвеска,
- 6 – жалюзийная решётка, 7 – циклон,
- 8 – пневмопривод, 9 – сита

трубки, а грубые частицы и сколы падают вниз. Со среднего сита стружка поступает в поток для среднего слоя плит, а с нижнего - в поток для наружного слоя. Таким образом можно получать до четырёх фракций стружки. Производительность сепаратора достигает 10 т/ч.

Инерционно-пневматические сепараторы используются для выделения

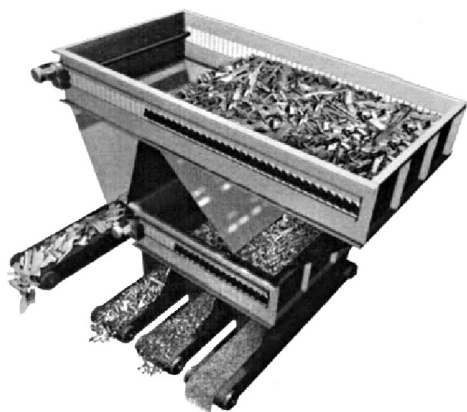
особо мелкодисперсного материала, например шлифовальной пыли. В сепараторе, изображённом на рисунке 5.22, частицы разделяются под влиянием гравитационных и центробежных сил. Через распределитель 1 непрерывно подаваемый материал поступает на рассеивающий диск 2 и затем в камеру 3. Грубые частицы, имеющие наибольшую скорость витания, под действием собственного веса оседают в двойном отражательном конусе 4 и удаляются через воронку 5 для сбора крупной фракции. Мелкие частицы ударяются о рассеивающий диск 6, подхватываются потоком воздуха, подаваемого вентилятором 7, и попадают в воронку 8 для сбора мелкой фракции. Границу и качество разделения материала можно регулировать вертикальным перемещением вентилятора.



**Рис. 5.22.** Инерционно-пневматический сепаратор:  
 1 – распределитель,  
 2 – рассеивающий диск,  
 3 – камера сортировки,  
 4 – двойной отражательный конус, 5 – воронка для сбора крупной фракции,  
 6 – рассеивающий диск,  
 7 – вентилятор, 8 – воронка для сбора мелкой фракции

### 5.3.4 Сортирование крупной стружки

Для фракционирования крупной стружки в производстве плит OSB обычно применяются барабанные сортировки. Сравнительно недавно появились принципиально новые установки роликового типа, одна из которых представлена на рисунке 5.23. Размеры сортируемых частиц задаются в ней путём изменения расстояния между роликами; разделение происходит на четыре фракции: грубую, нормальную, мелкую и пылевидную. Последняя идёт на сжигание, остальные разделяются на потоки для наружных и внутреннего слоев. Особенно хорошо в таких сортировках удаётся отбор мелкой фракции для внутреннего слоя плит OSB или для обычных ДСтП. Достоинство этих сортировок ещё и в том, что стружка в них не повреждается.



**Рис. 5.23.** Двухэтажная роликовая сорти-ровка для крупных частиц (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

#### **5.4 Хранение запасов измельчённой древесины**

На предприятии с годовым выпуском ДСтП, скажем, в 100 000 кубометров суточная потребность в стружке составляет около трёх тысяч кубометров. Практически для бесперебойной работы необходимо, чтобы запасы были не менее двухчасовой потребности. Для хранения сыпучих материалов используются бункеры - на современных предприятиях преимущественно вертикальные, так как под горизонтальные требуется гораздо больше площади. В плитном производстве бункеры предназначены не только для создания производственных запасов древесной щепы, сухой и влажной стружки, хранения древесных отходов, опилок, но ещё и для дозированной выдачи этих материалов на последующие технологические операции. Бункер, изображённый на рисунке 5.24, имеет реверсивный ворошитель с приводом от двух гидроцилиндров и оснащён датчиками, позволяющими контролировать уровень его заполнения. Современные бункеры оснащаются специальными устройствами для встряхивания сухого материала и для разрушения сводов из промёрзлой стружки или щепы.

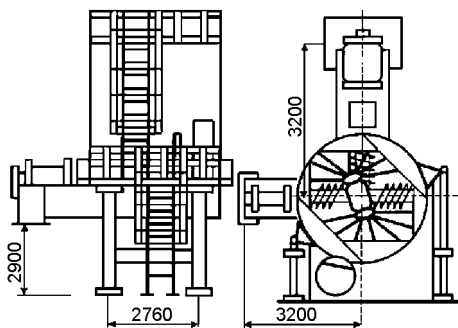
На большинстве российских предприятий для хранения межоперационных запасов щепы и стружки используются бункеры отечественного производства. Материал в них засыпается через

загрузочные отверстия в крыше. Рычаги-рыхлители вращающейся планшайбы обеспечивают самоистечение материала в разгрузочные шнековые транспортёры с переменным шагом. Вместо планшайбы возможен поворотный питатель в виде плоского колеса со спицами: оно устанавливается над дном бункера и способно при помощи гидроцилиндров поворачиваться в обе стороны на определённый угол. Бункеры нужны на следующих участках:

- перед стружечными станками для щепы,
- перед сушильными агрегатами для сырой стружки,
- перед смесителями для сухой стружки.

При этом бункеры служат не только как хранилища и дозаторы буферных запасов материала, но и как своего рода стабилизаторы технологического процесса и противопожарные устройства. Бункерное выдерживание сырья способствует улучшению физико-механических показателей выпускаемых плит. В зарубежной практике известны бункеры, вмещающие до 2000 м<sup>3</sup> стружки и до 6000 м<sup>3</sup> щепы.

Перемещение сыпучих материалов от бункера к станку или от станка к станку возможно как пневматическим, так и механическим путём. При больших расстояниях пневмотранспорт используется только в закрытых трубопроводах с мощными вентиляторами на входе. При этом важно подобрать оптимальное соотношение между объёмом воздуха и массой перемещаемого материала. На современных предприятиях по выпуску стружечных плит пневматика почти не используется для решения чисто транспортных задач, что объясняется неоправданно высокими энергозатратами. Вентиляторы применяются для отсоса стружки в мельницах, в сушилках и сортировках стружки. В производстве волокнистых плит пневмотранспортировка волокна эффективна пос-



**Рис. 5.24.** Вертикальный бункер для хранения и дозирования сыпучих материалов

кольку происходит с одновременным добавлением к нему связующего. Вакуумные установки применяются при формировании ковra (как мокрым, так и сухим способом).

Механические устройства для внутрипроизводственного перемещения сыпучих материалов – например, ленточные и скребковые транспортёры – хотя и являются более дорогостоящими основными средствами, чем компоненты пневмотранспорта, однако требуют гораздо меньших расходов на эксплуатацию.

## **5.5 Рекомендации по подбору сушильного оборудования для плитных производств**

Германская фирма «Бютнер», основанная в 1874 году, с конца двадцатых годов прошлого века освоила выпуск сушильного и вентиляционного оборудования, а с послевоенных лет специализируется на выпуске сушильных линий для заводов по изготовлению древесных плит и фанеры. С 1995 года является стопроцентной дочерней фирмой концерна Siempelkamp и участвует в комплексных поставках по оснащению плитных предприятий. Ниже приводится разработанный специалистами фирмы перечень вопросов, точные ответы на которые помогут подобрать сушильное оборудование, оптимальное для конкретного производства.

### **5.5.1 Общие сведения**

Вместе с адресом и наименованием оснащаемого предприятия рекомендуется в запросе на оборудование указать:

- географическое расположение плитного производства
- высоту над уровнем моря
- максимальную и минимальную среднегодовые температуры

В случае, если речь идёт не о новом строительстве, а о модернизации действующего предприятия, указать:

- суточную мощность предприятия, м<sup>3</sup>
- изготовителя используемых прессов
- изготовителя используемых сушилок
- возраст используемого оборудования

### **5.5.2 Используемое сырьё**

- породный состав сырья, %
- влажность, %
- объёмный вес, кг/м<sup>3</sup> по абсолютно сухому материалу

### **5.5.3 Данные для определения параметров сушиллки**

- потребность в сухом древесном материале, кг/ч
- начальная и конечная влажность древесных частиц, %
- требуемая производительность по испаряемой влаге

### **5.5.4 Желаемая система нагрева**

- горячий газ, получаемый от какого-либо производителя тепла
- отходящий газ от турбинной установки
- топочная установка по сжиганию древесной пыли, природного либо сжиженного газа, мазута либо лёгких масел и иного топлива (указать соответствующие процентные доли в требуемом объёме тепла, высшую и низшую теплоту сгорания в кг/кДж, рабочее давление в барах)
- при непрямом нагреве нужно указать теплоноситель (пар, горячая вода, термомасло) и соответствующие рабочие параметры: давление в барах, начальную и выходную температуры в °С

### **5.5.5 Экологические требования**

- ограничения по вредным выбросам: пыли, угарного газа, окиси азота и т.п. (привести предельно допустимые значения в соответствующих единицах измерения, указать методы замеров)
- указать, какая система очистки воздуха предусматривается после сушиллки

### **5.5.6 Параметры электроснабжения**

- указать частоту и входное напряжение потребляемого тока, а также напряжение в сети вентилятора и управляющих и вспомогательных цепей

- учесть, что в типовых комплектах сушильного оборудования Büttner используются системы управления Siemens S7 либо Allen Bradley Control Logix и системы визуализации RS View или Wonderware Intouch

#### **5.5.7 Требуемый объём поставки** *(указать, что желательно)*

- проектно-конструкторская разработка, подготовка техдокументации
- основные узлы и агрегаты (смесительная камера, вентилятор, топочная камера, затворы и крышки, транспортёры, предохранительные устройства)
- барабан вместе с опорами и приводом
- электрооборудование (силовые и управляющие устройства, приборы контроля и визуализации параметров)
- шефмонтаж и пусконаладочные работы  
Как поставщик сушильного оборудования фирма Büttner берёт на себя также:
- сооружение отопительного узла, включая необходимые печные работы и материалы
- изготовление стальных пневмоприводов, циклонов (из стали спецмарок)
- изготовление стальных опорных конструкций
- теплоизоляционные работы
- прокладка **электрокабелей**
- комплексные электромонтажные и сборочные работы

### **5.6 Действующие сушильные установки фирмы «Büttner»**

#### **Сушилки для волокна**

- Пневматическая труба-сушилка
- Производительность 1–40 тонн абсолютно сухого волокна в час
- Комбинируемая система обогрева: прямой и/или непрямой (подходит для сжигания газового, жидкого, пылевидного топлива, а также для теплоносителей в виде топочных газов, пара, горячей воды, термомасла)

- Возможно применение как свежего, так и отработанного воздуха
- Диаметр трубы-сушилки до 3100 мм, и даже более
- Мощные циклоны диаметрами до 6500 мм для сепарации материала и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду
- Возможность комбинирования с разными системами очистки воздуха
- Компьютеризованная система управления с визуализацией параметров

### **Сушилки для крупной стружки**

Сушка «стрэндов» при изготовлении плит OSB

- Одноходовая барабанная сушилка Büttner
- Сушильный барабан Тур NH с запатентованной спецоснасткой для производства OSB
- Диаметр сушильного барабана до 6200 мм, и даже более
- Комбинируемая система прямого обогрева (подходит для сжигания газового, жидкого, пылевидного топлива, а также для использования топочных газов)
- Мощные циклоны или сепараторы стружки
- Экономия энергии и снижение вредных выбросов за счёт вторичного использования отработанного воздуха
- Возможность комбинирования с разными системами очистки воздуха
- Компьютеризованная система управления с визуализацией параметров

### **Сушилки для обычной стружки**

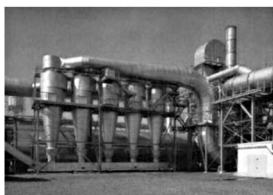
- Одноходовая барабанная сушилка Büttner
- Сушильный барабан Тур NH в комплекте с сепараторами стружки
- Сушильный барабан Тур К с контейнером для отходов
- Производительность по испарению влаги: 1–50 т/ч, и даже более
- Диаметр сушильного барабана до 6200 мм, и даже более
- Комбинируемая система обогрева: прямой и/или непрямой (подходит для сжигания газового, жидкого, пылевидного

топлива, а также для теплоносителей в виде топочных газов, пара)

- Возможна комбинация с пневмосушилкой - трубой для предварительного подсушивания очень сырой стружки
- Мощные циклоны или сепараторы стружки
- Экономия энергии и снижение вредных выбросов за счёт вторичного использования отработанного воздуха
- Возможность комбинирования с разными системами очистки воздуха
- Компьютеризованная система управления с визуализацией параметров



Отопительная установка к сушилке Büttner на заводе MDF во Франции



Установка Büttner Тип NH для сушки стружки на заводе ДСтП в Германии



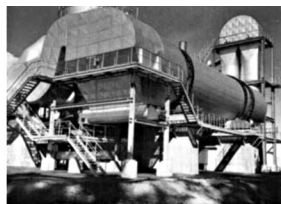
Установка Büttner для сушки волокна на заводе MDF в Бразилии



Сушилка Büttner на заводе OSB в Германии



Сепаратор стружки в сушильной установке Büttner на заводе OSB в Германии



Установка Büttner Тип K для сушки стружки на заводе ДСтП в Норвегии

## Глава 6 ДОЗИРОВАНИЕ И СМЕШИВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ

### 6.1 Приготовление и дозирование связующего

Приготовление связующего заключается в подготовке рабочих растворов смолы и отвердителя, дозировании компонентов и их смешивании. Применяемая на российских плитных предприятиях смола КФ-НФП поставляется в концентрации 66+1% при вязкости до 50 с по ВЗ-4. Чтобы обеспечить качественное распыление смолы, её разбавляют водой до концентрации 50–55%, таким образом снижая вязкость до нормативного предела – не более 35 с. Необходимый объём воды определяется по формуле

$$q_в = \frac{q_{см}(K_1 - K_2)}{K_1},$$

где  $q_{см}$  – объём смолы;

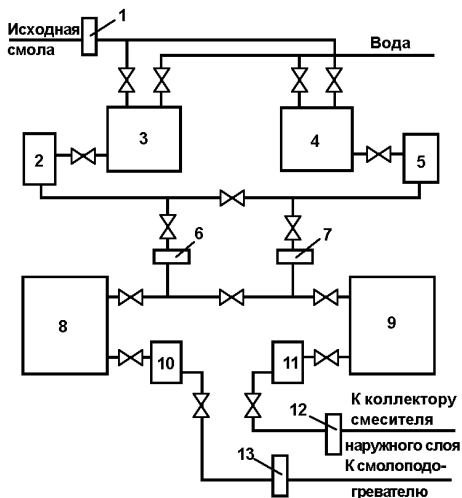
$K_1$  и  $K_2$  - начальная и конечная концентрации смолы, %.

Разбавление смолы водой ведёт к нежелательному увеличению влажности осмолённой стружки и продлению времени пресования плит. Поэтому на предприятиях используют и другой метод: нагревают смолу до 30–35 °С в стационарных ёмкостях или проходных смолоподогревателях. При этом концентрация смолы не снижается, а влажность осмолённой стружки уменьшается на 8-12%, благодаря чему время отверждения сокращается на 30-40%.

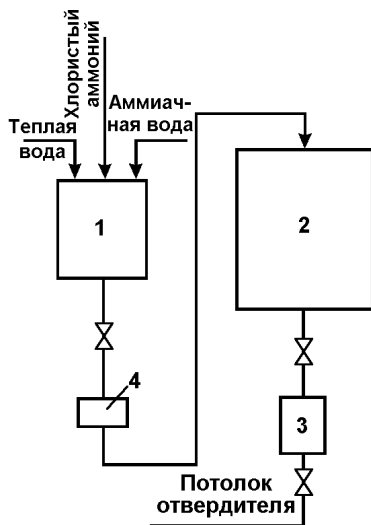
Последовательность приготовления рабочего раствора смолы схематически показана на рисунке 6.1, рабочего раствора отвердителя – на рисунке 6.2. Высококонцентрированная смола смешивается с водой в баках 3 и 4 (рис. 6.1), оборудованных мешалками и мерными стёклами. Из баков рабочие растворы для внутреннего и наружных слоев насосами подаются через фильтры в расходные ёмкости 8 и 9. Чтобы дополнительно снизить вязкость

состава для внутреннего слоя, можно раствор смолы сначала направлять в смолоподогреватель и уже оттуда – в коллектор соответствующего смесителя.

Растворы отвердителей тоже готовят по отдельности для наружных и внутреннего слоев (рис. 6.2). Схема одинакова для обоих потоков: в бак 1 сначала заливают тёплую (40-50 °С) воду, а затем добавляют отвердитель в порошке и мочевину (как акцептор свободного формальдегида) в соотношениях, указанных в рецептуре отвердителя, соответственно, для наружных и внутреннего слоев.



**Рис. 6.1.** Схема приготовления рабочих растворов смолы: 1 - насос подачи смолы, 2 и 5 - фильтры, 3 и 4 - баки, 6 и 7 - насосы, 8 и 9 - расходные ёмкости, 10 и 11 - фильтры, 12 и 13 - насосы

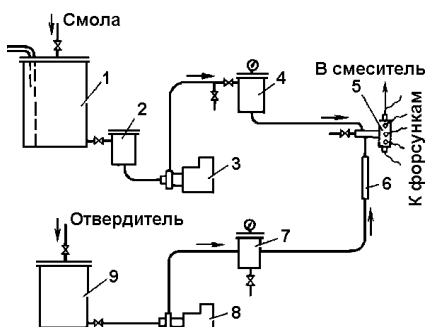


**Рис. 6.2.** Схема приготовления раствора отвердителя: 1 - бак, 2 - расходная ёмкость, 3 - фильтр, 4 - насос

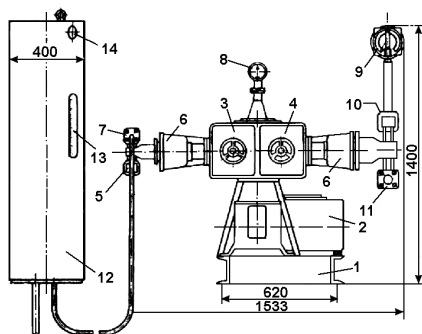
Как правило, связующее для внутреннего слоя отверждается за 30–60 секунд, для промежуточных слоев за 70–100 секунд и для наружных за 110–130 секунд. С учётом этого готовят отвердители различной активности: доля внутренних слоев берут 20%, а для наружных 3-7% водный раствор хлорида или сульфата аммония. При высокотемпературном прессовании плит можно в наружных слоях использовать смолу без отвердителя.

Связующее дозируют в смеси или по компонентам. В установке, схема которой изображена на рисунке 6.3, компоненты отмеряются только по объёму. Смола и отвердитель из ёмкостей 1 и 9 по отдельности подаются дозирующими насосами 3 и 8 через фильтры-компенсаторы 4 и 7 в лабиринтный смеситель 5. При этом смола дополнительно проходит через фильтр 2, а отвердитель – через дозирующий ротаметр 6. Ротаметр представляет собой вертикальную стеклянную трубку с поплавком: чем больше расход жидкости, нагнетаемой через трубку снизу вверх, тем выше находится поплавок. Отмеренные смола и отвердитель тщательно перемешиваются в лабиринтном смесителе, полученное связующее по гибкому шлангу подаётся на смешение с древесными частицами.

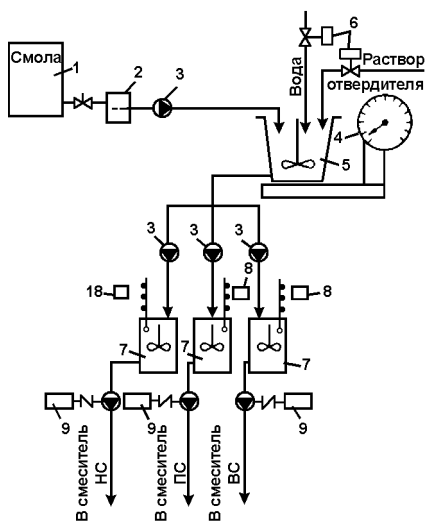
В установке, изображённой на рисунке 6.4, дозировочный агрегат обычно стоит в клееприготовительном отделении, а соединённая с ним трубопроводом ёмкость смесителя – на участке осмоления древесных частиц. Спаренные плунжерные насосы-дозаторы имеют производительность до 41 л/мин для смолы и до 2,7 л/мин для раствора отвердителя, однако



**Рис. 6.3.** Схема дозирования и смешивания компонентов: 1 – расходная ёмкость для смолы, 2 – фильтр, 3 и 4 – дозирующие насосы, 4 и 7 – фильтры-компенсаторы, 5 – лабиринтный смеситель, 6 – ротаметр, 9 – расходная ёмкость для отвердителя



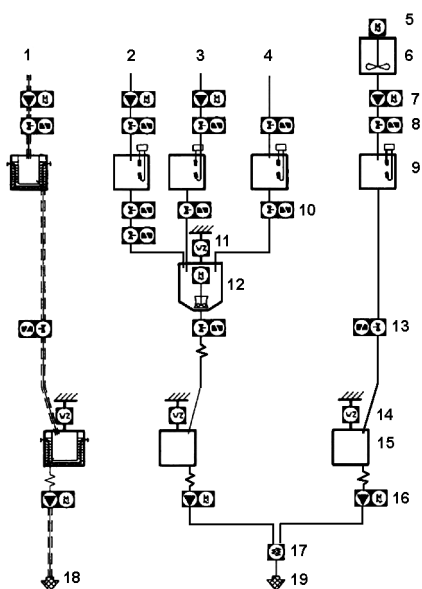
**Рис. 6.4.** Установка для приготовления связующего: 1 – дозировочный агрегат, 2 – бесступенчатый вариатор, 3 – червячный редуктор, 4 – маховички регулировки насосов, 5 и 11 – фланцы присоединения всасывающих магистралей, 6 – насосы-дозаторы, 7 и 10 – фланцы нагнетательных магистралей, 9 и 14 – манометры, 12 – ёмкость для смешивания компонентов, 13 – ротаметр



**Рис. 6.5.** Схема весового дозирования компонентов связующего: 1 – ёмкость со смолой, 2 – фильтр, 3 – насосы, 4 – автоматические весы, 5 – ёмкость для приготовления связующего, 6 – электромагнитные клапаны, 7 – расходные ёмкости для связующего, 8 – поплавковые датчики, 9 – приводы насосов

из-за пульсирующей работы таких насосов связующее поступает через форсунки смесителя недостаточно равномерно. Ритмичную подачу обеспечивают шестеренные насосы, производительность которых зависит от частоты вращения вала привода (от 150 до 1500 об/мин).

Наряду с установками непрерывного объёмного дозирования в плитном производстве используются установки периодического действия с весовым дозированием. В такой установке (рис. 6.5) ёмкость 5 с мешалкой установлена на платформе автоматических весов 4. В соответствии с выбранным рецептом в ёмкость закачиваются смола, отвердитель, вода и другие компоненты. Полученное в результате перемешивания связующее подаётся шестерен-



**Рис. 6.6.** Схема гравиметрической клееприготовительной установки в производстве MDF. Подача компонентов: 1 – расплавленный парафин, 2 – смола-сырец, 3 – добавка, 4 – вода, 5 – отвердитель, 18 – подача парафина к рафинёру, 19 – подача связующего в трубопровод для волокна. Узлы: 6 – ёмкость для отвердителя, 7 и 16 – насосы, 8, Юн 13 – вентили, 9 и 15 – промежуточные ёмкости, 11 и 14 – весы, 12 – ёмкость для смешивания, 17 – смесительный модуль

ными насосами в расходные ёмкости 7. После полного опорожнения ёмкости 5 можно выбирать рецепт для другого слоя плиты.

В производстве волокнистых плит смешивание компонентов клея может быть объёмным или гравиметрическим. На гравиметрических установках точность дозирования более высокая – до 0,5% и можно отмерять каждый компонент по отдельности. Система, представленная на рисунке 6.6, применяется для изготовления плит MDF на предприятиях с мощностью до 1500 кубометров в день. На такой компактной установке (её размеры 2×1,5×4,5 м) предусмотрено до девяти дозирующих весов, что позволяет отмерять одновременно восемь компонентов.

Рисунок 6.7 даёт представление о том, как выглядит современная клееприготовительная установка для получения связующего нужной концентрации и вязкости путём дозированного смешения смолы, химических добавок и воды.

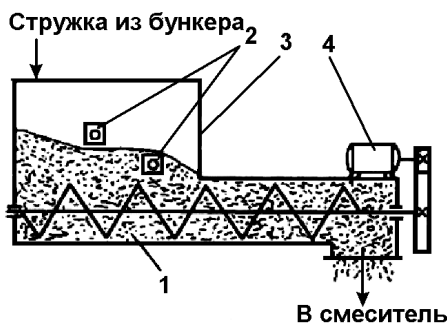


**Рис. 6.7.** Клееприготовительный участок в современном плитном производстве (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

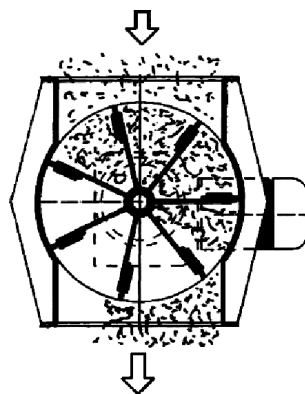
## 6.2 Дозирование сыпучего материала

Чтобы обеспечить требуемое соотношение между массой древесных частиц и массой связующего, необходимо постоянно дозировать компоненты перед смешиванием. Дозирование стружечной или волокнистой массы может быть объёмным, весовым или комбинированным.

По объёму дозируют щепу, подаваемую в стружечные станки; стружку, подаваемую в дробилки для доизмельчения; сырую стружку, подаваемую в сушилки. Весьма удачной конструкцией объёмного дозатора является шнековый питатель (рис. 6.8). Оптимальная частота вращения шнека с приводом от двигателя постоянного тока составляет 25-40 об/мин, вместимость питателя 0,8–1,0 кубометров, степень заполнения контролируется датчиками уровня. Применяются дозаторы и других конструкций: ленточные, барабанные (рис. 6.9), тарельчатые, электровибрационные.



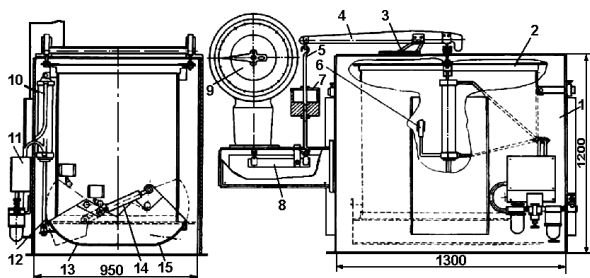
**Рис. 6.8.** Схема шнекового питателя для стружки: 1 – винтовой транспортёр, 2 – датчики уровня, 3 – стенки бунке-рапитателя, 4 – привод винтового транспортёра



**Рис. 6.9.** Барабан для объёмного дозирования стружки

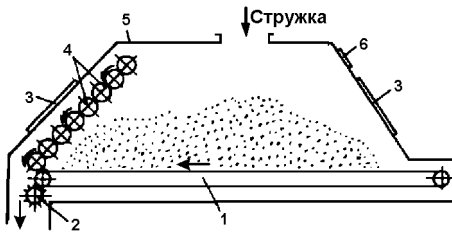
Объём насыпной стружечной массы зависит от многих факторов: от формы и размеров частиц, породы древесины и её фракционного состава. В силу этого погрешность объёмного дози-

рования колеблется в пределах 20-50%. На участке смешивания древесных частиц со связующим погрешность дозирования не должна превышать 4%, поэтому при подаче стружки в смеситель и формировании ковра применяют весовое дозирование. Для этого используют весы порционного или непрерывного действия, настраиваемые на массу отвешиваемой порции и продолжительность цикла отвешивания. Цикл рассчитывается в секундах исходя из часового расхода насыпного материала в данном потоке (см. главу 12). Автоматические порционные весы обычно имеют ковш, створки которого открываются при достижении заданного веса. Точность дозирования составляет  $\pm 2\%$ . У изображённых на рисунке 6.10 ковшовых весов производительность до 30 т/ч при ёмкости ковша  $0,69 \text{ м}^3$  и массе порции от 20 до 240 кг.



**Рис. 6.10.** Ковшовые весы: 1 – кожух, 2 – ковш  
весов, 3 – несущий узел, 4 – тяга, 5- рычаг, 6 – пневмофильтр, 7- тарник,  
8 – рычажная система весов, 9 – циферблат, 10 – пневмоцилиндр,  
11 – пневмораспределитель, 12 – шток пневмоцилиндра,  
13 и 15 – створки ковша, 14 – рычаг

Порционные весы сопряжены с винтовым транспортёром, который останавливается, как только на весы поступает заданная масса. Из весов стружка выходит порциями, а в смеситель она должна поступать непрерывно. Поэтому перед смесителем устанавливают ещё и выравнивающий бункер-питатель (рис. 6.11). Скорость движения донного транспортёра устанавливается такой, чтобы при расчётном расходе слой стружки на нём составлял примерно треть высоты бункера. Действие современных электро-тензометрических весов основано на изменении омического сопротивления проволочного датчика: весы срабатывают, когда



**Рис. 6.11.** Бункер-питатель для непрерывной подачи стружки в смеситель:

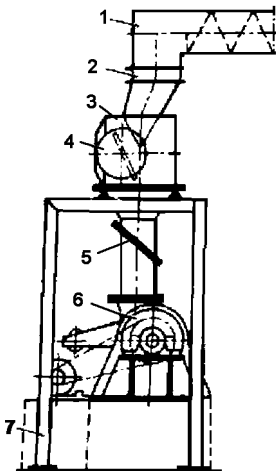
- 1 – донный цепной транспортёр, 2 – щёточный валец, 3 – дверь, 4 – зубчатые вальцы, 5 – корпус, 6 – противопожарный клапан

перед смесителем. Соблюдение заданного соотношения между массой стружки и массой связующего обеспечивает установленная в потокомере наклонная пластина: угол её поворота меняется под напором потока стружки. При отклонении пластины от номинального положения формируется сигнал на уменьшение

проволака растягивается под тяжестью отмеряемой массы стружки. Удобство этих приборов в том, что показания нескольких весов можно отслеживать с единого контрольного пульта.

или увеличения подачи связующего в смеситель, и таким образом автоматически поддерживается требуемое соотношение смола: стружка).

На рисунке 6.12 схематически показано применение потокомера (устройства, измеряющего расход стружки) непосредственно перед смесителем. Соблюдение заданного соотношения между массой стружки и массой связующего обеспечивает установленная в потокомере наклонная пластина: угол её поворота меняется под напором потока стружки. При отклонении пластины от номинального положения формируется сигнал на уменьшение



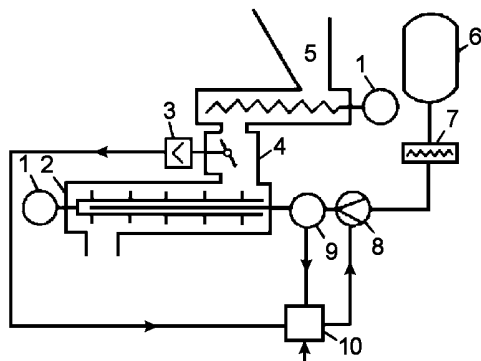
**Рис. 6.12.** Схема применения потокомера перед смесителем:

- 1 – винтовой питатель, 2 – пружинная манжета, 3 – корпус, 4 – потокомер, 5 – прижимный фланец, 6 – смеситель, 7 – опорная конструкция

или увеличения подачи связующего в смеситель, и таким образом автоматически поддерживается требуемое соотношение смола: стружка.

Принципиальная схема компоновки подобных устройств дана на рисунке 6.13. В этой системе электрический сигнал измерительного устройства с усилителя 3 пропорционален количеству поступающей стружки. Расходомер 9 определяет фактическое количество связующего, сравнивает его с заданным и при их несовпадении посылает сигнал для автоматического изменения производительности насоса 8. Для стабильной работы

системы очень важно добиться равномерной подачи стружки в потокомер.

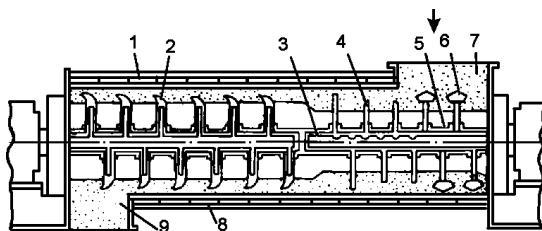


**Рис. 6.13.** Принципиальная схема компоновки устройства для дозирования стружки и связующего: 1 – электродвигатели, 2 – смеситель, 3 – усилитель электрического сигнала, 4 – потокомер стружки, 5 – винтовой питатель для подачи стружки, 6 – расходный бак для связующего, 7 – фильтр, 8 – насос, 9 – счётчик расхода смолы, 10 – регулятор соотношения стружки и связующего

### 6.3 Смешивание стружки и связующего

Смешивание насыпного и жидкого компонентов, то есть получение осмолённой стружки происходит в смесителях непрерывного действия. Ранее на заводах с отечественным оборудованием использовались громоздкие смесители шестиметровой длины, в которых связующее расплывалось через ряд форсунок, число которых достигало 36 и каждая была связана с дозировочным насосом, а стружка перемешивалась лопастным валом. Из-за недостаточной производительности и неудобства в эксплуатации эти установки были вытеснены более быстродействующими и компактными смесителями.

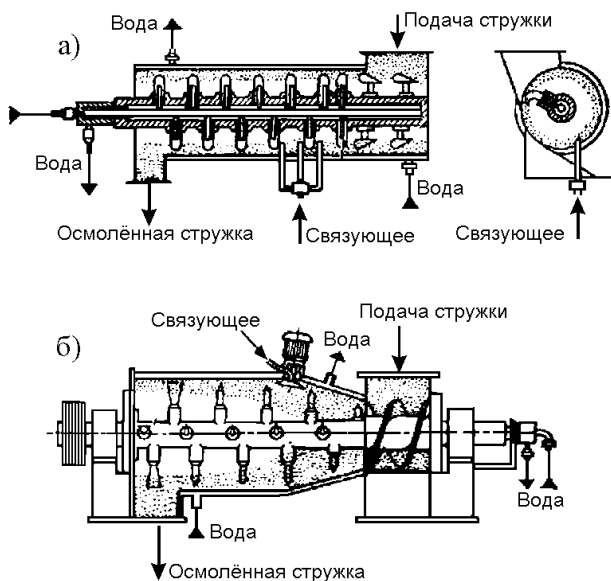
Современные смесители подразделяются на машины с внутренним и внешним вводом связующего. При подаче жидкого компонента изнутри стружка попадает в смеситель (рис. 6.14) через загрузочную воронку 7, расположенную тангенциально к цилиндрической камере. Разбрасывающие лопасти 6, вращаясь, придают стружечной массе форму цилиндра, который движется



**Рис. 6.14.** Схема высокооборотного смесителя с вводом связующего через внутренний вал: 1 – корпус, 2 – «размазывающие» лопасти, 3 – пустотелый вал, 4 – форсунки, 5 – муфта, 6 – разбрасывающие лопасти, 7 – загрузочная воронка, 8 – охлаждающая рубашка, 9 – разгрузочная воронка

поступательно. Связующее подаётся в смеситель через пустотелый вал 3, на котором устроены форсунки 4 различной длины. Под действием центробежных сил (частота вращения вала до 1220 об/мин) клей разбрасывается на стружечную массу, и благодаря различной длине форсунок при этом осмоляются все её фракции (чем крупнее частица, тем дальше её уносит от оси вращения). Осмолённая стружка продвигается в другую зону, где перемешивается лопастями 2, форма которых способствует размазыванию связующего и передаче его излишков на соседние частицы. Пропитанная клеем стружечная масса выходит через разгрузочную воронку 9, также тангенциально расположенную к барабану.

Скорость выхода частиц и степень заполнения барабана можно регулировать выходной заслонкой с грузом, открывающейся под действием соответствующего давления проклеиваемой массы. Регулируются также угол поворота лопастей и зазор между ними и барабаном. Корпус смесителя и быстроходный вал снабжены водяной рубашкой. Температура воды на входе не более 12 °С, на выходе 14-17 °С. Охлаждение предотвращает преждевременное отверждение связующего и сопровождается конденсацией влаги на внутренней стенке барабана и его лопастях. Это ослабляет налипание связующего на рабочие органы смесителя, упрощает его очистку и уменьшает трение стружки о металл. Чтобы ещё больше снизить трение, в смеситель вводят парафиновую эмульсию (вместе с клеем или отдельно) – для этого достаточно 0,2-процентной (по массе абсолютно сухой стружки) добавки парафина.



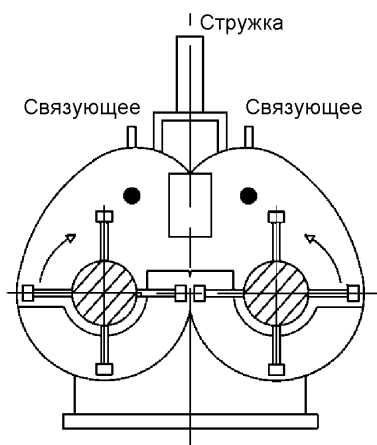
**Рис. 6.15.** Смесители с наружным вводом связующего: а – российского производства, б – производства ФРГ

В смесителях с внутренней подачей связующего применены наиболее простые и рациональные принципы фракционирования, отдельного осмоления стружки разного размера, её перемалывания. Центробежный метод распыления позволяет получать тонкодисперсную туманообразную взвесь с размером капель от 2 до 40 мкм при диаметре сопел 4-5 мм. Надлежащее качество распыления выдерживается в широком диапазоне расхода связующего, от 560 до 1700 г/мин. Скорость движения сыпучей массы составляет 8–12 м/с, и стружка находится в смесителе всего несколько секунд. Наблюдения показали, что у крупных частиц (фракция 7/3) степень покрытия составляет 60-80%, у мелкой фракции (7/1) доходит до 90% и у пыли равна 100%. Древесные частицы при этом дополнительно измельчаются.

Уход за смесителями с внутренним вводом связующего довольно сложен, к тому же крупные частицы осмоляются в них не полностью. Это обуславливает более широкое использование смесителей с наружным вводом. У модели, изображённой на

рисунке 6.15 вверху, внутри цилиндрического корпуса имеются вал с лопастями и устройство для распределения связующего, подаваемого снаружи. Сыпучая масса поступает по касательной и спиралеобразным потоком перемещается в зону распыления жидкого компонента, а затем в зону перемешивания. Связующее под небольшим давлением подаётся через трубки, и струйки его дробятся быстро летящими частицами древесины, с которых излишки клея скатываются по инерции, не успев впитаться.

Конструкция смесителей с такой подачей связующего (в тангенциальном направлении через трубки) очень проста, их вал и корпус хорошо охлаждаются, а жидкие компоненты можно вводить отдельно. Однако в смесителях этой модели древесные частицы дополнительно измельчаются на входе и в зоне подводящих трубок, что нежелательно для стружки внутреннего слоя. Этот недостаток несколько смягчён в модели, представленной на том же рисунке внизу. Её смесительный барабан имеет три зоны: первая - цилиндрической формы небольшого диаметра, вторая – конической формы и третья - цилиндрической формы большого диаметра. В первой зоне стружка приобретает небольшую окружную скорость и винтовыми лопастями перемещается в коническую зону, где окружная скорость движения частиц постепенно



**Рис. 6.16.** Принципиальная схема двухкамерного смесителя

возрастает, достигая максимума в третьей зоне. На границе второй и третьей зон предусмотрен дисковый центробежный распылитель для подачи связующего. Щель между дисками распылителя чрезвычайно узкая, благодаря чему обеспечивается высокая дисперсность связующего.

Двухкамерный смеситель (рис. 6.16) обеспечивает лучшее качество осмоления стружки. Стружка засыпается в него сверху через патрубков, по центру, а клей – через две верхние горизонтальные

трубки. В результате встречного вращения двух лопастных валов стружка и клей, интенсивно перемешиваясь, движутся к выходному отверстию «по восьмёрке», так что путь, который проходит стружечная масса в процессе нанесения на неё клея, получается достаточно большим при сравнительно малой длине смесителя.

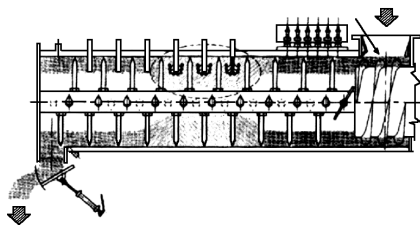
Смешивание стружки с изоцианатным связующим, расходуемым в сравнительно меньших количествах, имеет свои особенности. Специальные замеры показали, что один кубометр стружки характеризуется примерно 6000 м<sup>2</sup> поверхности, которую требуется намазать клеем. При двухпроцентной дозировке клея его расход составит примерно 2 г/м<sup>2</sup>. Надёжным является дозирование смеси изоцианатного клея с водой в соотношении 1: 1 при помощи плунжерных насосов высокого давления. Такая смесь стабильна всего несколько секунд, но этого достаточно для смачивания стружки в двухкамерном тихоходном смесителе, где форсунки обеспечивают очень мелкое распыление жидкости.

Крупноразмерную стружку для плит OSB осмоляют в специальных смесителях. Один из них схематически изображён на рисунке 6.17. Камера у него более объёмная, чем у рассмотренных выше установок, а частота вращения лопастного вала меньше. Вследствие этого на осмоление стружки времени требуется в пять-семь раз больше.

Стружка подаётся на винтовой транспортёр, что исключает ударные нагрузки на материал и, как следствие, предотвращает нежелательное измельчение крупных частиц. В смеситель можно загружать как жидкий, так и порошкообразный клей.

При изготовлении волокнистых плит мокрым способом древесные частицы осмоляются путём впрыскивания смолы через форсунки в поток сырого волокна.

Первоначально древесное волокно для плит MDF осмоляли в барабанных смесителях – как при производстве ДСтП. Однако



**Рис. 6.17.** Смеситель для осмоления крупной плоской стружки в производстве OSB

это нередко приводило к образованию смоляных пятен, которые обнаруживались только при лакировании плит. Усовершенствованием конструкции лопастей мешалки и подбором оптимальной вязкости клея удалось устранить этот недостаток. Остался другой: относительно сильно высушенное перед формированием ковра волокно при смешивании с водорастворимыми смолами опять существенно увлажняется. Преимущество же этого способа в том, что при использовании смесителей исключается высушивание связующего в сушилке и нет потерь клея из-за его преждевременного отверждения. Кроме того, при смешивании сухого волокна с карбамидными смолами не происходит выделения свободного формальдегида в сушилке. Сегодня, по крайней мере в Европе, при производстве ДВП сухим способом применяется исключительно осмоление сырого волокна в потоке, при его движении от рафинёра к сушилке. По этому методу клей распыляется через форсунки в поток волокна, движущегося в трубопроводе со скоростью 150-500 м/с, достижимой благодаря сужению трубопровода в месте расположения форсунок. Сопла, через которые проходит клей, устроены вертикально либо под углом к потоку. Имеются подобные устройства с несколькими дисковыми распылителями. Относительно холодный клей, распыляясь на горячее (с температурой 100-110 °С) волокно, получает своего рода тепловой удар. На поверхности волокон связующее вступает в контакт с органическими кислотами древесины, которые могут ускорить отверждение клея, что нежелательно. Кроме того, велика вероятность одновременной гидролитической деструкции полимера. Эти отрицательные явления можно смягчить, добавив щёлочь или меламина к карбамидной смоле.

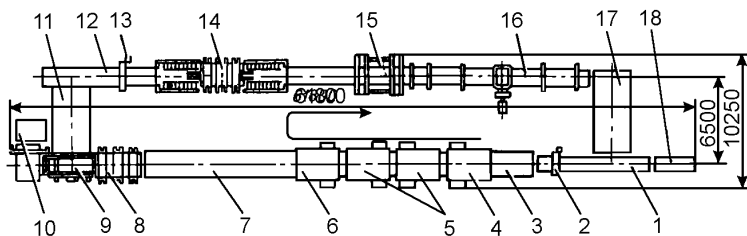
### 7.1 Структура главных конвейеров

Главные конвейеры предназначены для формирования стружечного или волокнистого ковра – в виде плоских пакетов или непрерывного полотна из измельчённой древесины, а также для его холодной подпрессовки и горячего прессования с получением плит.

Известны главные конвейеры следующих типов:

- с поддонами из жёстких металлических листов, сплошных или проницаемых;
- бесподдонные – с гибкой лентой, стальной или синтетической.

На производствах плитных материалов пока ещё больше распространены *конвейеры с жёсткими стальными поддонами*, подобные показанному на рисунке 7.1. Работая с ритмичностью



**Рис. 7.1.** Схема главного конвейера для формирования стружечного ковра и горячего прессования плит на жёстких металлических поддонах:

- 1, 7, 11, 12 и 17 – цепные транспортеры, 2 и 13 – дождевальные установки, 3 – формирующий конвейер, 4, 5 и 6 – формирующие машины, 8 – пресс для предварительной подпрессовки, 9 – контрольные весы, 10 – место хранения запасных поддонов, 14 – пресс горячего прессования с этажерками, 15 – отделитель плит от поддонов, 16 – камера охлаждения поддонов, 18 – роликовый транспортер

24 секунды, такой конвейер с многоярусным прессом обеспечивает годовой выпуск 70–100 тысяч кубометров трёхслойных ДСтП.

Через два входных транспортёра осмолённая стружка попадает в четыре формирующих машины. Стружечная масса, высыпаясь из первой машины, образует поток для нижнего слоя, из второй и третьей – для среднего, а четвёртая машина насыпает верхний наружный слой. Поддон под формирующими машинами предварительно очищается и смачивается холодной водой из дождевальной установки. Сформированный ковёр, пройдя холодную подпрессовку и весовой контроль, перемещается к загрузочной этажерке главного пресса. Двадцатиэтажный пресс оснащён симультантным (синхронизирующим) механизмом. Снятый с разгрузочной этажерки поддон отделяется от готовой плиты, и она подаётся к форматно-обрезному станку.

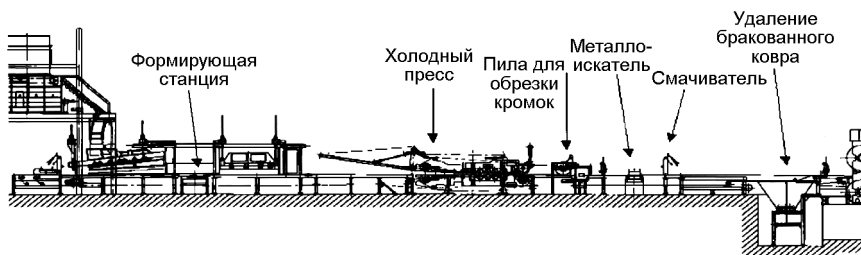
Все транспортёры главного конвейера имеют согласованный привод. Поддоны сделаны из дюралюминиевого проката (толщиной 4 мм) и имеют ограниченный срок службы – около трёх месяцев, поскольку эксплуатируются в условиях больших температурных перепадов, постоянно то нагреваясь в горячем прессе, то остывая вне его.

За рубежом широко распространён метод, при котором прессование ведётся *на гибких поддонах из стальной сетки* (толщина проволоки 0,25 мм) с передней транспортной планкой. Прочность таких листов на сжатие составляет 14–16 МПа, что значительно больше удельного давления прессования плит в горячем прессе. На такой линии подпрессовка ковра не требуется и можно изготавливать плиты малой плотности. Сетка облегчает удаление влаги и пара из пакетов, что ведёт к сокращению времени прессования. Срок службы поддона около двух лет.

При *бесподдонном прессовании* все механизмы главного конвейера расположены в одну линию. Стружечный ковёр формируется на ленте, собранной из синтетических поддонов, или же на сплошном синтетическом либо прорезиненном полотне ленточного транспортёра. При этом формируемые брикеты должны быть более прочными, что достигается сравнительно высоким давлением подпрессовки стружечного ковра. Чтобы сократить продолжительность цикла конвейера, в некоторых линиях перед загрузочной этажеркой пресса используют этажерку-накопитель.

По сравнению с изготовлением ДСтП на поддонах, прессование бесподдонным способом требует меньших энергозатрат и происходит быстрее, разнотолщинность получаемых плит меньше, однако требования к подготовке щепы и стружки выше. Для выпуска плит малой (менее  $550 \text{ кг/м}^3$ ) плотности бесподдонный способ не подходит.

На рисунке 7.2 показан главный конвейер, скомпонованный в виде бесподдонной линии на базе одноэтажного проходного пресса. Формируемый ковёр подвергается непрерывной подпрессовке в ленточном прессе и на той же ленте подаётся в горячий пресс. Прочная стальная лента натянута на барабаны, установленные перед форпрессом и за горячим прессом. При этом способе внешние нагрузки на ковёр минимальны. Подобные линии подходят для изготовления как MDF, так и стружечных плит, в том числе OSB.



**Рис. 7.2.** Схема главного конвейера в производстве MDF  
(иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

На ранних этапах развития бесподдонных технологий в одноэтажных установках практиковалось формирование ковра на тонкой стальной ленте толщиной 1,4–1,8 мм. У такой ленты температурное расширение  $1 \text{ мм/м}$  при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , и суммарное растяжение, составлявшее  $22 \text{ мм}$  для ленты длиной  $12,34 \text{ м}$  при  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ , компенсировалось натяжным барабаном. Чтобы уменьшить трение, на стальную ленту снизу наносили графитовую смазку. На такой ленте зачастую образовывались складки, устранение которых отнимало много времени и средств. Ленты из высокотемпературной ткани оказались более подходящими.

В производстве твёрдых ДВП (мокрым способом) в главный конвейер входят устройства для подачи волокнистой массы, для удаления влаги, в том числе путём создания вакуума и отжима в проходном прессе, для поперечного раскроя непрерывной ленты на форматированные заготовки и для подачи пакетов в горячий пресс.

В производстве изоляционных ДВП сформированные пакеты подаются непосредственно в сушилку, то есть не подвергаются горячему прессованию.

На рисунке 7.3 показана часть производственного потока по выпуску плит OSB. Достоинство такой компоновки – рациональное размещение оборудования: бункер сырой стружки находится



**Рис. 7.3.** Главный конвейер в производстве плит OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

непосредственно над сушильно-сортировочным участком, а бункер сухой стружки – над формирующей станцией, что позволяет обойтись существенно меньшей производственной площадью.

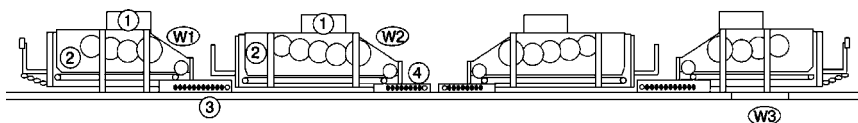
## 7.2 Формирование стружечного ковра

Формирование ковра есть дозированное и равномерное распределение осмолённых древесных частиц с целью обеспечить одинаковые толщину и прочность по всей площади готовой плиты. В производстве ДСтП эта операция выполняется на формирующих машинах с основными узлами в виде дозатора и питателя. Принцип работы следующий: транспортёр подаёт на весы осмолённую стружечную массу, и дозируемые порции её перио-

дически сбрасываются в питатель, откуда смесь высыпается на рабочую поверхность (ленту или поддон) главного конвейера, одновременно разравниваясь по всей её ширине.

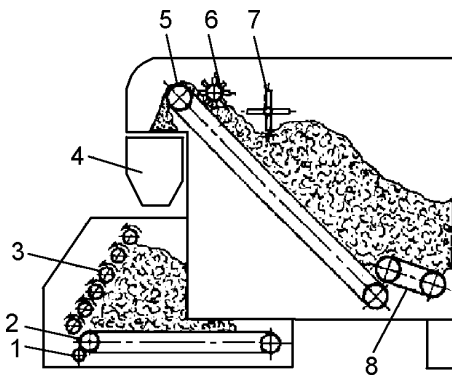
Осмолённую стружку можно хранить в резервном бункере и оттуда подавать в дозирующий бункер формирующей машины. Запасы в резервном бункере создаются с целью обеспечить бесперебойную работу главного конвейера даже при кратковременных остановках отдельных агрегатов. Объём резервного бункера подбирается с учётом того, что срок хранения осмолённой стружки не более двух-четырёх часов. Выходящий из резервного бункера материал дополнительно перемешивается. Современные дозирующие бункеры в основном горизонтальные, и стружка высыпается из них по всей ширине ковra.

На линиях по выпуску трёхслойных ДСтП ставят последовательно четыре формирующих машины: две крайние формируют наружные слои, а центральные - внутренний слой плиты (рис. 7.4).



**Рис. 7.4.** Схема формирования трёхслойного древесностружечного ковra четырьмя формирующими машинами: 1 - подающий конвейер, 2 – бункер для осмолённой стружки, 3 – головки, формирующие наружный слой, 4 – головки, формирующие средний слой; W1 и W2 – рентгеновский контроль насыпной плотности ковra, W3 – весовой контроль массы ковra (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

Качество формирования ковra оценивают исходя из равномерности распределения стружечной массы по его площади. В современных линиях насыпную плотность ковra контролируют автоматически, бесконтактными способами, например с помощью рентгеновского аппарата. На выходе из формирующей станции обычно устанавливают весы для контроля массы трёхслойного ковra. Если отклонения превышают допустимые значения, брако-



**Рис. 7.5.** Схема формирующей машины: 1 – щёточный валец для очистки ленты донного транспортёра, 2 – цепно-ленточный транспортёр питателя, 3 – зубчатые вальцы, 4 – ковшовые весы, 5 – цепноленточный транспортер дозатора, 6 – дозирующий игольчатый валец, 7 – отбрасывающий валец, 8 – козырёк

ванный ковёр сбрасывается в специальную шахту, а оттуда – в бункеры для среднего слоя. Такая процедура неизбежна при настройке формирующих машин на новую толщину продукции или при изменении породного состава сырья. Вариационный коэффициент распределения плотности по площади ковра не должен превышать 4–5%. Приемлемая точность дозирования возможна лишь при поддержании достаточного уровня стружки в дозирующем бункере.

В линиях отечественного производства установлены дозирующие машины (рис. 7.5), в комплект которых входят бункер-накопитель, разравнивающий бункер и расположенные между ними порционные весы, настраиваемые на нужный расход стружки (отдельно по каждому слою).

На конечной стадии формирования стружечного ковра дозирование ведётся по объёму, а не по весу. Объёмный расход определяется в основном скоростью донного транспортёра и просветом между его несущей поверхностью и разравнивающим вальцом.

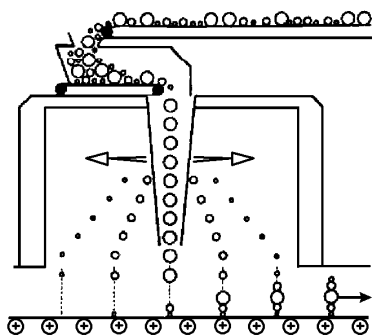
Для качественной насыпки ковра применяют пневматическое или механическое фракционирование частиц, которое позволяет получать плиты с плавным, без резких переходов, распределением частиц по толщине изделия: самые мелкие оказываются в поверхностных слоях, а самые крупные в середине.

Сущность пневматического фракционирования наглядно представлена на рисунке 7.6. Частицы стружки переносятся горизонтальными потоками воздуха на расстояние, обусловленное их массой и размерами: наиболее мелкие отлетают дальше и оказы-

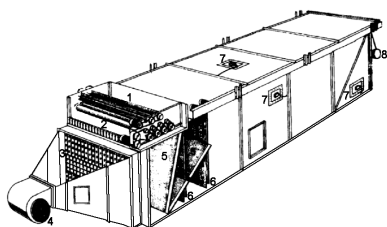
ваются во внешних слоях ковра. При механическом фракционировании частицы из дозирующего бункера попадают на разбрасывающие вальцы и отбрасываются на расстояние, пропорциональное их массе. В противоположность пневматическому фракционированию, в этом случае дальше улетают более крупные частицы.

В некоторых формирующих машинах оба способа фракционирования комбинируются. Например, в системе, представленной на рисунке 7.7, стружка высыпается из дозирующего бункера на ряд горизонтальных вальцов, которые предварительно сепарируют частицы механически, благодаря чему дальнейший расход воздуха удаётся снизить примерно вдвое.

В установке для формирования стружечного ковра, представленной на рисунке 7.8, используется особо точная система рассеивания стружки, объединяющая в себе достоинства механического и пневматического сепарирования и позволяющая равномерно настлать ковёр при сравнительно низких производственных расходах. Осмолённая стружечная масса высыпается на качающийся ленточный транспортёр 7, а с него – в сепаратор 2, между дисками которого может просеиваться только мелкая стружка, а остающиеся сверху крупные частицы попадают на продольный шнек и удаляются. Кондиционная стружка далее поступает на донный транспортёр дозирующего бункера 3. Донный транспортёр является частью встроенных весов 4, по по-

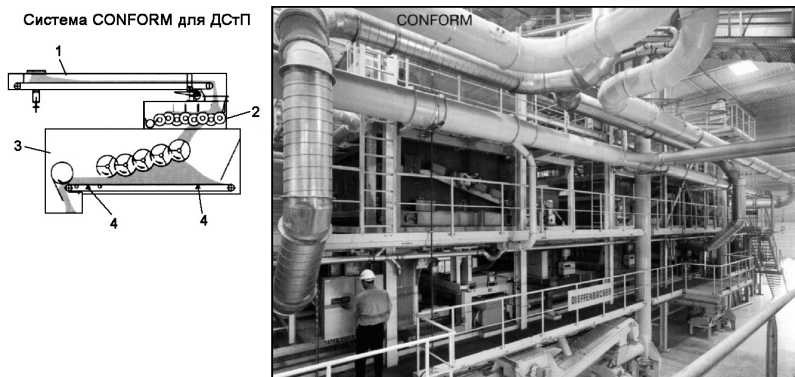


**Рис. 7.6.** Принципиальная схема пневмосепарации древесных частиц



**Рис. 7.7.** Формирующая машина с механическим и пневматическим фракционированием стружки:

- 1 – подача стружки, 2 – распределительные вальцы, 3 – регистр,
- 4 – вентилятор, 5 и 6 – переставляемые сита и рассеивающие решётки,
- 7 – контрольные приборы

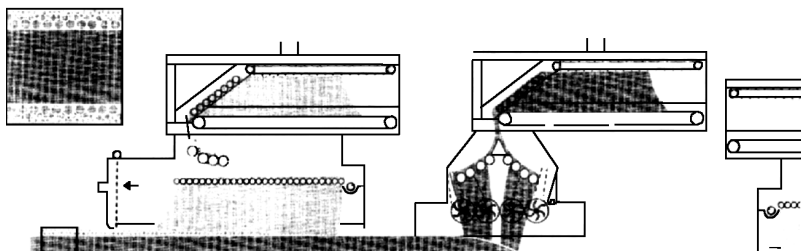


**Рис. 7.8.** Принципиальная схема формирующей машины и общий вид участка формирования ковра. 1 – качающийся транспортёр, 2 – роликовый сепаратор, 3 – дозирующий бункер, 4 – встроенные весы (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

казаниям которых быстро, плавно и с большой точностью регулируется скорость движения потока стружки. Таким образом выдерживается нужный расход осмолённой массы в единицу времени и обеспечивается оптимальная плотность наружных или внутреннего слоев изготавливаемых плит. Бункер 3 одновременно служит буферной ёмкостью, которая позволяет некоторое время поддерживать процесс равномерного формирования ковра, даже если подача осмолённой стружки на транспортёр 1 по каким-то причинам прерывается.

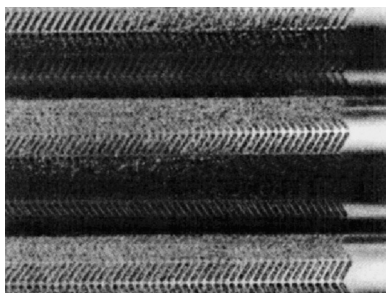
При использовании дополнительной пневмосепарации частиц качество формирования ковра во многом зависит от длины донного транспортёра, степени разрыхления осмолённой стружки, равномерности её подачи. Пневмосепарирование требует исключительно точного регулирования расхода воздуха и скорости его истечения, иначе в готовой плите возможны помутнения, то есть зоны с очень тесным расположением частиц. Вероятность такого дефекта особенно велика при большом расходе стружки. Проблему помогают решить встроенные сита с неодинаковыми ячейками: возникающие в таких ситах небольшие завихрения воздуха способствуют выравниванию скорости оседания частиц на формирующей ленте.

Сепарирование целесообразно применять лишь для наружных слоев. В машине, устройстве которой схематически показано на рисунке 7.9, при формировании среднего слоя стружка высыпается на вращающиеся встречно игольчатые вальцы и, проходя между ними, равномерно распределяется по ширине на-



**Рис. 7.9.** Роликовая формирующая машина для наружных слоев в комплекте с механической рассеивающей головкой для среднего слоя

стилаемого ковра. Наружные слои формируются в данном случае из стружки, проходящей через роликовый сепаратор, который фракционирует частицы механическим способом. Роликовая рассеивающая головка в качестве сепаратора способна делить массу не на две фракции (кондиционная – некондиционная стружка), а на 5-10 фракций. Поверхность у роликов в таком сепараторе делается рельефной (рис. 7.10). Количество стружки, пропускаемой между роликами, строго обусловлено шириной просвета между ними, вследствие чего на ленте конвейера образуется слой строго определённой толщины и плотности.



**Рис. 7.10.** Структурированные ролики рассеивающей головки (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

На рисунке 7.11 показана часть формирующей станции подобного типа, а именно участок формирования последнего (верхнего наружного) слоя трёхслойной ДСтП. Посредством дозирующего вальца осмолённая стружка пересыпается с донной ленты на ро-

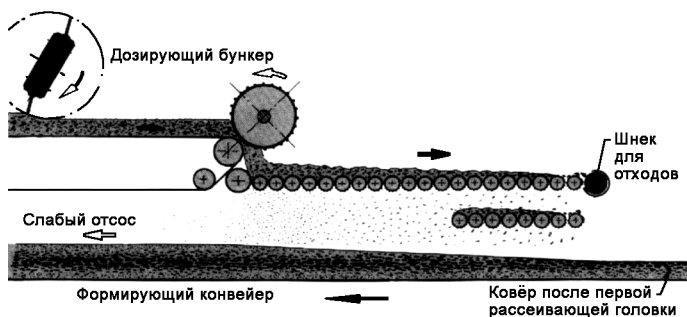


Рис. 7.11. Схема формирования наружного слоя ДСтП

ликовый сепаратор, который фракционирует частицы механически. В пространство под ним подаётся слабый воздушный поток, в котором наиболее мелкие частицы перемещаются в самый верхний слой стружечного ковра. Чрезмерно крупные частицы остаются на роликах и удаляются шнеком в отходы.

На рисунке 7.12 показаны схемы двух формирующих машин. Изображение слева относится к насыпанию наружных слоев ДСтП. Частицы сепарируются пневматически, при этом крупная

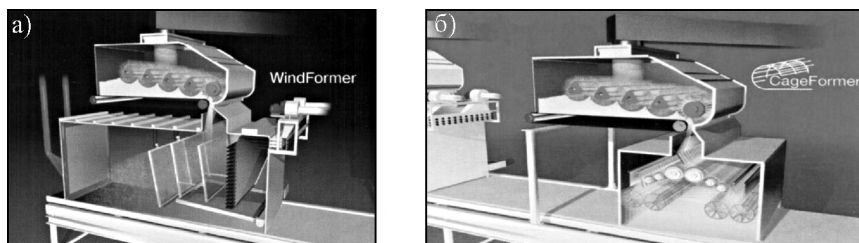
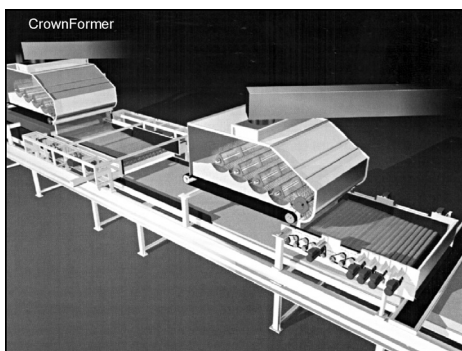


Рис. 7.12. Схемы машин для формирования наружных (а) и внутреннего (б) слоев ДСтП (иллюстрации предоставлены фирмой Siempelkamp)

стружка оседает в передней части пневмокамеры, а мелкая попадает в заднюю. Поток воздуха регулируется как целиком, так и по отдельным каналам. Часть сит оснащена вибраторами, что обеспечивает оптимальное распределение стружки – точную гранулометрическую сепарацию. Излишне крупная фракция остаётся на отдельном вибросите и удаляется шнеком. В машине для формирования внутреннего слоя (на этом рисунке она справа) имеет-

ся механическая рассеивающая головка с подающими вальцами и двумя парами распределительных сеточных вальцов. Стружечная масса, высыпаемая без сепарации частиц, образует равномерный средний слой на ленте конвейера. Производительность таких машин 90–170 кубометров в час. В линии по изготовлению трёхслойных стружечных плит с мелкоструктурной поверхностью и плотной структурой среднего слоя ставят по две машины каждого типа.

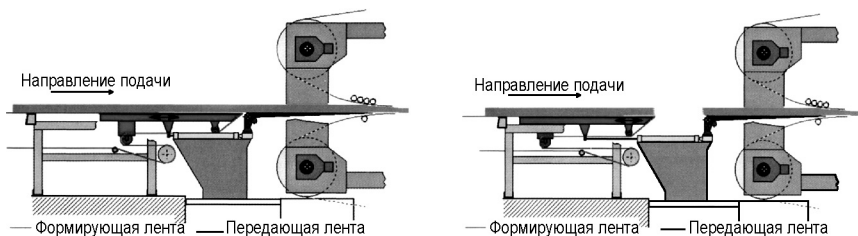
На рисунке 7.13 изображена формирующая установка с зубчато-вальцовыми рассеивающими головками. В машине для насыпания наружных слоев ряд верхних вальцов служит для предварительной сепарации стружки. Здесь поток разравнивается по всей ширине настила и сбрасывается на ряд нижних зубчатых (профилированных) вальцов, число которых определяется требуемой производительностью машины. Дифференцированный просвет между вальцами создаёт условие для сепарации частиц: мелкая фракция оказывается в наружном слое, а крупная - в среднем. Слабый поток воздуха под зубчатыми вальцами поддерживает этот процесс. Частицы, размеры которых больше, чем просвет между вальцами, остаются сверху и попадают на специальный поперечный шнек, через который удаляются в зону внутреннего слоя. Машина этой же системы, предназначенная для формирования внутреннего слоя, отличается тем, что стружка здесь рассеивается через ряд вальцов с однородной поверхностью. Одновременно благодаря этому в средний слой попадает достаточное количество мелкой фракции, что повышает прочность плиты на отрыв поперёк пласти. Такую машину для внутреннего слоя можно скомбинировать с машиной для наружного слоя, показанной



**Рис. 7.13.** Схема установки с зубчато-вальцовыми головками для формирования среднего (левая головка) и наружного слоев стружечных плит (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

на рисунке 7.12. На установках, объединяющих преимущества обоих типов машин, можно выпускать ДСтП с мелкоструктурной поверхностью, плотными кромками и высокой прочностью на отрыв поперёк пласти. Насыпание ковра ведётся с производительностью от 60 до 200 м<sup>3</sup>/ч на один метр ширины формирования. Для более мощных линий можно использовать вдвоенные формирующие машины, при этом дополнительные бункеры и подающие транспортёры не требуются.

Готовый ковёр поступает на холодную подпрессовку. Перед этим его иногда требуется разорвать, например, чтобы отделить бракованный участок. Для этой цели можно использовать специальное устройство с реверсивной кареткой: при движении её назад происходит разрыв ковра, поскольку его передняя часть зажата лентой холодного пресса (рис. 7.14).



**Рис. 7.14.** Схема устройства для разрыва стружечного ковра перед холодной подпрессовкой (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

В производстве плит OSB формирование ковра сочетается с ориентированием частиц, то есть укладкой их по длине в одном направлении. Прочность плит в этом направлении увеличивается примерно наполовину, тогда как в поперечном она уменьшается не столь значительно (до 10%).

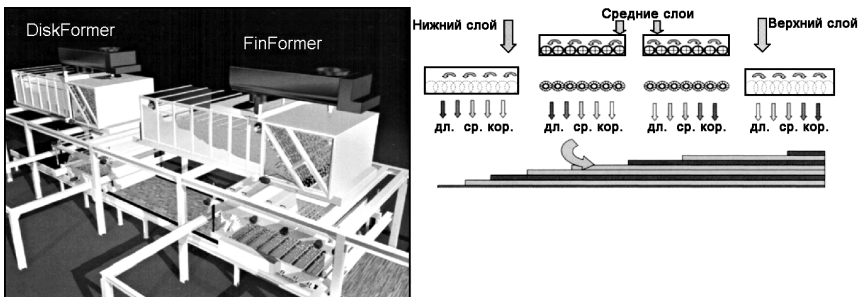
На рисунке 7.15 показана рабочая головка формирующей машины при насыпании верхнего наружного слоя плит OSB. Видно, что частицы ориентируются в продольном направлении. Для получения плит со средним слоем, имеющим поперечное расположение частиц, требуется как минимум три рассеивающих головки.

Формирующая машина укладывает самую длинную стружку (до 80 мм) в наружные слои плиты, а мелкую - во внутренний



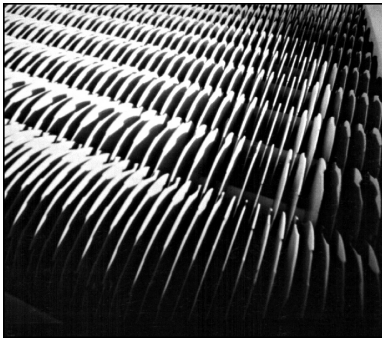
**Рис. 7.15.** Рассеивающая головка формирующей машины в производстве плит OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

слой (рис. 7.16). Ориентирующее устройство состоит из тонких дисков, которые при вращении в потоке падающих частиц упо-



**Рис. 7.16.** Компонка (слева) формирующих машин и схема процесса насыпания слоев из крупной стружки при изготовлении OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

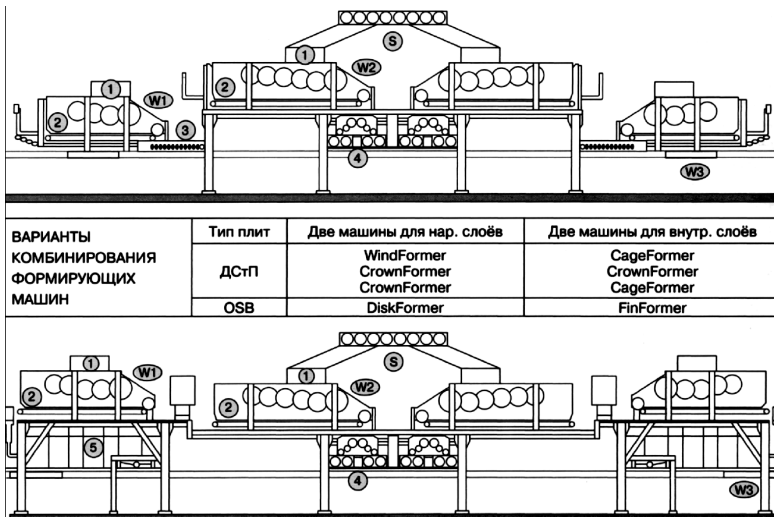
рядочивают движение последних (рис. 7.17). Первая и четвёртая машины формируют наружные слои плиты, располагая стружку вдоль движения ковра, а вторая и третья укладывают средний



**Рис. 7.17.** Дисковое устройство для ориентированной укладки крупной стружки при изготовлении OSB (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

слой с поперечным расположением частиц. Каждую из формирующих машин можно настраивать по высоте и наклону подающего транспортёра. Производительность машин такого типа от 195 до 400 м<sup>3</sup>/ч на один метр ширины формируемого ковра.

Различные возможности компоновки формирующих станций в производстве высококачественных стружечных плит – как ДСтП, так и OSB – с использованием разных моделей машин представлены на рисунке 7.18.



**Рис. 7.18.** Варианты комбинирования формирующих машин: 1 – подающий транспортёр, 2 – бункер для осмолённой стружки, 3 – рассеивающая головка для наружного слоя, 4 – рассеивающая головка для внутреннего слоя, 5 – головка с пневмосепарацией для формирования наружного слоя; W1 и W2- система контроля на-сыпной плотности ковра, W3 – весовой контроль массы ковра, S – окно для наблюдения за поступлением ос-молённой стружки (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

### 7.3 Формирование волокнистого ковра

Формирующие машины, применяемые в производстве волокнистых плит, имеют свои особенности. При изготовлении плит сухим способом волокнистый ковёр образуется на машине с движущейся сеткой и формирующими головками. Осаждение, свейлачивание и уплотнение достигаются путём создания вакуума под сеткой каждой формирующей головки. Калибрующие валики удаляют излишки волокна с поверхности ковра в циклоны над формирующими головками.

В установках, применяемых в США с 60-х годов (рис. 7.19), на движущуюся ленту конвейера, под которой устроена вакуумная система, из рассеивающих головок насыпается один или несколько слоев волокнистой массы. Она выравнивается по всей ширине настила маятниковым устройством. Вакуумный отсос обеспечивает фиксацию волокна на сеточном полотне, а постоянная толщина ковра выдерживается благодаря верхнему гребенчатому вальцу. Излишняя масса возвращается в бункер для сухого волокна. При частоте колебаний маятника  $120 \text{ мин}^{-1}$  и скорости подачи ситового конвейера  $60 \text{ м/мин}$  производительность установки составляет до 300 тонн в сутки. Для получения трёхслойных волокнистых плит с наружными слоями из мелкой фракции можно установить в линии несколько машин.

На рисунке 7.20 показана схема формирования волокнистого ковра при изготовлении плит MDF. Поток сухого осмолённого волокна поступает в горизонтальный бункер, где для разрушения возможных комков и обеспечения однородности (гомогенности)

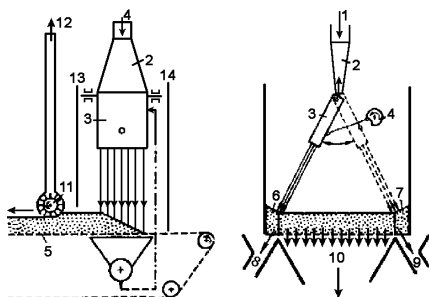
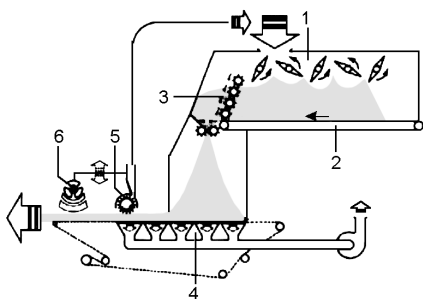


Рис. 7.19. Схема установки для формирования волокнистого ковра: 1 – подача материала, 2 – бункер, 3 – маятниковый рассеиватель, 4 – привод маятника, 5 – ситовая лента, 6 и 7 – излишняя масса волокна; 8 и 9 – отсасывающие трубы, 10 – вакуумный отсос, 11 – гребенчатый валец, 12 – удаление излишнего материала, 13 и 14 – стенки шахты



**Рис. 7.20.** Схема формирующей машины для производства MDF:

- 1 – горизонтальный бункер для волокна,
- 2 – донный транспортёр, 3 – шипованные вальцы, 4 – конвейер для формирования ковра, 5 – гребенчатый валец для выравнивания поверхности ковра, 6 – изотопный плотномер (денсиметр)

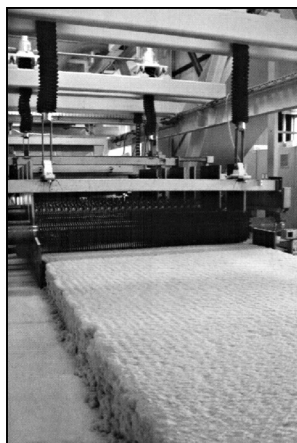
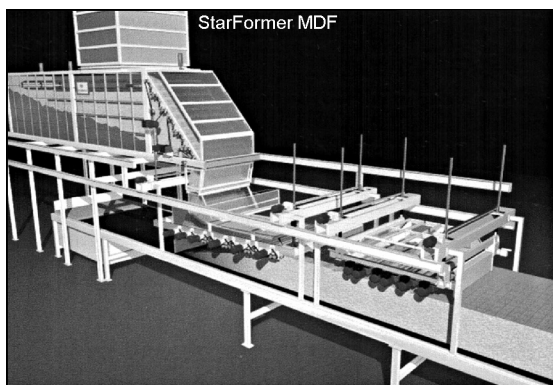
лённую толщину ковра: валец сопряжён с изотопным плотномером и, следуя его сигналам, может подниматься или опускаться, обеспечивая толщину насыпной массы в заданных пределах. Излишки волокна отправляются в горизонтальный бункер.



**Рис. 7.21.** Общий вид установки для формирования волокнистого ковра в производстве MDF (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

волокнистой массы предусмотрены вращающиеся навстречу друг другу шипованные вальцы. Разрыхлённое ими волокно высыпается с донного транспортёра на формирующий конвейер, под которым устроена система отсоса воздуха. Под действием создаваемого таким образом вакуума ковёр прижимается к транспортной ленте и уплотняется, по мере того как из него удаляется воздух. Далее ковёр проходит под гребенчатым вальцом, положение которого отрегулировано на определённую толщину ковра: валец сопряжён с изотопным плотномером и, следуя его сигналам, может подниматься или опускаться, обеспечивая толщину насыпной массы в заданных пределах. Излишки волокна отправляются в горизонтальный бункер.

Современные машины для формирования волокнистого ковра (рис. 7.21) обеспечивают исключительно высокую точность насыпки. В установке, изображённой на рисунке 7.22, донный транспортёр подаёт материал в рассеивающую головку с зубчатыми вальцами встречного вращения. Расход волокна регулируется изменением расстояния между вальцами и частоты их вращения. Наклон и высоту рассеивающей головки тоже можно регулиро-

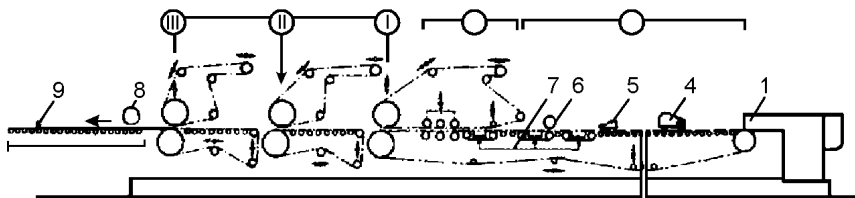


**Рис. 7.22.** Компононка формирующей машины в производстве MDF и внешний вид волокнистого ковра на выходе из неё (иллюстрации предоставлены фирмой Siempelkamp)

вать. Разравниватель, расположенный после рассеивающей головки и снабжённый различными выравнивающими вальцами, обеспечивает поддержание заданной массы ковра при любой его высоте и насыпной плотности материала. Производительность такой машины от 500 до 1000 м<sup>3</sup>/ч на один метр ширины настилаемого ковра.

При производстве ДВП мокрым способом ковёр формируется на отливной машине. Волокнистая масса обезвоживается в ней двумя путями: вода стекает сквозь сетку в ходе свободной фильтрации, а также отсасывается под действием вакуума и отжима (прессования). При этом взвешенные частицы соприкасаются, переплетаются и, в конечном счёте, сцепляются между собой – «свойлачиваются». Чем тоньше и длиннее волокна, тем больше площадь соприкосновения и сила сцепления между ними. Массовое соотношение между водой и древесиной составляет примерно 100: 1. После фильтрации через сетку доля древесины возрастает до 8-10%. Последующие отсос воды в условиях вакуума и механический отжим увеличивают долю волокон до 30–35% (то есть до относительной влажности 65–70%).

Отливные машины бывают периодического и непрерывного действия. На большинстве российских предприятий используются плоскосеточные отливные машины непрерывного действия (рис. 7.23). В таких машинах масса для формирования ковра поступает на бесконечную движущуюся сетку, по краям которой



**Рис. 7.23.** Схема плоскосеточной отливной машины непрерывного действия:

1 – напускной ящик, 2 – регистровый и отсасывающий участки, 3 – форпресс, 4 – вибратор, 5 – наливной ящик для облагораживающей массы, 6 – выравнивающий валик, 7 – ротабель, 8 – пила продольной резки, 9 – пила поперечной резки; I, II и III – прессовые валы

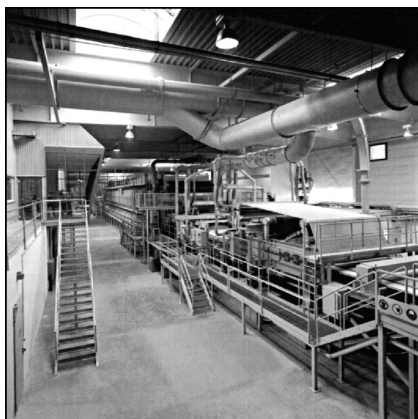
установлены ремни или металлические линейки, препятствующие растеканию массы, а над сеточной частью – вибратор в виде планки, совершающей вертикальные движения в слое жидкой массы для лучшего её распределения по плоскости сетки. Твёрдость ДВП и их внешний вид, в особенности качество лицевой поверхности, зависят от размера волокон, находящихся в наружном слое. При изготовлении плит с поверхностью под отделку рекомендуется на отливной машине устанавливать дополнительный наливной ящик для древесных частиц тончайшего помола – так называемой облагораживающей массы, не содержащей коры. Такая масса может быть предварительно окрашена. Отсасывающие ящики (обычно их три-четыре) отливной машины соединены с коллектором, а он в свою очередь соединён через ресивер с вакуум-насосами и центробежным насосом для откачки воды (коллектор и насосы на рисунке не показаны). За отсасывающим участком следует прессовый, где предусмотрены форпресс и гауч-пресс. Форпресс состоит из верхних и нижних обрезиненных валов диаметром 250 мм, между которыми пропускается ковёр. Силу давления на волокнистую массу регулируют, меняя

положение валов по высоте. Диаметр валов гауч-пресса 700 мм. После предварительного прессования толщина волокнистой плиты отличается от заданного значения на величину припуска для сдавливания её в горячем прессе. На выходе из отливной машины расположены пилы для раскраивания ковра в продольном и поперечном направлениях на плиты нужного размера (с припуском 30–60 мм). Полученные заготовки передаются по транспортёру в загрузочную этажерку горячего пресса. Отходы от обрезки и бракованные плиты измельчаются и направляются в массный бассейн для повторного использования.

По мере прохождения волокнистым ковром участков отливной машины, его влажность уменьшается. После регистровой части она составляет 95–96% для твёрдых плит толщиной 3,2 мм и 93–95% для мягких плит толщиной 12 мм. Соответствующие показатели для этих видов плит после отсасывающих устройств 87-91% и 82-85%, а после мокрых прессов 69-75% и 60-64%.

На заводах с суточной производительностью ПО тонн ДВП отливные машины работают со скоростью движения сеток от 7 до 20 м/мин. У современных машин ковёр подаётся со скоростью 22–24 м/мин. На линиях, снабжённых системой двустороннего удаления влаги, влажность ковра можно снизить до 30–40%. С формирующей машины он поступает в ленточно-валковый пресс, где в результате подпрессовки толщина ковра уменьшается в 2,5 раза. После этого он разделяется продольными и поперечными пилами на заготовки нужного формата, которые, пройдя вторичную подпрессовку, подаются в горячий гидравлический пресс.

### 8.1 Предварительная подпрессовка ковра



**Рис. 8.1.** Участок холодной подпрессовки стружечного или волокнистого ковра (иллюстрация предоставлена фирмой Dieftenbacher)

Подпрессовка стружечной или волокнистой массы выполняется, как правило, в установках холодного прессования (рис. 8.1) с целью сделать ковёр достаточно плотным и прочным для того, чтобы можно было подавать его в горячий пресс. Предварительная подпрессовка позволяет также сократить время нахождения плит на участке горячего прессования.

В производстве ДСтП начальная плотность ковра составляет всего  $60\text{--}65\text{ кг/м}^3$ , что осложняет его транспортировку. В результате холодной подпрессовки толщина ковра (пакета) уменьшается в два-три раза, а плотность его возрастает до  $200\text{ кг/м}^3$  при формировании на поддоне (под давлением  $2,5\text{--}3\text{ МПа}$ ) и до  $320\text{--}380\text{ кг/м}^3$  при бесподдонном прессовании (давление до  $4,5\text{ МПа}$ ). Давление при подпрессовке не должно быть чрезмерным, так как это ведёт к усиленному впитыванию связующего в древесину, из-за чего снижается прочность плит.

Установки для предварительной подпрессовки, называемые также форпрессами, бывают позиционные, шагающие и проходные. В линиях при формировании стружечного ковра на поддонах применяются форпрессы позиционного действия, при бесподдонной технологии – шагающие.

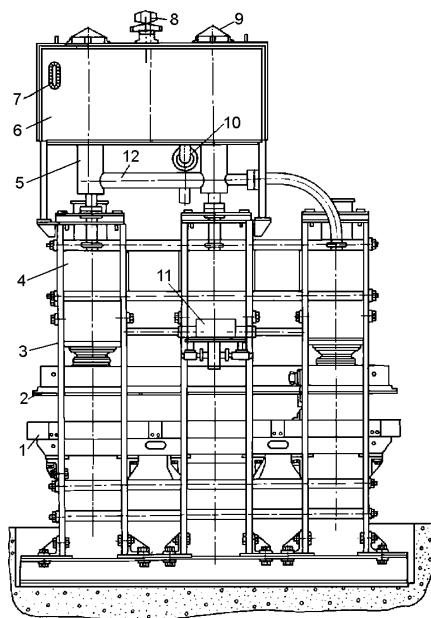
В позиционном форпрессе с верхним расположением цилиндров (рис. 8.2) верхняя рабочая плита облицована фторопластом, который препятствует выдуванию стружки в течение тех секунд, когда эта плита опускается на ковёр. Рабочий цикл такой установки состоит из следующих операций:

- разгрузка и загрузка прессы 10 с
- опускание плиты прессы 3 с
- набор необходимого давления 3 с
- выдерживание ковра под давлением 4–5 с
- сброс давления и отведение плиты прессы 3 с.

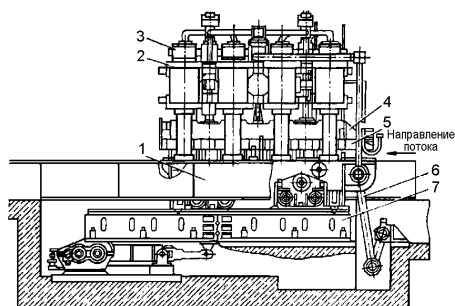
В шагающем форпрессе (рис. 8.3) ковёр формируется на транспортёрной ленте, которая непрерывно и с постоянной скоростью движется через пресс. Подпрессовка в данном случае представляет собой

сжатие пакета по толщине при его безостановочном горизонтальном перемещении. Совершив полный шаг в 1740 мм, пресс открывается и быстро возвращается в исходное положение.

Проходные форпрессы, используемые на линиях непрерывного изготовления стружечных плит, бывают вальцового, ленточно-вальцового или гусеничного типа. Рабочее давление у них 2–4 МПа, а у тактовых прессов 1,2–4 МПа. В тяжёлых прессах используются специальные трёхслойные подпрессовочные ленты, очень прочные и устойчивые к растяжению. Такая лента способна выдержать линейное давление до 3 кН/см.

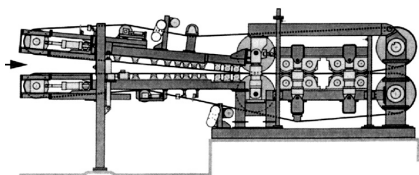


**Рис. 8.2.** Одноэтажный позиционный форпресс: 1 – нижний стол, 2 – верхняя плита, 3 – стальная рама, 4 – рабочий цилиндр, 5 – патрубок клапана наполнения, 6 – напорный бак, 7 – указатель уровня масла, 8 – распределитель клапанов наполнения, 9 – воздушный фильтр напорного бака, 10 – переливной патрубок, 11 – регулятор скорости холостого хода верхней плиты, 12 – коллектор наполнения



**Рис. 8.3.** Шагающий холодный форпресс с возвратно-поступательным движением: 1 – основание, 2 – верхняя траверса, 3 – колонна, 4 – верхняя подвижная плита, 5 – ограничительная балка, 6 – подвижный трубо-провод, 7 – направляющая

В некоторых линиях с одноэтажным тактовым горячим прессом ковёр, сформированный на стальной ленте, проходит под-прессовку с подогревом, которую, во избежание деформаций ленты, ведут с предельно коротким тактом под давлением не более 1,0 МПа. В форпрессе нижняя плита разогревается до 70 °С, а верхняя до 50 °С, причём верхняя облицована тефлоном, чтобы древесные частицы к ней не приклеивались.



**Рис. 8.4.** Проходной холодный ленточно-валяцовый форпресс для волокнистого ковра (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

При изготовлении MDF толщина исходного волокнистого ковра примерно в 50 раз больше номинальной толщины готовой продукции. В ленточно-валяцовой установке, изображённой на рисунке 8.4, наибольшее линейное давление (180 Н/мм) создаётся первым вальцом, а следующие за ним вальцы дают усилие по 135 Н/мм. В результате плотность ковра возрастает со 150 до 600 кг/м<sup>3</sup>, однако при выходе материала из форпресса она снова уменьшается примерно на 10–15%, в силу упругого последействия волокнистой массы. Верхняя и нижняя ленты форпресса изготовлены из прочного синтетического материала, а для лучшего удаления воздуха с поверхности ковра (деаэрации) сверху проходит ещё одна бесконечная лента

из пористого материала. Для чистки лент предусмотрены щётки с пылесборными воронками, которые подсоединены к вытяжной пневмосистеме.

Одновременно с подпрессовкой волокнистого ковра можно выполнять обрезку кромок, а также высокочастотный прогрев волокнистой массы до 50–80 °С, который помогает дополнительно уменьшить продолжительность горячего прессования. Если оно осуществляется в позиционном одно- или многоэтажном прессе, то подпрессованный ковёр распиливают на части, формат которых соответствует размерам рабочих плит горячего пресса. Ковёр и форматированные пакеты транспортируются на синтетической (обычно полистироловой) ленте.

Если формирование ковра и изготовление плит ведётся на сетчатых поддонах, подпрессовка стружечной или волокнистой массы не требуется.

## 8.2 Главные прессы плитного производства

Главное оборудование плитных предприятий выбирается в зависимости от их мощности. Горячие гидравлические прессы принято различать по следующим характеристикам:

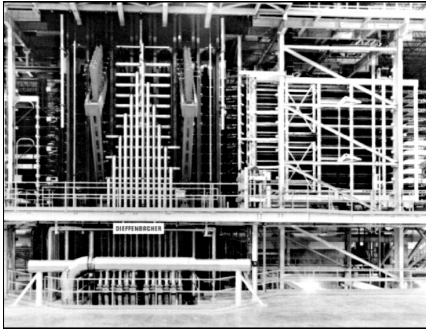
- многоэтажные или одноэтажные
- плоского прессования, экструзионные или каландровые
- периодического или непрерывного действия.

Процессы прессования бывают *изобарные*, при которых формирование древесной плиты происходит под постоянным давлением, и *изохорные*, когда постоянным параметром является объём формируемого изделия, то есть по сути толщина плиты.

Главные прессы должны быть снабжены устройствами механизации, назначение которых способствовать быстрой загрузке пресса и сокращать время открытой выдержки подпрессованного пакета (то есть пребывание его на горячей плите без давления).

### 8.2.1 Многоэтажные прессы

Многоэтажные прессы (рис. 8.5) подходят для изготовления ДСтП, MDF, OSB. Применение таких установок наиболее оправдано на предприятиях средней мощности, выпускающих плит-

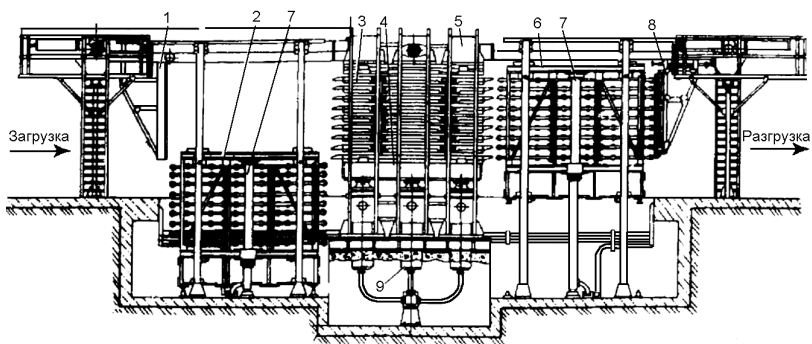


**Рис. 8.5.** На такой многоэтажной установке для горячего прессования можно изготовлять древесные плиты всех видов (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

ную продукцию определённых форматов и толщины. На ранних этапах развития плитных технологий многоэтажные прессы служили, в основном, для изготовления толстых ДСтП и поднять производительность оборудования можно было, увеличивая число этажей прессы. Тогда стандартным был формат продукции  $4100 \times 1800$  мм, затем он был увеличен до  $5200 \times 2000/2200/ 2500$  мм. Сегодня

уже выпускаются плиты размерами  $7675 \times 2590$  мм и  $8500 \times 2200$  мм. Современные многоэтажные прессы оборудованы загрузочными этажерками, у которых число полок соответствует числу просветов прессы (от 4 до 22), процессы его загрузки и опорожнения автоматизированы, а синхронное смыкание рабочих плит обеспечивается симультантным механизмом. Всё это позволило сократить продолжительность цикла прессования и тем самым снизить вероятность преждевременного отверждения связующего.

На рисунке 8.6 показано, как устроена отечественная линия с многоэтажным прессом для производства стружечных плит. В начале рабочего цикла загрузочная этажерка 2 находится в крайнем нижнем положении. Поддон с подпрессованным пакетом подаётся цепным транспортёром на верхнюю полку загрузочной этажерки, после чего этажерка поднимается строго на один уровень. Затем загружается её следующая полка, происходит перемещение вверх ещё на один уровень, и когда этажерка окажется в крайнем верхнем положении, она вся будет заполненной. Толкатель 1 этажерки 2 задвигает все поддоны с пакетами в открытый горячий пресс, плиты 3 которого сразу же смыкаются. Толкатель возвращается в исходное положение, а загрузочная этажерка 2 опускается. По истечении заданного времени пресс автоматически от-



**Рис. 8.6.** Многоэтажный гидравлический горячий пресс для изготовления ДСтП: 1 – толкатель загрузочной этажерки, 2 – загрузочная этажерка, 3 – обогреваемые плиты пресса, 4 – подвижная нижняя плита, 5 – секции гидравлического пресса, 6 – разгрузочная этажерка, 7 – гидроцилиндры разгрузочной этажерки, 8 – разгрузчик, 9 – гидроцилиндры пресса

крывается и разгрузчик 8 специальными захватами перемещает все поддоны из горячего пресса в разгрузочную этажерку 6. Выгрузка материала происходит по мере опускания этажерки, начиная с нижней полки. Поддоны с горячими стружечными плитами, поочередно попадая на ленточный транспортёр, направляются к устройству, отделяющему ДСтП от поддонов (на рисунке не показано). Снятые плиты подаются в поперечном направлении на форматную обрезку, а поддоны возвращаются на участок формирования ковра. В крайнем нижнем положении разгрузочная этажерка уже свободна от поддонов с плитами, и теперь она снова может передвигаться вверх. Весь цикл повторяется.

Для нагревания прессующих плит используют пар, горячую воду или минеральный теплоноситель, преимущество которого в том, что разогрев происходит быстрее и перепад температур на рабочих поверхностях удаётся сократить на несколько градусов.

Толщина готовой плиты задаётся дистанционными прокладками или контактными штифтами. Замена этих элементов довольно трудоёмкая операция, и её постепенно вытесняют электронные способы контроля, основанные, например, на отслеживании расстояния между прессующим столом и архитравом (верхней частью станины пресса). График изменения этого расстояния во

времени заложен в систему управления прессом. По мере того как стол поднимается на высоту, обеспечивающую заданную толщину продукции, рабочее давление стабилизируется и потом начинает плавно снижаться.

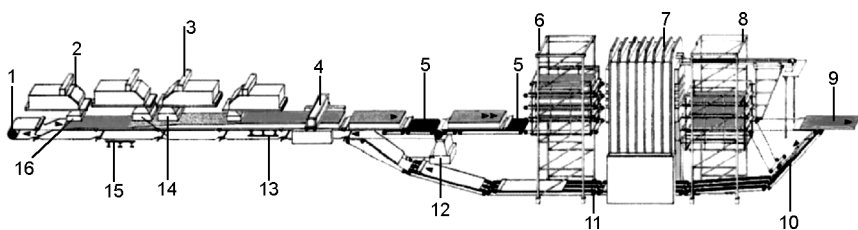
Рабочие температуры многоэтажных прессов задаются в пределах от 150 до 200 °С и зависят от того, какие используются поддоны – металлические или сетчатые.

Давлением в ходе прессования можно управлять по-разному. Если требуется получить плиты с очень плотными наружными слоями (наиболее характерное требование), необходимо как можно быстрее довести давление до заданной величины. Повысить прочность плиты на отрыв поперёк пласти удаётся, если наращивать усилие прессования постепенно. Внутреннее расслоение древесных плит предупреждают тем, что после снятия давления оставляют рабочие плиты пресса на некоторое время неразомкнутыми, чтобы из формируемых изделий выделилась парогазовая смесь. Этого добиваются и за счёт увеличения времени прессования.

Многоэтажные прессы применяются и в производстве волокнистых плит мокрым способом. При рабочем давлении до 5 МПа и температуре около 200 °С время прессования составляет 7-10 мин.

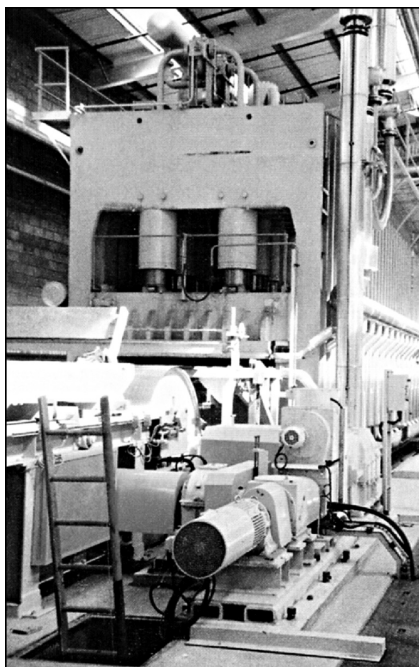
### **8.2.2 Одноэтажные позиционные прессы**

Недостаток многоэтажных прессов – в сложной технике загрузки материала и выгрузки продукции. Поэтому у них появились серьёзные конкуренты – одноэтажные прессы. На рисунке 8.7 показана современная линия по изготовлению любых древесных плит, в составе которой можно использовать как многоэтажный пресс, так и одноэтажный. Через горячий пресс сформированные пакеты проходят на сетчатых поддонах. Предварительная подпрессовка ковра на таких установках не предусмотрена. Изображённый на рисунке 8.8 одноэтажный пресс подходит для такой линии и особенно эффективен для предприятий, выпускающих ДСтП, MDF или OSB, с относительно небольшой суточной производительностью.



**Рис. 8.7.** Схема универсальной установки для изготовления любых стружечных и волокнистых плит на сетчатых поддонах с применением одно- или многоэтажного пресса: 1 – лента формирующего конвейера, 2 – рассеивающая головка с весовым дозатором, 3 – загрузочное устройство, 4 – поперечная пила, 5 – загрузочный транспортёр, 6 – загрузочная этажерка, 7 – пресс, 8 – разгрузочная этажерка, 9 – готовая плита, 10 – треугольный транспортёр, 11 – возвратный транспортёр, 12 – удаление избытков ковра и бракованных пакетов, 13 – контрольные веса, 14 – участок формирования среднего слоя, 15 – веса учёта тары, 16 – участок формирования наружного слоя (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

Ковёр в одноэтажный пресс транспортируется на ленточных поддонах, форматных ситах или на непрерывной металлической ленте, которая может быть сплошной либо сетчатой; рабочее давление достигает 3,5 МПа. Производительность прессы тем выше, чем больше размеры его рабочей плиты. Например, известен пресс с плитой размерами 56200 × 2210 мм, работающий при температуре до 220 °С. Обычно в таких прессах применяют термомасляный теплоноситель. В США в производстве MDF распространён комбинированный нагрев - в поле ТВЧ и горячей водой, однако в Европе он приверженцев не находит из-за высоких затрат на электроэнергию.



**Рис. 8.8.** Одноэтажный пресс для изготовления стружечных и волокнистых плит (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

При использовании одноэтажных прессов можно значительно снизить припуски на шлифование готовых плит, и даже делают попытки, всё ещё не вполне успешные, выпускать древесные плиты, не требующие шлифования. Пока что на одноэтажных прессах не удаётся получать продукцию с разнотолщиной в пределах  $\pm 0,2$  мм, как того требует мебельная промышленность, однако снижение припусков на шлифование до 0,4-0,6 мм на одну сторону уже достигнуто. Недостаток крупных одноэтажных прессов в том, что из-за относительно высоких рабочих температур происходит усиленное парообразование в центре формируемой плиты, и поэтому приходится очень осторожно уменьшать давление в конце цикла.

В Советском Союзе в конце 80-х годов были созданы и внедрялись комплекты оборудования на основе крупноформатных одноэтажных и сдвоенных прессов с термомасляным обогревом до рабочей температуры 210-220 °С. Производительность таких линий 30 и 110 тысяч кубометров; ДСтП в год. Изделия формируются на сетчатых металлических поддонах, что позволяет снимать с одного квадратного метра нагревательных плит вдвое больше продукции, чем это было при использовании отечественных многоэтажных прессов.

Эффективность линий на базе одноэтажных и сдвоенных прессов можно значительно повысить, используя технологию прессования с обработкой ковра насыщенным паром (с паровой продувкой). В отличие от традиционного способа, при котором ковёр прогревается благодаря прямому контакту с горячими металлическими плитами, эта технология предусматривает подачу насыщенного пара под давлением 0,3-0,5 МПа непосредственно в осмолённую массу в процессе её сжатия под горячей плитой. Это обеспечивает быстрый и равномерный прогрев всего формируемого изделия. Избыточное парогазовое давление в конце цикла прессования снимают, подключив зону прессования к вакуумной системе. Как показали сравнительные исследования, проведённые в конце 90-х годов применительно к отечественной линии по выпуску MDF, прессование с паровой продувкой имеет ряд преимуществ перед методом обычного обогрева:

- Прогрев ковра происходит в 8-10 раз быстрее, что позволяет в 2,5–3 раза увеличить съём продукции с одного квадратного метра рабочей плиты.

- Вследствие вытеснения воздуха и интенсивной гидротермической обработки волокнистой массы насыщенным паром, достигается равномерная по сечению (с отклонением не более  $\pm 2\%$ ) плотность древесных плит, что делает их пригодными, например, для рельефного фрезерования по пласти и кромкам.

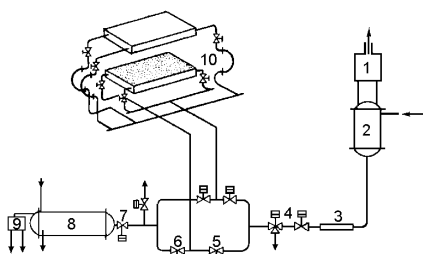
- Обеспечивается более глубокое отверждение связующего с образованием термогидролитически устойчивых структур, что позволяет на 10–15% снизить расход смолы.

- Сокращается продолжительность прессования плит специального назначения, изготавливаемых с применением смол медленного отверждения (например, фенолоформальдегидных), а также композиций на их основе, содержащих антипирены и антисептики.

- Обеспечивается возможность выпускать плиты толщиной 30–60 мм, изготовление которых по традиционной технологии малорентабельно из-за большой продолжительности цикла прессования.

- При раскрытии пресса и выгрузке изделий продукты продувки собираются и регенерируются, так что исключаются вредные парогазовые выбросы, то есть обеспечивается экологическая безвредность как самого технологического процесса, так и изготовленных плит.

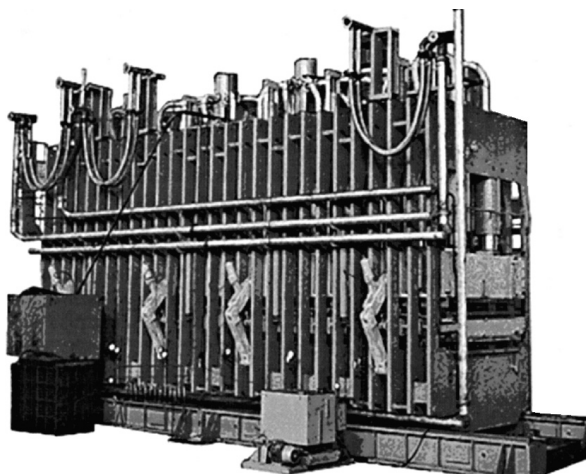
Полученные этим способом отечественные образцы MDF по показателям прочности и эксплуатационным характеристикам соответствовали европейским требованиям, а по показателю «внутренняя прочность» значительно (почти вдвое) превосходили аналогичную продукцию ведущих западных фирм. Для внедрения этой технологии не требуется принципиально новое оборудование - достаточно заменить нагревательные плиты в одноэтажных или сдвоенных прессах специальными плитами (с теми же габаритными размерами), оснащёнными системой каналов и отверстий, через которые насыщенный пар подаётся в ковёр.



**Рис. 8.9.** Схема одноэтажного пресса с паровой продувкой: 1 – бойлер, 2 – парогенератор, 3 – измеритель расхода пара, 4 – контроль давления пара, 5, 6 и 7 – вентили, 8 – конденсат, 9 – вакуумный насос, 10 – пресс

Технология особенно эффективна при изготовлении атмосферостойких и трудногорючих плит из волокноподобной стружки, плит с фенолоформальдегидным или минеральным связующим, а также OSB. Высокотемпературный теплоноситель для продувки пресуемой массы – им может быть насыщенный или перегретый пар, топочный газ либо нагретый воздух – подбирается с

учётом особенностей изготавливаемой продукции и применяемого связующего. На рисунке 8.9 схематически представлено, как устроен одноэтажный позиционный пресс с паровой продувкой, оснащённый быстродействующей гидравлической системой. На установках с таким принципом действия изготавливают древесные плиты толщиной до 100 мм, плиты с гомогенной структурой, плиты с низкой плотностью, плиты из материалов, сильно поглощающих тепло (например, минераловатные), плиты на клеях, отверждающихся только при повышенных температурах.



Размеры плит, мм	2440x1100
Удельная продолжительность прессования, с/мм	3,3
Продолжительность цикла прессования, с	81
в т. ч. на вспомогательные операции, с	24
Припуск на шлифование, мм	1,2
Потери при форматной обрезке, %	4,8
Производительность линии:	
часовая, м <sup>3</sup>	19,1
суточная (22 ч), м <sup>3</sup>	420
годовая (250 дней), тыс. м <sup>3</sup>	100
Удельный (на 1 м <sup>3</sup> плиты) расход ресурсов:	
древесного сырья, кг	700
связующего (абс. сухого), кг	85
электроэнергии, кВт·ч	280
тепловой энергии, Гкал	1,4
Производственная площадь формовочно-прессового отделения, м <sup>2</sup>	864
Строительный объём формовочно-прессового отделения, м <sup>3</sup>	5184
Масса пресса, т	580

**Рис. 8.10.** Одноэтажная прессовая установка с паровой продувкой ковра

На рисунке 8.10 изображена одноэтажная установка украинского производства для изготовления плит с продувкой ковра паром и приведены технико-экономические показатели линии на основе такого прессы.

### 8.2.3 Одноэтажные проходные прессы

Первым прообразом одноэтажных прессов проходного принципа действия можно считать появившуюся ещё в 50-е годы установку, у которой прессующим элементом служила пластинчатая цепь с электронагревом. Однако из-за быстрого износа цепей и большого потребления энергии конструкция оказалась бесперспективной.

Сегодня наиболее распространены ленточные проходные прессы (рис. 8.11), в которых стружечный или волокнистый ковёр формируется между двумя стальными лентами. Ленты натянуты на барабаны и по всей длине и ширине пресования соприкасаются с расположенными в ряд калиброванными вальцами или роликками, через которые на осмолённую массу передаётся давление и тепло от обогреваемых плит.

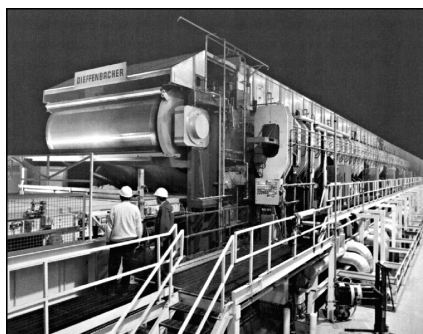
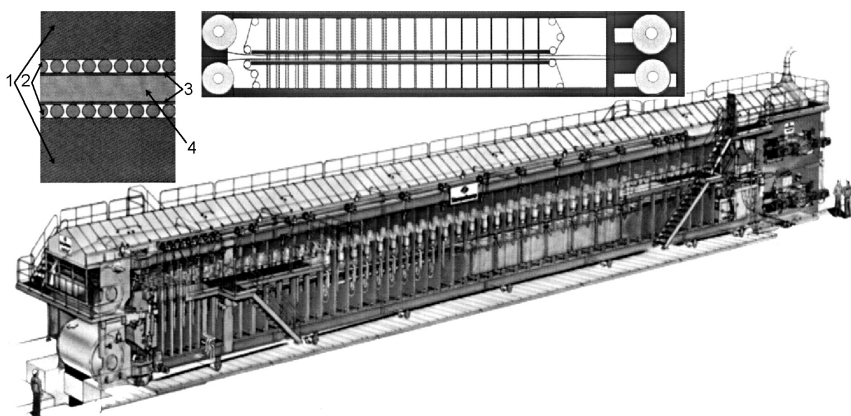


Рис. 8.11. Общий вид проходного ленточно-валкового прессы (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

Такая система непрерывного пресования подходит для выпуска любых стружечных и волокнистых плит, а также листовых материалов, получаемых путём параллельного склеивания шпона. На изображённой установке предусмотрено четыре независимо регулируемых участка из нагреваемых плит. Входной барабан тоже обогревается. Ковёр, подаваемый на стальной ленте толщиной 2,3 мм, сначала «упрессовывается» в клиновом затворе на входе в пресс и затем последовательно проходит зоны высокого давления (4,9–3,9 МПа), калибрования (2,5 МПа) и дегазации (1,5 МПа). Температура на входе составляет 210–240 °С, на выходе снижа-

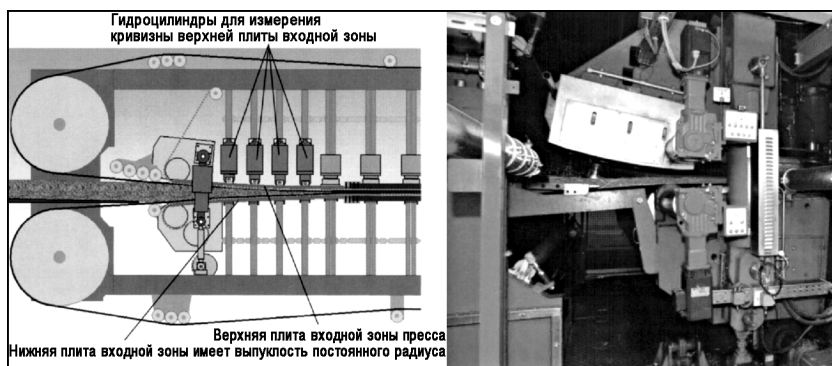
ется примерно на 40 °С. Каждая пара валков (верхний и нижний) расположена на раме с автономным управлением, позволяющим, помимо прочего, компенсировать температурные расширения металла.

Работая круглосуточно, проходные прессы обеспечивают не только высокую производительность при стабильном качестве продукции, но также исключительную технологическую гибкость. Прессование в них ведётся по изохорному принципу, то есть с соблюдением постоянной, с отклонением в пределах  $\pm 6\%$ , толщины формируемого изделия, независимо от неоднородности его структуры или иных факторов. Чтобы выдерживать такое требование, в изохорных прессах создаётся более высокое давление, чем в изобарных.



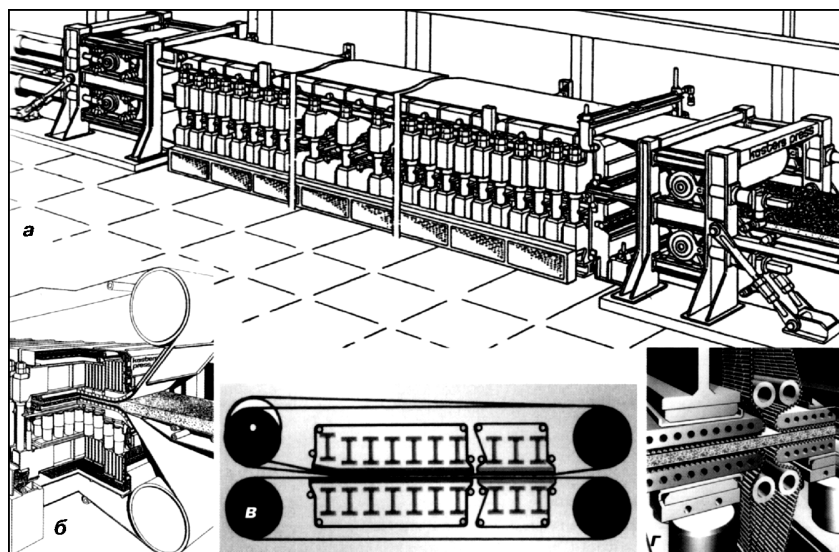
**Рис. 8.12.** Общая компоновка проходного ленточно-роликового прессы; сверху: принципиальная схема и поперечный разрез зоны прессования:  
1 – нагревательные плиты, 2 – роликовый настил, 3 – стальные ленты, 4 – прессуемый ковёр (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

Одна из особенностей установки, изображённой на рисунке 8.12, в том, что нагревательные плиты на входе в пресс не параллельны друг другу: нижняя имеет выпуклость кверху с определённым радиусом, а у верхней плиты выпуклость направлена вниз и радиус её кривизны изменяется посредством гидроцилиндров (рис. 8.13). Такое конструктивное решение позволяет до-



**Рис. 8.13.** Входная зона ленточно-роликового прессы (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

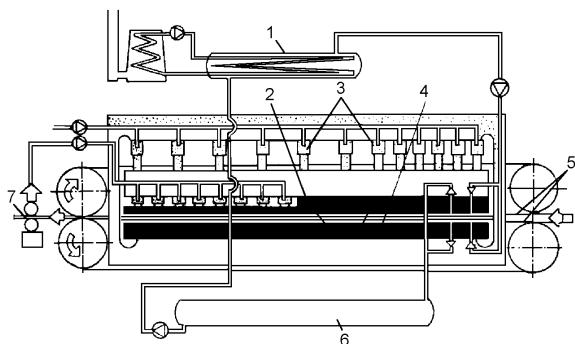
бываться желаемой толщины и плотности наружных слоев плит, в частности, получать лёгкие плиты с большой поверхностной плотностью. При входе в пресс стружечный или волокнистый ковер сразу же сжимается, а затем проходит через зону пониженного давления. В результате наружные слои ковра быстро прогреваются и отверждаются, становятся более плотными. Благодаря плавному профилю входной секции нагревательных плит, удаётся уменьшить скорость сжатия при увеличении толщины ковра, а также избежать выдувания частиц с его поверхности. Лента прессы движется со скоростью 1,5 м/с, то есть производительность его составляет 90 погонных метров древесной плиты в минуту. В установке, показанной на рисунке 8.14, между обогреваемыми плитами и несущей металлической лентой проходит транспортёр, состоящий из маленьких стальных роликов, через которые передаётся усилие прессования и тепло от горячих плит, оснащённых гидроцилиндрами – по одному на каждые 300 мм ширины прессы. Система быстрого уплотнения ковра и управления профилем плотности ДСтП основана на применении тонких (толщиной 65 мм) и эластичных обогреваемых плит при уменьшенном радиусе входной зоны прессы. Для надёжного удаления воздуха из стружечного ковра верхняя и нижняя обогреваемые плиты на входе расположены с наклоном в 3 градуса. У этих установок предусмотрено разделение зоны прессования на две части: после горячей



**Рис. 8.14.** Один из вариантов проходной прессовой установки для производства стружечных плит: а – общий вид, б – входная зона, в – схема зоны охлаждения, г – общий вид участка между зонами нагрева и охлаждения

зоны ( $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) идёт зона охлаждения ( $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), на которую приходится примерно четверть длины пресса, а расстояние между обеими зонами  $100\text{--}120\text{ мм}$ . Такое распределение режимов позволяет уменьшить внутри формируемой плиты давление парогазовой смеси (примерно с  $1,2$  до  $0,7\text{ МПа}$ ) и сократить выделение её на выходе, при том что эмиссия свободного формальдегида остаётся без изменения. Это благоприятно сказывается на механических свойствах получаемых древесных плит: они более стабильны по толщине, поскольку меньше подвержены усадке и разбуханию во время кондиционирования; прочность плит на отрыв поперёк пласти возрастает на  $5\text{--}10\%$ , а вероятность внутреннего расслоения уменьшается; благодаря малой разнотолщинности они не требуют обязательного шлифования.

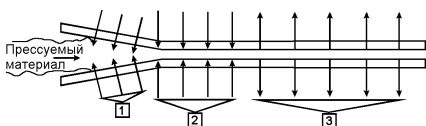
В прессовой установке, схематически изображённой на рисунке 8.15, стальная рабочая лента скользит по слою из термо-масла, которым заполнено пространство между этой лентой и плитой пресса. Масло нагнетается через множество мелких от-



**Рис. 8.15.** Схема ленточного пресса с термомасляным обогревом:

- 1 – теплообменник для нагрева смазки-теплоносителя, 2 – верхняя прессующая плита, 3 – прессующие цилиндры, 4 – нижний стол пресса, 5 – стальные ленты, 6 – сборник смазкитеплоносителя, 7 – система контроля и регулирования толщины изготавливаемых плит

верстий в плите пресса по всей её длине и служит теплоносителем, а сами плиты пресса не обогреваются. В пресс поступает стружечный или волокнистый ковёр шириной 2620 мм, предварительно уплотнённый и прогретый до 40–45 °С в высокочастотной установке. Скорость движения стальной ленты 2–12 м/мин, удельное время прессования 5–5,5 с/мм. При толщине выпускаемых древесных плит 16 мм суточная производительность такой установки 400–450 кубометров. Расход масла примерно 35–70 г на кубометр готовой плиты, температура масла 170–190 °С. Время от завершения загрузки пресса до создания полного давления зависит от толщины ковра и скорости подачи. Управление группами гидроцилиндров электронное. По толщине масляной плёнки различают две рабочие зоны: изобарную с постоянным давлением, но с переменной толщиной плёнки (от 0,3 до 0,5 мм в зависимости от колебаний толщины ковра) и изохорную с постоянной толщиной плёнки. На изобарном участке давление и тепло равномерно распределяются по всей площади изготавливаемой плиты. Толщина её выравнивается примерно на половине длины пресса, а на изохорном участке можно добиться такой стабильности толщины (допустимые отклонения в пределах от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,25$  мм), что дальнейшая механическая обработка плиты не потребуется.



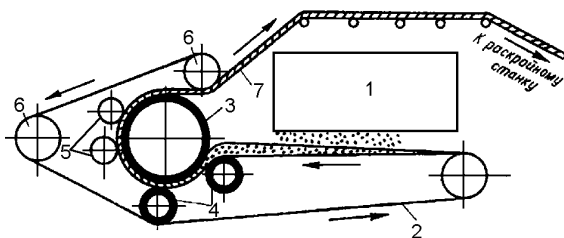
**Рис. 8.16.** Принципиальная схема прес-са непрерывного действия с паровой продувкой: 1 и 2 – первая и вторая зоны парового прогрева, 3 – вакуумная зона

Древесные плиты, получаемые в масляном прессе, можно облицовывать методом каширования с двух сторон непосредственно в линии их изготовления. При эксплуатации таких прессов важно обеспечить надёжные уплотнения, которые позволяли бы поддерживать стабильную масляную плёнку при рабочем давлении в гидросистеме до 300 МПа. Во второй половине прессы силиконовое масло-теплоноситель можно охлаждать, если это обусловлено, например, свойствами применяемых отделочных плёнок.

Специальные исследования показали, что проходной принцип прессования древесных плит тоже совместим с паровой продувкой. Схема обеспечения такого процесса показана на рисунке 8.16.

## 8.2.4 Каландровые прессы

В плитном производстве каландровые прессы применяются при изготовлении тонких ДВП. Принцип работы такого прессы представлен на рисунке 8.17. Волокнистый ковёр подаётся на не-



**Рис. 8.17.** Схема устройства каландрового прессы: 1 – формирующая машина, 2 – несущая стальная лента, 3 – обогреваемый цилиндр, 4 – прессующие и направляющие валы, 5 – прессующие валы, 6 – натяжные валы, 7 – готовое полотно

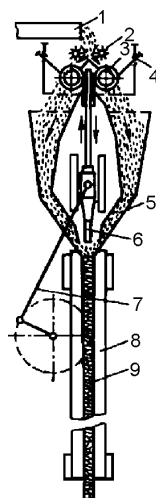
прерывной стальной ленте, которая движется со скоростью 5–18 м/мин. При огибании лентой главного вала – горячего цилиндра диаметром 3000–4000 мм с очень твёрдой поверхностью – ковёр

под воздействием направляющих и прессующих валов сдавливается и отверждается. Такая схема – с единой стальной лентой на участке формирования ковра и прессования, без участка подпрессовки – один из вариантов компоновки линий каландрового прессования. Другой распространённый вариант – также без подпрессовки, но с отдельными лентами: синтетической на участке высокочастотного прогрева ковра и стальной на участке прессования – позволяет не только повысить производительность линии примерно на 20%, но и снизить энергозатраты за счёт того, что волокно после сушки остаётся тёплым. Известна также компоновка линий с тремя транспортными лентами: на участке формирования ковра и подпрессовки, на участке высокочастотного подогрева и на участке прессования.

Толщина готовой продукции варьируется от 2 до 12 мм, в обратной пропорции к скорости подачи ковра. Волокнистые плиты, выпускаемые на каландровых прессах сухим способом, отличаются высокой плотностью и улучшенными прочностными характеристиками. Благодаря этому они сильно потеснили на рынке твёрдые ДВП мокрого способа производства.

### 8.2.5 Экструзионные прессы

Экструзионный пресс – простейшая по конструкции установка (рис. 8.18), позволяющая получать стружечные плиты непрерывным способом при наименьших капиталовложениях. В нём осмолённая древесностружечная масса из относительно крупных фракций продавливается между нагревательными плитами при помощи пуансона. Продвигаясь со



**Рис. 8.18.** Схема экструзионного прессы для производства однослойных стружечных плит: 1 – питатель, 2 – разрыхляющие вальцы, 3 – дозирующие вальцы, 4 – заслонки, 5 – направляющие желоба, 6 – пуансон, 7 – кривошипно-шатунный механизм, 8 – обогреваемые плиты, 9 – готовая полоса стружечной плиты

скоростью 0,8–1,2 м/мин, масса из древесных частиц постепенно уплотняется под действием сжимающего усилия, которое возникает при трении формируемого пакета о стенки канала. Готовое полотно поступает на горизонтальный стол для раскрытия на требуемый формат.

Так получают, например, многопустотные плиты с малой прочностью при изгибе и повышенной – при отрыве поперёк пласти. При их прессовании между нагревательными поверхностями вставляется трубчатый коллектор для образования полостей, а пуансон имеет отверстия, соответствующие трубкам. Плиты пресса и коллекторные трубки нагреваются перегретой водой с температурой 175–180 °С или паром.

Из-за сравнительно низкой прочности при изгибе экструзионные плиты используются только в облицованном виде или как наполнитель для дверных полотен. В России такие плиты выпускались до 90-х годов, однако затем их производство было прекращено как нерентабельное.

### **8.3. Технологические параметры горячего прессования плит**

Поступающая в пресс масса состоит из твёрдого вещества, воды и воздуха. Под влиянием тепла и давления в этой трёхфазной системе происходят сложные физико-химические процессы. Режим прессования должен обеспечить оптимальные характеристики плит при минимальной продолжительности процесса. На первой его стадии сближаются древесные частицы и вытесняется воздух, начинают действовать силы молекулярного сближения, древесные частицы переплетаются. При дальнейшем росте давления частицы деформируются, площадь их контактов увеличивается. С увеличением температуры древесина становится более пластичной, упрессовка достигает 70–90%. При использовании дистанционных прокладок толщина плит пресса составляет 140–180 мм (для сравнения: у фанероклеильных прессов толщина плит 42–45 мм).

Перечислим **основные параметры, характеризующие режим прессования** древесных плит: Влажность прессуемой мас-

сы. Например, при производстве ДСтП влажность осмолённой стружки для наружных слоев 14–18%, для внутренних 9–15%. Избыточная влажность ведёт к расслоению и разрывам изготавливаемых плит. Чем выше содержание влаги, тем больше времени требуется для выпаривания её из пакетов в горячем прессе. При формировании и транспортировке ковра влажность его снижается незначительно (на 1%) и при загрузке в пресс составляет 10–14%. Для достижения конечной влажности 8+2% в процессе горячего прессования плит необходимо удалить из них от 2 до 6% влаги, на что требуются время и тепловая энергия.

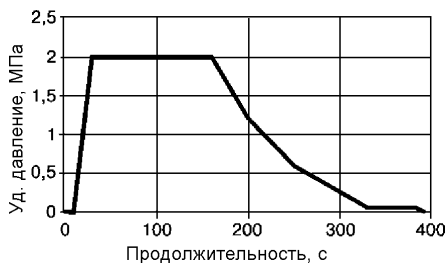
Температура прессования. Рабочая температура плит у современных многоэтажных прессов 150–180 °С, у одноэтажных 180–220 °С, допустимое отклонение от заданной температуры в пределах одной нагревательной плиты не более  $\pm 5$  °С. При максимально допустимых 220 °С необходимо использовать для нагрева минеральные или органические высокотемпературные теплоносители и сократить время загрузки пресса и смыкания плит до 45 секунд. В производстве плит MDF волокнистый ковёр часто предварительно прогревают токами высокой частоты, чтобы обеспечить надёжное отверждение связующего внутри плиты.

Давление прессования. Оно зависит главным образом от задаваемой плотности плит, а также от влажности и размеров частиц и продолжительности прессования. Задавать давление следует так, чтобы упрессовка пакета до требуемой толщины (посадка на планки) длилась не более 30 секунд. Средние значения давления прессования в производстве плит: для ДСтП и ЦСП 1,8–2,2 МПа, для MDF и OSB 2,0–2,5 МПа, для твёрдых ДВП, получаемых мокрым способом, 4,2–5,5 МПа.

Продолжительность прессования. Время, затрачиваемое на прессование, зависит в основном от температуры плит пресса и от вида связующего. В многоэтажных установках с рабочей температурой не выше 180 °С удельная продолжительность прессования при использовании карбамидных клеев составляет 0,18–0,22 мин/мм. Соответствующие показатели для фенольных клеев 0,20–0,22 мин/мм, для изоцианатных 0,18–0,20 мин/мм. В одноэтажных прессах можно поднимать температуру до 220 °С

и сокращать удельную продолжительность прессования при использовании карбамидных, меламиновых и изоцианатных клеев до 0,12-0,14 мин/мм, при использовании фенольных клеев до 0,15–0,18 мин/мм.

Цикл прессования, рассмотренный на примере изготовления трёхслойных стружечных плит толщиной 18 мм в многоэтажном прессе, отображён на рисунке 8.19. Согласно данным, полученным на одном из российских заводов, этот цикл при бесподдонном прессовании складывается из следующих операций:

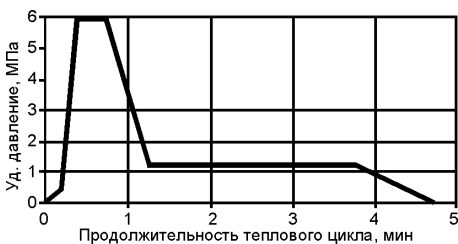


**Рис. 8.19.** Цикл изменения давления при изготовлении ДСтП в многоэтажном прессе

загрузка пакетов	7 с
смыкание плит пресса	3 с
повышение давления	20 с
посадка на планки	60 с
выдерживание под давлением	70 с
снятие давления	173 с
выдерживание без давления	50 с
размыкание плит пресса	3 с
<u>выгрузка пакетов</u>	<u>7 с</u>

Итого 393 секунды (6,55 минуты)

Чтобы избежать преждевременного отверждения связующего, на многоэтажных прессах устанавливают симулянты – механизмы синхронного смыкания рабочих плит. А опасность рас-



Фазы процесса, (в секундах)	Для плит толщиной		
	5 мм	6 мм	8 мм
1. Смыкание плит пресса	11	9	7
2. Упрессовка	8	11	15
3. Выдержка при давлении $P_1$	15	20	25
4. Сброс давления до $P_2$	30	30	30
5. Выдержка при давлении $P_2$	71	152	218
6. Сброс давления до нуля	40	50	60
7. Размыкание плит пресса	25	25	25
Итого тепловой цикл	250	297	380
Вспомогат. время	47	47	47
Весь цикл	297	344	427

**Рис. 8.20.** Циклограмма прессования ДВП сухим способом в 22-этажном прессе

слоения плит под воздействием интенсивного парообразования в значительной мере устраняется, если снижать давление плавно, в течение сравнительно длительного времени. В приведённом примере: общее время цикла около семи минут, из них на снижение давления и выдержку без него отводится почти четыре минуты.

Цикл прессования тонких (5-6-8 мм) ДВП сухого изготовления характерен тем, что после сравнительно кратковременной выдержки ковра под давлением  $P_1$  (6–6,5 МПа) оно в течение полуминуты понижается до значения  $P_2$  (1-1,5 МПа). Под этим давлением материал довольно долго выдерживается, затем происходят постепенный сброс давления и медленное разведение рабочих плит (рис. 8.20).

#### Технологический режим прессования твёрдых ДВП мокрого способа производства толщиной 3,2 мм при ширине ковра 1830 мм

Показатель	Древесное сырьё	
	хвойных пород	листв. пород
Влажность ковров, поступающих в пресс, %	69-75	
Температура плит пресса, °С:		
на входе теплоносителя	190-210	195-215
на выходе теплоносителя	180-190	185-205
Удельное давление прессования, МПа, на фазах теплового цикла:		
$P_1$ – отжим влаги	4,2-5,5	5,5
$P_2$ – сушка плит	0,65-0,85	0,65-0,85
$P_3$ – закалка плит	4,2-5,5	5,5
Продолжительность операций теплового цикла, с:		
1. Смыкание плит пресса и подъём давления до $P_x$	65	
2. Выдержка плит при $P_x$	1-5	15-20
3. Сброс давления до $P_2$	25-35	
4. Выдержка плит при $P_2$	210-270	300-330
5. Подъём давления до $P_3$	20-30	
6. Выдержка плит при $P_3$	90-150	90-150

7. Сброс давления до нуля	20-30	20-30
8. Размыкание плит пресса	15-20	15-20
Общая продолжительность теплового цикла, мин	7-8	8,5-9,0
Влажность плит после прессования, %	0,8-1,2	0,8-1,2
Прочность плит при изгибе, МПа, не мен.	35	35

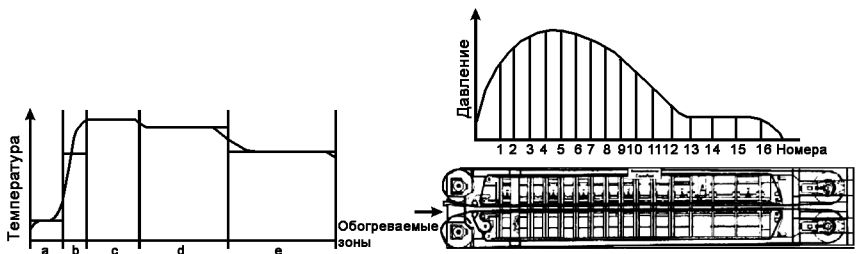
При мокром способе изготовления ДВП у циклограммы принципиально иной характер (рис. 8.21), так как в горячем прессе волокнистый ковёр не только прессуется, но и освобождается от большого количества влаги.



**Рис. 8.21.** Циклограмма прессования твёрдых ДВП мокрым способом

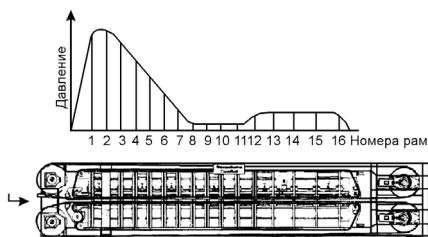
В таблице над циклограммой приведены для примера параметры прессования твёрдых плит толщиной 3,2 мм при ширине ковра 1830 мм. В первой фазе (отжим влаги), по мере того как под воздействием давления из волокнистого ковra отделяется свободная влага, он прогревается и уплотняется.

Во второй фазе (сушка) изготавливаемый материал выдерживается при пониженном давлении для эффективного удаления связанной влаги, а в заключительной фазе (закалка) при максимальном давлении и высокой температуре он ещё более уплотняется и его прочность повышается.



**Рис. 8.22.** Изменения температуры (график слева) и давления (график справа) при изготовлении стружечных плит в проходном ленточном прессе (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

На проходных ленточных прессах удаётся более гибко управлять процессом прессования, изменяя давление и температуру на разных участках. Диаграммы на рисунке 8.22 отображают динамику рабочих параметров в процессе изготовления ДСтП на установке, общий вид которой показан на рисунке 8.12. Стружечный ковер загружается при сравнительно низкой температуре плит пресса, что позволяет избежать преждевременного отверждения клея. После полной упрессовки рабочая температура снова снижается, и благодаря этому смягчаются условия парообразования в стружечном ковре. При изготовлении на аналогичной установке плит MDF кривая изменения давления имеет другой вид (рис. 8.23). При производстве волокнистых плит упрессовка ковра, в силу податливости материала, происходит быстрее, поэтому на выдержку под максимальным давлением отводится меньше времени. Быстро наращивая давление, можно получить желаемый профиль плотности по толщине плиты – с уплотнёнными наружными слоями (рис. 8.24).



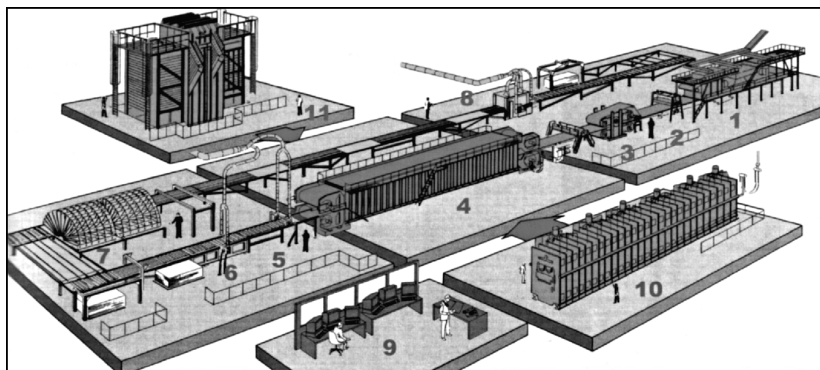
**Рис. 8.23.** Изменение давления при изготовлении MDF в ленточном прессе (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)



**Рис. 8.24.** Распределение плотности плиты MDF по толщине

## 8.4 Различные способы прессования древесных плит

На рисунке 8.25 показаны (в упрощённом виде) основные участки плитного производства: от формирования ковра до получения товарной продукции. При этом как варианты головного



**Рис. 8.25.** Схема производства древесных плит: 1 – формирующая станция, 2 – металлоискатель, 3– проходной форпресс, 4 – горячий двухленточный проходной пресс (вариант головного оборудования), 5 – участок продольной обрезки кромок, 6 – участок поперечного раскроя, 7 – веерный охладитель, 8 – участок шлифования и сортировки готовых плит, 9 – пульт управления производственными процессами, 10 – позиционный одноэтажный пресс как вариант головного оборудования, 11 – многоэтажный пресс как вариант головного оборудования (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

оборудования представлены все три типа прессов, используемых сегодня в отрасли: тактовые многоэтажный и одноэтажный и двухленточный проходной. Охарактеризуем кратко их преимущества и недостатки.

### ***Конструктивные и эксплуатационные особенности***

Тактовые прессы, конструктивно более жёсткие, просты в обслуживании и ремонте. Они чаще находят применение в технически менее развитых странах, а также там, где не требуется очень высокая производительность, а затраты на сырьё и рабочую силу играют второстепенную роль. В этих прессах можно изготавливать плиты из грубой или мелкой фракции, а такое нежелательное, но возможное явление, как преждевременное отверждение клея, не приведёт к поломке оборудования.

Эксплуатационная выносливость и долговечность многоэтажных прессов повсеместно подтверждаются многолетней практикой.

Особенность проходных прессов в том, что они работают всю неделю без перерывов. В конце недели пресс необходимо охла-

дить до температуры примерно 100 °С, а потом прогреть до рабочего состояния, на что уходит несколько часов.

Существенное преимущество проходного пресса – возможность изменять температуру в различных зонах, в то время как в позиционном прессе управление температурой представляет большие трудности.

### ***Технологическая гибкость***

Под технологической гибкостью в плитном производстве понимается возможность перенастройки оборудования на другие размеры продукции. Изменение *ширины* выпускаемых древесных плит – наиболее сложная задача применительно к установкам любого типа. Что касается *длины* изделий, то для проходного пресса на неё нет ограничений; для позиционного одноэтажного – практически тоже, если рабочая длина самого пресса 10-12 метров и больше. Формат продукции многоэтажного пресса определяется сравнительно скромными размерами его греющих плит, хотя существуют установки с длиной плит до 12 м. *Толщину* плит проще варьировать в позиционном прессе. Проходной же при такой перенастройке должен работать вхолостую, а потом какое-то время – до стабилизации процесса – выдавать плиты с большими, чем обычно, припусками по толщине.

### ***Баланс сырья и материалов***

При одинаковой плотности (675 кг/м<sup>3</sup>) и доле наружных слоев в толщине плиты (1/3) у изделий, получаемых в проходных прессах, прочность при изгибе меньше, чем у получаемых в многоэтажных установках (16,5 против 18 МПа), а при растяжении поперёк пласти больше (0,63 против 0,55 МПа). Из-за малого припуска по толщине и, соответственно, малого припуска на шлифование у плит проходного прессования на наружные слои иногда приходится всего 1/6 общей толщины. А поскольку прочность при изгибе в основном определяется параметрами наружных слоев, для таких плит можно задавать плотность меньше обычной.

Расчёты на кубометр продукции одинакового качества показывают, что для изготовления её в проходном прессе потребуется смолы примерно на 9 кг (по сухому остатку), а древесины на 6 кг меньше, чем при использовании многоэтажного пресса. В целом

себестоимость продукции проходного пресса ниже примерно на 10%.

### ***Потребление электрической и тепловой энергии***

Энергоёмкость оборудования – не только экономический параметр, но и важный фактор при рассмотрении экологических аспектов плитного производства.

При проходном способе прессования, благодаря меньшему удельному расходу материалов и усовершенствованной технологии, включая малозатратное шлифование, электроэнергии расходуется меньше, чем на установках других типов. Для сравнения: установленная мощность одноэтажного тактового пресса 180 кВт, а проходного – всего 30 кВт. В многоэтажном прессе энергия, затраченная на уплотнение материала, уничтожается в каждом цикле, а в проходном уплотнение происходит при почти постоянном давлении. По расчётам, удельный расход электроэнергии для проходных прессов примерно 11–12 кВт·ч/м<sup>3</sup>, для тактовых 20–25 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Наиболее энергоёмкие установки с масляным скольжением ленты: для прокачки масла в них применяются насосы высокого давления, и удельный расход электроэнергии характеризуется величиной 40 кВт·ч/м<sup>3</sup>.

При проходном способе прессования периодическое размыкание рабочих плит не сопровождается теплотерями и можно управлять подводом тепла по длине пресса. Возможность оптимизировать распределение давления и температуры, автоматически корректировать соответствующий профиль – важное преимущество этого способа как фактор экономии тепловой энергии. При сопоставимых условиях, удельное потребление теплоэнергии в проходных установках примерно в два раза меньше, чем в многоэтажных и в полтора раза меньше, чем в одноэтажных позиционных прессах. Самый низкий показатель удельного потребления тепловой энергии у прессов с масляным теплоносителем.

### ***Эксплуатационные расходы***

В проходных прессах ролики или пластины между прессующей плитой и стальной лентой должны быть постоянно смазаны высококачественным маслом, которое не должно загустевать или твердеть при изменении давления и температуры. Расход смазки

в установках с греющими плитами варьируется от 25-35 до 80-100 грамм на кубометр готовой продукции. У прессов с масляным теплоносителем удельный расход его оценивается в 100 г/м<sup>3</sup>, причём это особенно дорогое масло.

Существенная статья расходов для проходных прессов – уход за стальными несущими лентами, на которых со временем неизбежно появляются вздутия как следствие местных пластических деформаций растяжения. Неровность ленты приводит к неравномерной толщине продукции. При правильном уходе за лентой срок службы её достигает пяти-семи лет. В прессах с масляным теплоносителем условия эксплуатации лент лучше, так как они постоянно скользят по горячей смазке.

### ***Производственные площади и капиталовложения***

Как видно из рисунка 8.25, наименьшая площадь требуется под проходной пресс, а наибольшая - под позиционный одноэтажный. Рассчитывая капиталовложения, следует иметь в виду, что приобретение многоэтажной установки связано с существенными затратами на вспомогательное оборудование, такое как этажерки и накопители поддонов, а также на устройство фундамента под пресс - эти затраты тем больше, чем больше этажность прессы. Проходные прессы, напротив, чем длиннее, тем относительно дешевле: по приблизительным оценкам, один метр полезной длины 16-метрового прессы обходится в 430 тыс. евро, а 32-метрового – в 300 тыс. евро. При этом производительность прессы, естественно, возрастает пропорционально его длине.

### ***Качество продукции***

Современные проходные прессы позволяют при рациональном расходовании сырья и энергии получать древесные плиты с благоприятным профилем плотности по толщине. При непрерывном прессовании условия для удаления воздуха и пара лучше, чем в прессах периодического действия, при использовании которых избыточное давление пара в центре изготавливаемой плиты – явление почти неизбежное. Удельное время прессования характеризуется следующими показателями: для многоэтажных прессов 10–11 с/мм, одноэтажных тактовых с обогреваемым форпрессом 7–8 с/мм, а для проходных всего 6–7 с/мм. Припуск на шлифова-

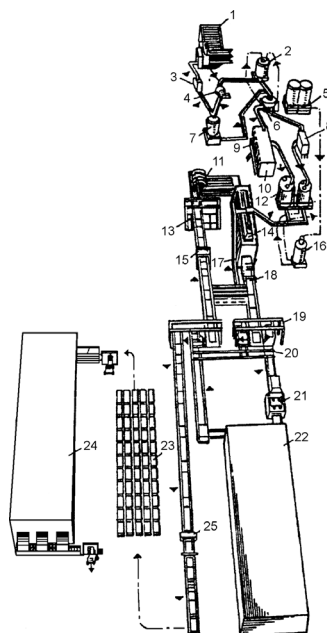
ние плит после прессования: в многоэтажном прессе 1,0–1,6 мм, одноэтажном тактовом 0,5–0,8 мм. У продукции, получаемой на проходных прессах, припуск на шлифование ничтожен или его нет вообще: если плиты и шлифуют, то только чтобы удалить нежелательный глянec и выровнять возможную неплоскостность при неровности прессующей ленты. Главное же преимущество проходных прессов – возможность управлять качеством продукции, регулируя основные технологические параметры по всей длине прессования.

## 8.5 Прессование цементно-стружечных плит

В производстве цементно-стружечных плит пресс служит, во-первых, для уплотнения смеси и создания в них рабочего давления 1,8–2,0 МПа (в импортных прессах до 6,6 МПа), которое должно сохраняться и при выдерживании изделий вне пресса. Во-вторых, в прессе происходит раскрытие пресс-форм после отверждения смеси, то есть снятие давления.

Схема одного из цехов по производству цементно-стружечных плит изображена на рисунке 8.26. Стружка, изготовленная в стружечном станке 7, доизмельчается в мельницах 3 и 4, сортируется в грохоте 6 и хранится в бункерах 8 (для наружных слоев), 9 и 10 (для среднего слоя плит). Цемент со склада 5 поступает в бункер-дозатор 16. Смешивание компонентов происходит в двух смесителях 72, отдельно для наружных и внутреннего слоев ЦСП. На формирующей станции 14 на поддоны насыпается трёхслойный цементно-стружечный ковёр, который примерно втрое толще, чем получаемая из пресса цементно-стружечная плита.

С формирующего конвейера поддоны поступают на контрольные весы 18. Если они фиксируют отклонение веса от заданного на величину более допустимой, поддон автоматически сбрасывается на возвратный транспортёр 17 и смесь передаётся в бункер для среднего слоя. Остальные поддоны передаются к штабелирующим устройствам 19 или 20. Образованный из поддонов штабель загружается в одноэтажный холодный пресс 27, обжимается до нужной высоты и заключается «в замок», так чтобы заданное



**Рис. 8.26.** Схема производства цементно-стружечных плит: 1 – стружечный станок, 2 – бункер для стружки, 3, 4 – мельницы для доизмельчения стружки, 5 – склад цемента, 6 – сортировка стружки (грохот), 7 – бункер для несортированной стружки, 8 – бункер для мелкой фракции стружки, 9, 10 – бункеры для стружки среднего слоя, 11 – кантователь поддонов, 12 – смесители, 13 – склад поддонов, 14 – формирующая станция, 15 – устройство для очистки и смазки поддонов, 16 – бункердозатор для цемента и других добавок, 17 – возвратный транспортёр, 18 – контрольно-весовое устройство, 19, 20 – штабелирующие устройства, 21 – холодный пресс, 22 – зона отверждения

давление сохранялось вплоть до открывания пресса. Нужная толщина ЦСП обеспечивается дистанционными прокладками, которыми оснащены поддоны. Фиксированный «в замок» штабель поддонов, называемый также пресс-форма, из пресса транспортируется в обогреваемую зону 22, где выдерживаются не менее 8 часов. Отверждение цементно-стружечной массы не сопровождается усадкой, и давление в пресс-форме не изменяется или же слегка увеличивается.

Затем штабель возвращается в пресс для раскрытия и снятия давления (для этого может использоваться и второй пресс). Открытые пресс-формы перемещаются к установке для отделения

поддонов от цементно-стружечных плит. Освобождающиеся поддоны тщательно очищаются в специальной установке 15 и покрываются смазкой с обеих сторон. В целях равномерного износа обеих поверхностей поддонов, перед каждой загрузкой обеспечивается их переворачивание в кантователе 11. Поддоны возвращаются к формирующей станции 14, а цементно-стружечные плиты, пройдя обрезку кромок на станке 25, поступают на буферный склад 23, где выдерживаются в течение одной-двух недель. Окончательно ЦСП «дозревают» в канале климатизации 24, обдуваемые воздухом при температуре 70-100 °С. Готовые плиты обрезаются по формату, сортируются по качеству, укладываются в штабели и передаются на склад продукции.

## **8.6 Производство древесностружечных плит на проходных прессовых установках на примере действующего предприятия, оснащённого оборудованием промышленной группы «Диффенбахер».**

Технологическая гибкость, как одно из важнейших требований к современному производству, закономерно выдвигается на передний план при проектировании предприятий по выпуску древесностружечных плит. Покажем особенности организации участков на одном из недавно построенных заводов ДСтП.

### **8.6.1 Сырьё**

Предпосылки для технологической гибкости создаются уже на стадии подготовки исходного материала. На данном предприятии могут быть использованы различные виды древесного сырья:

- круглые лесоматериалы, в основном хвойных пород;
- привозная технологическая щепка, преимущественно хвойных пород;
- стружка и опилки, преимущественно хвойных пород, как отходы, образующиеся при работе дереворежущих станков;
- отходы кусковой древесины от столярно-мебельных производств;



Установка для сепарации стружки в производстве древесностружечных плит

- вторичное древесное сырьё (например, старая мебель и прочий деревянный утиль).

### **8.6.2 Особенности технологического процесса**

Приготовление стружки для плит. Круглые лесоматериалы и отходы массивной древесины направляются на линию измельчения, где в рубительной машине перерабатываются в технологическую щепу. Затем щепу в центробежных стружечных станках размельчается в стружку для наружных и внутреннего слоев.

Привозные щепы, стружка-отход и опилки перед размельчением в стружечном станке подвергаются сухой очистке.

Вторичное сырьё, например старая мебель, в том числе из ДСтП, сначала измельчается на крупные куски, а потом подвергается специальной обработке для получения стружки.

Хранение сырой стружки. Сырая стружка хранится в нескольких круглых бункерах, причём материал разделяется по бункерам

с учётом того, из какого сырья он получен (из технологической щепы, из опилок и т.п.). Это позволяет получить перед сушкой любую смесь измельчённого материала, сообразуясь с требованиями к физико-механическим свойствам изготавливаемых плит.

Сушка стружечной массы. Подготовленная смесь из сырой стружки сушится в большом одноходовом барабане. Отходящий горячий воздух частично вновь направляется в сушилку, остальные газы очищаются, проходя через систему электростатических мокрых фильтров. Сушилка обогревается комбинированной газопылевой горелкой.

Сепарация стружки. Сухая стружка поступает на большие качающиеся сита, где просеивается с разделением на четыре фракции:

- а) стружка для наружных слоев,
- б) стружка для внутреннего слоя,
- в) пыль, удаляемая на сжигание,
- г) крупные куски, направляемые на доизмельчение.



Проходной пресс для предварительной холодной подпрессовки стружечного ковра

Приготовление и нанесение связующего. Связующее поставляется в жидкой форме, некоторые из химических добавок приготавливаются и вводятся в клеевой состав прямо на предприятии. Компоненты дозируются непосредственно в момент смешивания. Клей дозируется гравиметрически, так что требуемая доля связующего обеспечивается независимо от его вязкости, изменяющейся, например, в результате колебаний температуры.

Формирование ковра. Формирующая станция состоит из двух машин для настилки наружных слоев и двух машин (в целях достижения соответствующей производительности) для настилки среднего слоя. Рассеивание стружки для наружных слоев происходит по принципу пневматического фракционирования – этот способ единственно приемлем при постоянно меняющемся составе стружечной массы. Средний слой насыпается механическим способом. Такое конструктивное решение формирующей станции позволяет выпускать также плиты без сепарации струж-



Горячая прессовая установка CPS, используемая в непрерывном производстве древесностружечных плит

ки наружных слоев. Ширину ковра можно регулировать. Излишки стружечной массы сгребаются и возвращаются в соответствующую зону – для использования в наружных или внутреннем слоях.

Прессование плит. Сформированный ковёр сначала подвергается холодной подпрессовке в необогреваемом проходном прессе – это делается, чтобы удалить из осмолённой стружечной массы лишний воздух и сократить время последующего горячего прессования. Главный проходной пресс CPS (Conti Panel System) разделён на зоны, в которых обеспечиваются различные температура и давление прессования. Температура нагрева регулируется для каждой зоны пресса обособленно. Усилие прессования, а также расстояние между лентами пресса также можно регулировать по отдельности, с каждой стороны и не останавливая производство. Таким образом, параметры прессования можно оптимизировать, в каждом случае соотносясь с требованиями к изготавливаемой продукции.

Послепрессовая обработка. Материал, выходящий из пресса CPS, движется по роликовому транспортёру в виде бесконечного полотна. При этом выполняется обрезка продольных кромок полотна и раскрой его на плиты нужной длины. Затем, также в проходном режиме, измеряются толщина каждой плиты и её масса, выявляются возможные расслоения и иные дефекты. Бракованные плиты можно сразу же изымать из основного потока, а доброкачественные изделия перекадываются для остывания на веерные охладители. Продолжительность охлаждения рассчитывают исходя из того, чтобы исключить гидролизные реакции и, как следствие, деструкцию связующего. Остывшие плиты либо складываются в стопы и перемещаются на буферный склад, либо передаются непосредственно на линию шлифования.

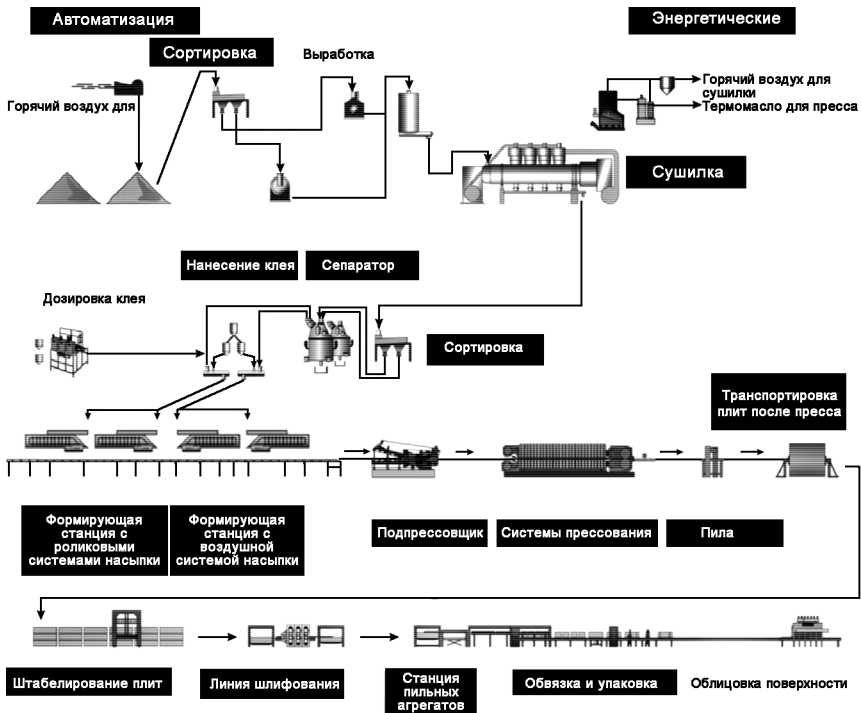
Линия шлифования. Обработка каждой пласти на линии шлифования выполняется в несколько проходов. Сначала плита калибруется крупнозернистой шлифовальной лентой, а затем обеспечивается тонкое шлифование. После визуального контроля отшлифованные плиты рассортировываются в стопы по установленным качественным признакам.

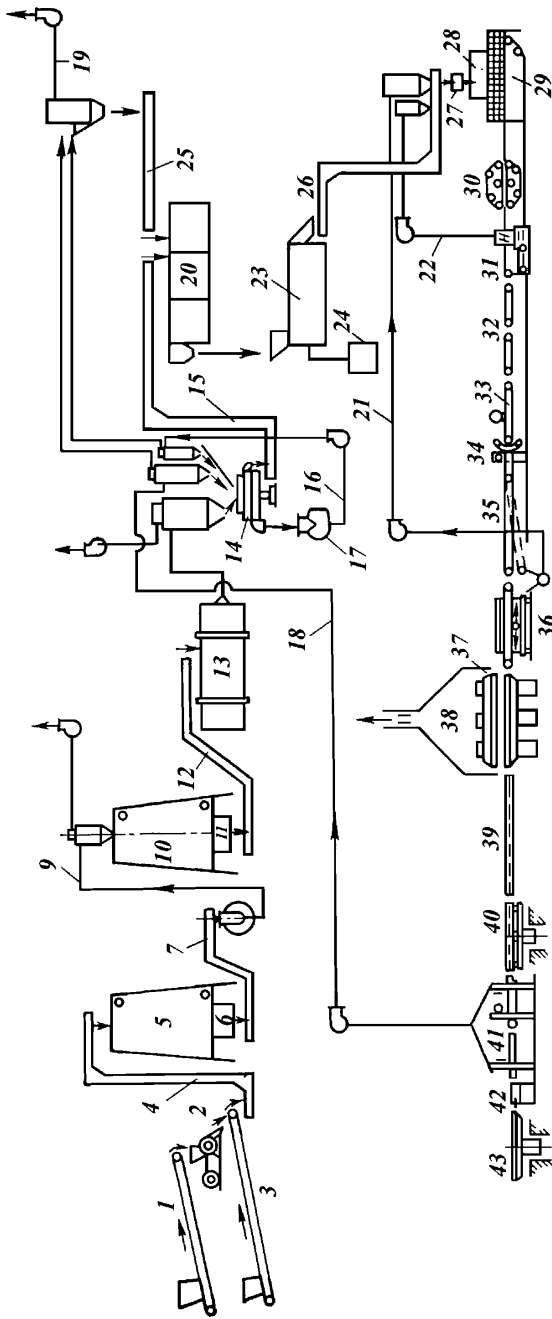
Раскрой, упаковка, отправка. За шлифовальной линией имеется производительная круглопильная установка для раскроя плит. Отшлифованные плиты могут быть упакованы и отправлены заказчику как в виде большеформатных изделий, так и раскроенными на требуемые размеры.

Гибкая приспособляемость к постоянно меняющимся требованиям рынка становится сегодня одним из главных требований к производству древесных плит. Учитывать это необходимо уже на стадии компоновки производственных участков, при подборе и размещении оборудования. Однозначно, что при такой постановке задачи все технологические преимущества оказываются на стороне проходных прессов непрерывного действия, поскольку:

- изменение требуемой длины выпускаемых плит не влияет на производительность установки;
- благодаря незначительным отклонениям от заданной толщины плит можно назначать малые припуски на шлифование;
- имеется больше возможностей воздействия на изготавливаемый материал с целью регулирования свойств готовой продукции;
- потребление тепловой и электрической энергии сравнительно невелико.

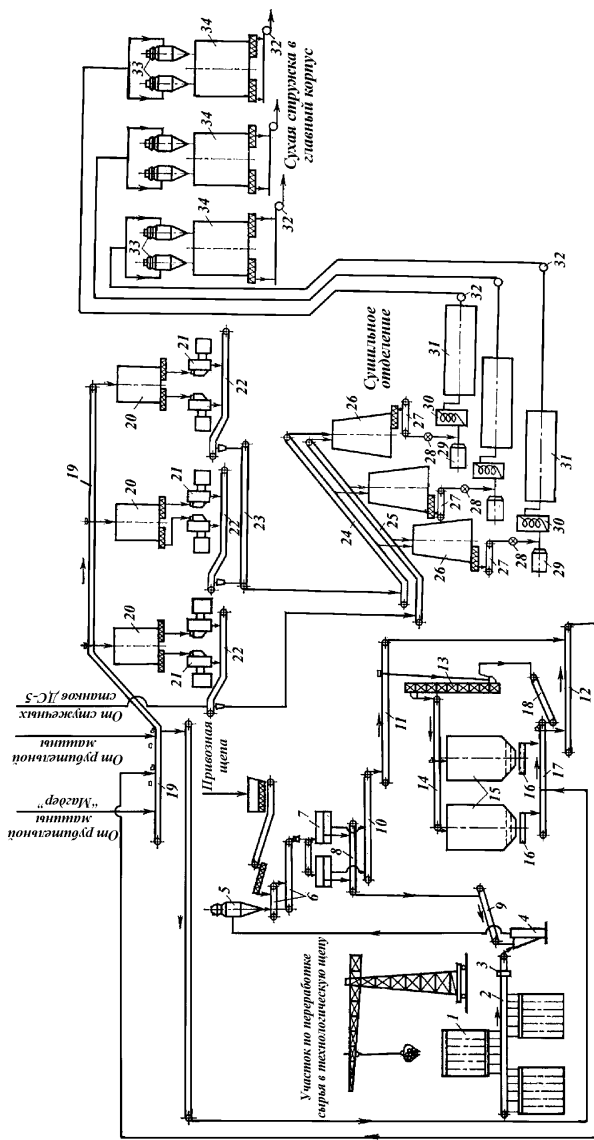
Следует отметить, что производство стружечных плит на базе проходного пресса CPS может быть организовано в любых климатических условиях, в том числе таких, которые принято считать экстремальными. Разумеется, в таких условиях проектировщик должен учесть все температурно-влажностные особенности, чтобы определить, какое оборудование можно монтировать на открытом воздухе, а какое следует разместить в закрытом помещении, и какая теплоизоляция должна быть при этом обеспечена.





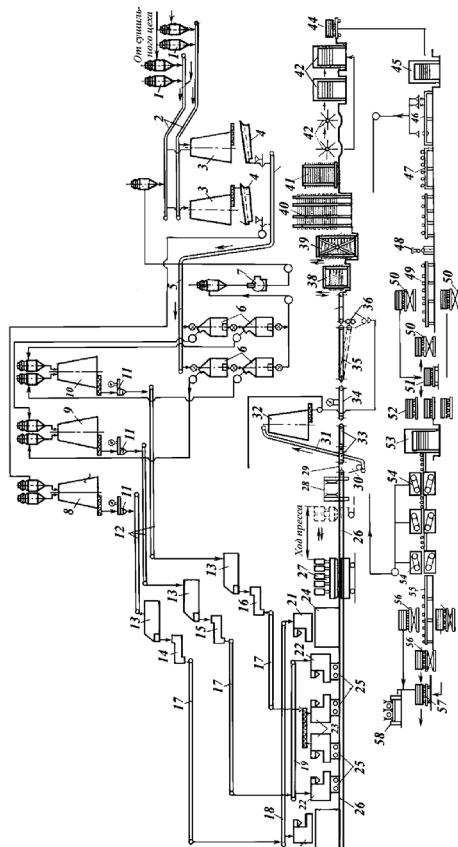
Технологическая схема однослойных плит цеха мощностью 20 тыс. м<sup>3</sup> плит в год:

1, 3 – ленточные конвейеры; 4, 7, 12, 15, 26 – конвейеры с погруженными скребками; 5 – вертикальный бункер для щепы; 6, 11 – питатели; 8 – центробежный стру-жевый станок; 9, 16, 18, 19, 21, 22 – пневмотранспортные установки; 10 – вертикальный бункер для стружки; 13 – сушильный барабан; 14 – механическая сортировка; 17 – мельница для измельчения крупной стружки и сколов; 20 – бункер для сухой стружки; 23 – смеситель; 24 – клеиприготовительная установка; 25 – винтовой конвейер для подачи пыли; 27 – бункер-питатель; 28 – формирующая машина; 29 – формирующий конвейер; 30 – ускоряющий конвейер; 33 – контрольные весы; 34 – металло-улавливатель; 35 – качающийся конвейер; 36 – загрузочная тележка; 37 – пресс для горячего прессования; 39 – роликотый конвейер; 40, 43 – подъемные столы (штабелеукладчики); 41, 42 – форматно-обрезные станки.



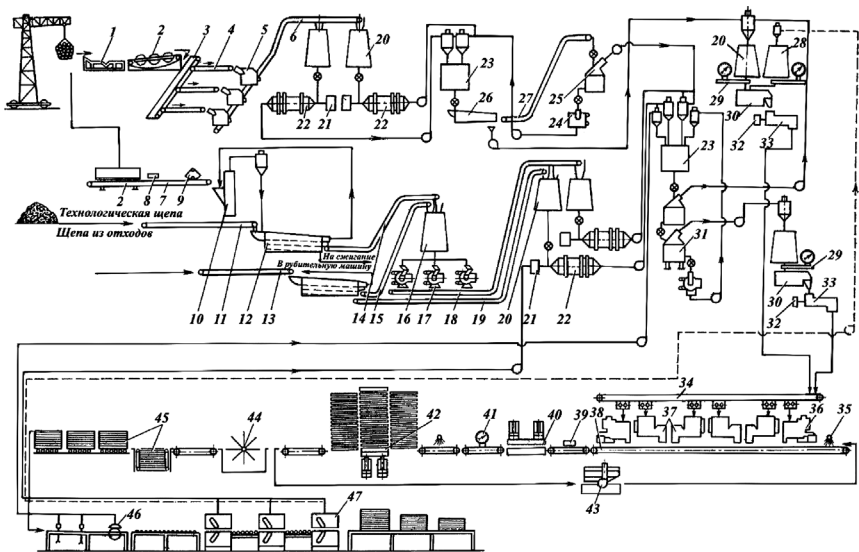
**Однопоточная схема переработки сырья в иглочатую стружку для цеха ДСП производительностью 100 тыс. м3:**

- 1 – разобщитель; 2 – ленточный конвейер подачи длинномерного сырья и кусковых отходов; 3 – металлоискатель;
- 4 – рубильная машина с циклоном; 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 27 – ленточные конвейеры; 7 – сортировка щета
- СШ-120; 13 – ковшовый элеватор ( $h=35$  м); 15 – бункеры для щета ( $V_B=1300$  м<sup>3</sup>); 16 – тарельчатые питатели; 20 – вертикальные бункеры для щета; 20 – центробежные стружечные станки ДС-7; 23 – конвейеры с погруженными скребками; 24 – вертикальные бункеры ДБО-60; 25 – шлюзовые (рогортные) питатели; 27 – топки для получения газов (сушильного агента);
- 28 – циклонные (спиральные) приставки для предварительной сушки стружки; 29 – сушильные барабаны для окончательной сушки стружки; 30 – вентиляторы ВМ-17; 33 – циклоны; 34 – противопожарные бункеры.



Технологическая схема производства пятислойных ДС-П (линия СПБ-100):

- 1 – циклоны; 2, 5, 12, 17, 31 – конвейеры с погружными скребками; 3 – бункеры ДБОС-60 для сухой стружки; 4 – механические сортировки ДРС-2; 6 – двухступенчатые пневматические сепараторы; 7 – зубчато-ситовая мельница ДМ-8; 8, 9, 10 – бункеры ДБОС-60 соответственно для наружных, промежуточных и внутреннего слоев; 11 – ковшовые весы; 13 – выравнивающие бункеры-питатели; 14, 15, 16 – смесители; 18, 19 – скребковые конвейеры для распределения осмоленной стружки по формирующим машинам; 20 – то же, винтовой конвейер; 21, 22, 23 – формирующие машины ДФ-6 соответственно для наружных, промежуточных и внутреннего слоев; 24 – камера пневматического фракционирования стружки; 25 – рассеивающее устройство ДРФ-2; 26 – формирующий конвейер; 27 – шагающий конвейер Д4046 предварительной подпрессовки ковры; 28 – пила для поперечной распиловки ковры; 29 – переходный мостик; 30 – приемник для осмоленной стружки; 32 – бункер ДБОС-60 для осмоленной стружки; 33 – ускоряющий конвейер; 34 – контрольные весы ВК-250; 35 – качающийся конвейер; 36 – игольчатые вальцы для дробления некондиционных брикетов; 37 – загрузочный конвейер; 38 – этажерка-накопитель; 39 – загрузочная этажерка; 40 – пресс для горячего прессования Д4744; 41 – разгрузочная этажерка веерного типа; 42 – камера охлаждения ДКО; 43 – штабелескладчики ДШ-11; 44, 51, 57 – траверсные тележки; 45, 53 – штабелеразгрузчики ДРШ; 46 – форматно-обрезной станок ДЦ-11; 47 – роликовые конвейеры; 48 – толщномер ДТ-2; 49 – линия сортировки плит по толщине; 50, 56 – подъемные столы; 52 – наполные роликовые конвейеры; 54 – шифовальные станки ДКШ-1; 55 – линия сортировки плит по сортам; 58 – линия раскроя плит на заготовки ДРШ;



**Технологическая схема производства трехслойных ДСтП с мелкоструктурной поверхностью для цеха мощностью 90 ... 100 тыс. м<sup>3</sup> в год:**

- 1 – разобщик; 2 – многопильный станок для разделки длинномерного сырья;
- 3, 7, 11, 13 – ленточные конвейеры; 4 – конвейеры-питатели; 5 – стружечные станки ДС-6; 6, 14, 15, 18, 19, 27 – скребковые конвейеры; 8 – металлонскатель;
- 9 – гидроманипулятор для удаления сырья с металлическими включениями;
- 10 – рубительная машина; 12 – сортировка щепы СШ-120; 16 – вертикальный бункер ДБО-150; 17 – стружечные станки ДС-7; 20 – вертикальные бункера ДБО-60;
- 21 – топки для получения газов (сушильного агента); 22 – сушильные барабаны;
- 23 – противопожарные бункеры; 24 – зубчато-ситовая машина ДМ-8; 25 – одноступенчатый пневматический сепаратор ДРС-2; 26 – механический сепаратор ДРС-2;
- 28 – бункер для пыли ДБОП-60; 29 – весы ОДКЧ-200А; 30 – выравнивающие бункеры-питатели; 31 – двухступенчатый пневматический сепаратор ДПС-1;
- 32 – клееприготовительные установки ДКС-1; 33 – смесители для наружных и внутреннего слоев; 34 – конвейер распределения осмо-ленной стружки по формирующим машинам; 35 – дождевальные установки; 36 – формирующие машины ДФ-6 для формирования наружных слоев; 37 – формирующие машины ДФ-6 для формирования внутреннего слоя; 38 – формирующий конвейер; 39 – металлоулавливатель; 40 – пресс ПР-5 для предварительной подпрессовки пакетов;
- 41 – контрольные весы ДВ-3; 42 – пресс для горячего прессования ПР-6М;
- 43 – установка для охлаждения поддонов; 44 – веерный охладитель;
- 45 – штабелюкладчик ДШ-11; 46 – форматно-обрезной станок ДЦ-3М или ДЦ-8;
- 47 – станок шлифования и сортировки плит ДЛШ-50 или ДЛШ-100.

## Глава 9 ПОСЛЕПРЕССОВАЯ ОБРАБОТКА ПЛИТ

К операциям послепрессовой обработки относятся охлаждение плит и их кондиционирование (выдержка) после прессования, форматная обрезка, шлифование и сортировка. На некоторых предприятиях к этим завершающим операциям добавляется раскрой плит на заготовки требуемых размеров.

**Охлаждение плит** – операция обязательная. Температура изделий перед укладкой их в штабели не должна превышать 50 °С. Плиты на карбамидных смолах нельзя укладывать в плотные стопы и хранить при температуре более 70 °С – это может привести к термодеструкции отверждённой смолы и снижению (до 40%) прочности плит при растяжении поперёк пласти.

Обычно применяют конвективное охлаждение плит в веерной установке (рис. 9.1), за время поворота которой на 180 градусов температура плит понижается до 50–70 °С. Остывшие плиты снимаются при помощи штабелеукладчика и перекладываются в стопы. Если пресс многоэтажный, его разгрузочная этажерка действует согласованно с работой охладителя, в котором одновременно могут остывать 15-18 плит, по числу этажей пресса.

Наружные слои плит обычно после прессования пересушены, и при охлаждении они активно впитывают влагу из окружающего воздуха. Одновременно избыточная влага из внутреннего слоя устремляется наружу и энергично перераспределя-

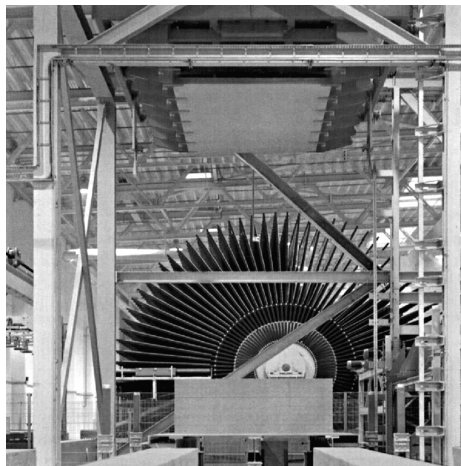


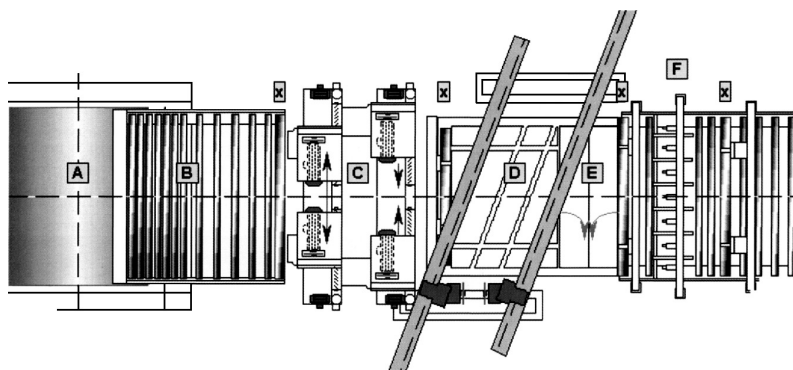
Рис. 9.1. Веерный охладитель плит на выходе из пресса (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

ется по толщине плиты. В результате средний слой даёт усушку в пределах 0,3–0,6 мм, а наружные слои набухают. Это порождает внутренние напряжения в плите и может привести к нарушениям её формы, особенно если процессы протекают несимметрично относительно среднего слоя. Такое бывает, когда разница между температурами и влажностью в прессе и вне его особенно велика, например в недостаточно отапливаемом помещении в холодное время года. Потому и необходима **выдержка (кондиционирование)** готовых плит, в ходе которой влажность и температура медленно выравниваются по всему объёму изделий, а внутренние напряжения ослабляются. Для этой цели в цехе предусматриваются специальные буферные участки, площадь которых зависит от суточной производительности пресса и необходимой продолжительности кондиционирования.

**Форматная обрезка** плит может выполняться сразу после горячего пресса, после охладителя либо после выдерживания плит на буферном складе. Обычные припуски на обработку 15–30 мм, требуемая точность  $\pm 2$  мм на 1 м длины кромки. Последовательная обрезка плиты по длинной и короткой сторонам выполняется двумя взаимно перпендикулярными парами пил. Крупноформатные и проходные прессы дополнительно оснащены делительными пилами, позволяющими нарезать выпускаемое полотно на плиты такой длины, при которой их удобно хранить и транспортировать.

Участок раскроя плит после пресса непрерывного действия схематически представлен на рисунке 9.2. Для обрезки кромок служат продольные пилы, настроенные на заданную ширину плиты. Раскрой на отрезки заданной длины выполняет диагональная пила: её пильный диск установлен под углом к направлению подачи, и этот угол так согласован со скоростью подачи, чтобы непрерывно движущаяся лента материала разрезалась в нужном месте перпендикулярно к кромке. Все пильные узлы в линии продублированы, что позволяет менять пильные диски, независимо от работы пресса.

На участке форматной обрезки тщательно контролируется качество древесных плит. Если поверхность кромки у плиты по-



**Рис. 9.2.** Схема участка обрезки кромок и поперечного раскроя бесконечной ленты на плиты нужного формата: А – выходной барабан пресса, В – приёмный рольганг, С – регулируемые триммерные пилы для обрезки кромок, D – диагональные пилы для поперечных резов, E – приёмник для опилок, F – контроль толщины плиты, X – парные прижимные ролики (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

ристая, это указывает на низкое качество среднего слоя, например, из-за неудовлетворительной работы формирующих машин. У плит, раскраиваемых на форматы после выдержки на буферном складе, такой дефект обнаружится слишком поздно, по этим соображениям кромки лучше обрезать непосредственно после охлаждения плит.

Отпиленные куски кромки обычно идут на сжигание, так как измельчение их в целях повторной переработки экономически не оправдывается.

**Шлифование** считается особенно ответственной операцией при изготовлении плит для мебельного производства, где требуются щиты стабильной толщины и с безупречно гладкой поверхностью. Сегодня для калибрования и шлифования древесных плит используются в основном широколенточные многоагрегатные станки. На российских предприятиях ещё работают отечественные модели с шириной шлифования 1830 мм, у которых единственный рабочий агрегат состоит из верхней и нижней шлифовальных головок. Добиться ровной толщины и высокого качества поверхности за один проход на таком агрегате не удаётся, поэтому приходится использовать последовательно не менее двух станков.

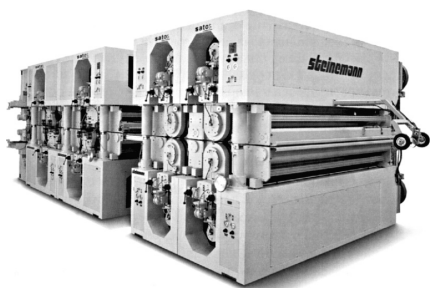
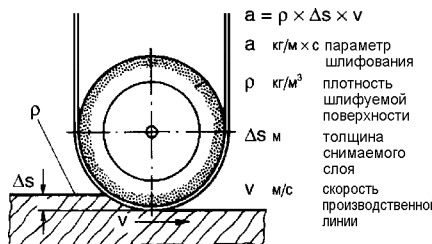


Рис. 9.3. Многоголовочная широко-ленточная шлифовальная установка (иллюстрация предоставлена фирмой Steinemann)

С появлением прессов непрерывного действия усовершенствовалась и технология шлифования готовых плит – с учётом существенно возросшей скорости процесса и очень жёстких допусков на разнотолщинность при значительно уменьшившихся и чётко контролируемых припусках на шлифование. Там, где раньше требовалось несколько шлифовальных станков, теперь мож-

но обойтись одной современной установкой, которая способна неделями работать без выключения. Изображённая на рисунке 9.3 установка для шлифования ДСтП и MDF может иметь 6-12 рабочих головок и скорость подачи при шлифовании до 100 м/мин. Такие установки komponуются по принципу функциональных блоков: в калибровальном блоке древесная плита обрабатывается грубой абразивной лентой до получения равномерной толщины, в калибровально - шлифовальном – выглаживается лентой средней зернистости и в чистовом блоке поверхность плиты доводится лентой малой зернистости. Для стружечных плит на последней операции достаточна зернистость ленты 100–120, для MDF не менее 180, а некоторые производители предпочитают для этой операции ленту с зернистостью 220 или 240.



- $a = \rho \times \Delta s \times v$
- $a$  кг/м × с параметр шлифования
  - $\rho$  кг/м<sup>3</sup> плотность шлифуемой поверхности
  - $\Delta s$  м толщина снимаемого слоя
  - $v$  м/с скорость производственной линии



Рис. 9.4. Принцип моделирования режима шлифования (иллюстрация предоставлена фирмой Steinemann)

В подобных шлифовальных установках важно не только правильно скомпоновать необходимые агрегаты, но и обеспечить согласованное взаимодействие их в составе производственной линии с учётом таких факторов, как плотность (твёрдость) шлифуемой поверхности, толщина снимаемого слоя, скорость производственного потока, скорость шлифовальной ленты. Делается это путём моделирования режимов шлифования с целью определить так называемый *оптимальный параметр шлифования*, при котором наилучшее качество обрабатываемой поверхности достигается при наименьших производственных затратах. Из графиков на рисунке 9.4 видно, функцией каких факторов является параметр шлифования и как взаимодействуют между собой эти факторы. Комбинируя различные шлифовальные головки, можно добиваться требуемых показателей. Обычно окончательная конфигурация станка на заводе-изготовителе определяется на основе данных, предоставляемых заказчиком – производителем древесных плит. Пример шлифовального станка с оптимизируемыми технологическими параметрами представлен на рисунке 9.5. Модель оснащена контактными барабанами диаметром 362 мм и рассчитана на ширину обработки 1600 мм при скорости подачи до 90 м/мин и с соблюдением чрезвычайно жёстких допусков на разнотолщинность.

На станках с двумя, четырьмя или шестью головками до 85 процентов всего припуска снимается при калибровании плит, а остатки припуска удаляются при чистовом шлифовании. При наличии 6-8-10 головок самые последние из них используются для прецизионного тонкого шлифования и

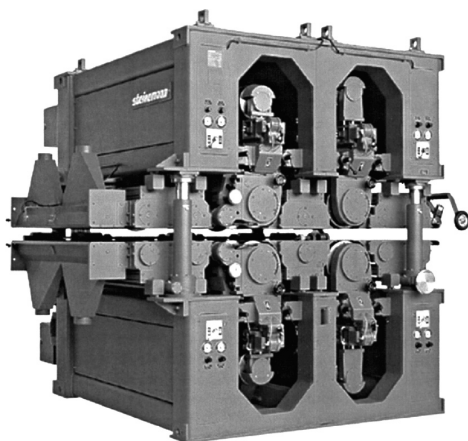
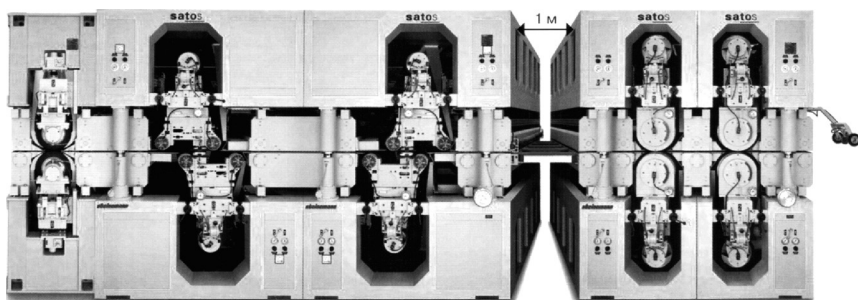


Рис. 9.5. Современный широколенточный шлифовальный станок, позволяющий оптимально распределить нагрузку между рабочими агрегатами (иллюстрация представлена фирмой Steinemann)

полирования, толщина снимаемого ими слоя равна 0,02-0,03 мм. Из этих соображений важно обеспечить оптимальное использование калибровального станка: оптимальным считается, когда головка с лентой самой крупной зернистости работает с полной нагрузкой (коэффициент загрузки станка определяется по показаниям амперметра) – при таком режиме создаются наилучшие предпосылки к тому, чтобы шлифование было экономичным, а на обработанных поверхностях не оставалось следов от абразивного инструмента. Головки для заключительного шлифования должны снимать минимальный слой, их главная работа – в выглаживании, доводке поверхности. Следы шлифования менее заметны, если барабаны у последних агрегатов осциллирующие, то есть вращаются с некоторым осевым биением.

Чтобы можно было точно проконтролировать – вручную либо автоматически – толщину каждой плиты, рекомендуется выдерживать расстояние между калибрующим и прецизионным шлифовальными станками не менее метра (рис. 9.6). Это целесообразно ещё и потому, что чем длиннее отшлифованная плита, тем легче обеспечить оптимальные размеры при её дальнейшем раскрое.

Разнотолщинность у плит, получаемых из непрерывного прессы, совсем невелика, так что и допуски на размеры отшлифованных плит могут выдерживаться в узких пределах, обычно  $\pm 0,1$  мм.



**Рис. 9.6.** Размещение агрегатов на участке шлифования: справа калибровальный станок, слева станок для чистового шлифования (иллюстрация предоставлена фирмой Steinemann)

Технологические варианты использования представленных здесь станков при шлифовании ДСтП и MDF, полученных различными способами прессования, приведены в таблице на следующей странице. Припуски на шлифование плит зависят главным образом от типа головного оборудования.

При шлифовании древесных плит, изготовленных в старых многоэтажных прессах, нужно считаться с довольно большими припусками – обычно 2,5–3 мм, иногда до 3,5 мм. (Чрезмерные припуски ведут к существенному снижению производительности.) Электронный контроль за компенсацией нагрузки на первый калибровальный станок в этом случае имеет гораздо большее значение, чем при калибровании плит, получаемых в одноэтажных или проходных ленточных прессах. Непостоянство скорости процесса негативно отражается на результатах чистового шлифования (на поверхности остаются неравномерные следы) и затрудняет выдерживание допуска, учтённого в настройке шлифовального станка. При заданном разрыве между поступающими с пресса плитами калибровальный станок можно настроить на оптимальную скорость подачи – такую, при которой будет удаляться почти весь припуск, в то время как станок для чистового шлифования должен работать с одной и той же скоростью подачи – в режиме, не зависящем от изменений общего темпа технологической линии, иначе каждое такое изменение будет приводить к проявлению следов шлифования на обработанной поверхности. В Западной Европе большинство старых линий с многоэтажными прессами служат для выпуска заказными партиями специальных видов плит – огнеупорных, водостойких, а также толстых щитов для стеновых панелей, дверных полотен и т.п.

Одноэтажные тактовые прессы с современными формирующими линиями обеспечивают припуск на шлифование в пределах 0,8–1,8 мм. Чаще всего за таким прессом ставят 6-головочный шлифовальный агрегат. Для завода с несколькими прессующими линиями бывает достаточно одного 8-головочного агрегата с высокой скоростью подачи.

<b>Примерные режимы послепрессового шлифования плит</b>			
Состав оборудования	Скор. подачи, м/мин		Рекомендуемая зернистость лент
	оптим.	макс.	
<b>для ДСтП, изготовленных в многоэтажном прессе (плотность плит 620-700 кг/м<sup>3</sup>, припуск на шлифование 1,5 мм)</b>			
2-головочный станок (в два прохода с заменой ленты)	20	26	40-80
4-головочный станок	26	30	40 - 80
6-головочный станок	40	50	40 - 60 - 80 36 - 60 - 100 40 - 80 - 120
8-головочный станок	50	60	36 - 40 - 60 - 80 36 - 50 - 80 - 120 36 - 40 - 80 - 120 40 - 80 - 120 - 150
<b>для MDF, изготовленных в многоэтажном прессе (плотность плит 750 кг/м<sup>3</sup>, припуск на шлифование 2,5-3,0 мм)</b>			
2-головочный станок (в два прохода с заменой ленты)	20	26	40-80
4-головочный станок	26	30	40-80
6-головочный станок	40	50	40 - 60 - 80 36 - 60 - 100 40 - 80 - 120
8-головочный станок	50	60	36 - 40 - 60 - 80 36 - 50 - 80 - 120 36 - 40 - 120 - 150 40 - 80 - 120 -180
<b>для ДСтП и MDF, изготовленных в одноэтажном прессе (припуск на шлифование 0,8-1,8 мм)</b>			
2-головочный станок (в два прохода с заменой ленты)	20	26	40 - 80
4-головочный станок	26	30	40 - 80
6-головочный станок	40	50	40 - 60 - 80 36 - 60 - 100 40 - 80 - 120 60 - 100 - 150

8-головочный станок	50	60	36 - 40 - 60 - 80 36 - 50 - 80 - 120 36 - 40 - 120-150 40 - 80 - 120 - 180
<b>для ДСтП, изготовленных непрерывным прессованием (припуск на шлифование 0,4-0,8 мм)</b>			
2-головочный станок	20	25	80
4-головочный станок	30	40	60 - 100
6-головочный станок	40	55	40 - 60 - 100 60 - 80 - 100 60 - 80 - 120
8-головочный станок	50	80	50 - 60 - 80 - 100
<b>для MDF, изготовленных непрерывным прессованием (припуск на шлифование 0,5-1,2 мм)</b>			
6-головочный станок	40	50	60 - 100 - 120 80 - 120 - 150 80 - 120 - 180
8-головочный станок	50	80	60 - 80 - 120 - 180 60 - 80 - 120 - 150
10-головочный станок	60	90	60 - 80 - 120 - 150 + SF*
* SF – «суперфинишные» синтетические вальцы с тончайшим абразивным покрытием (соответствующим ленте зернистостью 220)			

Ленточные прессы позволяют снизить припуск на шлифование стружечных плит до 0,8–0,4 мм. Меньшие его значения нежелательны, поскольку это затруднило бы удаление блестящего закалённого слоя, который образуется на поверхности древесной плиты в результате её контакта со стальной лентой прессы.

Обычно в линии по выпуску стружечных плит непрерывным способом участок шлифования следует сразу же за охладителем, и уже отшлифованные плиты укладываются в штабели или же передаются на участок облицовывания либо раскроя. При изготовлении MDF участок шлифования может размещаться вне линии, поскольку плиты после прессования должны выдерживаться на буферном складе в течение 24–48 часов, до полного отверждения.

Стружечные плиты, изготовленные в современных прессовых установках, как правило, выдерживаются перед шлифованием

не более 8 часов. Этого времени достаточно для полного отверждения связующего и охлаждения плит до 50 °С – именно эта температура считается оптимальной для получения надлежащего качества поверхности после шлифования. Абразивная лента эффективна при температуре до 80 °С, причём при повышенных температурах стойкость ленты значительно больше, чем в случае шлифования полностью охлаждённых плит с полностью отвердевшим клеем. К тому же, если самый верхний, закалённый слой плиты снимается при так называемом горячем шлифовании, это способствует более быстрому отверждению связующего в плите. Однако на слишком горячей поверхности клей остаётся термопластичным, и тогда зёрна шлифовальной ленты будут вырывать из плиты кусочки, которые, налипая на ленту вместе с клеем, быстро приведут к её износу.

Дорогостоящие стальные ленты проходных прессов очень трудно содержать в надлежащем состоянии. При попадании на ленту металлических предметов (это могут быть, например, отлетевшие болты, гайки, слесарный инструмент) на ней неизбежно остаются следы, которые необходимо сразу же устранить соответствующей обработкой. При прессовании отремонтированные участки дают на поверхности древесных плит отпечатки, и эти неровности могут впоследствии проявиться даже под облицовкой, если припуск на шлифование окажется недостаточным для их сглаживания.

Для обработки плит, изготавливаемых в позиционных одноэтажных прессах большой длины и в проходных ленточных прессах, ввиду очень малых припусков на шлифование, сравнительно редко применяются комбинированные шлифовальные установки, состоящие из стального контактного барабана и контактного башмака (утюжка). Возможности варьировать конфигурацию таких установок расширились с появлением агрегатов тонкого шлифования, ленты которых расположены под углом 85 и 95 градусов к направлению подачи. Такая 4-6-головочная установка при правильно подобранной зернистости лент способна обеспечить требуемое качество поверхностей у ДСтП и MDF. Основная часть припуска (80–85%) снимается при калибровании плит, для это-

го используются ленты с зернистостью 100/120/150 на бумажной основе, а для чистового шлифования берётся лента зернистостью 180. Такая прецизионная шлифовка применима даже для очень тонких плит (до 1,5 мм) – в этом случае обработка ведётся головками, расположенными напротив друг друга симметрично либо асимметрично, а электронное управление утюжками отлажено таким образом, что они при соприкосновении с поверхностью древесной плиты автоматически занимают рабочее положение, и как только плита обработана, тотчас возвращаются в исходную позицию.

При правильном техническом уходе за шлифовальной установкой она способна неделями работать без выключения. Высокую температуру, характерную для зоны резания, удаётся снижать благодаря тому, что контактные вальцы оснащены спиральными пазами, которые создают дополнительный поток воздуха, увеличивают площадь нагреваемой поверхности и позволяют эффективно отводить тепло от нагретого металла. От поломки оборудование защищают системы с температурными датчиками, автоматически отключающие станок при перегреве подшипников. Смазка таких установок тоже обеспечивается автоматически. Операторский пульт с монитором, на котором индицируются рабочие параметры и возможные неисправности, как правило, объединён с центральной системой управления. Срок службы станков при такой оснастке значительно возрос.

Для станин всё чаще используется минеральное литьё, например полимербетон, который получают из кремнистого известняка, добавляя в него эпоксидное связующее (до 10%). Такая станина устойчива к коррозии и воздействию агрессивных сред, гасит шум и вибрацию узлов станка, повышает их термостабильность, а по сроку службы не уступает другим литым конструкциям подобного назначения.

Постоянно увеличивается и долговечность шлифовальных лент. Используемые на европейских заводах древесных плит ленты с зернистостью 60 и 100 характеризуются стойкостью в 100 000 и даже 250 000 погонных метров отшлифованного материала. У лент с более тонкой зернистостью срок службы несколько

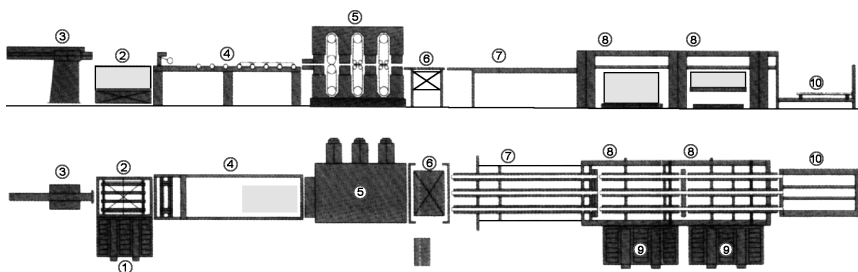
короче. Ленты на бумажной основе хотя и дешевле лент с синтетической или комбинированной основой примерно на 30–40%, но их перед использованием нужно климатизировать, то есть выдерживать в условиях рабочей среды, пока бумага не достигнет равновесной влажности.

На многих российских предприятиях назрела необходимость модернизации участков шлифования, и некоторые уже проводят её (см., например, Приложение). При этом часто для начала бывает достаточным установить новый станок для калибрования и продолжать использовать имевшийся для завершающего шлифования плит.

Шлифование плит обычно совмещают с операцией **сортирование** продукции. Сорт плиты устанавливается оператором после осмотра каждой пласти (нижней – с помощью зеркала) и корректируется автоматическим толщиномером. Иногда попутно определяют вес плиты, чтобы рассчитать её плотность. На современных линиях для определения плотности применяется радиационный метод или же ведётся непрерывный контроль за распределением плотности по площади плиты. Расслоения внутри плит выявляются ультразвуковым способом. Контроль при сортировке нацелен и на обнаружение таких дефектов, как недостаточная прочность плит, пузыри и разрывы, покоробленность, слущивание стружки с поверхности плиты и др. Один из примеров компоновки линии шлифования и сортировки плит представлен на рисунке 9.7.

Прошедшие сортировку плиты маркируются и укладываются в стопу высотой 400 мм, что обычно связано с возможностями электропогрузчиков. На упаковке должны быть указаны наименование изготовителя, марка, группа, сорт и толщина плиты, номер стандарта. Желательно, чтобы склад готовой продукции вмещал как минимум месячный объём производства.

Некоторые предприятия, исходя из возможностей сбыта своей продукции, налаживают **раскрой стандартных плит на заготовках** определённых размеров. Однако поставка плит в заготовках должна быть экономически обоснованной. Часто бывает выгоднее выполнять раскрой непосредственно на мебельных фабри-



**Рис. 9.7.** Линия шлифования и сортирования плит: 1 – место приёма плит, 2 – подъёмный стол, 3 – загрузочное устройство, 4 – рольганг, 5 – шестиголовочный шлифовальный станок, 6 – место осмотра плиты с зеркалом нижнего вида, 7 – ленточный транспортёр, 8 – под стопные места для отсортированных плит, 9 – тележки, 10 – отбракованные плиты

ках, потребляющих продукцию плитного предприятия. В США, например, очень немногие плитные заводы выпускают щитовые заготовки, на рынке же преобладают крупноформатные плиты стандартных размеров.

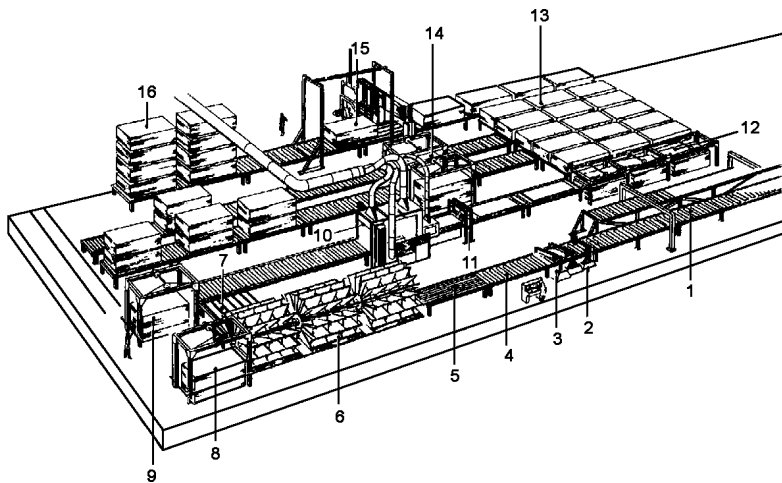
Раскрой плит на участке послепрессовой обработки обычно организуют по одному из следующих вариантов:

- пакет плит делится продольными пилами на полосы, которые, сохраняя направление движения и положение, перемещаются к поперечным пилам;
- подвижный пильный портал перемещается над жёстко фиксированным пакетом плит, выполняя продольные и поперечныерезы – либо одной пилой, либо отдельными пилами.

Высота распиливаемого пакета может быть от 60 до 150 мм, и даже до 200 мм – в зависимости от типа раскройного станка.

В качестве внутрицехового транспорта используются вилочные авто- или электропогрузчики либо краны. Цех, оборудованный мостовыми кранами, может быть примерно вдвое меньшей площади, чем тот, где передвигаются погрузчики. По ходу технологического процесса плиты обычно перемещаются приводными и не приводными рольгангами.

На рисунке 9.8 показана примерная организация обработки плит, выходящих из проходного пресса. Сначала выполняются обрезка продольных кромок на двухпильном агрегате и попереч-



**Рис. 9.8.** Участок послепрессовой обработки плит: 1 – выходной транспортёр горячего пресса, 2 – кромко-обрезной агрегат, 3 – две диагональные пилы, 4 – передающий транспортёр, 5 – ускоряющий транспортёр, 6 – веерные охладители, 7 – поперечный транспортёр к линии шлифования, 8 и 9 – буферные зоны перед шлифо-вальным участком, 10 – шлифовальный станок, 11 – измеритель толщины плит, 12 – сортировочные карманы, 13 – участок кондиционирования (склад на роликовых платформах), 14 и 15 – штабелеукладчики, 16 – рольганг для передачи на склад готовой продукции или на раскрой (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

ный раскрой двумя диагональными пилами на требуемую длину. Затем на ускоряющем рольганге плиты отделяются одна от другой для ритмичной загрузки в первый веерный охладитель. Чтобы обеспечить полное и безопасное охлаждение плит, предусмотрено три таких охладителя. Охлаждённые плиты поступают на шлифовальную установку по рольгангу, рядом с которой расположены буферные платформы для откладывания скапливающихся плит (например, при остановке шлифовального станка для замены ленты). За шлифовальным станком установлен измеритель толщины плит. По результатам внешнего осмотра и замера толщины оператор оценивает сорт плиты и направляет её в соответствующий сортировочный карман. Сформированные стопы вывозятся на участок кондиционирования, а оттуда на раскрой или на склад готовой продукции.

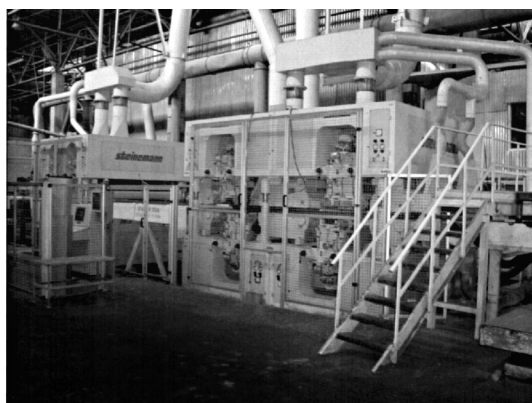
## 9.1 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШЛИФОВАНИЯ НА ПЛИТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.

Швейцарская фирма «Штайнеман» уже много лет успешно действует на российских рынках СНГ. Выпускаемые ею широколенточные шлифовальные станки предназначены, прежде всего, для послепрессовой обработки полноформатных плитных материалов, таких как ДСтП, MDF, клеёная фанера, древесные плиты на минеральных связующих.

Технологии и оборудование Steinemann применяются на многих предприятиях РФ. Это, например, «Жешартский фанерный комбинат», комбинат «Фанплит» в Костроме, завод «Кроношпан» в Московской области, Череповецкий ФМК, завод «Карелия ДСП» и другие поставщики высококачественных шлифованных плит для российской строительной и мебельной промышленности.

Только за последние годы новейшие линии шлифования на базе широколенточных станков **Satos** смонтированы в цехах ДСтП Сыктывкарского фанерного завода (годовая производительность 160000 м<sup>3</sup>), комбината древесных плит в Шексне (200000 м<sup>3</sup>), Экспериментального завода в Сергиевом Посаде (110000 м<sup>3</sup>). На всех этих предприятиях в режиме ежедневной эксплуатации используются 8-головочные установки: на каждой по четыре калибровальных и шлифовальных головки.

О преимуществах применения современного шлифовального оборудования бесспорно свидетельствует пример Сыктывкарского фанерного завода, где в 2001 году новая установка была успешно интегрирована в действующую производственную линию. Целью модернизации было повысить качество древесных плит, получаемых в многоэтажном прессе, то есть обеспечить выпуск конечной продукции с поверхностью, пригодной для дальнейшего облагораживания. Так, для облицовывания меламиновыми плёнками чрезвычайно важно, чтобы отклонения от заданной толщины у плит не превышали  $\pm 0,1$  мм. С этой целью шлифование пласти ведётся лентами зернистостью 40/50/60/80 или 40/50/80/80 и 100. Панель управления станком представляет



Линия шлифования в цехе ДСтП Сыктывкарского фанерного завода:  
слева - входная зона калибровального станка, справа - станок для тонкого  
шлифования, защищенный решётчатым ограждением

собой современный «тачскрин» с русифицированным программным обеспечением на базе системы Siemens S7 PLC.

Завод в Сыктывкаре, увеличивший годовой объём продукции, значительно улучшил её качество, не в последнюю очередь благодаря шлифованию. Располагая современной линией на базе станков **Satos**, предприятие уверено в том, что будет способно в обозримой перспективе снабжать мебельную промышленность материалами, отвечающими самым взыскательным требованиям.

## Глава 10 ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

Облагораживание поверхностей стружечных и волокнистых плит как непосредственное продолжение их послепрессовой обработки практикуется, в основном, на крупных комбинатах по выпуску плит, а также на специализированных фабриках. Делается это путём нанесения жидких лакокрасочных материалов (ЛКМ) либо твёрдых листовых покрытий, в основном бумажных и синтетических декоративных плёнок.

При выборе материала и способа облагораживания поверхности учитываются многие факторы: плотность наружного слоя и распределение плотности по толщине плиты, тип связующего и доля его в составе плиты, поверхностная твёрдость плиты, прочность на отрыв поперёк пласти, а также пористость поверхности, влагопоглощаемость и другие.

### 10.1 Облицовывание древесных плит листовыми материалами

Нанесение твёрдых покрытий ведётся в горячих позиционных прессах (одно- или многоэтажных), а также на ленточных прессах или вальцовых установках (каландровых прессах) проходного типа. Возможно также облицовывание плит в главном прессе, непосредственно в процессе их изготовления.

Облицовывать можно любые древесные плиты – как стружечные, так и волокнистые, в том числе OSB и MDF. Качественная облицованная поверхность достигается только при надлежащей структуре плиты. Например, у ДСтП поверхностный слой должен быть мелкоструктурным (доля стружки размером до 0,6 мм не менее 60%). Содержание смолы в среднем слое требуется не менее 7% от массы сухой стружки, а в наружных слоях 10%; прочность на отрыв поперёк пласти не менее 0,5 МПа и влажность не более

8%. Плотность наружных слоев не должна превышать  $950 \text{ кг/м}^3$ , середина же плиты должна быть более плотной. Требования к качеству стружечных плит становятся строже вследствие всё большего распространения MDF. Как правило, у этих волокнистых плит поверхность более гладкая, менее пористая, чем у ДСтП. И даже стружечные плиты, при изготовлении которых берутся тончайшие фракции для наружных и внутренних слоев, уступают по качеству поверхности плитам MDF.

### 10.1.1 Облицовочные материалы

Материалы, используемые для облицовывания древесных плит, можно разбить на три группы:

- плёнки на бумажной основе, то есть получаемые пропиткой бумаг специальными смолами;
- синтетические плёнки;
- бумажно-слоистые пластики (декоративные бумажные ламинаты).

**Пропитанные декоративные бумаги** по объёмам применения занимают первое место. Для облицовывания фасадных и других видимых поверхностей корпусной мебели используют бумаги весом  $90\text{--}120 \text{ г/м}^2$ , для прочих деталей - бумаги весом  $70\text{--}80 \text{ г/м}^2$ . На толстые бумаги можно нанести любой рисунок, в том числе с негладкой, рельефной структурой. Чаще всего это имитация текстуры древесины, получаемая путём копирования натурального рисунка волокон и пор той или иной древесной породы. Такое покрытие называют синтетическим шпоном. Иногда его трудно отличить от натурального шпона, так как внешне разница выражается лишь в том, что на отделочном материале рисунок несколько однообразен, но заметить это обычно можно только при большой площади материала. Чтобы повысить прочность декоративной бумаги, в неё при изготовлении добавляют до 40% диоксида титана. В качестве пропиточных составов используют меламиноформальдегидные или более дешёвые карбамидоформальдегидные смолы.

Бумаги, пропитанные карбамидной смолой, из-за её недостаточной стойкости к горячей воде, не годятся в качестве облицовки

для ваннх комнат и кухонных рабочих поверхностей. Обычно применяют метод двойной пропитки: сначала бумага обрабатывается карбамидной или карбамидомеламиновой смолой, затем чистой меламиновой смолой. Отсюда происходит другое, более распространенное название декоративных пропитанных бумаг: меламиновые плёнки.

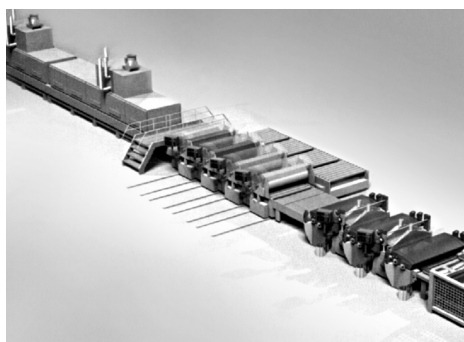


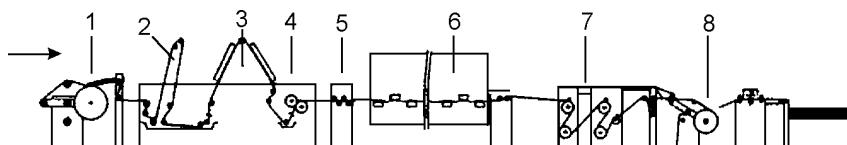
Рис. 10.1. Установка для печатания декоров

Процесс их изготовления многоступенчатый, в него входят печатание декора на многокрасочных офсетных машинах (рис. 10.1), пропитка смолами, сушка. От технологических параметров этого процесса зависят как внешние, так и экологические характеристики получаемых плёнок. В завершение плёнки можно покрывать лаком и придавать им адгезионные свойства. На заводе по выпуску декоративных плёнок готовая продукция обычно сматывается в рулоны шириной 2,5–3 м при длине полотна до 5000



Рис. 10.2. Современная двухступенчатая пропиточная установка

м. Перед отправкой в цеха, занимающиеся ламинированием плит, рулонный материал нарезают на требуемые форматы, и доставка его осуществляется в пачках на поддонах. Состав клеевой смеси и толщина наносимого адгезивного слоя зависят от условий и продолжительности транспортировки и хранения, а также от влажности и температуры в производственном помещении. Срок хранения пропитанных бумаг от трёх до шести месяцев. Нередко крупные производители плит, имеющие цеха ламинирования или каширования, сами же выполняют и пропитку облицовочных бумаг на высокопроизводительных установках (рис. 10.2). Примерная схема современной пропиточной линии представлена на рисунке 10.3.



**Рис. 10.3.** Участки пропиточной линии: 1 – разматывание рулона бумаги, 2 – первая ступень пропитки, 3 – промежуточная сушка, 4 – вторая ступень пропитки, 5 – дозатор, 6 – аэрофонтанная сушилка, 7 – охлаждающие вальцы, 8 – наматывание в рулон либо раскрой на форматные листы

**Синтетические плёнки** – это облицовочный материал толщиной 0,3–0,7 мм, преимущественно на основе поливинилхлорида (ПВХ). Они могут быть прозрачными или пигментированными (например, с рисунком древесной текстуры), глянцевыми, матовыми или полуматовыми, жёсткими или эластичными. Для их приклеивания к плитам используют перхлорвиниловый клей, латексные клеи, клеи-расплавы; применяются и самоклеящиеся плёнки, содержащие 4–6% эпоксидной смолы. Обычно полимерные плёнки поставляются в рулонах.

**Декоративные бумажно-слоистые пластики (ДБСП)**, называемые также бумажными или тонкими ламинатами, представляют собой многослойный листовый материал толщиной 0,5–2 мм, плотностью не менее 1,4 г/см<sup>3</sup>, прочностью на растяжение до 64 МПа.

Изготовление слоистых пластиков заключается в сборке и горячем спрессовывании специальных бумаг, предварительно пропитанных синтетическими термореактивными смолами (феноло- и меламиноформальдегидными). Получается многослойная структура, в которой каждая из бумаг несёт определённую функцию.

*Оверлей* - верхний слой из прочной тонкой бумаги (оптимальная плотность 32-44 г/м<sup>2</sup>), который служит для защиты лицевого, декоративного слоя от истирания и прочих внешних воздействий. Для повышения износостойкости оверлея в пропиточную смолу (обычно меламиновую) добавляются твёрдые частицы, например корунд пылевидной фракции. Чтобы при облицовывании крупинцы наполнителя не повреждали полированную рабочую поверхность прессы, их обычно добавляют только в смолу, попадающую на нижнюю сторону оверлея.

*Лицевой слой* – изготовленная из чистой сульфатной белёной целлюлозы декоративная бумага, однотонная или с рисунком (плотностью 50–80 г/м<sup>2</sup>) либо белая (70-100 г/м<sup>2</sup>). Рисунки на декоративном слое ламината могут быть чрезвычайно разнообразными: текстура древесины разных пород, имитация коры, камня, да и самые неожиданные дизайнерские фантазии. Обычно декоры печатают на ротационных типографских машинах специальными красками с высокой светостойкостью. Одно из важнейших требований, предъявляемых к декоративной бумаге, - её кроющая способность или укрывистость: сквозь лицевой слой не должны проступать пятна, которые могут возникать на бумаге-основе, пропитываемой тёмными фенольными смолами. Для пропитки декоративной бумаги используют мочевиномеламиновую смолу, а для улучшения укрывистых свойств применяют высокодисперсный наполнитель, который, попадая в мельчайшие поры между волокнами в бумаге, делает её непрозрачной. В качестве наполнителей применяют, например, диоксид титана (рутил), сульфид цинка и другие.

*Подслой или андерлей* - барьерная бумага (70-80 г/м<sup>2</sup>), изготовленная из дешёвой целлюлозы, используется в основном при

выпуске светлого пластика. Барьерная бумага, предназначенная для укрытия более тёмной бумаги внутреннего слоя, подбирается в зависимости от кроющей способности декоративной бумаги. На пропитку подслоиных бумаг идёт мочевиномеламиновая смола.

*Основа* – крафт-бумага, плотность которой может выбираться в очень широких пределах (43–300 г/м<sup>2</sup>), в зависимости от требований к качеству изделия, а также от экономических и технологических условий производства. Крафт-бумага обычно изготавливается из небелёной или полубелёной целлюлозы и должна быть прочной, обладать равномерной толщиной и хорошей впитываемостью. Бумагу основы пропитывают фенолоформальдегидной смолой.

Спрессовывание бумаг ведётся при температурах 145–165°C под давлением 9–11 МПа. Так получают широко известные ламинаты высокого давления, обозначаемые аббревиатурой HPL (от английского High Pressure Laminate). На Западе это обозначение распространено не только на облицовочные ламинаты, но и на все композитные материалы, лицевая поверхность которых состоит из прочного одно- или многослойного покрытия. Это могут быть, например, подоконные доски, облицованные слоистым пластиком по методу постформинг, мебельные или половые щиты с декоративным покрытием, нанесённым в короткотактном прессе, и т.п. Материалы класса HPL выпускаются в богатой гамме рисунков и цветовых оттенков, обладают высокой ударпрочностью, слабой сорбционной способностью, очень стойки к износу и воздействию химикатов.

В 80-х годах прошлого века на Западе были разработаны технологии получения слоистых пластиков толщиной 0,5–0,75 мм в двухленточных прессовых установках непрерывного действия с рабочим давлением около 2 МПа, то есть в несколько раз меньшим, чем в позиционных прессах. Получаемые в них пластики CPL (от английского Continuous Pressure Laminate) принято называть ламинатами низкого давления. У них меньше плотность, чем у HPL, и сравнительно невысокие физико-механические показатели. В основном CPL применяются для облицовки вертикальных поверхностей деталей, работающих внутри помещений.

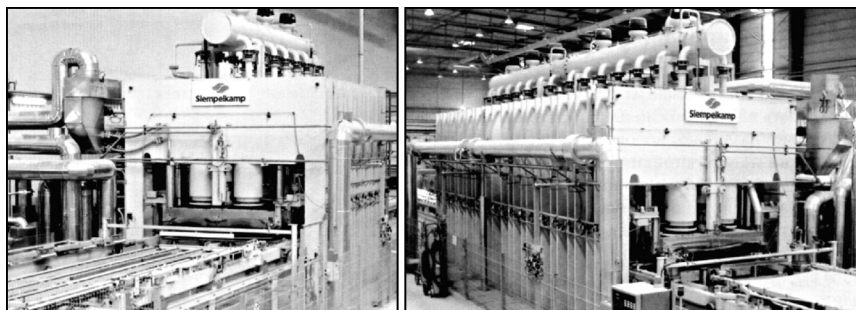
Облицовывание плит тонкими слоистыми пластиками ведётся путём наклеивания декоративного ламината на субстрат (плиту-основу) горячим или холодным способом, с использованием адгезивов. Тонкие слоистые пластики широко применяются в технологиях постформинга – так называемого последующего формования. Имеется в виду процесс, при котором бумажный ламинат подвергают нагреву и давлению, чтобы можно было изгибать его в соответствии с формой субстрата. Этим способом облицовывают подоконные доски, столешницы и другие щитовые детали с закруглёнными краями, профильный погонаж и т.п. В основном постформингом занимаются специализированные цеха и предприятия, поэтому данная технология в этой книге не рассматривается.

### **10.1.2 Ламинирование полноформатных плит**

Ламинированием в плитном производстве называют напресовывание на плась плиты листов того же формата из пропитанных бумаг с неполностью отверждённой смолой. Обычно это меламиносодержащие смолы, которые отверждаются, схватываясь с основой, в горячем прессе, так что наносить клей на поверхность плиты не требуется. Та часть смолы, которая выдавливается на поверхности, обращенные к прокладочным листам пресса, воспринимает структуру последних. Используя соответствующие прокладки, можно получать облицованные плиты с гладкой или тиснённой поверхностью.

В зависимости от назначения облицованной плиты, её покрытие может быть одно- или многослойным. Например, у напольных щитов поверх декоративной плёнки обязательно должен быть прочный защитный слой – оверлей. Во избежание коробления щита на его нелицевую плась тоже наносится покрытие – так называемый компенсирующий слой. После окончательного отверждения смола превращается в термореактивный полимер, а получаемая плита представляет собой композитный материал, по структуре напоминающий слоистый пластик, только вместо крафт-бумаги использован жёсткий субстрат, то есть плита-основа.

Прежде основным облицовочным оборудованием при ламинировании были многоэтажные горячие прессы, заимствованные из фанерной промышленности. Когда увеличился спрос на мебельные детали с глянцевой поверхностью, в таких прессах стали применять полированные стальные поддоны и охлаждать плиты пресса перед снятием давления. Полированные поддоны требуют очень аккуратного обращения, даже шлифовальная пыль и отпечатки пальцев на них могут снизить качество облицовки. Поэтому на участке ламинирования должна поддерживаться безупречная чистота, а персонал работает в особой одежде и обуви. Цикл облицовывания в многоэтажном прессе длится несколько минут: в течение этого времени плиты пресса охлаждаются, чтобы можно было выгрузить одни поддоны и загрузить другие. Из-за необходимости отводить горячий теплоноситель, а затем снова



**Рис. 10.4.** Короткоконтактные прессы для облицовывания плит: обе установки имеют одинаковые размеры греющих плит и выполняют по 180 прессований в час, причём в прессе, изображённом справа, можно одновременно облицовывать две плиты, то есть выпускать 360 изделий ежечасно (иллюстрации предоставлены фирмой Siem-pelkamp)

доводить его до рабочей температуры энергозатраты при использовании многоэтажных прессов довольно высокие.

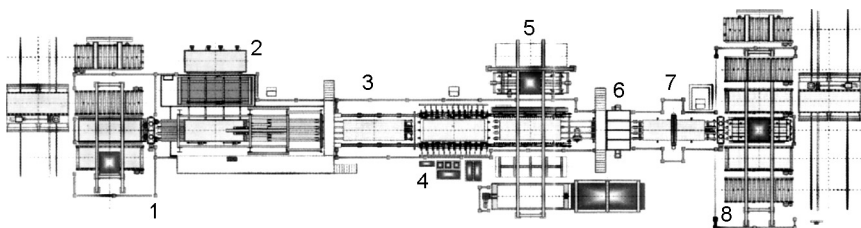
На современных предприятиях для ламинирования полноформатных плит используют в основном короткоконтактные однопролётные прессы. Установки, представленные на рисунке 10.4, имеют стальные греющие поверхности размерами  $2300 \times 5700$  мм, позволяющими облицовывать древесные плиты стандарт-

ных форматов от 1220 × 2440 мм до 2440 × 5600 мм. На загрузку пресса требуется 8 секунд, а само прессование длится 10-12 секунд. Такие прессы бывают многопоршневыми (до 40 поршней, 4 по ширине и 10 по длине), что обеспечивает более равномерное распределение давления при облицовывании крупноформатных плит.

Высокомеханизированные и автоматизированные линии на базе таких прессов позволяют реализовывать высокую скорость отверждения пропиточных смол. Показанная схематически на рисунке 10.5 линия имеет в своём составе устройство для поштучной подачи плит, щёточный станок для их очистки, устройства для сборки пакетов и их быстрой загрузки в пресс. Для тиснения поверхности с целью получения негладкой, пористой структуры пресс оборудуется специальными поддонами, предусмотрено приспособление для быстрой смены поддонов. При формировании пакета листы облицовочного материала очень точно фиксируются на плите-основе электростатическим способом. Собранный трёхслойный пакет автоматически перемещается в пресс, который смыкается очень быстро, чтобы открытое время было минимальным. Рабочие температуры пресса 180–200 °С. При столь высокой температуре смола в составе облицовочного материала плавится и отверждается, а сам он после прессования превращается в монолитный поверхностный слой плиты. Давление в горячем прессе 3,5–4,5 МПа при разнотолщинности облицовываемых плит в пределах ±0,3 мм. Если же разброс по толщине не превышает ±0,2 мм, давление можно уменьшить до 2,5–3,5 МПа.

Цикл прессования при облицовывании состоит из следующих этапов: снижение давления в прессе, быстрое открытие пресса, выгрузка облицованной плиты с одновременной загрузкой нового пакета, быстрое закрытие пресса, повышение давления, выдерживание под давлением.

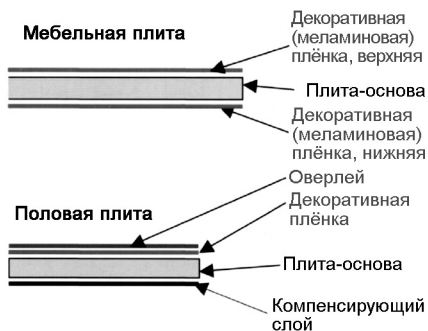
Обычно типовая оснастка на подобных установках позволяет получать матовую облицовку пласти. Для получения глянцевых облицовок применяют полированные стальные листы, а высокоглянца у ламинированного покрытия можно добиться только в многоэтажных прессах с охлаждением рабочих плит.

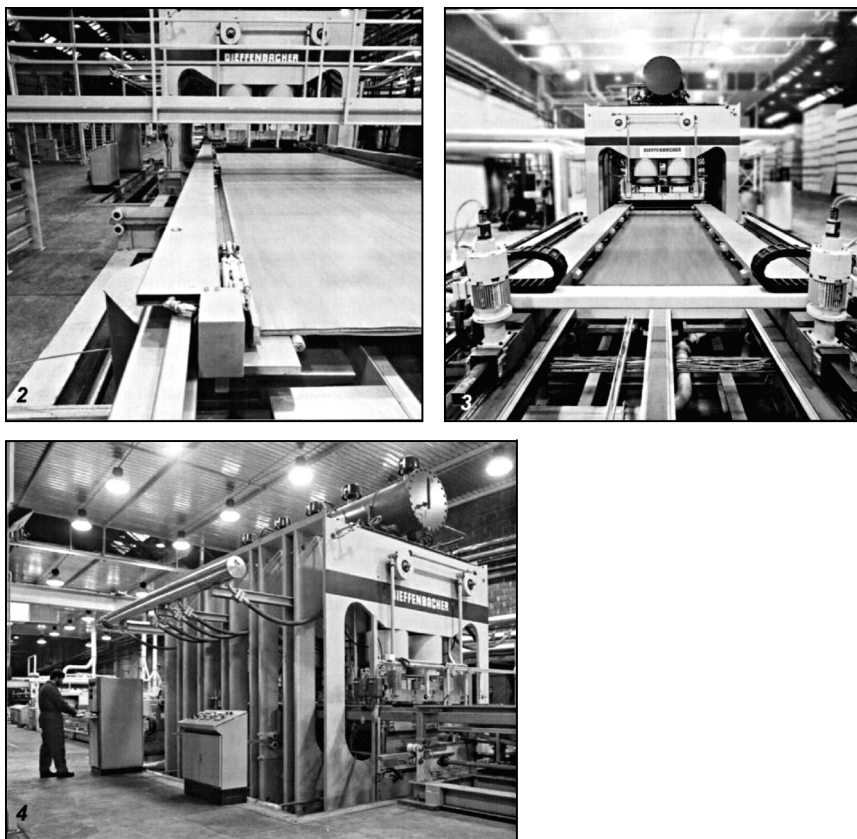


**Рис. 10.5.** Схема линии ламинирования: 1 – подача плит из штабеля, 2 – подача облицовочной бумаги и формирование пакетов, 3 – загрузка пакетов, 4 – горячий короткотактный пресс, 5 – устройство замены прокладочных листов пресса, 6 – продольная обрезка плит, 7 – поперечная обрезка и очистка плит, 8 – сортировка с раскладкой в штабеля (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

На рисунке 10.6. представлены фотографии разных участков линии ламинирования, на которой весь процесс: формирование пакетов из плиты-основы (толщиной от 6 до 40 мм) и листов облицовочного материала, загрузка их в пресс и выгрузка из него облицованных плит – происходит автоматически. Температура прессования достигает 230°C, а продолжительность такта зависит от толщины прессуемого пакета и в среднем составляет 20 секунд. Давление прессования характеризуется значениями 3,0 МПа для мебельных плит и 4,5 МПа для напольных.

На современных предприятиях участки облицовывания плит почти полностью автоматизированы и требуют немногочисленного обслуживающего персонала.

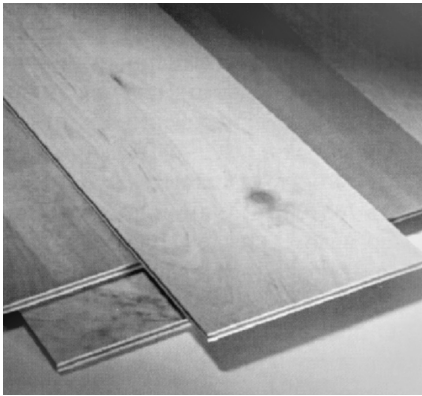




**Рис. 10.6.** Основные этапы процесса ламинирования древесных плит: 1 – сборка пакетов; 2 – пакет подаётся на прессование; 3 – одновременно с загрузкой пресса готовая облицованная плита покидает его благодаря синхронному срабатыванию загрузочного и разгрузочного механизмов; 4 – вид короткотактного пресса с загрузочной стороны (иллюстрации предоставлены фирмой Dieffenbacher)

### **10.1.3 Изготовление мебельных и напольных ламинатов на установках с коротким циклом прессования**

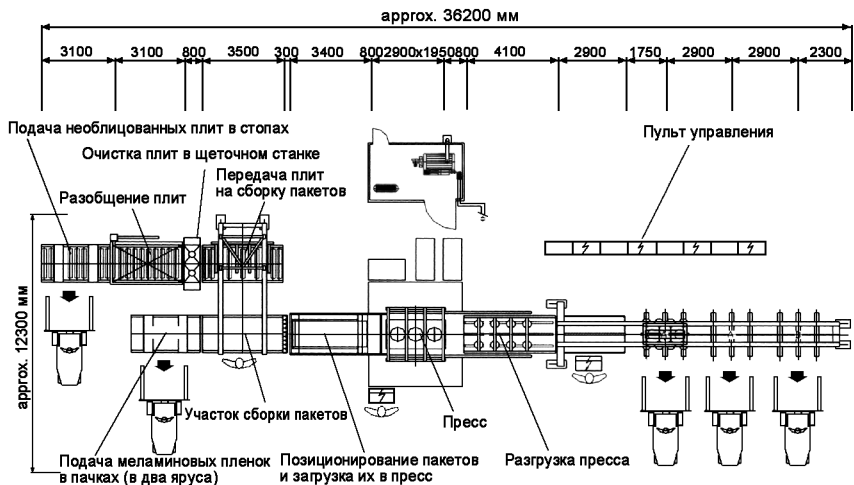
Ламинированные древесные плиты – как стружечные, в том числе OSB, так и волокнистые, включая MDF, – находят широкое применение в изготовлении мебели, напольных покрытий, других элементов интерьера. На современных производствах процесс ламинирования древесных плит, то есть нанесения на них мно-



Различные декоры напольных ламинатов, получаемых в коротко-  
тактных прессах

гослойных листовых покрытий путём прессования, почти полностью автоматизирован и требует немногочисленного обслуживающего персонала.

Наиболее распространён способ облицовывания плит в короткотактных прессах – позиционных установках периодического действия, короткого цикла прессования. Представленная ниже производственная линия по выпуску напольных ламинатов базируется на передовом технологическом оборудовании, которое позволяет получать прочные напольные покрытия с декорами, в точности соответствующими заданным образцам. Именно «иллюзия настоящего» делает напольные ламинаты столь привлекательными для потребителей, и если, скажем, декор имитирует пол из кафельных плиток, то важно, чтобы швы между ними выглядели как слегка шероховатые углубления. Воспроизводимые на установках



Компоновка производственной линии

Dieffenbacher структуры деревянных и кафельных поверхностей или природных минералов очень близки к реальным, создают впечатление натуральности, объёмности материала.

### **Технические характеристики производственной линии**

*Требования к необлицованным плитам:*

ширина × длина × толщина: 1850-2070 × 2400-3900 × 6-40 мм;

плотность 650–850 кг/м<sup>3</sup>;

макс, вес плиты 230 кг, макс, вес стопы 7000 кг.

*Требования к облицовочным плёнкам:*

ширина × длина: 1860-2100 × 2410-3930 мм (с макс, припусками для соответств. размеров плит);

вес листов 60–160 г/м<sup>2</sup>; макс, вес пачки 1700 кг;

поддоны под листовую облицовочный материал должны быть размерами 2150/2210 × 4100/4300 мм (соответственно размерам плит) и весом 350/1000 кг, максимальный вес пакета брутто 2700 кг, точность штабелирования ±5 мм.

*Характеристики готовых плит:*

ширина × длина × толщина: 1850-2070 × 800–3900 × 6-40 мм;

плотность 650–850 кг/м<sup>3</sup>;

макс, вес плиты 230 кг, макс, вес стопы 7000 кг;

точность штабелирования ±2 мм;

распилы после пресса возможны на отрезки с мин. длиной 800 мм (в два-три реза).

*Характеристики пресса:*

размеры греющих плит (ширина × длина × толщина): 2150 × 4000 × 195 мм;

высота просвета 400 мм, удельное давление прессования 4 Н/мм<sup>2</sup>.

*Характеристики производственного цикла*

число прессований в час: 120 раз по одной плите (за час облицовывается 120 плит);

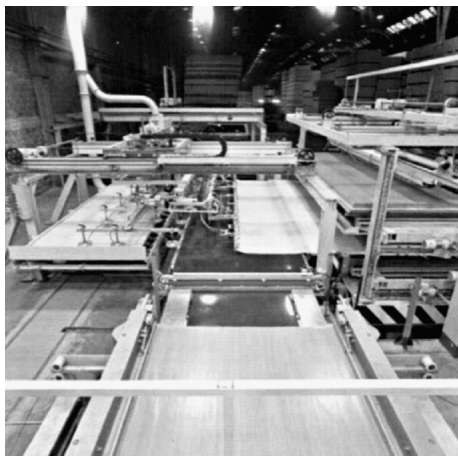
продолжительность такта прессования 30 с (такая же продолжительность у синхронных тактов загрузки в пресс собранного пакета и выгрузки из него готового изделия);

время на сопутствующие манипуляции 12,5 с;

время на распил 33 с для мебельных плит, 50 с для напольных.

### 10.1.4 Типичный процесс ламинирования в короткотактном прессе

Подача материала. Древесные плиты, подлежащие облицовыванию, и облицовочный материал соответствующего формата



Автоматическая укладка листов облицовочного материала на участке сборки пакетов

подаются на линию пресования в стопах (пачках). При помощи вилочного погрузчика стопы плит и пачки облицовочных плёнок перегружаются на роликовый или цепной транспортёр, по которому доставляются к разбшительному устройству. Разбшиение плит производится при помощи портального перегружателя с вакуумными схватами или посредством сдвигающего механизма. Для разбшиения плёнок используют направляющие траверсы с вакуум-

ными присосками. Эти направляющие обеспечивают абсолютную точность требуемого положения листа. Прежде чем попасть на сборку пакета, каждая плита тщательно очищается с обеих сторон вращающимися вальцовыми щётками в специальном станке, который снабжён эффективной системой вытяжки и фильтрации.

Сборка пакетов. На сборку сначала подаются нижние листы облицовки, которые при помощи прецизионных направляющих снимаются по одному из пачки и переносятся на плоскую ленту укладочного транспортёра. Затем на облицовочный лист укладывается плита, снятая из стопы вакуумным схватом портального перегружателя. Сверху на эту плиту-основу может быть уложено до трёх листов покрытия – в зависимости от назначения будущей облицованной плиты (для мебели или пола), причём точность укладки каждого листа обеспечивается специальными направля-

ющими. По пути к прессу сформированный пакет проходит через участок ионизации, где ему сообщается небольшое статическое напряжение. Благодаря этому обеспечивается достаточное сцепление плёнок с плитой-основой, исключающее сдвигание листов даже при высокой скорости перемещения пакета.

Загрузка и разгрузка прессы. Готовый к прессованию пакет передаётся на позиционирующий ленточный транспортёр, который поднимается вместе с находящимся на нём пакетом. Когда транспортёр достигает верхнего положения, к пакету по обеим его продольным сторонам придвигаются захваты загрузочного устройства прессы. Они удерживают пакет, в то время как транспортёр опускается на прежний уровень. Помещение в пресс очередного пакета происходит синхронно с удалением из прессы готовой облицованной плиты. Выгружать плиты из прессы можно по обе его стороны. Как только прессование завершилось, пресс открывается и в него въезжает траверса с присосками, к которым притягивается готовая плита, отделяясь от поддона. С противоположной стороны в пресс поступает пакет, удерживаемый захватами загрузочного устройства. Таким образом, практически одновременно происходит переключивание пакета в пресс и облицованной плиты на выходной транспортёр.

Прессование. Температура, при которой происходит спрессовывание меламиновой плёнки с плитой-основой, может достигать 230 °С. В процессе прессования верхние пуансоны, имеющие гидравлический привод, опускаются на рабочий стол прессы. Прессование длится от 12 до 40 секунд, в зависимости от толщины пакета и свойств плёнки. Структуру получаемой облицованной поверхности можно варьировать, подбирая подходящие поддоны. Так удаётся получать поверхность с высоким глянцем или же имитировать на ней пористость древесины, рельефность кафельной плитки, камня. Как правило, на предприятиях и в цехах по облицовыванию плит содержится целый склад различных поддонов.

Готовая продукция. После прессы плиты проходят четырёхстороннюю обработку по удалению со всех кромок излишков облицовочного материала (снятие свесов), а затем выдерживаются

на участке охлаждения. При этом чрезвычайно важно соблюдать надлежащий режим остывания, поскольку от этого во многом зависит, как скоро можно приступить к дальнейшей обработке облицованной плиты – раскрою на заготовки заданных размеров и т.п. Прежде чем штабелировать готовые изделия по партиям, нужно обеспечить визуальный контроль обеих пластей каждой плиты. Формирование штабелей происходит автоматически, по мере готовности их забирают вилочными погрузчиками и развозят по назначению.



Прецизионная загрузочная каретка обеспечивает высокую точность позиционирования пакетов при подаче их на прессование

Принципиально установки для облицовывания и тиснения (с получением рельефной структуры поверхностей) мало в чём отличаются от обычных короткотактных прессов. Главная особенность тиснильных линий в том, что у них с предельной тщательностью отлажены все параметры и узлы, от которых зависит точность исполнения декора. Используемый на такой линии ленточный транспортёр для загрузки в пресс оснащён специальной системой позиционирования листов с корректировкой их положения в продольном и поперечном направлениях. Исключительная точность перемещений и конечных позиций при загрузке и прессовании соблюдается благодаря тому, что все исполнительные элементы оснащены датчиками абсолютных значений и имеют

электронную регулировку через систему управления позиционированием, а в опорных и направляющих конструкциях используются самые современные прецизионные компоненты. Все приводы обеспечиваются от асинхронных серводвигателей с плотными передачами и преобразователями частоты. Наряду с этим в тисильных установках усовершенствованы сама система прессования и автоматизированный процесс быстрой замены поддонов. В то же время оператору оставлена возможность при необходимости вмешиваться в процесс и корректировать его параметры через систему управления.

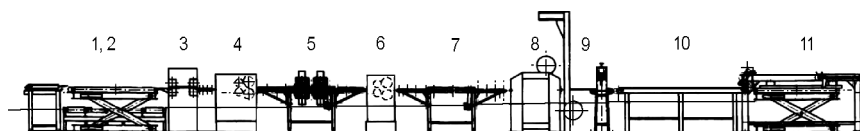
## 10.2 Каширование

Кашированием называют технологию облицовывания древесных плит, при которой плёнка, непрерывно подаваемая из рулона, накатывается на предварительно промазанную клеем пластъ. Накатывать плёнку можно одновременно на обе пласти.

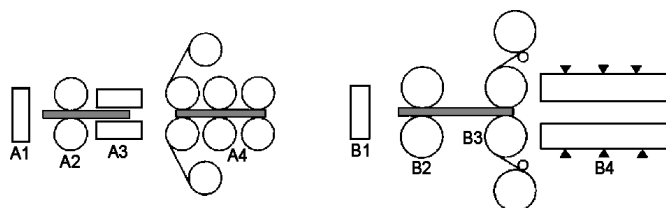
Условно различают холодное, тёплое и горячее каширование. Холодное применяется при облицовывании нетермостойкими плёнками, в основном синтетическими, с применением ПВА-клеёв. Отверждение клея обычно происходит в стопе с небольшой нагрузкой сверху. При тёплом кашировании клей наносится на неостывшую (или предварительно подогретую) пластъ, что способствует испарению из него влаги и ускорению процесса отверждения. При этом разбухание плиты происходит равномерно и её структура не будет проявляться на наружной стороне облицовки. Для окончательного схватывания клея изделия выдерживаются в стопе. Этот способ подходит для облицовывания плит меламиновыми плёнками, в том числе с финиш-эффектом. Наиболее распространено горячее каширование, оно же термокаширование, при котором применимы различные клеи, в том числе карбамидные. Клей и отвердитель наносятся на поверхность древесной плиты, а облицовочный материал накатывается на неё нагретыми вальцами. Из-за довольно высоких температур и влажности в процессе термокаширования возникают не только упругие, но

и пластические деформации поверхности. Именно последние вызывают эффект «выглаживания», то есть формирование более стабильной, чем при холодном кашировании, облицовки. После термокаширования плиты можно сразу же обрабатывать на круглопильных станках.

Для каширования применяют каландровые прессы (10.7), их комбинации с одноэтажными позиционными короткоконтактными прессами (рис. 10.8), а также двухленточные проходные прессы (рис. 10.9).



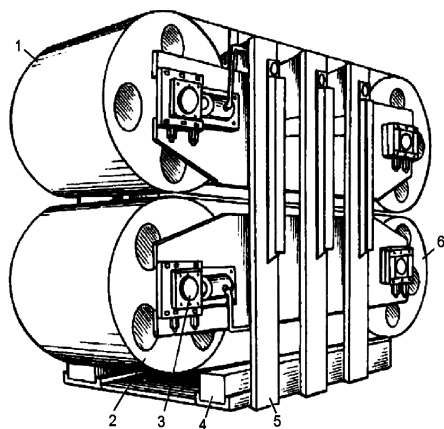
**Рис. 10.7.** Схема линии каширования на базе каландрового прессы: 1 – роликовый транспортёр, 2 – подъёмный стол, 3 – щёточный станок, 4 – вальцовый станок для нанесения отвердителя, 5 – канал инфракрасной сушки отвердителя, 6 – клеенаносящий станок, 7 – роликовый транспортёр, 8 – каландровый пресс (кашировальная установка), 9 – отсекающий плёнку, 10 – ленточный транспортёр, 11 – приёмный стол



**Рис. 10.8.** Принципиальные варианты каширования плит в каландро-вом прессы (А) и в одноэтажном короткоконтактном прессы (В): А1 – щёточный станок, А2 – клеенаносящий станок, А3 – зона предварительного нагрева, А4 – обогреваемый вальцовый пресс; В1 – щёточный станок, В2 – клеенаносящий станок, В3 – обогреваемый вальцовый пресс, В4 – короткоконтактный пресс

Отечественная линия каширования с каландровым прессы, схематически представленная на рисунке 10.7, предназначена для одно- и двухстороннего облицовывания бумажно-смоляными плёнками стружечных или волокнистых плит толщиной от 2,5 до 40 мм и шириной до 1850 мм. Технологический процесс начинается с очистки плит от пыли в щёточном станке: его щётки

диаметром 280 мм вращаются со скоростью 300 об/мин, сметаемая пыль удаляется через эксгаустер. По промежуточному роликовому транспортеру плита-основа подаётся в вальцовый станок, где на одну или обе пласти наносится раствор отвердителя. Для карбамидных смол применяют кислый отвердитель в концентрации 20-30%, с водородным показателем рН не более 2,5 и вязкостью 20-70 с по ВЗ-4. Расход отвердителя примерно 30–35 г/м<sup>2</sup>. После нанесения отвердителя плита проходит через инфракрасную сушилку для удаления растворителя и затем подаётся в клеенаносящий станок, где на равномерно подсушенный отвердитель наносится термореактивная смола в концентрации до 70%, с вязкостью 100–140 с по ВЗ-4 и начальной кислотностью рН = 7–8,5. Время желатинизации смолы, нанесённой поверх отвердителя, должно быть не более 50 секунд при температуре 100 °С. Расход смолы 100-120 г/м<sup>2</sup>. Далее плита пропускается через вальцовый пресс, в котором к подготовленной плите прикатывается бумажно-смоляная плёнка. Вальцы обогреваются термомаслом с температурой около 200 °С. Зазор между кашировальными вальцами, регулируемый с пульта управления, должен быть на 0,1 мм меньше толщины плиты-основы. Качественное облицовывание возможно только при достаточно стабильной толщине плит в партии – разброс должен быть в пределах ±0,2 мм. Облицованные плиты после отсечения плёнки поступают на приёмный стол и укладываются в стопу. Скорость подачи в такой линии 12–17 м/мин.



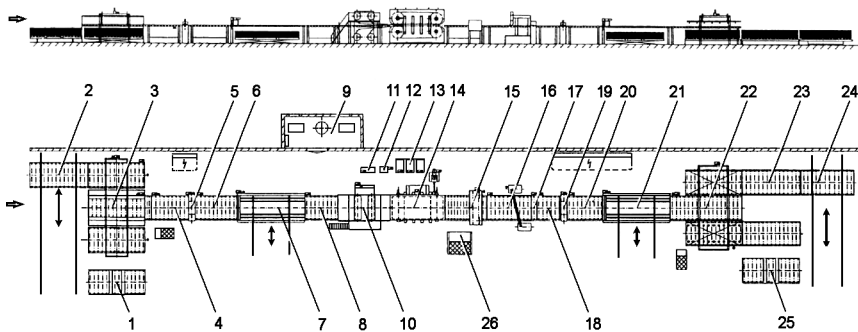
**Рис. 10.9.** Пресс непрерывного действия для каширования древесных плит:

1 – стальные ленты, 2 – ведомые барабаны, 3 – натяжное устройство, 4 – основание, 5 – рама, 6 – приводные барабаны

При использовании плёнок, на которые уже нанесён слой подсушенного термопластичного клея, или плёнок с неполностью

отверждённой меламиносодержащей смолой технологический процесс значительно упрощается. Отпадает необходимость в нанесении и сушке отвердителя и в нанесении термореактивной смолы на плать. Плита-основа сразу после очистки идёт в вальцовый станок для каширования.

На рисунке 10.9 представлен общий вид установки для непрерывного термокаширования плит. Пресс имеет два приводных барабана и два ведомых, на которых натянуты стальные ленты. Скольжение лент по горячим плитам обеспечивается посредством воздушной подушки, поэтому мощность привода барабанов составляет всего 8–9 кВт. Пресс работает при постоянном рабочем давлении (не более 2 МПа), скорость подачи до 16 м/мин. На рис. 10.10 схематически изображена линия каширования на базе подобного пресса. Очищенные от пыли плиты подаются встык одна за другой на участок двухсторонней облицовки. Плёнка из рулонов, натягиваемая сверху и снизу на непрерывно движущиеся плиты, отверждается в ленточном прессе. На выходе



**Рис. 10.10.** Линия термокаширования плит на базе ленточного пресса: 1 – подающий рольганг, 2 – поперечная тележка, 3 – податчик с двухсторонней загрузкой плит, 4 – выравнивающий рольганг, 5 – щёточный станок, 6 – ускоряющий рольганг, 7 – участок выбраковки плит, 8 – ускоряющий рольганг, 9 – компрессорная, 10 – станция двухсторонней укладки облицовочной плёнки, 11 – пневмоагрегат, 12 – гидроагрегат, 13 – вторичный контур циркуляции термомасла, 14 – ленточный пресс, 15 – станок для фрезерования продольных кромок, 16 – диагональная пила, 17 – разоблицеватель плит, 18 – дисковый транспортёр, 19 – агрегат очистки плит, 20 – дисковый транспортёр, 21 – штабелеукладчик, 22 – участок формирования стоп, 23 – рольганг для перемещения готовых плит в стопах, 24 – поперечная тележка, 25 – буферный рольганг для готовых плит, 26 – пульт управления

из пресса предусмотрены станок для фрезерования продольных кромок (снятия свесов) и диагональная пила для поперечной обрезки плит.

### 10.2.1 Сравнение способов облицовывания полноформатных плит

Поверхности, облицованные методом каширования, внешне не отличаются от поверхностей, облицованных в короткотактном прессе. Технологические режимы прессования при различных способах облицовывания плит характеризуются следующими показателями:

Прессы	Давление, МПа	Температура, °С	Время прессования
Многоэтажный	0,5-0,8	110-150	2–4 мин
Короткотактный			
для мебельных щитов	2,5-3,5	120-200	8-20 с
для напольных щитов	4,5	до 230	20 с
Ленточный проходной	2,0	до 200	Скор. подачи 16 м/мин
Вальцовая установка для термокаширования	-	160-200	Скорость подачи 20–30 м/мин

Сопоставляя способы облицовывания в позиционном короткотактном и проходном прессах, можно отметить ряд особенностей для каждого из них.

В короткотактном прессе рабочий цикл происходит быстрее, процесс изохорный: по всей площади прессования обеспечивается постоянная толщина материала и требуется прилагать дополнительное давление на участках плиты, где припуски по толщине увеличены. Облицовывать плиты тоньше 6 мм в короткотактном прессе не рекомендуется, так как внутреннее давление парогазовой смеси при высокой температуре прессования становится слишком большим для тонкой плиты-основы.

При использовании проходного пресса не требуется тратить время на вспомогательные операции. Рабочий процесс изобар-

ный: по всей длине пресса поддерживается постоянное давление, которое ниже, чем в короткотактном прессе. По этой причине станина у проходного пресса не столь мощная, как у позиционного. В ходе равномерного движения плиты-основы пар частично вытесняется из неё, а остатки его распределяются по всей толщине материала, не вызывая опасных напряжений даже в тонких плитах. Поскольку в проходной пресс плиты подаются почти без зазоров, сплошным полотном, потери плёнки на поперечных кромках ничтожны. При одной и той же производительности в проходном облицовочном прессе потребление электрической и тепловой энергии примерно на треть меньше, чем в позиционном.

Облицовочный проходной пресс несложно задействовать в одной технологической линии с проходным прессом для изготовления плит, а оснатив облицовочный пресс выходной зоной охлаждения, можно повысить глянец покрытия, уменьшить потребление тепловой энергии, сократить время послепрессовой выдержки продукции.

Стальные ленты для проходного пресса значительно дороже, чем поддоны короткотактного пресса: комплект высококачественных лент стоит примерно в десять раз больше, чем комплект поддонов. Однако ресурс такого комплекта лент, несмотря на то, что они подвергаются большим динамическим нагрузкам, равен примерно 3000 км, что соответствует выпуску около 7,2 млн м<sup>2</sup> плитной продукции. Это в два-три раза больше, чем у комплекта поддонов. Замена уплотнительных манжет в гидросистеме у проходного пресса обходится дешевле, чем у короткотактного.

### **10.2.2 Облицовывание плит в процессе их изготовления**

Облицовывать плиты можно одновременно с изготовлением их в главном прессе. В качестве покрытий применяют термореактивные плёнки и плёнки с финиш-эффектом, в том числе с тиснением. Степень блеска покрытия зависит от используемых прессующих лент. Для получения рисунков с глубоким тиснением в такой производственной линии лучше использовать дополнительный короткотактный пресс. Примерный процесс изготовления облицованной ДСтП в этом случае состоит из следующих основных операций:

*формирование ковра:* наружные слои из мелкой фракции с влажностью 10,5–11% и содержанием смолы 10–11%, средний слой из стружки с влажностью 7,2–7,5% и содержанием смолы 7,5–8% (по сухому остатку);

*подпрессовка ковра* с одновременным измерением его плотности по ширине и весовым контролем, обрезка кромок;

*подача сверху и снизу бумаги*, пропитанной чистой меламиновой смолой (вес бумаги 80 г/м<sup>2</sup>, содержание смолы 150%);

*прессование в ленточном прессе:* температура на входе 150 °С, максимальное давление 3,7 МПа, температуры в зоне прессования 180–185 °С, в зоне калибрования не более 100 °С;

*продольная и поперечная обрезка плит*, контроль их толщины и массы, отбраковка плит с дефектами; *охлаждение* плит в веерном охладителе;

*тиснение* в короткотактном прессе при температуре 150 °С в течение 10 секунд (при общей продолжительности цикла 25 с).

Экономичность метода одновременного прессования и облицовывания плит обусловлена прежде всего тем, что отпадает необходимость содержать дорогостоящий участок шлифования. Удельное время прессования плит при двухстороннем облицовывании бумагами увеличивается примерно на 20 процентов. Таким способом выгодно выпускать плиты, облицованные бумагой без тиснения, например, для деталей нефасадных деталей корпусной мебели и т.п.

### **10.3 Отделка плит лакокрасочными материалами**

Отделка полноформатных плит выполняется преимущественно жидкими ЛКМ на вальцовых установках или же на лаконоливных станках, в то время как распылительные устройства чаще применяются для нанесения отделочных составов на мебельные детали.

#### **10.3.1 Виды отделочных материалов**

Отделка плит по пласти бывает прозрачной или укрывистой. Последняя может быть однотонной или декоративной, с нанесён-

ным рисунком. Для создания отделочного покрытия применяют жидкие и пастообразные лакокрасочные материалы.

При первоначальной подготовке поверхностей используют **грунты и шпатлёвки**, которые помогают уменьшить впитывающую способность плиты-основы и тем самым снизить расход дорогостоящего покровного ЛКМ. Для подготовки плиты к декоративной отделке методом печати применяются пигментированные грунты, позволяющие создать фон, например, для имитации древесной текстуры.

Для создания собственно отделки, то есть защитно-декоративной плёнки на поверхности плиты, используют, в основном, лакокрасочные материалы с плёнкообразователями на основе различных синтетических смол. Укрывистую отделку желаемого цвета получают, нанося на пласт **эмаль**, то есть непрозрачный пигментированный лак; особенно широко используются грифта-левые составы. Прозрачная отделка чаще всего применяется для плит OSB, для этого берутся **лессирующие (просвечивающие) лаки**, как бесцветные, так и тонированные. При декоративной отделке рисунок наносят специальными красками, а затем закрепляют слоем прозрачного лака.

Нитролаки и нитрошпатлёвки, давно и широко используемые при облагораживании плит, быстро сохнут, разнообразны по цвету, применимы для отделки пористых поверхностей. Однако их существенный недостаток – большое содержание летучих растворителей, которые вредны для окружающей среды и здоровья людей и повышают пожароопасность производственных помещений, где ведутся работы с нитролаками и нитрошпатлёвками.

Лаки на водной основе - водные дисперсии лаковых связующих с минимальным содержанием растворителей – получили распространение в 90-е годы прошлого века. Этому способствовало возрастание экологических требований к плитному производству и его продукции, обусловившее тенденцию к более широкому использованию безвредных отделочных материалов. В качестве связующих применяют полиакрилаты, акриловые сополимеры и полиуретан. При испарении воды, а также под воздействием тепла или УФ-излучения лаковые частицы образуют сплошную

твёрдую плёнку. Такие лаки экологически безопасны, негорючи, для них не нужны специальные растворители. Однако они сильнее увлажняют поверхность плиты и поэтому рекомендуются, в основном, для твёрдых ДВП и для плит MDF с мелкоструктурной однородной поверхностью. Лаки на водной основе примерно в полтора раза дороже лаков с растворителями.

### 10.3.2 Способы отделки древесных плит

Отделка жидкими лакокрасочными материалами чаще всего применяется для твёрдых ДВП малой толщины, а также для MDF и OSB. Типичный процесс укладывается в три операции: шпатлевание, грунтование и собственно лакирование. Шпатлёвкой закрывают поры на поверхности материала, при грунтовании формируется промежуточный слой (грунт), по которому затем наносят рисунок или сплошное однотонное покрытие, а при лакировании создаётся основное отделочное покрытие. Перед отделкой плиты очищаются от пыли в горизонтальном щёточном станке с пылеулавливателем. Рекомендуется затем выдержать их в камере предварительного нагрева, например с инфракрасными излучателями, что позволит аккумулировать тепло, благодаря которому в дальнейшем быстрее высохнет первое покрытие.

Шпатлевать твёрдые ДВП мокрого способа производства обычно не требуется, поскольку у них под отделку идёт гладкая закалённая поверхность. А для стружечных плит и MDF шпатлевание обязательно. На плась с малой шероховатостью достаточно один раз нанести ровный слой шпатлёвочной массы и разгладить её в специальном станке с полированным валиком при скорости подачи 5–25 м/мин. Эффективна шпатлёвка на полиэфирной основе со стиролом и с добавлением фотосенсибилизатора. Расход её за два прохода составляет 200–220 г/м<sup>2</sup>, сухой остаток около 75%, жизнеспособность не менее трёх месяцев, плотность 1,6 г/см<sup>3</sup>. Выбрав правильный цвет шпатлёвки, можно обойтись без фоновой грунтовки. Отверждение такой шпатлёвки происходит под действием ультрафиолетовых лучей в специальных камерах с ртутно-кварцевыми лампами (длина волны 350–380 нм) в ходе фотохимической реакции, при которой fotocувствительный

материал (например, триго-нал-14) разлагается на радикалы, вызывающие отверждение полиэфирных составов. Установленная мощность камер 13-18 кВт/м<sup>2</sup>, время отверждения, в зависимости от мощности излучателя, 40-120 с. После отверждения и охлаждения слой шпатлёвки шлифуют на широколенточном или виброшлифовальном станке.

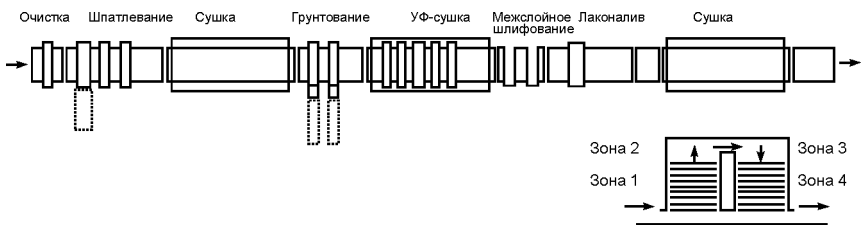
При грунтовании плит широко применяются нитроцеллюлозные грунтовки, у которых сухой остаток 45%, а отверждение при комнатной температуре длится около 20 мин. Их наносят вальцовым способом и перед использованием разбавляют бутил ацетатом. Вязкость состава 35–50 с по ВЗ-4, и при скорости подачи 10-12 м/мин расход грунтовки составляет 30-40 г/м<sup>2</sup>. Если грунтовочный слой сушить в конвекционной камере с температурами в первой зоне 50–55 °С и во второй 90–95 °С, то отверждение происходит всего за одну минуту.

Отделочный лак наносят распылением, наливом или путём раскатывания вальцами. На современных плитных предприятиях преобладает последний из этих способов. Вальцовые станки подходят для обработки как плоских деталей, так и щитов со скруглённой кромкой, для нанесения грунтовочного и основного отделочного слоев лака. Минимальный расход ЛКМ характеризуется показателями 10 г/м<sup>2</sup> при работе на вальцовых станках, и 60 г/м<sup>2</sup> при использовании лаконаливных установок.

Для создания однотонного укрывистого покрытия отделочный состав наносят, пропуская плиты по два-три раза между вальцами и обеспечивая промежуточную сушку в инфракрасной или конвекционной камере.

Чтобы нанести на плиту текстурные или иные рисунки, её по нескольку раз прокатывают между валами печатного станка, с которых на отделяемую поверхность подаётся тонкий слой нужной краски, в соответствии с печатной формой. После каждого нанесения краски плита проходит через сушильный канал.

Схема отделочной линии с вальцовыми и лаконаливными станками показана на рисунке 10.11. Очищенная в щёточном станке плита поступает на первые вальцы и после шпатлевания проходит конвекционную сушку. Затем на втором вальцовом станке на под-

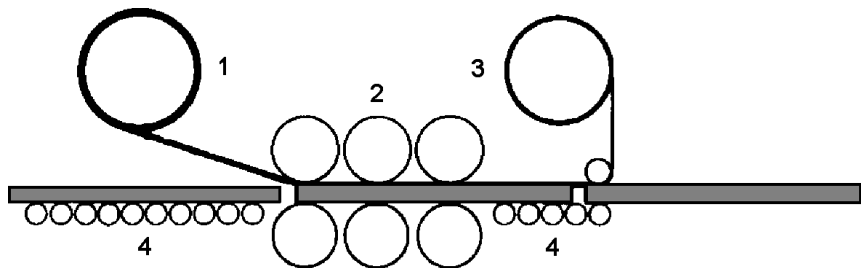


**Рис. 10.11.** Схема линии отделки плит полиуретановыми лаками

готовленную поверхность накатывается полиуретановый грунт, который закрепляется ультрафиолетовой сушкой. После шлифования грунтованной поверхности на неё наносится отделочный состав в лаконаливном станке, и снова следует сушка. Обычно наносят несколько слоев лака, поэтому в линии отделки может быть большее количество лаконаливных станков.

Для нанесения декоров служат многоцветные машины глубокой печати. Такая машина может работать в составе механизированной линии, и после получения на плите печатного рисунка декорированную поверхность тут же покрывают лаками, обычно методом налива.

На рисунке 10.12 схематически представлен метод горячего нанесения декора, при котором рисунок переводится с несущей плёнки на поверхность под действием тепла. В результате на плите образуется сверхтонкий слой краски (0,01 мм), который закрепляется сверху несколькими слоями прозрачного лака. Таким же способом можно отделывать и кромки MDF. Существуют линии,



**Рис. 10.12.** Схема нанесения рисунка на поверхность плиты горячим способом:  
 1 – барабан для несущей плёнки, 2 – горячие ролики,  
 3 – барабан для отработанной плёнки, 4 – подающие вальцы

в которых за один проход ведётся профилирование кромок, их шлифование и отделка указанным методом.

Жидкие ЛКМ применяются и для плит MDF, у которых можно лакировать и кромки. Но если для отделки по ровной пласти плиту достаточно загрунтовать один раз и потом наносить на неё (с промежуточным шлифованием) слой лака, то при отделке кромок и отфрезерованных участков пласти, ввиду их высокой способности к впитыванию ЛКМ, требуется дополнительная грунтовка. При нанесении покрытий на плиты, предназначенные для изготовления экстерьерных (наружных) элементов, необходимо сформировать на поверхности плиты защитный атмосферостойкий слой, устойчивый к ультрафиолетовому излучению и проникновению влаги. Для этого лучше всего подходят составы на базе полиуретана.

Из способов сушки лакокрасочных покрытий наиболее распространён конвекционный – в проходных камерах с циркулирующим тёплым воздухом.

Стремление производителей сократить время сушки и повысить экологическую безопасность участков отделки плит ведёт к совершенствованию технологических решений. Например, постоянно развивается технология фотохимического ультрафиолетового (УФ) отверждения полиуретановых и других лаков. При УФ-отверждении химические отвердитель и ускоритель заменяются инициаторами – бензометиловым спиртом, бензоизопропиленом. В качестве растворителя применяется бутилацетат. Очень экономичны акрилатные лаки УФ-отверждения: они не содержат мономера и отличаются высокой реакционной способностью, низкой долей растворителя, высокой адгезией с покровным лаком, дают хорошую порозаполняемость. Для нанесения их созданы специальные станки, вальцы у которых не имеют растровой структуры, что позволило существенно снизить расход лака.

Находит распространение метод импульсного УФ-отверждения лаков при низких температурах, основанный на использовании высокоэнергетического импульса в резонансном диапазоне двойных углеродных связей. Импульс вызывает разрыв этих связей, и возникает экзотермическая цепная реакция полимеризации лака. Об экономичности метода говорят следующие показатели:

при отделке полистиролом с расходом лака 350 г/м<sup>2</sup> время отверждения составляет 0,6 секунды вместо обычных 15–20 секунд, а энергопотребление на 50% меньше, чем у других УФ-сушилок. Внедрение этого метода не требует больших капиталовложений и производственных площадей.

### **10.3.3 Крашение древесных плит в процессе их изготовления**

На Западе уже находят распространение методы сквозного крашения древесных плит непосредственно в ходе их изготовления. Пропитывать древесину биологически активными веществами, в том числе в целях крашения, тем легче, чем мельче древесные частицы. Проще всего удаётся нанести проникающие составы на тончайшие древесные волокна. Для получения желаемого цветового эффекта важно добиться, чтобы краситель проник во все волокна, стал частью их структуры. В этом состоит принципиальное отличие данного метода от обычного нанесения отделочных покрытий, когда всё сводится лишь к созданию цветовой оболочки.

У большинства известных пигментов молекулярная структура чрезмерно крупная, они не в состоянии проникнуть в древесные частицы и для прокрашивания волокнистой массы непригодны. Хотя определённый цветовой эффект с ними и удавалось достичь, однако после шлифования цвет поверх

ности у плиты становился неоднородным, даже при большой дозировке пигментов. Химические красители лучше, чем пигменты, подходят для сквозного крашения волокнистой массы, однако они нестойки к воздействиям окружающей среды, в результате плиты быстро теряют яркость и насыщенность окраски.

Сегодня крупные химические концерны активно взялись за разработку специальных пигментных препаратов для сквозного крашения плит. На рынке уже появились такие препараты, полученные путём диспергирования с одновременным тончайшим измельчением в шаровой мельнице. Они отличаются сочностью тонов и чрезвычайно активны при проникновении в глубь волокон. Однако стабильную окраску можно получить, только если будет

обеспечено равномерное распределение красящего вещества в волокнистом ковре.

**Свойства негидрофобных плит MDF в зависимости от способов добавления красителя**

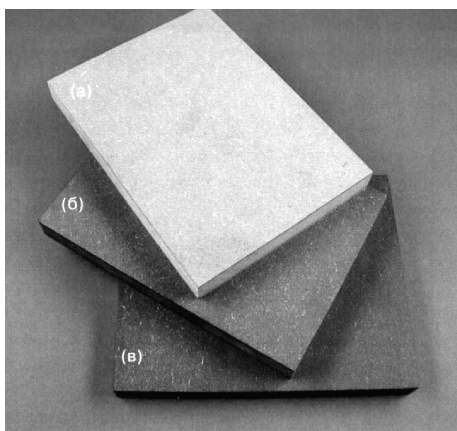
Тип плиты	Объёмная плотность кг/м <sup>3</sup>	Прочность при попереч. раст., Н/мм <sup>2</sup>	Прочность на изгиб Н/мм <sup>2</sup>	Суточное разбухание %
Без добавления красителя	745	0,59	41,1	30,6
Добавление красителя только в щепу	738	0,48	37,8	31,7
Добавление красителя по 1% в щепу и в связующее	744	0,46	39,0	35,8
Добавление красителя только в связующее	747	0,56	40,1	35,9

Наилучшим образом это удаётся, когда красящие вещества примешиваются к связующему, что естественно требует совместности всех компонентов. В случае образования агломератов или осадочных отложений поверхность плиты получится неоднородной, с мутными пятнами. На рисунке 10.13 представлены три образца плит, полученных путём добавления красящего вещества разными способами, но каждый раз в количестве 2% к массе сухого волокна. Верхний образец взят от плиты, при изготовлении которой весь краситель добавлялся в технологическую щепу. Хотя перемешивание в рафинёре было очень качественным и равномерным, окраска этой плиты получилась наименее насыщенной. Объясняется это тем, что в рафинёре краситель растворяется в конденсируемой влаге и удаляется вместе с ней, то есть на волокна попадает лишь часть введённого красящего вещества. В середине на рисунке – плита, при изготовлении которой общее количество красителя было разделено поровну, то есть его добавка как в технологическую щепу, так и в смолу составила по 1% от сухой массы волокна. Цвет получился темнее, однако всё же

не такой насыщенный, как у нижней плиты, при изготовлении которой весь краситель примешивался в связующее. Из таблицы к этому рисунку видно, что механические и гигроскопические свойства у окрашенных и неокрашенных плит MDF различаются незначительно и мало зависят от способа добавления красящего вещества. Следует отметить, что такая толерантность красящего вещества – важнейший из признаков, по которым оценивается его пригодность для глубокого крашения волокнистых плит. Другим существенным признаком является устойчивость прокрашенных плит к старению: тон и насыщенность полученного цвета должны как можно меньше изменяться под воздействием воздуха, атмосферной влаги, солнечных лучей.

При смешивании волокнистой массы со смолой и при дальнейших операциях плитного производства на цвет получаемого материала влияют многие факторы, которые следует учитывать при подборе как самих красителей (они должны быть мало восприимчивы к пару, а также изменениям водородного показателя и температуры), так и технологических режимов.

Насыщенность и яркость получаемой окраски зависят и от тонкости волокнистой фракции, особенностей древесной породы, от плотности плиты и её гомогенности. Первоначально кажущаяся яркой окраска волокон может измениться как после подпрессовки волокнистого ковра, так и после горячего прессования. Окраска неизбежно тускнеет, по мере того как пропитывание во-



**Рис. 10.13.** Образцы плит MDF, при изготовлении которых одно и то же количество красителя (2%) добавлялось к древесным частицам разными способами: (а) – только в щепу, (б) – поровну в щепу и в смолу, (в) – только в смолу (эта фотография и данные в таблице над ней были опубликованы в прессе со ссылкой на германский Институт древесины им. Вильгельма Клаудица)

локон красителем становится более интенсивным. Главные недостатки, во избежание которых следует принимать соответствующие технологические меры при глубоком крашении древесных плит, это неравномерное распределение окрашенных волокон в готовой плите и возникновение в её структуре крупных агломератов. То и другое приводит к нежелательной пятнистости на поверхности плиты.

Легче всего поддаются глубокому крашению плиты MDF. У хорошо покрашенных изделий цвет пласти и кромки получается одинаковый, и внешний вид их настолько безупречен, что от оклеивания кромок можно отказаться. К тому же кромке нетрудно придать любую форму, например фрезерованием, поскольку обработка резанием не ведёт к изменению цвета материала. То же относится к рельефной обработке пласти.

Для защиты от истирания или для придания более светлого тона поверхности крашенной MDF её иногда покрывают тонким ламинатом или меламиновой плёнкой. Кромки деталей из такой плиты можно отделать прозрачным лаком, что придаст изделию своеобразие и привлекательность. И наоборот, к цветовому тону необлицованной пласти можно подобрать кромочный материал в таком сочетании, чтобы подчеркнуть или сгладить геометрические формы деталей интерьера.

Твёрдые ДВП тоже довольно хорошо поддаются глубокому крашению. В Европе этот метод всё чаще используется при изготовлении из них необычных напольных покрытий: на лицевую пластъ крашенной плиты наносят бесцветный лак или прозрачную износостойкую плёнку. Такие щиты очень эффектны, например, для цветовой разбивки на зоны в торговых салонах, выставочных павильонах и т.п.

## Глава 11 Древесноволокнистые плиты

Древесноволокнистые плиты нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Они являются качественным строительным листовым конструкционным материалом, имеющим однородное строение, большие размеры при незначительной массе и необходимую прочность. Плиты легко поддаются механической и ручной обработке, а также различной отделке.

Основным сырьём для производства древесноволокнистых плит служат древесные отходы, а также низкокачественная древесина.

В нашей стране, занимающей первое место в мире по заготовке и вывозке леса, несмотря на рост эффективности использования древесины, объём неиспользованных отходов и низкокачественной древесины составляет десятки миллионов кубических метров.

Использование плит в строительстве повышает индустриализацию строительных работ и сокращает трудовые затраты. Применение плит в мебельном производстве обеспечивает экономию трудовых затрат и позволяет сократить потребление более дорогих и дефицитных материалов.

Расчётами установлено, что 1 млн. м<sup>2</sup> древесноволокнистых плит заменяет в народном хозяйстве 16000 м<sup>3</sup> высококачественных пиломатериалов, для производства которых необходимо заготовить и вывезти до 54000 м<sup>3</sup> древесины, иными словами вырубить 25000-30000 деревьев хвойных пород, произрастающих на 300 га.

ДВП — это долговечный, прочный, экологически безопасный материал, который, в отличие от ДСП, можно применять в помещениях и с повышенной влажностью. Также как и ДСП, древесноволокнистые плиты выпускаются и в ламинированном варианте.

На начало 2002 года в работе оставались 41 линии ДВП (мощность 407 млн. м<sup>2</sup>/год) со средней степенью использования 67,7

%, имеется только 37 линий для облицовывания древесных плит методами ламинирования и термокаширования с общей мощностью 73,5 млн. м<sup>2</sup>/год. Для того чтобы продукция отечественных предприятий оставалась на российском рынке, необходимо масштабное техническое перевооружение производств, создание новых мощностей. Необходимо внедрение новых технологий, освоение современного оборудования, а следовательно, привлечения масштабных инвестиций.

Кроме того, представителями отрасли было признано, что главный принцип, на котором должно быть основано современное производство, - это принцип экологической безопасности и безотходности производства. Необходимо использовать научные разработки, новые способы подготовки сырья, новые виды связующего, обеспечивающие минимальное содержание формальдегида в плитах (до 5 мг/100 г). Также важно «продолжать работы по созданию и внедрению эффективных технологий и оборудования для очистки загрязненных вентиляционных и водных выбросов деревообрабатывающих предприятий, по использованию древесных отходов в производстве древесных плит, выпуске технического углерода, органических удобрений и другой продукции. Интересы отечественных предприятий этой отрасли защищает «Российская ассоциация производителей древесных плит», созданная два года назад.

Промышленное производство древесноволокнистых плит впервые было начато в США в 1922 г., а в 1926 г. введён в эксплуатацию первый крупный завод, выпускавший плиты по качеству приближающийся к современным требованиям. Вслед за США в 1929 г. производство древесноволокнистых плит было организовано в Швеции и Канаде. **В 1931 году шведским патентом Асплундра было положено начало внедрению новой технологии производства древесноволокнистых плит. Оборудование для нее поставлялось фирмой «Defibrator». Эта технология изготовления ДВП получила в мире наибольшее распространение.** В нашей стране промышленное производство началось в 1936г. с вводом в действие Московского завода древесноволокнистых плит мощностью 3,2 млн. м<sup>2</sup> в год. В 1990 году ДВП вы-

рабатывались на 69 технологических линиях, однако, в 2000 году действовали лишь 44 линии суммарной мощности 360 млн. м<sup>2</sup> в год со средним коэффициентом использования 68%. С конца 1998 года в производственно-хозяйственной деятельности лесопромышленного комплекса наблюдаются позитивные сдвиги - объем изготавливаемых ДВП возрастает, как и в случае с ДСП.

## **11.1 Характеристика изделия**

### **11.1.1 Классификация**

Древесноволокнистая плита – листовой материал, изготовленный из переплетенных между собой и сформированных в ковер влажных или сухих древесных волокон посредством сушки или горячего прессования. В процессе производства в древесноволокнистую массу могут вводиться различные химические добавки для улучшения потребительских свойств плит.

Древесноволокнистые плиты классифицируются:

1) по объемной массе и прочности на изгиб: мягкие М-4, М-12, М-20; полутвердые ПТ-100, твердые Т-350, Т-400; сверхтвердые Т-500 (цифрами обозначается минимальная величина предела прочности плит при изгибе);

2) по видам отделки: облицованные, одна или обе поверхности которых облицованы листовыми или пленочными материалами; окрашенные – с лакокрасочным покрытием, нанесенным в заводских условиях на одну или обе поверхности;

3) по видам технических свойств: биостойкие; огнестойкие; влагостойкие; звукопоглощающие;

4) по рельефу поверхностей: профилированные, одной или обеим поверхностям которых придан рельеф в процессе прессования, штамповки или последующей механической обработки;

5) по способу производства: односторонней гладкости, в процессе горячего прессования которых образуется одна гладкая поверхность, а другая сетчатая (мокрый или полусухой способ производства), двусторонней гладкости, в процессе горячего прессования которых обе поверхности приобретают гладкий вид (сухой способ производства).

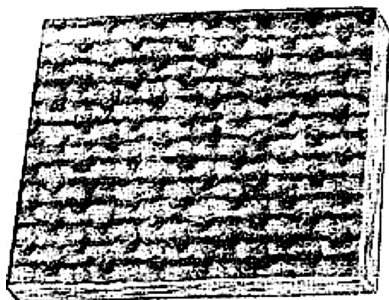
## 11.1.2 Характеристика древесноволокнистых плит

**Мягкие плиты** (рис.11.1, а) состоят из переплетенных волокон древесины или других лигноцеллюлозных волокон, образующих войлокообразный ковер. Эти плиты имеют большую пористость и обладают малой тепло- и звукопроводностью. Наиболее пористые мягкие плиты М-4 с плотностью до  $150 \text{ кг/м}^3$  по своим теплоизоляционным показателям сходны с пробкой. Они имеют коэффициент теплопроводности не более  $0,047 \text{ ккал/м-град-ч}$  (за счет малой плотности и большой пористости) и предел прочности при изгибе не менее  $4 \text{ кгс/см}^2$ . Такие плиты принято называть сверхпористыми. Обычные мягкие плиты М-12 изготавливаются толщиной 12; 16 и  $25+1,0 \text{ мм}$  с плотностью от 150 до  $250 \text{ кг/м}^3$  и имеют предел прочности при изгибе не менее  $12 \text{ кгс/см}^2$ .

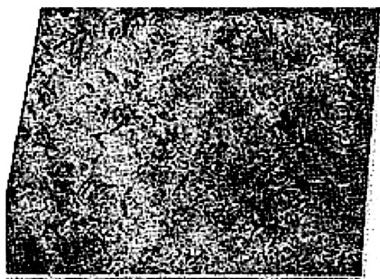
Мягкие плиты М-20 (изоляционно-отделочные) изготавливают толщиной 8; 12 и  $\pm 0,7 \text{ мм}$ . Они имеют плотность от 250 до  $350 \text{ кг/м}^3$  и предел прочности при изгибе не менее  $20 \text{ кгс/см}^2$ .

Размеры мягких плит: длина 1200; 1600; 1800; 2500; 2700 и  $3000 \pm 5 \text{ мм}$ , ширина 1200, 1220 и  $1700 \pm 3 \text{ мм}$ . Плиты других размеров могут быть изготовлены по договоренности с заводами-изготовителями. Мягкие плиты принято еще называть «непрессованными» так как при их изготовлении не производится прессование с обогревом.

**Полутвердые плиты** представляют собой листовый материал плотностью  $400\text{--}800 \text{ кг/м}^3$  и пределом прочности при изгибе не менее  $100 \text{ кгс/см}^2$  (типа толстого картона); они вырабатываются толщиной 6; 8 и  $12+0,7 \text{ мм}$ .



а)



б)

Рис. 11.1. Мягкая (а) и твердая (б) древесноволокнистые плиты

**Твердые плиты** (рис. 11.1, б) имеют плотность не менее 850 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе не менее 400 кгс/см<sup>2</sup> и толщину 2,5; 3,2; 4; 5 и 6+0,3 мм.

**Сверхтвердые плиты** имеют плотность не менее 950 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе не менее 500 кгс/см<sup>2</sup> и толщину 2,5; 3,2; 4; 5 и 6+0,3 мм. В процессе изготовления сверхтвердые плиты пропитывают синтетическими смолами или высыхающими маслами, а затем подвергают термической обработке.

Размеры полутвердых, твердых и сверхтвердых плит: ширина 1000; 1200; 1220; 1600; 1700; 1800; 1830 и 2140±5 мм, длина 1200; 2050; 2350; 2500; 2700; 3000; 3600 и 5500 ±5 мм. Наиболее распространенный формат плит 1200×2700 и 1700×2700 мм. Эти плиты принято еще называть прессованными, так как в процессе их производства применяют гидравлические прессы с обогревом.

**Сверхтвердые плиты, применяемые для покрытия полов**, в процессе производства окрашивают или грунтуют под окраску с лицевой поверхности. Окраска позволяет быстро отличить их от твердых и полутвердых плит, а также сократить лишнюю операцию по грунтованию плит на строительстве.

**Плиты древесноволокнистые твердые с окрашенной поверхностью** покрывают эмалями или облицовывают синтетической пленкой с подслоем бумаги, имитирующей текстуру ценных пород древесины, или других рисунков. Существует несколько видов этих плит.

Плиты типа А полутвердые и твердые, покрытые вододисперсионными поливинилацетатными красками с матовой поверхностью, предназначены для облицовки – отделки стен и потолков жилых и служебных помещений.

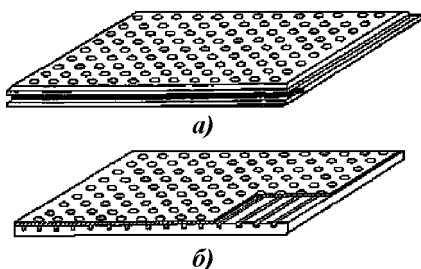
Плиты типа Б, имеющие глянцевитую поверхность, покрыты эмалями МЧ13, ПФ-115 и предназначены для отделки кухонь, торговых и медицинских помещений. Плиты типа Б рустованные могут быть покрыты эмалью с имитацией поверхности под керамическую облицовочную плитку. Их применяют для отделки санузлов, ванных комнат и других помещений с повышенной влажностью.

Плиты также покрывают прозрачным лаком по нанесенному рисунку, имитирующему породы дорогостоящей древесины, или синтетической пленкой по бумаге с имитацией рисунка ценных пород древесины и других рисунков. Эти плиты предназначены для отделки служебных помещений, панелей стен, для изготовления мебели, отделки вагонов, автобусов, автомобилей.

Помимо указанных видов плит, изготавливают специальные плиты путем обработки их на станках. У мягких М-20 или твердых плит для стыкования их делают фаски под углом  $45^\circ$ . Плиты могут изготавливаться с утоненными кромками, с выбранными четвертями и фасками и иметь с одной стороны шпунт, а с другой – гребень. Применение плит с такой обработкой позволяет отделать поверхности стен наиболее простым способом – с открытым швом без заполнения зазора между плитами. Головки крепежных гвоздей при обработке остаются скрытыми.

**Звукопоглощающие (акустические) плиты** изготавливают из мягких М-12 и М-20 и твердых Т-350 и Т-400 древесноволокнистых плит. Звукопоглощающие древесноволокнистые плиты, изготавливаемые по МРТУ 7-18-67, подразделяют на три типа.

Тип А – однослойные толщиной 12,5 и 20 мм с несквозной круглой перфорацией диаметром 4–5 мм, глубиной 0,7 толщины плиты, расстояние между осями отверстий 15 мм по ширине и длине плиты (рис. 11.2, а) или с несквозными продольными пазами шириной 7 мм, глубиной 0,3



**Рис. 11.2.** Плиты звукопоглощающие (акустические): а) – однослойная мягкая М20 перфорированная, б) – двухслойная из перфорированной и низом из мягкой плиты с пазами

между осями пазов по ширине 25 мм во всю длину плиты. Такие плиты изготавливают из мягких плит М-20. Поверхность плит в процессе производства покрывают окрашивающей массой или целлюлозой тонкого размола слоем до 1 мм. Такие плиты применяют в основном для отделки потолков в помещениях общественных и промышленных зданий.

Тип *Б*—двухслойные (рис. 11.2, б) толщиной 16,5 и 20 мм состоят из мягкой плиты М-12 толщиной 12 и 16 мм, склеенной с твердой плитой Т-350 или Т-400 толщиной 3–4 мм. Последняя предохраняет мягкую плиту от механических повреждений.

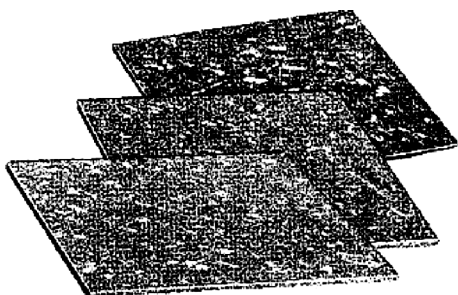


Рис. 11.3. Волокнисто-стружечные плиты

До склеивания в мягкой плите выбирают прямоугольные пазы шириной 7 мм во всю длину плиты и глубиной 0,5 толщины плиты, с расстоянием между осями пазов 15 мм, а твердые плиты перфорируют сквозными отверстиями диаметром 4–5 мм, с расстоянием между осями отверстий 15 мм по ширине и длине плиты или наносят сквозную щелевидную перфорацию шириной 3 мм и длиной 50 мм с шагом между щелями по ширине плиты 15 мм и длине 25 мм. Отверстия располагают на плите с таким расчетом, чтобы при склеивании с мягкой плитой они совпадали с нанесенными на мягкой плите пазами. Плиты этого вида обладают высокой звукопоглощающей способностью и могут быть применены для отделки стен и потолков в помещениях общественных и промышленных зданий.

Тип *В* – однослойные со сквозной круглой или щелевидной перфорацией из твердых древесноволокнистых плит толщиной 3,2 – 4 мм; размеры перфорации такие же, как для плит типа *Б*. Плиты этого вида могут быть применены в звукопоглощающих конструкциях в сочетании с пористыми звукопоглощающими материалами, а также для декоративной отделки выставок, изготовления стендов и витрин.

Лицевые поверхности звукопоглощающих плит должны быть равномерно покрашены светостойкими красками светлых тонов, и иметь ровную поверхность без царапин, впадин, выпуклостей и прочих повреждений.

Размеры плит: типа *А* с несквозной круглой перфорацией – 300Х300+2 мм; типа *А* с несквозными продольными пазами, типа

*Б* двухслойных и типа *В* однослойных перфорированных – ширина 600; 1200 и 1700±5 мм, длина 600; 1200 и 2700±5 мм.

**Волокнисто-стружечные плиты** (рис. 11.3) состоят из переплетенного древесного волокна с содержанием до 50% древесной стружки. Для придания им водостойкости и прочности добавляют специальные составы (парафин и смолу). Волокнисто-стружечные плиты разделяют на полутвердые, твердые и сверхтвердые. Полутвердые и твердые термообработанные волокнисто-стружечные плиты без связующих используют в качестве листового материала в конструкциях и изделиях, защищенных от увлажнения. Полутвердые плиты имеют плотность не менее 600 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе не менее 100 кгс/см<sup>2</sup>, водопоглощение за 24 ч не более 40% и набухание не более 25%. Твердые плиты имеют плотность не менее 800 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе – не менее 200 кгс/см<sup>2</sup>, водопоглощение за 24 ч – не более 30% и набухание – не более 20%.

Сверхтвердые плиты, пропитанные синтетическими водостойкими смолами или высыхающими маслами с последующей термической обработкой, применяют для изделий с повышенной прочностью и влагостойкостью. Эти плиты имеют плотность не менее 900 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при изгибе не менее 400 кгс/см<sup>2</sup>, водопоглощение за 24 ч не более 20% и набухание не более 15%. Плиты имеют красивую фактуру, поэтому они могут быть использованы для декоративной отделки помещений.

## **11.2 Технология производства древесноволокнистых плит**

Технологический процесс производства древесноволокнистых плит включает: приём, складирование и подготовку древесного сырья, получение древесных волокон, приём и складирование химикатов, приготовление проклеивающих составов, проклейку волокнистой массы, формирование ковра, горячее прессование или сушку, термообработку и увлажнение плит, форматную резку и складирование.

Способ производства определяется условием формирования ковра (М-мокрый, с применением сетки для удаления воды; С

– сухой, в воздушной среде) и прессование плит (М – мокрый, с применением сетки для удаления воды; С-сухой, в воздушной среде). В мировой практике принята следующая классификация способов производства древесноволокнистых плит: мокрое – мокрое

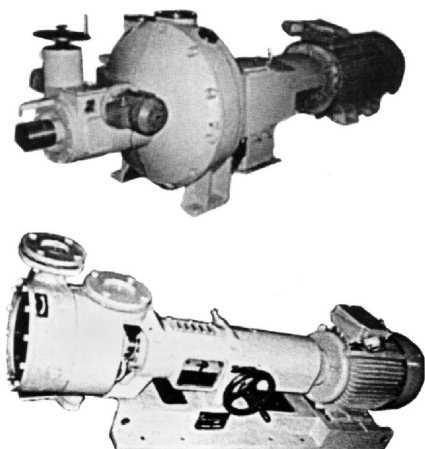
формирование ковра, мокрое прессование; сухой – сухое формирование ковра, сухое прессование; мокро-сухой – мокрое формирование ковра, сухое прессование; полусухой – сухое формирование ковра, мокрое прессование.

*Таблица 11.1. Характеристика компонентов еловой волокнистой массы*

Компонент	Длина, мк	Ширина, мк	Доля, %
Сколы	различная	различная	2–4
Средняя фракция:			
длинные волокна	800–4500	25–80	17–24
короткие волокна	200–800	2,5–2,8	24–30
Мелкая фракция:			42–57
слизь	до 200	около 1	–
древесная мука	20-30	1–30	–
Пыль	–+	менее 1	–

### **Получение волокна**

Исходным сырьём для производства волокнистых плит могут быть как круглые лесоматериалы, так и технологическая щепка. Получаемая из них волокнистая масса состоит из различных компонентов. В таблице 11.1 приводятся данные по еловой волокнистой массе, приготовленной путём абразивной обработки (белое шлифование); при обработке щепы термомеханическим способом содержание длинных частиц в волокнистой массе больше. Хвойная щепка, в особенности сосновая и еловая, при истирании нередко сбивается в массу, которая трудно поддаётся сортировке. Буковая щепка при размельчении даёт более короткие и гладкие волокна, которые не переплетаются и легче сортируются в механических ситах. Качество волокнистой массы сильно зависит от влажности исходного материала. Из сухой щепы получается короткое волокно, а из влажной – более длинное. Измельчение су-



**Рис. 11.4.** Общий вид отечественных размольных установок: сверху мельница с электромеханической присадкой дисков, внизу пульсационная машина

хой щепы хотя и требует меньших энергозатрат, однако пожароопасно. Оптимальной считается влажность щепы 50–70%, при истирании она снижается примерно на 30%.

Исторически первым способом получения волокна было истирание древесины увлажняемым абразивным цилиндром с диаметром 1,4–1,9 м и шириной 1–1,5 м. Самые крупные машины имели производительность до 48 тонн в сутки при установленной мощности в 3000 кВт.

На сегодня преобладающим стал термомеханический способ получения волокна из щепы. Поскольку лигнин, скрепляющий отдельные волокна древесины между собой, размягчается при температуре выше 100 °С и плавится при 172 °С, щепу перед механическим истиранием пропаривают, чтобы уменьшить её прочность, особенно в направлении поперёк волокон древесины. Первичный горячий размол щепы осуществляют в дефибраторах, вторичный - в рафинёрах или конических мельницах. На российских предприятиях для грубого размола используют, наряду с импортными дефибраторами, отечественные установки, в том числе и дисковые мельницы, специальные мельницы с электромеханической присадкой дисков и пульсационные машины (рис. 11.4).

Процесс размола щепы состоит из следующих «микроопераций»:

- расщепление исходного материала на пучки волокон
- поперечное укорачивание и рубка пучков
- раздавливание и продольное расщепление на мелкие волокна (фибриллирование)
- пропускание волокон между размольными дисками.

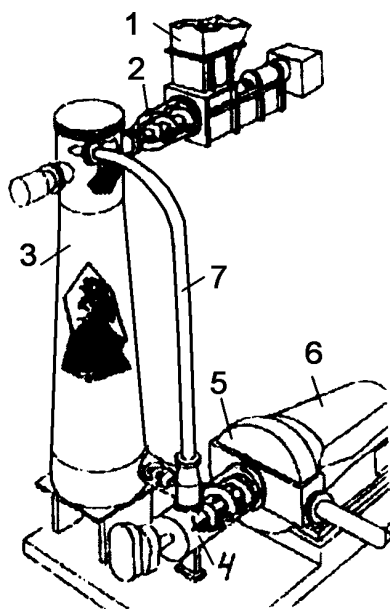
Получаемая масса может быть грубого или мелкого помо-

ла. Грубый помол имеет слабую степень фибриллирования (расчѐсанности). Если волокна сильно изрублены и укорочены, возможно образование «мѐртового размола» – сыпучей массы, в которой волокна не переплетаются (не свойлачиваются), и при формировании из них ковра он будет рваться на сетке.

Размольная установка, схематически представленная на (рис. 11.5), состоит из бункера со шнековым питателем, через который щепа подаѐтся в подогреватель с мешалкой, а оттуда по другому шнеку в собственно дефибратор, состоящий из неподвижного и подвижного дисков. Попадая через центральное отверстие неподвижного диска на вращающуюся шайбу, щепа отбрасывается в зону размола.

Рабочие поверхности дисков снабжены канавками и рифлениями, в которых и происходит перетирание прогретых древесных частиц на отдельные волокна и пучки волокон. Под действием центробежных сил и давления пара образующаяся волокнистая масса выбрасывается с дисков наружу. Чтобы подача щепы шнековым питателем поддерживалась равномерной, разгрузочный шнек подогревателя выполнен в конической форме: создаваемая им компрессорная пробка предотвращает возвратный поток пара и пульсацию потока щепы. При равномерном поступлении щепы дефибратор работает устойчивее и волокна получаются более однородными.

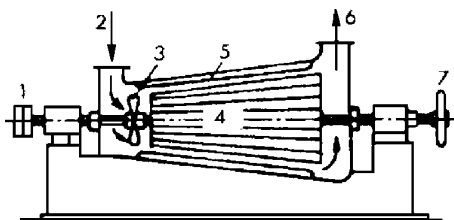
На пропарку отдельной частицы требуется 3-6 мин, в зависимости от степени заполнения пропарочной камеры. Продолжи-



**Рис. 11.5.** Схема размола щепы в дефибраторе: 1 – бункер для щепы, 2 – шнековый питатель, 3 – пропарочный котёл, 4 – шнек подачи прогретой щепы, 5 – дефибратор, 6 – главный двигатель, 7 – возвратный паропровод

тельность пропарки в целом зависит от породы древесины, качества щепы и параметров пара. Обычно рабочая температура пара в подогревателе 160-180 °С при давлении 6-10 бар. Снижение температуры пара на 10 градусов удлинит пропарку почти вдвое. Потребность в паре составляет от 0,5 до 0,8 т на тонну абсолютно сухого волокна, в зависимости от породы древесины. При пропарке в среднем теряется около 10% древесины, а потребность в энергии составляет 200-250 кВт·ч на тонну массы. Размол щепы на волокно тоже требует больших затрат энергии: 120-200 кВт·ч на тонну абсолютно сухого волокна. Снизить их можно, добавляя в щепу некоторые химикалии, например  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (8-9%).

Совершенствование конструкций размольного оборудования, в частности увеличение диаметра размольных дисков, улучшение



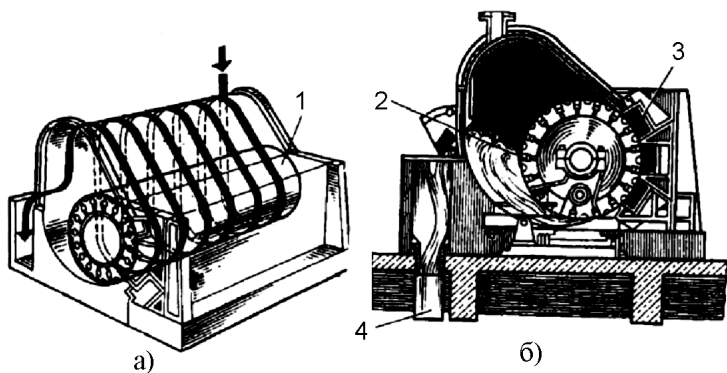
**Рис. 11.6.** Схема конической мельницы:

- 1 – привод, 2 – подача материала,
- 3 – вентилятор, 4 – конический ротор,
- 5 – статор, 6 – выход материала,
- 7 – маховик настройки

параметров главных двигателей, использование дисков нового типа, обеспечило возможность изготавливать древесноволокнистую массу одноступенчатым размолем, что даёт большую экономию электроэнергии. Вторичный размол применяется только в случае облагораживания поверхности ДВП слоем тонкоразмолотой массы. На

второй ступени размола применяют рафинёры, а в производстве мягких ДВП, для получения ещё более тонкого помола, - голлендеры или конические мельницы с базальтовой и керамической размольной гарнитурой. Конический ротор такой мельницы вращается в коническом статоре с частотой 750-1450 об/мин (рис. 11.6). Зазор между ними можно регулировать посредством осевой настройки ротора.

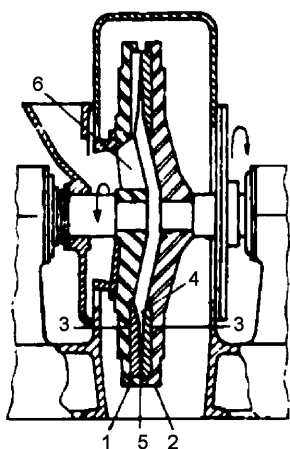
В голлендере (рис. 11.7) размельчаемая масса движется по спирали. На металлическом барабане закреплены базальтовые бруски трапецеидальной формы, а в ванне – коробки с базальтовыми вкладышами. Зазор между брусками и вкладышами, в



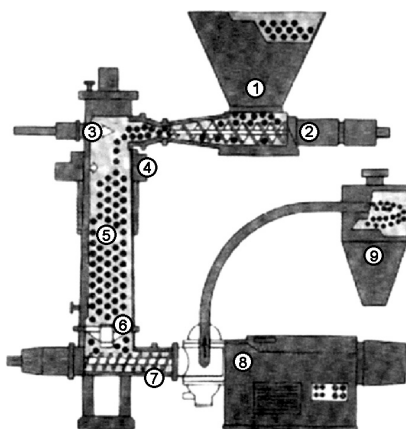
**Рис. 11.7.** Голлендер (а) и его поперечный разрез (б):  
 1 – барабан, 2 – бруски, 3 – коробка с базальтовым вкладышем,  
 4 – сливное отверстие

котором и происходит размалывание древесных частиц, а также давление барабана регулируются.

Принцип работы рафинёра такой же, как у дефибратора, но у первого нет пропарочной камеры (рисунки 11.8 и 11.9). В рафинёре оба диска могут быть подвижными и вращаться в разные



**Рис. 11.8.** Схема рафинёра:  
 1 и 2 – вращающиеся диски, 3 – зона размола, 4 – вход материала в зону размола, 5 – выход волокна, 6 – подача материала в рафинёр



**Рис. 11.9.** Схема дефибратора:  
 1 – бункер для щепы, 2 – подающий шнек, 3 – подача пара, 4 – контроль уровня заполнения, 5 – пропарочная камера, 6 – мешалка, 7 – выходной шнек, 8 – дефибратор, 9 – циклон

стороны. Зазор между дисками (примерно 0,1 мм) устанавливается при помощи специального электромеханического приспособления с выравнивающей системой, которая компенсирует температурные деформации дисков и обеспечивает их параллельность. Механическое уплотнение валов препятствует проникновению излишней влаги в волокнистую массу, что снижает затраты энергии на стадии сушки волокна.

На рисунке 11.10 видно, как различаются волокна, вышедшие из дефибратора и рафинёра. Степень размола массы измеряется на аппарате «Дефибратор-секунда», характеризуется в градусах помола и имеет обозначение ДС.

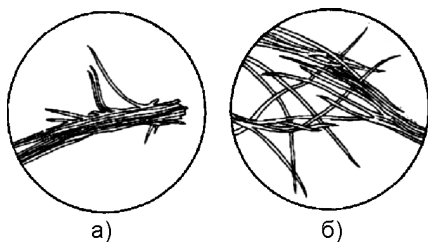


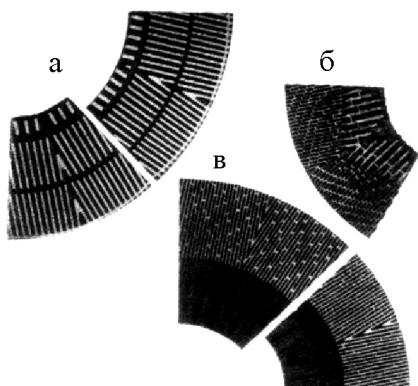
Рис. 11.10. Древесные волокна после размола: а) – в дефибраторе, б) – в рафинёре

В числовом выражении градус помола равен времени (в секундах), которое требуется для обезвоживания помещённой на сетку смеси из 128 грамм абсолютно сухой волокнистой массы и 10 литров воды (концентрация 1,28%).

Для твёрдых плит степень помола должна быть в пределах 22–28 ДС, для мягких 28–35 ДС.

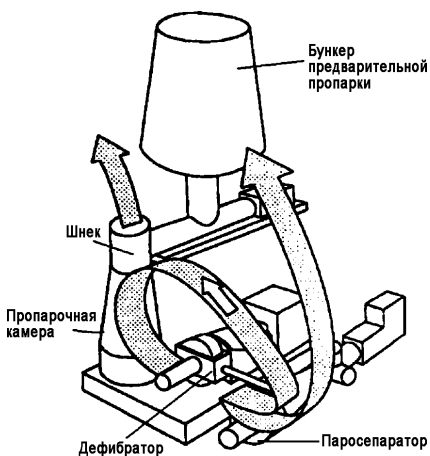
Качество волокна существенно зависит от геометрии размольных сегментов (размольной гарнитуры). В современных дефибраторах канавки на сегментах располагаются симметрично, так что направление вращения дисков можно изменять. В результате возрастает эффективность размола, улучшается качество волокнистой массы, увеличивается срок службы размольных дисков, частота вращения которых достигает 1800 об/мин. На рисунке 11.11 показаны профили износостойких хромированных размольных дисков для разволачивания древесины хвойных, твердо- и мягколиственных пород. Отдельные сегменты таких дисков могут заменяться без разборки размольной установки, через специально встроенное окно. Срок службы размольных сегментов удастся продлить, поддерживая оптимальным (не слишком узким) зазор между дисками дефибратора (рафинёра).

У некоторых немецких рафинёров гидроагрегат, обеспечивающий прижим подвижного диска к неподвижному, оформлен как самостоятельный узел, монтируемый отдельно. Такая компоновка облегчает постоянное наблюдение за степенью заполнения котла, температурой, давлением и скоростью потока, упрощает доступ к агрегату при его обслуживании. В гидроагрегате действуют независимые друг от друга системы циркуляции смазки, рабочей жидкости и воды, охлаждающей масляный радиатор. Быструю остановку рафинёра в экстренном случае обеспечивает тормозное устройство. Усилие от главного привода на диск рафинёра передается через кардан и торсионный вал, компенсирующий упругие колебания, которые могут возникнуть на главном электродвигателе.



**Рис. 11.11.** Размольные диски для древесины хвойных (а), твердолиственных (б) и мягколиственных (в) пород

Во многих размольных установках предусмотрено использование оборотного пара (рис. 11.12). Зона размола – это своего рода парогенератор, поскольку в процессе истирания сырой щепы механическая работа размольных дисков преобразуется в тепло. Возвращая избыточный пар на прогрев щепы или направляя его для других целей, можно тем самым снизить расход свежего пара до нуля. Конструктивно к существующей системе добавляют паросепаратор, в котором волокно отделяется от



**Рис. 11.12.** Схема использования оборотного пара в размольной установке

пара. В результате энергозатраты на выработку волокна уменьшаются, а качество его улучшается.

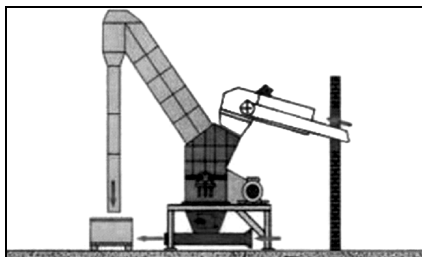
На современных предприятиях постоянный мониторинг качества волокнистого материала ведётся при помощи видеокамер, путём измерения контрастности проб. На основе визуальной информации можно достоверно судить о составе волокнистого материала, скорости подачи материала или изношенности размольных сегментов. Исследования показали, что при ширине зазора между дисками 0,05–1,00 мм замеряемый параметр контрастности линейно коррелирует с величиной зазора. Чем больше зазор, тем больше площадь получаемых волокон. При частоте вращения подающего шнека 55–80 об/мин параметр контрастности постоянен, а при более высоких оборотах его значение резко возрастает.

Для получения волокна из однолетних растений существуют специальное оборудование и специальные технологии. Такие растения (например, багасса – сахарный тростник) всё шире применяются для производства плит MDF в тропических и субтропических странах (Тайвань, Сингапур, Малайзия, Южная Корея, Индонезия).

Первоначально такое сырьё в виде кип (пучков) обрабатывают рыхлителем или специальным режущим инструментом, а перед подачей в рафинёр тщательно очищают от посторонних включений. Поскольку исходный материал обычно имеет повышенную влажность, его нужно предварительно сушить или обезвоживать, чтобы предотвратить загнивание. У некоторых растений необходимо удалять сердцевину – как наиболее склонную к загниванию

часть. Для этой цели используются специальные сепараторные мельницы. Существуют также мельницы, позволяющие вырабатывать мелкую фракцию из предварительно измельчённых растительных остатков.

Ещё один ресурс для получения волокнистой массы – макулатура. На Западе для перера-



**Рис. 11.13.** Схема молотковой мельницы для переработки бумажных отходов

ботки бумажного утиля часто используют молотковые мельницы (рис. 11.13). Загружаемое сверху сырьё попадает на шарнирно подвешенные била (молотки), которые ударяют снизу вверх и отбрасывают бумагу на ступенчато расположенные резаки. Крупные включения, обладающие другими баллистическими характеристиками, попадают в отдельную шахту, а остальной материал постепенно измельчается и выходит через нижнее сито. Такие мельницы подходят и для измельчения однолетних растений.

### **11.2.1 Мокрый способ**

#### ***11.2.1.1 Приготовление технологической щепы***

Фракционный состав щепы, используемой в производстве древесноволокнистых плит, содержание в ней коры и гнили должны соответствовать требованиям ГОСТ 15815.

Щепу от рубильных машин через циклон подают на сортировочные машины. Крупная фракция щепы доизмельчается в дезинтеграторах. Мелочь, прошедшая через нижнее сито, удаляется из отделения приготовления щепы ленточным конвейером или пневмотранспортом. Кондиционная щепка после сортировочных машин подается в бункер запаса. Объем бункера запаса должен быть рассчитан на 3-сменную работу дефибраторов.

Перед размолотом кондиционная щепка очищается от минеральных примесей в гидромойках, металлические включения отделяются в металлоулавливателях. Кондиционная щепка, очищенная от минеральных примесей и металлических включений, системой конвейеров подается в бункеры размольных агрегатов.

#### ***11.2.1.2 Приготовление древесноволокнистой массы***

Для пропарки щепы в камеры дефибраторов подают насыщенный пар под давлением от 0,8 до 1,2 МПа с температурой 170–190 °С.

Продолжительность пропарки подбирают в зависимости от породы древесины, качества щепы и параметров применяемого пара. Если пар имеет низкие параметры, пропарка увеличивается. Уменьшение температуры греющего пара на 10 °С должно ком-

пенсироваться увеличением продолжительности пропарки примерно в 2 раза. Существуют две схемы выгрузки массы из дефибраторов:

1) дефибратор – циклон – желоб винтового конвейера, где массу разбавляют оборотной водой до 4 %-ной концентрации, и далее направляют в бассейн перед вторичным размолем или подают непосредственно в рафинатор;

2) дефибратор – рафинатор для вторичного размола массы при концентрации более 6 %, что позволяет повысить эффективность вторичного размола, но при этом несколько увеличивается расход пара на размол.

Большое значение имеет выбор градуса помола волокна, особенно при листовном породном составе сырья. Обоснованием для выбора нужной степени размола может служить график на рисунке 11.14.

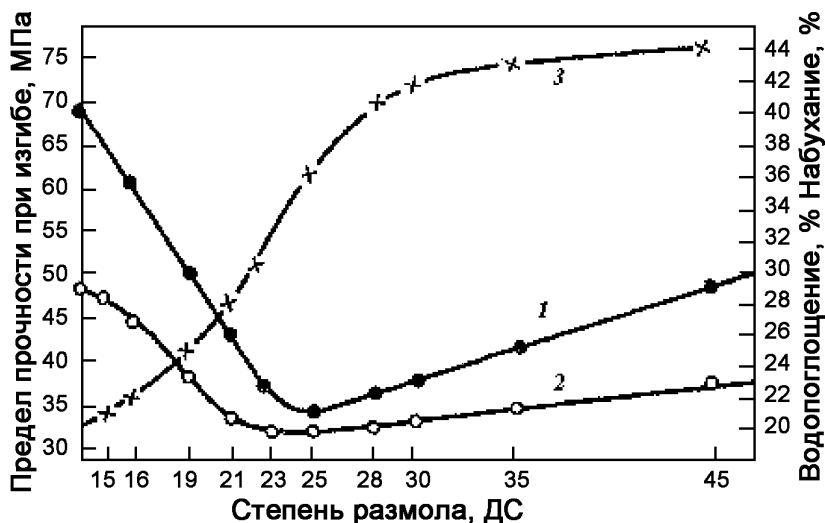


Рис. 11.14. Физико-механические показатели плит при различной степени размола массы из разных пород древесины: 1 – водопоглощение; 2 – набухание; 3 – предел прочности при изгибе

Проклеивание древесноволокнистой массы выполняют для повышения гидрофобных свойств плит. В качестве гидрофобизирующих добавок используют главным образом парафин, гач и

церезиивую композицию. Введение в массу гидрофобизирующих добавок предотвращает также прилипание пучков волокон к поверхности гляцевых листов пресса и плит к транспортным сеткам.

Для осаждения и закрепления клеевых частиц на волокнах используют в основном серноокислый глинозем, алюмокалиевые квасцы и серную кислоту.

Порядок приготовления гидрофобных эмульсий по вышеперечисленным рецептурам следующий:

Рецептура 1 (на основе парафина): в плавильник загружают парафин для полного его расплавления. Параллельно с этим в эмульгатор заливают горячую воду, пускают мешалку, загружают в эмульгатор концентрат сульфитно-спиртовой барды и перемешивают до полного растворения. После полного растворения концентрата в эмульгатор подают расплавленный парафин. Эмульгирование проводят в течение 1,5–2,5 ч до получения устойчивой эмульсии.

Рецептура 2 (на основе гача): в плавильник загружают гач для полного его расплавления. Параллельно с этим в эмульгатор заливают горячую воду, пускают мешалку и загружают концентрат сульфитно-спиртовой барды и каустическую соду и перемешивают до полного растворения. После, полного растворения эмульгирующих добавок в эмульгатор подают расплавленный гач. Эмульгирование ведут в течение 2–2,5 ч до получения устойчивой эмульсии.

Рецептура 3 (на основе гача): в плавильник загружают гач для полного его расплавления. В эмульгатор заливают горячую воду, пускают мешалку, подают расплавленный гач, смесь перемешивают 10–15 мин. Затем в эмульгатор заливают расплавленную жирную кислоту и смесь перемешивают еще 15 мин. После этого равномерно заливают аммиак и ведут процесс эмульгирования в течение 2–2,5 ч до получения устойчивой эмульсии.

При неготовности эмульсии в эмульгатор добавляют в незначительном количестве эмульгирующие вещества и продолжают процесс эмульгирования до полной готовности.

Приготовленную эмульсию разбавляют горячей водой до требуемой концентрации и перекачивают в расходный бак. Для исключения попадания крупных инородных частиц эмульсию перед поступлением в расходный бак фильтруют через сетку № 10.

Растворы-осадители готовят следующим образом. Для приготовления раствора серной кислоты в бак из кислотостойкого материала подают дозированное количество холодной воды. Сюда же через мерник заливают концентрированную серную кислоту и включают мешалку. Содержимое перемешивают около 10–15 мин. Готовый раствор серной кислоты перекачивают в бак хранения из кислотостойкого материала.

Для приготовления раствора сернокислого глинозема (квасцов) в бак из кислотостойкого материала заливают воду с температурой 60–80 °С, после чего включают мешалку и загружают предварительно измельченный глинозем (квасцы). Перемешивание ведут до полного растворения глинозема (квасцов). Раствор сливают через сетку в бак хранения, куда добавляют холодную воду для получения рабочего раствора осадителя требуемой концентрации.

Для обеспечения прочностных показателей плит по ГОСТ 4598 в условиях переработки сырья с содержанием лиственных пород более 30 % применяют упрочняющие добавки (синтетическая фенолоформальдегидная смола, альбуминовый клей и др.). Для осаждения на волокнах альбуминового клея используют серную кислоту, сернокислый глинозем, квасцы; для осаждения на волокнах фенолформальдегидной смолы – серную кислоту.

Введение в древесноволокнистую массу гидрофобных эмульсий, упрочняющих добавок и растворов осадителей осуществляют через дозаторы в ящик проклеивания или в смесительный насос. Древесноволокнистую массу после смешения с гидрофобной эмульсией, упрочняющей добавкой и осадителем, доведения ее до требуемой концентрации направляют в напускной ящик отливной машины.

Дозировка гидрофобных и упрочняющих веществ зависит от марок выпускаемых плит, применяемого породного состава сырья, используемых добавок, расхода свежей воды, режимов производства и других факторов.

Концентрация массы в ящике проклеивания от 1,8 до 2,4 % для любого соотношения породного состава сырья. Температура массы не более 60 °С, рН массы до введения гидрофобных и упрочняющих добавок 4,7–5,5 для любого соотношения породного состава сырья.

### ***11.2.1.3 Формирование древесноволокнистых ковров***

Древесноволокнистый ковер формируют на отливных машинах. Формирование древесноволокнистого ковра производят на бесконечных сетках № 8 или № 10 из фосфористой бронзы или на сетках № 6 или № 8 из моноволокна.

На регистражной части отливной машины происходит обезвоживание ковра под действием гидростатического напора массы. Равномерному распределению волокон в структурной сетке ковра способствует расположенная над слоем массы вибрирующая планка, установленная в 1,5–2,5 м от напускового ящика. После регистражной части удаление воды из пор ковра производится принудительно при помощи отсасывающих и отжимающих устройств машины. Толщина ковра после отливной машины обычно в 5–7 раз больше толщины готовой плиты. Ковер разрезается на полотна, которые по длине и ширине превышают чистообрезные размеры готовой плиты на 30–60 мм.

### ***11.2.1.4 Горячее прессование древесноволокнистых плит***

Горячее прессование обеспечивает превращение ковра в древесноволокнистую плиту. В первой фазе цикла прессования («отжим») после смыкания нагревательных плит пресса под воздействием повышающегося удельного давления и температуры из волокнистого ковра отжимается вода, а сам ковер, прогреваясь, уплотняется. Во второй фазе цикла прессования («сушка») плиты выдерживают в прессе при пониженном удельном давлении,

что обеспечивает эффективное удаление испаряемой влаги. В заключительной фазе цикла прессования («закалка») при максимальном удельном давлении и температуре продолжается дальнейшее уплотнение плиты, что обеспечивает ее высокие физико-механические свойства.

Прессование древесноволокнистых плит в зависимости от условий производства иногда осуществляют и без подъема давления на фазе «закалка».

Режимы горячего прессования плит определяются основными технологическими факторами и их взаимодействием. Максимальное удельное давление определяется наибольшей величиной отжима ковра, а для получения необходимой плотности плиты достаточно 1–1,2 МПа.

#### *11.2.1.5 Термическая обработка*

**Термическая обработка древесноволокнистых плит** предназначена для улучшения их прочностных и гидрофобных свойств. Продолжительность процесса, температуры и скорости циркулирующего воздуха, что позволяет снизить возможность возникновения местных перегревов плит и накопления выделяющихся газообразных веществ.

#### *11.2.1.6 Увлажнение и форматная резка древесноволокнистых плит*

Для придания формоустойчивости плиты увлажняют и подвергают акклиматизации. Для стабилизации температурного режима и улучшения качественных показателей плит необходимо производить охлаждение плит перед увлажнением. После камер увлажнения или увлажнительных машин плиты подает на форматно-обрезной станок для обрезки кромок и продольно-поперечной резки. Готовые плиты выдерживают на ровных поддонах не менее 24 ч.

Для повышения эффективности увлажнения на увлажнительных машинах рекомендуется установка на машине дополнительных sprays для двустороннего нанесения воды. Увлажненные плиты подвергаются акклиматизации.

### ***11.2.1.7 Изготовление плит с поверхностными слоями из тонкоразмолотой массы***

Улучшают качество поверхности твердых древесноволокнистых плит за счет использования тонкоразмолотой массы, вводя в технологический процесс следующие операции: отбор древесноволокнистой массы из бассейна рафинаторной массы и направление ее в количестве 10–12 % от общего объема массы в размольный агрегат 3-й ступени помола; размол рафинаторной древесноволокнистой массы для поверхностных слоев в дисковой мельнице МД-14; промежуточное хранение тонкоразмолотой древесноволокнистой массы в отдельном бассейне, оснащенный мешалкой, и вместимостью не менее 40–50 м<sup>3</sup> для одной технологической линии производительностью 10 млн. м<sup>2</sup> плит в год; проклейка тонкоразмолотой массы в самостоятельном ящике непрерывной проклейки; налив массы на древесноволокнистый ковер с помощью специальных устройств.

Тонкоразмолотую массу направляют в бассейн, где ее разбавляют оборотной водой до концентрации 1,5–2 %. Из бассейна она поступает в ящик непрерывной проклейки. На выходе из ящика непрерывной проклейки массу разбавляют оборотной водой до концентрации 0,8–1 %, после чего она по массопроводу самотеком поступает в два наливных устройства, установленные последовательно на отливной машине. Первое наливное устройство должно быть установлено над первым отсасывающим ящиком, второе – над вторым по ходу отливной машины. Для усиления обезживающей способности отливной машины на ней необходимо установить взамен последних по ходу машины регистровых валиков четвертое (дополнительное) отсасывающее устройство.

Технологические параметры горячего прессования древесноволокнистых плит с поверхностными слоями из тонкоразмолотой массы не требуют какой-либо корректировки.

### ***11.2.1.8 Пропитка древесноволокнистых плит***

Для придания твердым древесноволокнистым плитам повышенной механической прочности и водостойкости применяют пропитывание плит после горячего прессования высушающими

маслами. Для пропитывания используют состав из 93,5 % таллового масла и 6,5 % сиккатива свинцово-марганцевого масляного или состав из 40 % таллового масла и 60 % льняного масла.

Перед масляной ванной сеточную сторону плит очищают щетками от крупных волокон и нагара. После пропитывания древесноволокнистые плиты направляют на термообработку в камеру. Пропитка обеспечивает получение сверхтвердых плит.

### *11.2.1.9 Особенности технологии производства мягких плит*

Процессы подготовки сырья и приготовления древесноволокнистой массы принципиально ничем не отличаются от соответствующих процессов производства твердых плит. Однако степень размола массы для мягких плит более высокая, чем для твердых и полутвердых плит, поэтому часто применяется 3-я ступень размола.

Для получения повышенной степени размола массы рекомендуют применять большие значения температуры пропарки и давления гидроприжима дисков.

Для проклеивания древесноволокнистой массы используют парафин, гач, церезиновую композицию и кубовые остатки синтетических жирных кислот в виде эмульсий. Осаждение гидрофобных частиц на волокнах производят серной кислотой, сернокислым глиноземом и др.

Для придания мягким древесноволокнистым плитам биостойких свойств используют пентахлорфенолят натрия, анилид салициловой кислоты, кремнефтористый аммоний, препарат ББК-3 и др. Рецептуры приготовления гидрофобных эмульсий аналогичны рецептурам, применяемым для твердых плит. При приготовлении раствора кремнефтористого аммония в бак загружают кристаллический порошок кремнефтористого аммония. Сюда же добавляют горячую воду с температурой 60 °С. После перемешивания в течение 30 мин смесь разбавляют горячей водой до концентрации 5 %. Готовую смесь через сетку № 10 сливают в расходный бак.

При приготовлении раствора салициланилида в бак загружают каустическую соду. Затем заливают горячую воду с темпера-

турой 90 °С и засыпают порошок салициланилида. Смесь перемешивают 30 мин. Готовый раствор через сетку № 10 сливают в расходный бак.

При приготовлении раствора пентахлорфенолята натрия в бак загружают пентахлорфенолят натрия. Затем заливают горячую воду с температурой 50 °С. Смесь перемешивают 15–20 мин. Готовый раствор сливают через сетку № 10 в расходный бак.

При приготовлении раствора ББК-3 бак заполняют наполовину водой с температурой 50–60 °С и загружают расчетное количество компонентов препарата. Смесь перемешивают 10–15 мин, после чего добавляют остальное количество воды при работающей мешалке, и готовый раствор через сетку № 10 сливают в расходный бак.

Технологическая схема введения в древесноволокнистый ковер антисептика предусматривает наличие специальной установки, включающей: устройство по пропитке ковра сверху; устройство по пропитке ковра с сеточной стороны; устройство для сбора подсеточных вод с антисептиком, отходящих с прессовой части отливной машины.

Принцип действия установки заключается в том, что ковер с верхней и нижней сторон обрабатывают раствором антисептика с таким расчетом, чтобы происходила сквозная его пропитка. При этом подается такое количество раствора, которое обеспечивает проникновение антисептика сверху на 70–80 % и снизу на 20–30 % толщины ковра.

Устройство по пропитке ковра сверху устанавливают в начале отсасывающей части отливной машины, по пропитке снизу – перед вторым мокрым прессом.

В процессе сушки древесноволокнистые ковры превращаются в конечный продукт – мягкие древесноволокнистые плиты. Процесс сушки включает следующие операции: загрузку ковров, собственно сушку, охлаждение и выгрузку плит. Влажность и температура воздуха постепенно меняются по зонам сушилки. Средняя скорость продвижения плит вдоль сушилки составляет от 0,2 до 0,6 м/мин.

После сушки и охлаждения мягкие древесноволокнистые плиты поступают на форматно-обрезной станок. Разрезанные по

формату плиты сортируют, укладывают в стопы на поддоны и отвозят в специальное оборудованное складское помещение.

## **11.2.2 Сухой способ**

### ***Технология на оборудовании фирмы «Бизон»***

Технологический процесс производства древесноволокнистых плит на оборудовании фирмы «Бизон» включает следующие основные операции: прием, складирование и подачу сырья в производство; приготовление технологической щепы; размол щепы на волокно; введение смолы и парафина; сушку волокна; формирование древесноволокнистого ковра; горячее прессование; послепрессовую обработку плит.

Прием и складирование древесного сырья осуществляют как в круглом виде, так и в измельченном состоянии. На складах сырья преобладают переместительные операции.

#### ***11.2.2.1 Приготовление технологической щепы***

Размеры и фракционный состав щепы должны соответствовать требованиям ГОСТ 15815 применительно к целлюлозно-бумажному производству.

#### ***11.2.2.2 Размол щепы на волокно***

Принята схема рафинерного размола с предварительной пропаркой щепы. Древесные волокна должны иметь наименьший разброс по размерам и влажности.

Частицы древесины после рафинерного размола имеют длину 0,4–5 мм, толщину 8–400 мкм. Помол волокна для наружных слоев плит должен быть не менее 350 ПВ (по прибору ВНИИдрева), для внутренних не менее 250 ПВ.

#### ***11.2.2.3 Введение смолы и парафина***

Для улучшения прочностных показателей и водостойкости плит предусматривается введение в волокно связующих веществ и гидрофобных добавок.

В качестве связующего используется водорастворимая фенолформальдегидная смола СФЖ-3014, отличающаяся от других

смола небольшой вязкостью, низкой токсичностью и повышенной реакционной способностью (увеличенным содержанием метилольных групп). Для придания плитам гидрофобных свойств используются парафины любых марок или церезиновая композиция.

Смола разбавляется водой до концентрации 25 % и подается в массопровод для выдува волокна из рафинера. Количество смолы регулируется изменением хода плунжера насоса.

Расплавленный парафин с температурой 80–90 °С впрыскивается в щепу, поступающую в шаровые затворы пропарочно-размольных систем. Дозировка парафина 1–2 % к массе абс. сухого волокна.

#### *11.2.2.4 Сушка древесного волокна*

Влажность волокна после рафинера зависит от исходной влажности щепы и режимов пропаривания. Абсолютная влажность волокна после рафинера 60–120 %. Сушат волокно в две ступени. Сушилki первой ступени предназначены для отделения пара от волокна и удаления большей части свободной влаги, содержащейся в волокне. Во второй ступени (барабан «Бютнер») производится досушивание волокна до 6–8 %. Для обогрева воздуха в первой ступени сушилki применяют топочные агрегаты или паровые калориферы. Агентом сушки второй ступени служит смесь топочных газов с воздухом.

Волокно подается в сырой конец сушильного барабана, где смешивается с агентом сушки и транспортируется вдоль барабана по винтообразной траектории. Шаг потока изменяется поворотом направляющих лопаток, расположенных на входе агента сушки из канала в барабан. После сушильного барабана волокно вентилятором по воздуховоду направляется в циклон. Во время транспортировки продолжается сушка волокна и выравнивается влажность по объему. В циклоне высушенное волокно отделяется от агента сушки. Волокно через разгрузочный затвор поступает в пневмосистему для охлаждения и далее на формирование ковra.

### *11.2.2.5 Формирование древесноволокнистого ковра*

**Формирование древесноволокнистого ковра** выполняют пять формирующих головок. Ковер непрерывно настиляется на движущуюся сетку. Интенсивное осаждение волокна на сетке, свойлачивание и уплотнение настиляемого ковра происходит с помощью вакуума, создаваемого вентиляторами под сеткой каждой формирующей головки. Излишки волокна после формирующих головок удаляются с поверхности ковра калибрующими валиками и возвращаются пневмотранспортом в циклоны над соответствующими формирующими головками.

Продолжением формирующей машины служит ленточный предварительный пресс холодной подпрессовки, где высота ковра уменьшается примерно в 2,5 раза. Толщина ковра после подпрессовки 70–150 мм. После обрезки полотна должны иметь следующие размеры: минимальный 1750×5450 мм; максимальный 1980×5650 мм. На участке форматной обрезки установлен металлоискатель.

Ковры толщиной более 120 мм по трехсекционному конвейеру-ускорителю поступают в однопролетный пресс для вторичной подпрессовки, обеспечивающей возможность загрузки в горячий пресс. При толщине ковра менее 120 мм вторичная подпрессовка не производится.

За форпрессом расположен бракерный участок, где ковры с отклонениями по массе  $\pm 3$  % или содержащие металлические включения сбрасываются в воронку, дробятся и пневмотранспортом удаляются из цеха. Кондиционные ковры после форпресса поступают на устройство околопрессовой механизации.

Прессование плит производится в гидравлическом 22-этажном прессе фирмы «Диффенбахер», оснащенном механизмом одновременного смыкания плит пресса. Кондиционные полотна по ленточным двухъярусным конвейерам поступают в загрузочную этажерку. Этажерка загружается при опускании и подъеме. После заполнения загрузочное устройство с коврами входит в просветы пресса и, достигнув крайнего положения, начинает двигаться об-

ратно. В этот момент транспортные ленты загрузочного устройства приводятся в движение в обратном направлении. Ковры остаются на плитах пресса.

Плиты прессуют по с однократным подъемом давления до максимального значения, равного 6,5 МПа, кратковременной выдержки и ступенчатым сбросом давления до нуля. Сброс давления до  $P$  должен быть не менее 30 с, что исключает повреждение плит выходящей из них парогазовой смесью и образование пузырей на поверхности.

Давление прессования в фазе сушка устанавливается на 0,8 – 1 МПа меньше, чем давление пара, соответствующее температуре прессования.

Из пресса древесноволокнистые плиты выталкиваются в разгрузочную этажерку, откуда по одной поступают на разгрузочный конвейер.

#### ***11.2.2.6 Послепрессовая обработка плит***

Послепрессовая обработка древесноволокнистых плит включает предварительную обрезку кромок, кондиционирование, форматную обрезку по размерам, складирование плит. Плиты, направляемые на отделку, предварительно шлифуют без кондиционирования.

Древесноволокнистые плиты с помощью типпеля загружают в 88-полочные этажерки и подают к камерам кондиционирования. Каждая камера имеет четыре зоны, в каждой из которых поддерживаются определенные температурно-влажностные параметры агента увлажнения: 1-я зона – выравнивание температуры плит, 2-я и 3-я зоны – увлажнение плит и 4-я зона – охлаждение плит. Одновременно в камере находятся 14 этажерок.

### **11.3 Облицовывание плит синтетическими плёнками**

Перспективный способ отделки – метод напрессовки на древесноволокнистую плиту бумажносмоляного покрытия. Для обеспечения качественной отделки древесноволокнистых плит необходимо, чтобы применяемые сырьевые материалы (плиты, бумага,

смолы, краски, полированные листы и др.) строго соответствовали следующим действующим стандартам и техническим условиям:

Древесноволокнистые плит	ГОСТ 4598
Бумаги декоративные с печатным рисунком	ТУ 81-04-01
Пленки декоративные на основе бумаг, пропитанных меламиноформальдегидной смолой	ТУ 13-339
Пленки на основе бумаг, пропитанных фенолоформальдегидной смолой	ТУ 13-343
Смолы пропиточные меламиноформальдегидные	ТУ 13-340

Поверхность древесноволокнистых плит должна быть гладкая, закрытая, без вмятин, вырывов, царапин, пятен от парафина, масел, хорошо отшлифована шкуркой 12–16. Толщина плит мокрого способа производства 3, 4, 5, 6 мм, плит сухого способа производства 6, 8, 10, 12 мм. Плотность плиты не менее 1000 г/см<sup>3</sup>. Колебание плотности в одной плите не более 10–12%. Разнотолщинность плит  $\pm 0,2$  мм. Предел прочности при статическом изгибе 350–400 МПа. Плиты должны быть выдержаны, т. е. пройти акклиматизацию перед шлифованием в течение 3–4 дней и после ламинирования до раскроя 2–3 дня.

### ***11.3.1.1 Технические требования на бумагу-основу и бумагу с печатным рисунком***

Бумага-основа и декоративные бумаги должны соответствовать ТУ 13-466 «Бумага декоративная с печатным рисунком».

### ***11.3.1.2 Смолы пропиточные меламиноформальдегидные***

Смолы пропиточные меламиноформальдегидные представляют собой водные растворы продуктов конденсации амидов с формальдегидом в присутствии модифицирующих добавок.

Смолы должны изготавливаться по технологическим инструкциям, согласованным и утвержденным в установленном порядке.

### ***11.3.1.3 Хранение и транспортировка***

Пропиточные смолы хранят в емкостях, выполненных из материалов, обусловленных в разделе 2 ТУ 13-340 при  $23\pm 5^\circ\text{C}$ .

Транспортные устройства должны обеспечивать в течение перевозки температурный режим хранения смолы  $23\pm 5^\circ\text{C}$ . Транспортировка пропиточной смолы не должна длиться более 10 ч.

Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие пропиточных смол требованиям ТУ 13-340 при соблюдении потребителем условий транспортировки и хранения перечисленных в разделе 5 ТУ 13-340 в течение 8 сут. с момента изготовления.

#### ***11.3.1.4 Технические требования к декоративным бумагам, пропитанным меламиноформальдегидной смолой***

1. Для многоэтажных прессов. Материалы, используемые при изготовлении декоративных пленок, должны отвечать действующим стандартам и техническим условиям: бумага декоративная с печатным рисунком ТУ 13-466; бумага-основа для облицовочных материалов ГОСТ 81-72; смола пропиточная меламиноформальдегидная ТУ 13-340.

Пленка может выпускаться в листах в зависимости от размеров плит пресса длиной 3500, 5550+10 и шириной 1700, 1870, 2200 мм. Содержание смолы в декоративной пленке 54–60 % (для матового покрытия) и 58–60 (для глянцевого покрытия). Содержание летучих в пленке  $5\pm 1\%$  Пленка должна иметь равномерную пропитку. Не допускаются непропитанные участки и односторонняя пропитка. Поверхность пленки должна быть без пятен, складок, загрязнений, отверстий и механических включений.

2. Для одноэтажных прессов. Материалы, используемые при изготовлении пленок декоративных, должны отвечать действующим стандартам или техническим условиям: бумага декоративная с печатным рисунком ТУ 13-466, смола пропиточная меламиноформальдегидная СПМФ-6, СПМФ-7 ТУ 13-403.

Пленки изготавливаются в листах в зависимости от размеров плит пресса. Пленки должны быть обрезаны под прямым углом. Разность диагоналей по поверхности пленки не более 12 мм.

Содержание смолы в пленке 58–60 %. Содержание летучих в пленке 4,5–6 %. Содержание водорастворимой фракции смолы в пленке 50–60 %. На поверхности пленки не допускаются складки, морщины, непропитанные участки, вырывы, загрязнения и механические включения.

### **11.3.2 Декоративные бумажносмоляные пленки**

#### **11.3.2.1 Характеристика изготавливаемой продукции**

Бумажносмоляные пленки изготавливают из декоративной бумаги фоновой или с печатным рисунком массой 80–130 г/м<sup>2</sup>, пропитанной меламиноформальдегидной смолой. Размеры и физико-механические характеристики бумажносмоляных пленок должны соответствовать требованиям ТУ 13-339 и ТУ 13-436. Ниже приведены показатели, обязательные для проверки перед использованием в производстве бумажносмоляных пленок:

- бумага декоративная массой 80–130 г/м<sup>2</sup> (ТУ 81-04-01, ТУ 13-466) – масса, разрывная прочность в сухом и влажном состоянии, капиллярная впитываемость, воздухопроницаемость;
- смолы пропиточные меламиноформальдегидные СПМФ-1, СПМФ-4, СПМФ-5 (ТУ 13-340), СПМФ-6, СПМФ-7 (ТУ 13-403) – вязкость, рН, продолжительность отверждения, совместимость с водой, содержание сухих веществ, содержание свободного формальдегида, продолжительность поверхностной впитываемости.

#### **11.3.2.2 Технологический процесс производства декоративных бумажносмоляных пленок**

Технологический процесс состоит из следующих операций: подготовка смолы; подготовка бумаги: пропитка и сушка бумаги, раскрой пленки; транспортировка и хранение пленки.

Подготовка смолы. Раствор пропиточной меламиноформальдегидной смолы из емкости для хранения насосом закачивается в расходные мерники, где готовят рабочий раствор.

Пропиточный раствор для декоративных пленок (ТУ 13-339), используемых в многопролетных прессах, готовят следующим образом. В расходный мерник при работающей мешалке

и включенном обогреве добавляется катализатор отверждения (10 %-ный раствор муравьиной кислоты ГОСТ 5848) в количестве, необходимом для достижения продолжительности помутнения пропиточного раствора при 100 °С, 26–28 мин и 0,25 % (от массы закаченной смолы) поверхностно-активного вещества ОП-7 или ОП-10 (ГОСТ 8433). После этого раствор перемешивают 10 мин.

Пропиточный раствор для декоративных пленок (ТУ 13-436), используемых в однопролетных прессах, готовят следующим образом. В расходный мерник при работающей мешалке и включенном обогреве добавляется катализатор отверждения (60 %-ный водный раствор паратолуолсульфокислоты) в количестве, необходимом для достижения длительности помутнения пропиточного раствора при 100 °С, 12–15 мин, и 0,25 % (от массы закаченной смолы) поверхностно-активного вещества ОП-7 или ОП-10 (ГОСТ 8433). После этого раствор перемешивают 10–15 мин.

Приготовленный пропиточный раствор насосом перекачивается в пропиточную ванну. Уровень пропиточного раствора в ванне должен быть таким, чтобы бумажное полотно на участке ВС было полностью погружено в раствор смолы.

Подготовка бумаги. Рулон бумаги подается электропогрузчиком со склада хранения к разматывающему устройству пропиточно-сушильной установки. Бумага освобождается от упаковки, в сердечник рулона вставляется металлический шпindel, и с помощью электропогрузчика рулон устанавливается на боковые опоры разматывающего устройства. Заправляют бумажное полотно в узел пропитки. После прохождения поддерживающего ролика свободный конец бумаги прикрепляется к заправочной рейке. Рейке с заправленным концом бумаги укладывается в захваты цепей пластинчатого конвейера и подается по направляющим в сушильную камеру. Скорость подачи бумаги при заправке 5–6 м/мин. Конвейер протягивает полотно бумаги через сушильную камеру. На выходе из сушильной камеры рейка снимается, конвейер останавливается, а полотно бумаги подается на тянущее роликовое устройство и в станок поперечной резки.

Пропитка и сушка бумаги, раскрой пленки. Пропиточная ванна с рабочим раствором меламиноформальдегидной смолы под-

нимается на высоту, обеспечивающую контакт бумажного полотна на погружных валиках с раствором. Скорость движения бумажного полотна 5–6 м/мин. Регулирующий и дыхательный валики находятся при этом в крайнем нижнем положении. После прохождения бумажным полотном участка пенетрации визуально контролируют поверхностную впитываемость бумаги. Степень проникания раствора на лицевую сторону бумаги перед погружным валиком должна быть не менее 98 % площади бумажного полотна. При меньшем значении необходимо достигнуть его.

Регулируют содержание смолы в пленке, изменяя величину зазора дозирующих валов. Равномерность нанесения связующего по поверхности бумажносмоляного полотна обеспечивается выравнивающим роликом. Глубина погружения бумажного полотна на участке полной пропитки регулируется погружными валиками. Скорость движения бумажного полотна после достижения физико-химических свойств пленки, отвечающих требованиям ТУ 13-339, и поверхностной впитываемости не менее 98% площади бумажного полотна должна быть 10–15 м/мин.

Сушка пропитанного бумажного полотна осуществляется в сушильной камере, состоящей из трех зон. Контроль и регулировка температуры в сушильных зонах осуществляется на щите управления. Значения задаваемой температуры в сушильных зонах зависят от требуемого содержания летучих в пленке, вида бумаги и скорости движения бумажного полотна. В зависимости от значений этих параметров температура по зонам устанавливается в следующих интервалах; I – 130–140 °С; II – 140–150°С; III – 150–170 °С.

После сушильной камеры с механическим приводом бумажносмоляная пленка поступает па выравнивающее устройство, а затем па тянущее роликовое устройство, обеспечивающее равномерное натяжение бумажного полотна. Тянущие ролики выполняют и функцию охлаждения. Раскраивают бумажную пленку на станке для поперечной резки.

Листы декоративной пленки для многопролетных прессов укладывают в стопы высотой 100–200 мм на гидравлическом столе. Перед набором очередного пакета пленки на ограждающие

опоры гидравлического стола накладываются металлические рейки, на которые поступают листы пленки. Тележка с готовым пакетом пленки опускается и скатывается с подъемного стола. На ее место подводят новую тележку с поддоном. Гидравлический стол поднимают до уровня металлических реек. Рейки быстро вынимают и пакет продолжает формироваться на поддоне. Таким образом осуществляется непрерывный процесс укладки готовой пленки.

Готовая бумажносмоляная пленка на основе пропиточной меламинофор-мальдегидной смолы должна отвечать требованиям ТУ-13-339 и ТУ 13-436

### ***11.3.2.3 Транспортировка и хранение пленки***

Стопа пленки, уложенная на поддонах, транспортируется электропогрузчиком на склад готовой продукции, оснащенный системой кондиционирования, укладывается на стеллажах. Хранение пленки осуществляется в помещениях, оснащенных кондиционерами, при  $20 \pm 2$  «С» при влажности  $60 \pm 5$  % не более 2 мес. со дня выпуска для декоративных пленок на основе смол СПМФ-1, СПМФ-4, СПМФ-5 и не более 1 мес. для пленок на основе смол СПМФ-6 и СПМФ-7.

### ***11.3.3 Технологический процесс облицовывания***

Древесноволокнистые плиты после шлифования поступают в цех облицовывания. Срок выдержки древесноволокнистых плит после их изготовления перед облицовыванием должен составлять не менее 6 сут.

#### ***11.3.3.1 Технологический процесс облицовывания плит плёнками***

Стопа древесноволокнистых плит высотой 0,9–1 м устанавливается электропогрузчиком на поперечный приводной роликовый конвейер. По нему плиты поступают на подъемную платформу и при помощи толкателя поштучно подаются к щеточному обеспыливающему устройству. Очищенные от пыли плиты направляются в зону действия вакуумного переключника. Присоски переключника захватывают плиту снизу и, поворачиваясь на  $180^\circ$ ; опускают ее на формируемый пакет, состоящий из металлического

транспортного листа, компенсирующего мата, пресс-прокладки и листа декоративной пленки. Предварительный набор пакета производится автоматически вакуумным устройством, которое укладывает один лист декоративной пленки на формируемый пакет с тележки.

Затем поперечный цепной конвейер подает частично сформированный пакет на очередную позицию, где на него автоматическим устройством из тележки подается другой лист декоративной пленки. Вакуумный укладчик накладывает пресс-прокладку, транспортируемую вместе с компенсирующим матом. Сформированный пакет поступает в загрузочную этажерку.

После того, как все этажи загрузочной этажерки заполнены, происходит одновременная загрузка и разгрузка пресса. Отпрессованные плиты выгружаются из пресса в разгрузочную этажерку, из которой поступают на поперечный и далее на продольный конвейеры, подающие их к участку разбора пакетов. Здесь вакуумный укладчик снимает с пакета верхнюю пресс-прокладку вместе с компенсирующим матом и перекладывает ее на вновь набранный пакет, лежащий на конвейере. На следующей позиции вакуумный укладчик снимает облицованную древесноволокнистую плиту и перекладывает ее на гидравлическую подъемную платформу или на тележку в зависимости от группы качества облицованных плит.

Для удобства сортирования облицованных плит и осмотра поверхности пресс-прокладок каретки вакуумных укладчиков поворачиваются на 60°.

Освободившийся транспортный лист с компенсирующим матом и пресс-прокладкой поступает на исходную позицию для набора нового пакета. Стопа готовых облицованных плит подается по роликовому конвейеру к станку раскроя.

## **11.4 Наклеивание на плиты бумажнослоистого пластика, шпона**

Отделку древесноволокнистых плит тонким эластичным декоративным бумажнослоистым пластиком осуществляют в том случае, когда требуется получить прочный конструкционно-

отделочный материал толщиной 6–8–10 мм, обладающий высокими физико-механическими показателями лицевой поверхности по твердости, истиранию, водопроницаемости, водопоглощению и ряду других показателей. Декоративный бумажнослоистый пластик должен обладать такими физико-механическими свойствами: твердость должна достигать 2,5–4,5 МПа (по Бринелю) по толщине слоя 200–300 мкм, прочность на изгиб должна быть не менее 126 МПа, модуль упругости не менее 45600 МПа, удельная ударная вязкость 7,8–14,7 Дж/м<sup>2</sup>, водопоглощение за 24 ч 150–250 мг/дм<sup>2</sup> и т. д.

Материалы, применяемые для облицовывания, должны соответствовать следующим стандартам: древесноволокнистые плиты – ГОСТ 4598, шпон лущеный – ГОСТ 99, шпон строганный – ГОСТ 2977, пластик декоративный бумажнослоистый – ГОСТ 9590.

#### ***11.4.1 Наклеивание декоративного бумажнослоистого пластика в горячих гидравлических прессах***

Наклеивание пластика на древесноволокнистую плиту горячим способом состоит из следующих технологических операций: шлифования плит; нанесения клея на плиту; формирования пакета; прессования (склеивания); механической обработки; сортировки, хранения. Раскроенные древесноволокнистые плиты сортируют по размерам и складывают в плотные стопы по 200–250 шт. в каждой стопе. Плиты укладывают на специальные щиты, приспособленные для захвата вилками электропогрузчика. Затем электропогрузчик подает партию плит (200–250 шт.) на гидравлический стол, с которого плиты механическим толкателем по одной подаются по цепному конвейеру к шлифовальному станку.

Шлифуют плиты для снятия верхнего уплотненного слоя, образовавшегося при прессовании и закалке, слоя парафина, а также частичного обнажения древесных волокон, межкапиллярных пространств. Шлифование плит способствует увеличению глубины проникновения клея (смолы) в плиты, а это в свою очередь увеличивает адгезию пласта к плите и упрочняет саму плиту.

Наносить клей на плиту можно двусторонними клеенамазывающими вальцами с дозирующим устройством. Клеенамазывающие вальцы должны обеспечить качественное и равномерное нанесение клеевого слоя на обе стороны плиты. Количество клея, наносимого на поверхность древесноволокнистой плиты, регулируют скоростью ее прохождения через клеенамазывающие вальцы и вязкостью клеевого состава. Клей в ванну подают насосом.

Приклеивают декоративный бумажнослоистый пластик к древесноволокнистой плите в этажных горячих и одноэтажных холодных гидравлических прессах. Пакет прессуют при удельном давлении 0,5–1,5 МПа и температуре плит пресса до 120–140 °С. Большое влияние на конечное качество получаемого материала оказывает соблюдение оптимальных технологических режимов приклеивания пластика к плите: продолжительности прессования, удельного давления, температуры прессования, количество клея, наносимого на 1 м<sup>2</sup> плиты, шлифования плит перед приклеиванием пластика и т. д.

При горячем приклеивании декоративного бумажнослоистого пластика к древесноволокнистой плите могут быть рекомендованы следующие клеи: на основе фенолформальдегидных резольных клеящих смол: С-45, СВФ, С-1, ВИАМ-Б, ФК-40, ЦНИИ-МОД-1 на основе мочевиноформальдегидных (карбамидных) смол: МФС-1, М-4, МФСМ, М-60, ФМ, М-70; поливинилацетатные ВВ, СВ, АВ.

Хорошие результаты показал клей ФЭ-10, разработанный в ЦНИИСКе.

Облицованные плиты укладывают в плотные стопы, где происходит перераспределение температуры, влажности и внутренних напряжений. Если основание, на которое уложены плиты, неровное или непрочное, то под действием силы тяжести они прогибаются или коробятся. У остывших плит покоробленность делается устойчивой, и в дальнейшем ее трудно ликвидировать.

При хранении на складах готовой продукции древесноволокнистые плиты, облицованные пластиком, необходимо укладывать на ровное прочное основание, через каждые 20–25 плит должна быть проложена прокладка толщиной 6–8 мм из фанеры или дру-

гого материала. Температура воздуха на складе 10–25 °С, относительная влажность воздуха 40–70 %.

#### **11.4.2 Холодный способ приклеивания декоративного бумажнослоистого пластика**

Холодный способ приклеивания декоративного бумажнослоистого пластика к древесноволокнистой плите аналогичен технологическому процессу приклеивания горячим способом. Отличие заключается в том, что вместо громоздких, дорогостоящих горячих прессов используют однопролетные холодные прессы, пакетные пневматические прессы или струбцины, обеспечивающие удельное давление 0,5–1 МПа. Для холодного приклеивания применяют клеи специальных марок. Приклеивать декоративный бумажнослоистый пластик можно на гидравлических прессах ПГ-1 или на пневматических пакетных прессах ПП-2, ПП-3, ПП-5 и др. Эти прессы обеспечивают удельное давление 0,5–1 МПа, что достаточно для высококачественного приклеивания пластика. Пакетные прессы представляют собой две необогреваемые плиты, между которыми закладывают пакет-заготовку. Пакет сжимается между двумя плитами с помощью гидроцилиндров.

Для приклеивания декоративного бумажнослоистого пластика к древесноволокнистой плите применяют клеи холодного отверждения КМФ, ВИАМ-Б-3, ЦНИИМОД-1, СВ, ВВ, МФ-17, МФ, М-70, ЭД-5, 88Н, ГИПК-145, Агоплак. Клеи ВИАМ-Б-3 и КФ-3 могут отверждаться и при температуре плит пресса 60 °С.

Поливинилацетатную эмульсию (ГОСТ 10002) пластифицируют мочевиноформальдегидными смолами, дибутилфталатом (5–35%). Содержание сухого остатка у этих смол должно быть равно 60 %, рН 4,5–6, теплостойкость 60–80 °С, жизнеспособность 6 мес. Клеи НВ, СВ, ВВ на основе поливинилацетатной эмульсии позволяют получить более пластичный клеевой слой.

К недостаткам этих клеев следует отнести невысокую теплостойкость и водостойкость. Так как поливинилацетатные клеи являются термопластами и при 40 °С начинают размягчаться, то при 60–80 °С прочность соединения снижается. Для уменьшения этого недостатка поливинилацетатные клеи модифицируют

различными смолами, чаще всего мочевиноформальдегидными. Наиболее оптимально добавление 20 %-ной поливинилацетатной смолы к мочевиноформальдегидной. Отверждение совмещенных клеев происходит под действием отвердителей. Клеевые смеси обеспечивают более эластичное соединение, обладающее лучшей теплостойкостью и текучестью, чем чистые мочевиноформальдегидные клеи.

Большое распространение для приклеивания пластика к плите получили клеи на основе карбамидных смол. В качестве отвердителей смол применяют соединения, способные повышать концентрацию водородных ионов в смоле (аммонийные соли, щавелевую, молочную и лимонную кислоты). При холодном способе приклеивания используют 10 %-ный раствор щавелевой кислоты, добавляемой в количестве 10–25 % от массы смолы. Однако, недостатком мочевиноформальдегидных клеев является их невысокая водостойкость.

Смолы ММС, ММФ, ММ-61, полученные совместной конденсацией мочевины и меламин с формальдегидом, обеспечивают водостойкое соединение.

Из всех перечисленных клеев для приклеивания декоративного бумажнослоистого пластика к древесноволокнистой плите наилучшие каучуковые клеи 88Н, Агоплак и наиритовый. Они обеспечивают прочное долговечное соединение пластика с плитой и хорошо работают под нагрузкой.

#### **11.4.3 Отделка древесноволокнистых плит шпоном ценных пород древесины (холодным и горячим способами)**

Технология отделки заключается в следующем. Прошлифованную древесноволокнистую плиту пропускают через клеенамазывающие вальцы, а затем сверху на гладкую сторону плиты укладывают шпон ценных пород древесины, а на сетчатую сторону плиты березовый шпон или оберточную бумагу плотностью 150–160 г/м<sup>2</sup>. Набранный таким образом пакет поступает в горячий или холодный гидравлический пресс. Режим склеивания зависит от марки клея.

#### 11.4.4 Приготовление клея

Синтетические клеи приготавливают в соответствии с технологическим режимом РМД-06-01 «Приготовление клеев на основе синтетических смол и Р-2» (МФ-17, МЖ, М-70, М-60, УКС, МФС-1, ММС и др.). В качестве отвердителя применяют аммоний хлористый, кислоты щавелевую, молочную, в качестве наполнителей – муку древесную № 140, 180, каолин, тальк.

#### 11.4.5 Облицовывание шпоном в многопролетных прессах

Облицовываемые детали должны быть расположены одна под другой и центрированы по отношению к осям плит пресса. Разнотолщинность деталей, укладываемых в один промежуток пресса, не выше  $\pm 0,3$  мм. Облицовка из шпона должна быть плотно приклеена к основе. Предел прочности при скалывании по клеевому слою в сухом состоянии не менее 1,5 МПа. На облицованной поверхности не должно быть воздушных пузырей (чижей), разрывов, расхождения и потемнения фуг, пробития клея, сдвига чистовой облицовки, нахлесток, отщепов, вмятин. Качество облицованных плит проверяют визуально, проверке подлежат все плиты. Шероховатость поверхности металлических прокладок не ниже 8-го класса.

При облицовывании в прессах плиты должны быть отшлифованы и очищены от пыли. Шероховатость поверхности не ниже 8-го класса по ГОСТ 7016 «Древесина. Классы шероховатости и обозначения». Облицовки из шпона подготавливают в соответствии с требованиями технологического режима РМД-07-02 «Подбор и формирование облицовок из шпона». Влажность плит, поступающих на облицовывание шпоном,  $6 \pm 2\%$ .

Скоростное облицовывание с быстроотверждающимся клеем осуществляется главным образом в одно- и двухпролетных обогреваемых прессах, оснащенных автоматической и полуавтоматической загрузкой и выгрузкой пакетов.

Приготавливают клей в соответствии с технологическим режимом РМ 06-11 «Приготовление быстроотверждающегося клея для облицовывания пластей щитов».

#### **11.4.6 Дефекты при облицовывании плит шпоном, их причины и способы устранения**

Качество облицовывания определяется прочностью приклеивания (адгезией) между плитой и шпоном и качеством облицованной поверхности.

Местное отставание шпона – наиболее часто встречающийся дефект. Обнаруживается при внешнем осмотре или при легком простукивании поверхности. Причины: загрязнение основы (жировые пятна), недостаточно тщательная промазка основы клеем, неправильная укладка пакета, большая разнотолщинность, укладка пакета на неохлажденные горячие прокладки, низкое давление прессования. Для предупреждения дефекта следует соблюдать параметры технологического режима.

Пробитие клея – обнаруживается при внешнем осмотре и во время операции крашения поверхности. Причины: применение тонкого пористого шпона, использование жидкого клея, избыток клея, применение высоких давлений и низких температур. Пробитие клея уменьшается при предварительной подсушке намазанных клеем поверхностей или введении добавок для увеличения вязкости. Пробитие синтетического клея будет менее заметным, если в клеевую смолу ввести те же красители, которыми будет окрашиваться облицованная поверхность.

Крупные неровности могут быть вызваны тем, что не заделаны вырывы на основе. Мелкая рябь, проявляющаяся на поверхности шпона после облицовывания, указывает на грубую подготовку поверхности основы или неоднородную ее структуру. Эти дефекты устраняются улучшением качества подготовки поверхности плиты. Неровности могут возникать и вследствие некачественной поверхности прокладок, попадания обломков шпона на поверхность облицовки.

Трещины в шпоне после высыхания облицованной плиты появляются из-за использования шпона повышенной влажности (против режима требований).

Покоробленность плит после облицовывания шпоном зависит в основном от неодинакового нанесения клея на обе стороны, раз-

ной толщины шпона, несоблюдения выдержки после прессования. Покоробленность может появиться при неправильной укладке горячих плит после облицовывания.

Для предупреждения покоробленности облицованные плиты надо укладывать на ровное основание в плотные стопы с прокладками через 15 плит. В плотных стопах облицованные плиты должны для выравнивания напряжений выдерживаться 5–7 сут.

#### **11.4.7 Отделка древесноволокнистых плит тканями и стеклотканями**

Прошлифованная древесноволокнистая плита проходит через клеенамазывающие вальцы, синхронно со скоростью прохождения плиты разматывается рулон ткани или стеклоткани, предварительно пропитанной в пропиточно-сушильном агрегате смолой (наносят 50–55 % смолы). Автоматическим ножом в зависимости от размера древесноволокнистой плиты ткань разрезается. Для пропитки тканей применяют мочевиномеламиновые, меламиновые и полиэфирные смолы.

Древесноволокнистая плита, сдублированная со стеклотканью или тканью, поступает в горячий гидравлический пресс, где прессуется при следующем технологическом режиме: удельное давление 1,5–2 МПа; температура плит пресса 120–140 °С; продолжительность прессования 10–15 мин.

За рубежом вместо горячего гидравлического пресса плиты, сдублированные с тканью или стеклотканью, пропитанными смолами, проходят через полированный стальной вал диаметром 1,3–3 м. Стальной вал нагревается до 160–180 °С и создает удельное давление 0,8–1 МПа, прочно склеивая тканевую основу с древесноволокнистой плитой.

Затем плиты подают к обрезающим станкам. Плиты, отделанные тканью или стеклотканью, используют для изготовления отделочных панелей, которые применяют для оформления салонов, кают, ресторанов, кафе, кинотеатров, концертных чалов, детской мебели и т. д. Для улучшения архитектурных композиций и акустических свойств плиты часто перфорируют. Описанный способ отделки не нашел широкого промышленного применения, и его

используют только для отделки индивидуальных зданий, сооружений и т. д.

#### **11.4.8 Облицовывание термопластичными пленками**

Древесноволокнистые плиты, облицованные синтетическими пленками, имеют красивый внешний вид, эластичны, обладают довольно высокой твердостью и прочностью на истирание, водостойки, устойчивы к действию химических реагентов. Отделка древесноволокнистых плит синтетическими пленками позволяет получать покрытия I и II классов, глянцевые и матовые, любого однотонного цвета или с рисунком, имитирующие ценные породы древесины, мрамор и т. д. Из синтетических пленочных материалов, применяемых для отделки древесноволокнистых плит, наибольшее распространение получили следующие виды: поливинилхлоридные пленки (ПВХ) прозрачные и непрозрачные, самоприклеивающиеся пленки на основе сополимера винилхлорида и винилацетата. Получили распространение пленки из пластифицированного или непластифицированного поливинилхлорида.

Выбор пленки для отделки древесноволокнистых плит обуславливается требованиями, предъявляемыми к облагороженной плите. Пленки выпускаются дублированными с бумагой, тканями, фольгой, готовым клеевым слоем и т. д. Подложка определяет выбор клея для совмещения с древесноволокнистой плитой. Пленочные материалы должны обладать следующими основными свойствами: прочно соединяться с плитой, быть стабильными, обладать необходимой сопротивляемостью механическим повреждениям; иметь достаточно высокую эластичность, чтобы выдерживать изменения в размерах плит, которые могут произойти в связи с возникающими в пленке внутренними напряжениями и изменениями влажности, защищать изделия от влаги, быть устойчивыми к воздействию химических веществ, быть не горючими, придавать поверхности плиты декоративный внешний вид и т. д.

Напрессовку поливинилхлоридных пленок на древесноволокнистую плиту осуществляют с помощью дисперсионных

клеев – латексов. Для непрозрачной отделки рекомендуется латекс ПММА, наиритовый клей на основе латекса НТ, латексы СКН-26, СКН-40-1-ГП, ДММА-65-1, ГП с неозоном и др. Латексы наносят клеенамазывающими вальцами или распылителем. Расход латексных клеев при нанесении вальцами 120–150 г/м<sup>2</sup>. В качестве клеевого материала используют эпоксидную пленку следующего состава, масс, ч: смола ПВ-4 100; тальк 100; дибутилфталат 35; эпоксидная смола ЭД-6 12,5.

Толщина пленки 0,3–0,4 мм. Пленку ПВХ наносят на древесноволокнистую плиту, затем помещают между двумя стальными полированными прокладками и загружают в горячий гидравлический пресс, где прессуют при температуре плит пресса 100–120 °С, удельном давлении 0,3–0,5 МПа; продолжительность прессования 3–5 мин.

Покрытие из непрозрачных поливинилхлоридных пленок может быть ровным и гладким или иметь тисненый рисунок. Для получения глянцевого покрытия пакет формируют по следующей схеме: плита пресса, амортизатор, полированная стальная прокладка, пленка ПВХ, слой клея, древесноволокнистая плита, слой клея, пленка ПВХ, полированная стальная прокладка, амортизатор, плита пресса. Полированные прокладки через каждые 15–20 запрессовок необходимо протирать 3 %-ным раствором парафина в бензине. Шероховатость поверхности прокладок должна соответствовать 9–10-му классу.

Покрытие с тисненым рисунком получается в процессе прессования благодаря применению специальных стекломатриц, представляющих собой стеклоткань, пропитанную полиэфирной смолой, и обладающих антиадгезивными свойствами по отношению к пленке ПВХ. При формировании пакета стеклоткань помещают между стальной прокладкой и пленкой ПВХ. В процессе прессования рисунок ткани переходит на размягченную пленку. Срок годности стеклоткани составляет 30 запрессовок.

Древесноволокнистые плиты, облицованные пленками ПВХ, хорошо поддаются механической обработке. Возможна отделка древесноволокнистых плит с использованием клея на основе перхлорвинилового и эпоксидной смол.

Эпоксидный клей представляет собой 15–20 %-ный раствор эпоксидных смол ЭД-5 или ЭД-6 в ацетоне с добавлением 10–15% отвердителя – полиэтиленполиамида. Отвердитель наносят на поверхность древесноволокнистой плиты, а раствор смолы – на поверхность пленки ПВХ.

Пакет собирают по следующей технологической схеме: полированная стальная прокладка, стеклоткань, пленка ПВХ с нанесенным слоем, древесноволокнистая плита с отвердителем, пленка ПВХ со смолой, стеклотканью, полированная стальная прокладка. Набранный по схеме пакет поступает в горячий гидравлический пресс, где прессуется при следующем технологическом режиме: удельное давление 1–1,5 МПа; температура плит пресса 80–100 °С; продолжительность прессования 2–3 мин.

Разработаны режимы отделки древесноволокнистых плит синтетической самопрклеивающейся пленкой ВА, созданной в ВПКТИМ. Самоприклеивающаяся пленка ВА получена на основе сополимера винилхлора и винил-ацетата. Пленку ВА изготавливают вальцово-каландровым способом. Толщина пленки 0,25–0,3 мм, выпускают пленку без тиснения. Схема набора пакета при напрессовке самоприклеивающейся пленки ВА-15 на древесноволокнистую плиту следующая: транспортный поддон, древесноволокнистая плита или специальная термостойкая резина, полированная стальная глянцевая или матовая прокладка, пленка ВА-15, древесноволокнистая плита, пленка ВА-15, полированная стальная прокладка, древесноволокнистая плита. Пленку напрессовывают на древесноволокнистую плиту в многоэтажном или одноэтажном горячем гидравлическом прессе при следующем технологическом режиме: удельное давление 0,5–1 МПа; температура плит пресса 120–130 °С; продолжительность прессования 3–5 мин.

Древесноволокнистые плиты, облицованные поливинилфторидными пленками (ПВФ), используют в строительстве для наружной и внутренней отделки. Покрытия из поливинилфторидных пленок обладают высокой погодоустойчивостью, большой сопротивляемостью к истиранию, жесткостью, термической стойкостью к истиранию, цветоустойчивостью.

## 11.5 Применение древесноволокнистых плит

### 11.5.1 Строительство

Мягкие плиты используют в качестве материала для термо- и звукоизоляции стен, потолков, чердачных и междуэтажных перекрытий, внутрикомнатных перегородок в промышленном и гражданском строительстве. Благодаря малой плотности, большим размерам, легкости обработки плиты служат также хорошей изоляцией элементов щитовых, панельных и каркасных домов заводского изготовления. Применяются для утепления кирпичных, железобетонных ограждающих конструкций и звукоизоляции перегородок в малоэтажном строительстве.

В щитовых конструкциях мягкие древесноволокнистые плиты укладывают внутрь щитов стен и потолков. Воздушные прослойки между мягкими плитами повышают термическое сопротивление щита. Оболочки щитов выполняют из древесноволокнистых плит сухого способа производства толщиной 8 – 10 мм, из водостойкой фанеры толщиной 8 мм или склеенных в два слоя твердых древесноволокнистых плит мокрого способа производства.

В перегородочные щиты мягкие древесноволокнистые плиты укладывают для звукоизоляции.

В промышленных зданиях мягкие плиты применяют для теплоизоляции совмещенных крыш. В этом случае плиты покрывают слоем антипиренной (огнезащитной) обмазки из хлорлакофилевой пасты ЦНИИПО и укладывают в несколько слоев по бетонному настилу. По плитам на битумной мастике настилают рулонную кровлю из пергамина и рубероида.

Известно применение мягких плит для облицовки стен театров, клубов, кафе, ресторанов. При этом их применяют в отделанном виде (облицованные моющимися обоями, декоративными пленками) или окрашивают на месте после установки панелей. Окрашивают преимущественно клеевыми или водоземлемыми красками, так как слои масляной краски снижают звукопоглощающие свойства плит.

Мягкие плиты используют в производстве щитовых дверей в качестве заполнителя серединок дверных полотен.

*Мягкие биостойкие плиты* применяют в качестве звукоизоляционных прокладок, подкладок и выравнивающих слоев под твердые покрытия полов в панельных зданиях с крупноразмерными железобетонными перекрытиями.

*Битумированные плиты* применяют для основы щитового паркета и в качестве подстилающего слоя под покрытие полов.

*Полутвердые плиты* используют для обшивки стен и потолков в жилых и производственных помещениях. Плиты толщиной 10–14 мм сухого способа производства на основе фенолформальдегидной смолы могут применяться для наружной облицовки стен деревянных домов панельной конструкции. Для этих целей лучше подходят плиты, пропитанные быстровысыхающими маслами и термообработанные.

*Полутвердые плиты* сухого способа производства на основе мочевино-формальдегидных связующих толщиной 10–19 мм с плотностью 600 – 800 кг/м<sup>3</sup> применяют в качестве обшивки перегородок и внутренних стен деревянных домов, для изготовления встроенной мебели и устройства полов с покрытиями из ворсовых и ковровых материалов.

*Твердые плиты* используют в качестве листового обшивочного материала для облицовки каркасных перегородок, стен и потолков жилых, общественных и производственных зданий. После обшивки обычные неокрашенные плиты покрывают клеевыми или масляными красками или оклеивают обоями.

Плиты применяют для изготовления наружной обшивки под металл обгораемых домиков для лесозаготовителей, облицовки наружных стен под строганные доски щитовых домов, облицовки щитов, изготовления сотовых заполнений в производстве дверей щитовой конструкции, изготовления деталей встроенных щитов, для устройства полов в качестве подкладочного слоя под все виды покрытий, в том числе под покрытия из дощатого и щитового паркета, синтетических ворсовых ковров и линолеумов.

Сверхтвердые плиты применяют в качестве покрытия полов в жилых и производственных помещениях. Перед использованием необходимо их дополнительно увлажнить. Сверхтвердые плиты

применяют также для облицовки помещений со значительными колебаниями влажности воздуха.

*Плиты с лакокрасочным покрытием* находят широкое и разнообразное применение в строительстве. Эти плиты имеют прочное, стойкое и красивое покрытие. Во многих случаях на плиты наносят русты, образующие квадраты и имитирующие покрытие кафельной плиткой. Их применяют для облицовки стен ванных комнат, санитарных узлов, кухонь.

Звукопоглощающие плиты используют для облицовки стен машинописных бюро, кинозалов, радио- и телевизионных студий, ротаторных, телетайпных комнат, типографий и других производственных помещений с большими шумовыми делениями, так как перфорированная поверхность их хорошо поглощает звуки.

### **11.5.2 Производство мебели**

*Плиты полутвердые на основе мочевиноформальдегидных связующих толщиной 10–25 мм с плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup> с лакокрасочным покрытием или отделанные синтетическими пленками с имитацией рисунка ценных пород древесины и других рисунков* применяют для изготовления конструктивных элементов мебели: дверей, боковин шкафов, перегородок, спинок кроватей, деталей стульев и т. д. Благодаря равномерной структуре по толщине плиты можно изготавливать детали мебели с профильными кромками. Отдельвают кромки лакокрасочными материалами без специальных покрытий.

*Твердые плиты мокрого и сухого способов производства* толщиной 3–10 мм, в том числе с лакокрасочным покрытием используют для изготовления задних стенок шкафов и тумб, выдвижных ящиков и полок, заглушин и оснований изделий мебели для сидения и лежания, панелей декоративных, полок свободнолежащих длиной до 600 мм, щитовых элементов малогабаритных изделий корпусной мебели специально разработанных конструкций и т. д.

Плиты, отделанные под ценные породы древесины – красное дерево, орех и т. д., – применяют для облицовки поверхностей мебели, филенок, дверок.

### **11.5.3 Машиностроение, радио- и электротехническая промышленность**

*Твердые плиты мокрого способа* производства применяют для внутренней облицовки пассажирских вагонов, вагонов-ресторанов, автобусов, троллейбусов, трамваев, легковых автомобилей, речных судов, для изготовления задних стенок и крышек радиоприемников, радиол, репродукторов, телевизоров.

*Сверхтвердые плиты мокрого способа производства* обладают высокими диэлектрическими свойствами, поэтому их используют в электротехнической промышленности для изготовления электропанелей, щитков и других конструкций.

### **11.5.4 Тара и упаковка**

*Твердые плиты толщиной 3–4 мм* применяют для изготовления различных видов тары, в том числе ящиков посылочного типа и тары для небольших грузов.

Твердые плиты толщиной 6–8 мм имеют высокие прочностные показатели, позволяющие применять их для изготовления транспортной тары; упаковки изделий машиностроения, в том числе, крупногабаритных; упаковки мебели, в том числе многооборотной тары; доньшек и крышек к картононавивным барабанам в производстве нефтетары ящиков различного назначения; в качестве вспомогательного средства при формировании упаковки.

### **11.5.5 Прочие потребители**

*Мягкие, полутвердые и твердые плиты* используют на эксплуатационные и ремонтные нужды различных отраслей и ведомств, для строительства временных сооружений, для продажи населению. Часть плит направляется на экспорт.

*Покрытые эмалью твердые плиты* используют на сооружение прилавков, торговых ларьков, киосков, для облицовки внутренних стен магазинов, столовых, кафе, ресторанов, витрин и торговой мебели.

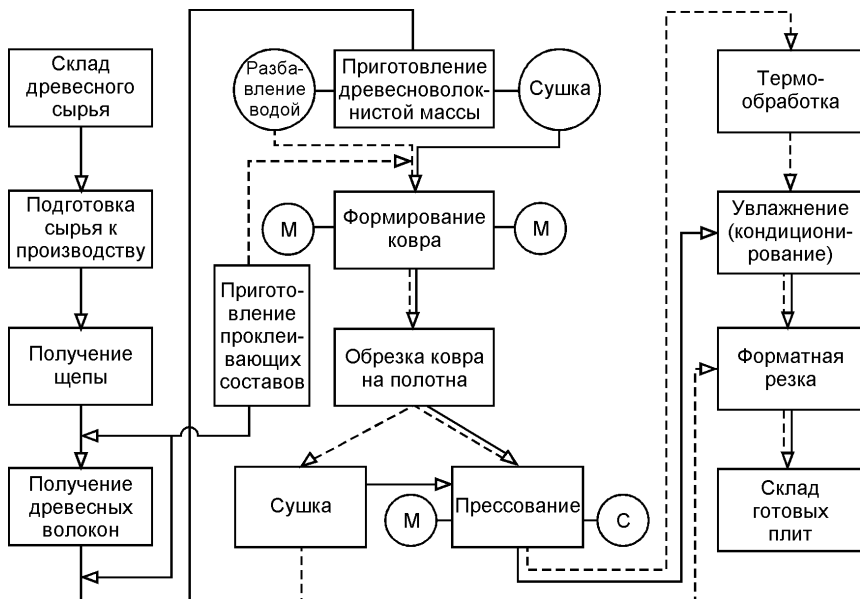
*Плиты твердые толщиной 8–10 мм сухого способа производства применяют для изготовления опалубки при сооружении отдельных железобетонных конструкций.*

## 11.6 Технические требования

Таблица 11.2 Технические требования

Наименование показателя	Марки ДВП					
	СТ, СТ-С	Т, Т-П, Т-С, Т-СП		М-1	М-2	М-3
		Группа А	Группа Б			
Плотность, кг/м <sup>2</sup>	950-1100	850-1000	800-950	200-400	200-300	100-200
Предел прочности при изгибе, МПа:						
средний уровень	50	40	35	2	1,2	0,5
нижняя граница Тн	47	38	33	1,8	1,1	0,4
Разбухание по толщине за 24 ч, %, верхняя граница Тв	13	20	23	Не нормируется		
Влажность, %						
нижняя граница Тн	3	5	5	Не нормируется		
верхняя граница Тв	7	10	10	12		
Водопоглощение за 2 ч., %, верхняя граница Тв	Не нормируется			34		
Водопоглощение лицевой поверхностью за 24 ч., %, верхняя граница Тв ч.	6	9	11	Не нормируется		

**Т** — твердые плиты с необлагороженной лицевой поверхностью;  
**Т-С** — твердые плиты с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;  
**Т-П** — твердые плиты с подкрашенным лицевым слоем;  
**Т-СП** — твердые плиты с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;



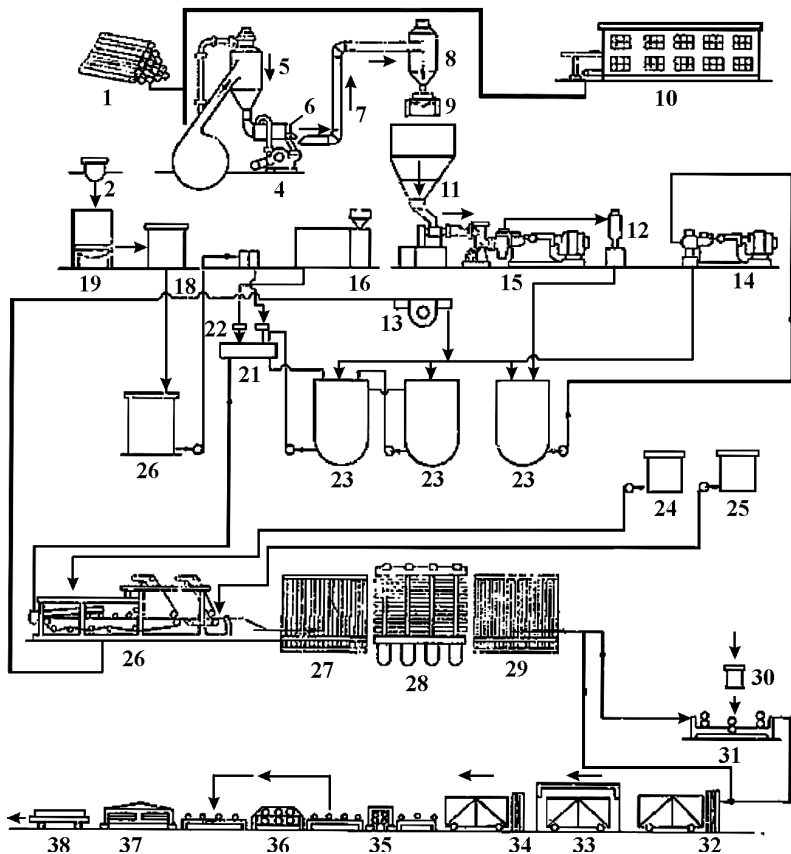
**Рис. 11.15.** Общая схема технологического процесса производства древесноволокнистых плит

**СТ** — твердые плиты повышенной прочности (сверхтвердые) с необлагороженной лицевой поверхностью;

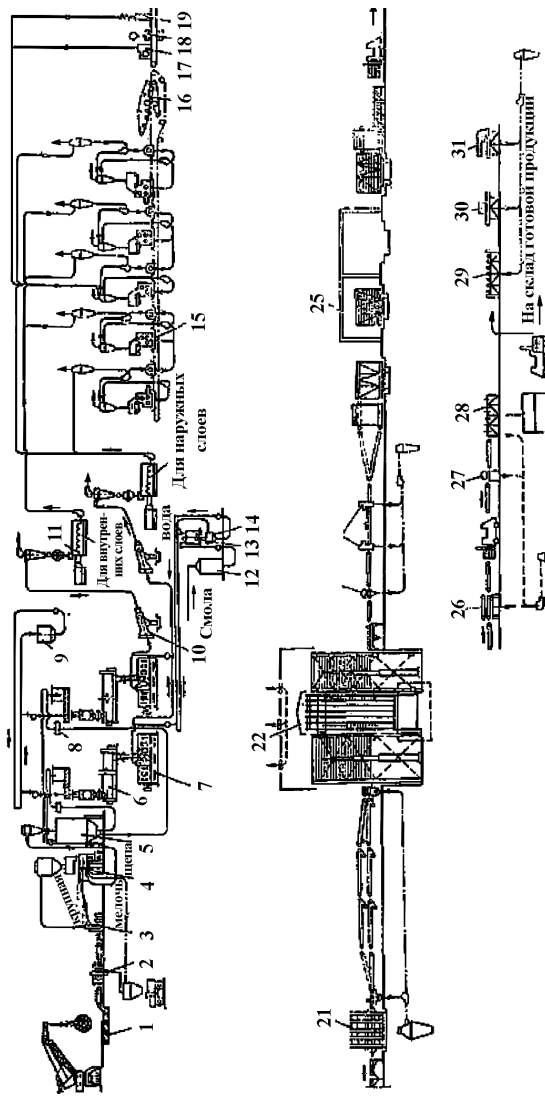
**СТ-С** — твердые плиты повышенной прочности (сверхтвердые) с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы.

Твердые плиты марок **Т, Т-С, Т-П, Т-СП** в зависимости от уровня физико-механических показателей подразделяют на группы качества: А и Б.

**М-1, М-2 и М-3** - Мягкие плиты в зависимости от их плотности.



**Рис. 11.16.** Технологическая схема производства твердых и сверхтвердых древесноволокнистых плит мок-рым способом: 1 – круглые лесоматериалы; 2 – плавильник для парафина; 3 – рубильная машина; 4 - дезинтегратор; 5, 8 и 12 – циклоны; 6 – сортировочная машина; 7 – пневмотранспортер; 9 – распределительный кон-вейер; 10 – лесопильный цех; 11 – бункер для щепы; 13 – фильтровальная установка; 14 – рафинатор; 15 - дефибратор; 16 – бак для осадителя; 17 – напорный ящик для эмульсии; 18 – бак для разведения эмульсии; 19 – эмульсатор; 20 – расходный бак для эмульсии; 21 – ящик непрерывной проклейки; 22 – дозаторы; 23 – массные бассейны; 24 – бак для покровного слоя; 25 – бак для масляной эмульсии; 26 – отливная машина; 27 – загрузочная этажерка; 28 – пресс для горячего прессования; 29 – разгрузочная этажерка; 30 – бак для масла; 31 - пропиточная машина; 32 – загрузочное устройство; 33 – камеры термообработки и увлажнения; 34 – разгрузочное устройство; 35 – станок продольной резки; 36 – увлажнительная машина; 37 – станок для поперечной резки; 38 – отгрузка плит.



**Рис. 11.17.** Технологическая схема производства древесноволокнистых плит сухим способом на оборудовании фирмы «Бизон»:  
 1 – бассейн; 2 – окорочный станок фирмы «Камбио»; 3 – рубительная машина фирмы «Содерхамис»; 4 – сортировочное устройство щепы фирмы «Содерхамис»; 5 – бункер для щепы; 6 – пропарочный котел типа «Бауэр-418»; 7 – рафинер «Бауэр-418»; 8 – металлоулавливатель; 9 – бак для парафина; 10 – сушилка для первой ступени; 11 – сушилка второй ступени «Бютнер»; 12 – резервуар для смолы; 13 – смесительный резервуар; 14 – расходный резервуар; 15 – формирующая машина фирмы «Бэре Греген»; 16 – ленточно-валковый пресс; 17 – пила для продольной резки ковра; 18 – радиозотопный плотномер; 19 – пила для поперечной резки ковра; 20 – металлоискатель; 21 – форпресс; 22 – гидравлический пресс фирмы «Дифенбахер»; 23 – пила для продольной резки плит; 24 – пила для поперечной резки плит; 25 – увлажнительные камеры фирмы «Мур»; 26 – ленточно-шифовальный станок; 27 – пила для продольного раскроя плит; 28 – пила для поперечного раскроя плит; 29 – рустовый станок; 30 – перфорирующий станок; 31 – станок для нестандартной резки плит

### **История появления и развития технологии производства плит OSB**

Ориентированно-стружечные плиты, или OSB - это плитный конструкционный материал из древесины. Как уже известно нашим читателям, OSB производят из сравнительно большой, тонкой и длинной стружки, которая смешивается с водостойкой смолой и подвергается воздействию давления и температуры. Основное применение в наши дни плиты OSB находят в деревянном домостроении при сооружении крыш, возведении стен, установке межэтажных перекрытий, создании черновых полов и т.п.

По сути, ориентированно-стружечные плиты - это вафельные плиты второго поколения. Первая настоящая OSB -плита была произведена в 1982 году в Альберте (Канада) на заводе «Эдисон - OSB», принадлежавшем тогда компании «Пеликан Сомилз Лимитед». Новые древесные плиты имели такую же прочность и жесткость, как и хвойная фанера. Это позволило заводу «Эдисон - OSB» позиционировать ориентированно-стружечные плиты на рынке как аналог фанеры и как материал более высокого класса, чем вафельные плиты.

Основное отличие OSB от вафельных плит заключалось в размерах стружки. Стружка ориентированно-стружечных плит была более узкая и длинная по сравнению со стружкой вафельных плит. Кроме того, каждая стружка в слое плиты OSB располагалась параллельно одна другой, но перпендикулярно к стружке в соседних слоях. Всего же слоев было три, так же, как и у вафельных плит. Но благодаря ориентированию стружки в слоях OSB приобрели те уникальные свойства, которые открыли для них целый ряд новых областей применения.

Современные производственные линии OSB имеют очень высокую степень автоматизации и оснащены сложным технологическим оборудованием, позволяющим выпускать продукцию 24

часа в сутки, 7 дней в неделю. Большинство заводов Северной Америки производят ежедневно от 28 000 до 45 000 OSB -плит размером 1220 × 2440 мм и толщиной 10 мм. Это самый ходовой формат стружечных плит. Из стандартных форматов есть еще 1200 × 2440 мм, 1220 × 3660 мм в диапазоне толщин 6,8,9,11,15,18, 22, 25 и 38 мм.

Технология производства OSB родилась в Канаде в результате развития технологии производства так называемых вафельных плит. Вафельные плиты внешне очень похожи на OSB и также используются в строительстве как конструкционный материал. Технология производства вафельных плит была разработана доктором Джеймсом Кларком в 1954 году. Будучи ученым-экологом, Д. Кларк искал способы использования низкосортной древесины. На северо-западе США при заготовках сосны, ели и лиственницы огромное количество никем не востребованной осины просто бросалось в лесу. В то время осина, быстрорастущая твердая структура плиты монолитна, поэтому плиты не расслаиваются и кромки разреза не чувствительны к воздействию. Тесты проводились при более тяжелых условиях, чем те, что существуют на практике, например, 150 циклов мороз/оттепель между +20°С и -20°С, что показало лишь незначительные изменения в плите.

### **Производство вафельных плит**

Первые заводы по выпуску вафельных плит очень походили на заводы ДСтП за исключением зоны подготовки сырья и получения стружки. В этой зоне на заводе вафельных плит устанавливалось оборудование для оттаивания и прогрева древесины перед окоркой и измельчением в стружку. Кроме того, здесь устанавливались раскряжевочные столы. На этих столах бревна, которые привозились на завод длиной, как правило, 2,4-2,6м, распиливались на чурки размером от 70 до 80см. Известно, что прочностные свойства вафельных плит напрямую зависят от размеров стружки, из которой их делают. Для того чтобы делать стружку нужного размера, пришлось разработать специальные стружечные станки. За основу была взята обычная рубительная машина, но принцип ее работы несколько модифицировали. Стружечный

станок должен был не только рубить древесину на кусочки заданной длины, разрезая волокна поперек, как это делает рубительная машина, а, прежде всего, сострагивать эти кусочки вдоль волокон бревна.

Первый стружечный станок имел некоторое сходство с горизонтально-дисковой рубительной машиной. Отличие состояло лишь в том, что чурки подавались в продольном направлении по отношению к ножам, закрепленным на вращающемся диске, а не торцами на нож, как это обычно происходит в рубительной машине. За счет этого стружка сострагивалась, а не рубалась.

Первые конструкции стружечных станков имели вертикальные подающие желоба, в которых подаваемая на измельчение древесина удерживалась только за счет собственного веса. В более поздних конструкциях диск стружечного станка стали устанавливать вертикально. Это позволило подавать древесину в горизонтальной плоскости. Для того чтобы зафиксировать чурки в зоне резания и контролировать рабочую скорость их подачи, был разработан специальный цепной механизм. Зубчатые цепи, захватывая оба торца древесной чурки, с заданной скоростью подавали ее на вращающийся диск станка. В результате усовершенствования механизма подачи получаемая стружка стала более однородной по размерам. Удалось повысить процент стружки прямоугольной формы с оптимальными размерами: 25мм шириной, до 40мм длиной и 0,7-0,8мм толщиной.

Полученную таким образом сырую стружку собирали в накопительные бункеры, после чего сушили в трехпроходных сушильных установках. Сушилки работали на природном газе, перегретом паре или на горячих дымовых газах котельной станции, которая устанавливалась рядом.

Дальше уже сухую стружку накапливали в специальном бункере и использовали по мере надобности. Из бункера сухую стружку строго контролируемые порциями подавали во вращающийся барабанный смеситель, где она смешивалась со смолой и парафином. После этого осмоленную стружку подавали на линию формования. Формовочные станции выкладывали стружку на двигающийся конвейер, образуя рыхлую насыпь одинаковой

толщины и приблизительно одинаковой плотности. Полученный стружечный ковер прессовали в горячем прессу и на выходе получали вафельные плиты. Точно так же, как и в производстве ДСтП, стружечный ковер состоял из трех слоев. Но попыток как-либо ориентировать стружку в слоях до определенного времени никто не предпринимал. Стружка в слоях вафельных плит располагалась хаотично.

При дальнейшем развитии технологии формования ковра, по аналогии с укладыванием крест-накрест слоев шпона в фанере, возникла идея ориентировать стружку в слоях стружечной насыпи. Это должно было повысить прочность и жесткость вафельных плит. Так появились ориентированно-вафельные плиты, прочностные характеристики которых в продольном направлении были значительно улучшены порода древесины, никак не использовалась ни в производстве пиломатериалов, ни для шпона, ни для производства целлюлозы.

Ученый был хорошо знаком с технологиями производства не конструкционных плит, таких как ДВП и ДСтП. Д. Кларк чувствовал, что из осины можно делать плиты, причем так, чтобы их можно было использовать в строительстве как конструкционный материал. Для этого нужно было сохранить и максимально использовать прочностные свойства длинного волокна осины. И Д. Кларк придумал, как использовать преимущества древесных волокон осины, причем даже небольшой длины. Он открыл, что если делать стружку так же, как это делаем мы, когда затачиваем карандаш, - строганием древесины вдоль волокон, то из такой стружки при смешивании ее с фенолформальдегидной смолой можно получить плиту, не уступающую по своим характеристикам конструкционной фанере. Так и появились вафельные плиты. Начальник Д. Кларка, воодушевленный его открытием, вскоре построил небольшой завод в Айдахо, где начал производить первые вафельные плиты и продавать их местным строителям.

Спустя семь лет, в 1961 году, несколько бизнесменов из Саскачевана (провинция Канады), желая использовать дешевую осину, которая в изобилии произрастала на севере Канады, купили патент Д. Кларка. Чуть позже была организована компания «Вайс-

вуд Лимитед», которая начала производить вафельные плиты в промышленных масштабах. Завод по производству вафельных плит был построен в г. Хадсон Бэй, в районе северных лесов Канады. Желая укрепить экономику малопродуктивной сельскохозяйственной провинции, правительство выделяло заводу избыточное количество древесины отменного качества.

Однако дела у завода пошли не особо хорошо. Продавцы фанеры, почувствовав угрозу своему бизнесу со стороны более дешевых вафельных плит, отказывались заниматься продвижением вафельных плит на рынок. Компания «Вайсвуд» была вынуждена напрямую продавать свою продукцию лишь небольшим строительным компаниям и фермерам в Саскачеване. Интересно отметить тот факт, что многие байки, придуманные противниками вафельных плит, а также откровенная ложь, которую они распространяли о вафельных плитах, имеют место до сих пор. В условиях ограниченного рынка сбыта, жесткой конкуренции со стороны продавцов фанеры, а также ввиду отсутствия необходимых строительных сертификатов на вафельные плиты «Вайсвуд Лимитед» скоро обанкротилась.

В 1963 году акции завода «Вайсвуд», принадлежавшие правительству Саскачевана, были проданы компании «МакМилан Блоидил Лимитед» - крупнейшему на тот момент производителю целлюлозы, пиломатериалов и фанеры в Канаде. В «МакМилан Блоидил» искали возможность выпуска древесных плит с более низкой себестоимостью с целью усилить свои позиции на рынке хвойной фанеры. Компания имела хорошо развитую по стране систему сбыта, а также возможности проведения всех необходимых испытаний продукции для получения столь необходимых строительных сертификатов. Это позволило «МакМилан Блоидил» запустить производство вафельных плит и успешно выйти на проектные мощности. Завод в Саскачеване был оснащен 14-пролетным горячим прессом, который позволял производить плиты размером 1220 × 4880мм. Пресс, сушилка, смесители стружки и линия формования были модернизированным оборудованием с производственной линии ДСтП. В качестве стружечного станка использовалась рубительная машина, которая больше

скальывала, нежели срезала стружку с древесных чурок, длина которых была 600мм. Тем не менее вафельные плиты, вышедшие на рынок под торговой маркой «Аспенит™» (от англ. aspen - осина), имели хорошие прочностные и эксплуатационные характеристики и более низкую, чем у фанеры, себестоимость. Вскоре плиты «Аспенит™» добились значительного успеха и всеобщего признания на рынке.

В центральной части Канады «МакМилан Блоидил» продвигали «Аспенит™» как строительный материал для крыш, обшивки стен и полового настила при строительстве хранилищ, животноводческих ферм и гаражей. Кроме того, эти плиты применяли при возведении защитных ограждений, строительстве бункеров для зерна, для различного рода упаковки и рекламных щитов. Научно-исследовательская группа «МакМилан Блоидил» разработала шпунтовое соединение плит для сайдинга, бетонной опалубки и настила для полов. Продукт быстро получил признание среди архитекторов, инженеров, дизайнеров и строителей. Рыночная цена «Аспенита™» была ниже, чем у фанеры, и это давало вафельным плитам серьезное преимущество. Многие строители, начавшие использовать вафельные плиты в 60-х, продолжают покупать «Аспенит™» и сегодня.

Успех торговой марки был столь значителен, что в конечном счете все вафельные плиты в Канаде получили общее название «Аспенит», подобно тому как раньше древесноволокнистые плиты высокой плотности приобрели название «Мезонит».

В 1973 году в г. Тимминс (провинция Онтарио) был открыт второй завод по выпуску вафельных плит. Целью инвесторов было желание использовать дешевую осину хвойных лесов севера провинции. Новое предприятие - «Вейферборд Корпорэйшн» - реализовывало свою продукцию через компанию «Кэнэдиан Форэст Продактс» под торговой маркой «Мейлит™». «Кэнэдиан Форэст Продактс», в свою очередь, продавала вафельные плиты на всей территории Канады через розничную сеть магазинов строительных материалов компании «Кэнфор Билдинг Матириалз». Подобно «МакМилан Блоидил», «Кэнфор Билдинг Матириалз» взялась за продвижение плит «Мейлит™» на строительный рынок не

только для расширения ассортимента своих товаров, но и прежде всего с целью укрепления своих позиций на фанерном рынке Канады. Вафельные плиты начали воспринимать по-другому.

В течение 70-х годов прошлого века в Канаде было построено еще несколько заводов по выпуску вафельных плит и был запущен первый подобный завод на севере США.

В середине 70-х годов родилась идея разделять стружечную насыпь при производстве вафельных плит на несколько слоев. А стружку в каждом из этих слоев ориентировать во взаимно перпендикулярных направлениях. Дабы повысить прочностные характеристики плиты стружку решено было делать более длинную и узкую по сравнению с той, что изготавливалась до этого. Так, постепенно была разработана концепция производства нового вида плитных материалов, которые известны нам сегодня как ориентированно-стружечные плиты.

Первый завод, начавший выпускать настоящие ориентированно-стружечные плиты, появился в 1982 году, хотя ориентировать стружку при производстве вафельных плит начали уже в конце 70-х годов. С тех пор рынок OSB начал стремительно расти. Уже к 1990 году спрос на ориентированно-стружечные плиты достиг 6,8 млн. м<sup>3</sup> в год, а в 2003-м - превысил 22 млн. м<sup>3</sup> в год.

В качестве сырья для вафельных плит, производимых по оригинальной технологии Д. Кларка, сначала использовали только осину, которую заготавливали в центральной части Канады и на севере США. Однако в конце 70-х годов, когда появились первые заводы вафельных плит на юге США, в качестве сырья стали использовать древесину сосны. В начале 80-х годов, когда вафельные плиты превратились в OSB, а потребление и спрос на стружечные плиты начали стремительно расти, в производстве стали применять белую березу, клен, амбровое дерево и желтый тополь. Также начали пускать в производство и некоторые другие виды твердолиственных пород, но лишь в небольших пропорциях. Канадские заводы начали успешно производить OSB из лиственницы и белой сосны, произрастающей на востоке страны. На западе страны был построен завод, работающий на смеси осины и черной сосны (сосны Банка). Некоторые производители стали изго-

тавливать стружечные плиты из смеси бальзамического тополя и белой березы. В середине 80-х годов, когда были открыты первые заводы в Европе, Шотландии и Франции, в производстве OSB начали также использовать шотландскую и приморскую породы сосны. Один из последних построенных заводов *JSB* в Чили сейчас использует сосну *Radiata*. Заводы OSB в Азии и Австралии работают на сырье из каучукового дерева и эвкалипта.

Рассмотрим подробнее типовую технологию, которая наиболее распространена в Северной Америке при производстве OSB.

## 12.1 Технологический процесс производство OSB

### 12.1.1 Операции получения стружки

Первым делом на завод доставляется древесное сырье - круглые лесоматериалы. Осина, тополь, сосна, клен - наиболее ходовые породы, которые закупают производители OSB. На площадку, как правило, доставляются бревна длиной 2,4, 4,8 или 7,3 м (стандартные длины для североамериканских лесозаготови-



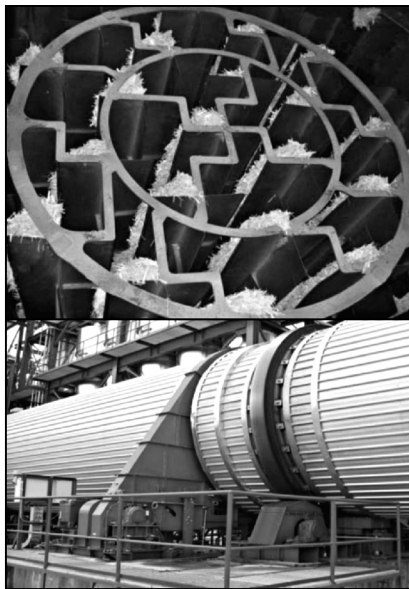
телей). Как только сырье прибыло на площадку завода, его сразу разгружают с помощью автопогрузчиков, специально предназначенного гидроманипулятора или крана с грейферным захватом. Часть древесины складывают на бирже сырья, часть сразу пускают в производство. Дальше нужный объем сырья на заданное время погружают в пропарочные бассейны, после чего окоривают. Если древесина недавно срублена и незамерзшая, то ее сразу пускают на окорку и дальше в стружечный станок. В настоящее время можно встретить три вида стружечных станков, которые используются для производства OSB-стружки. Ставший уже традиционным стружечный станок для коротких древесных чурок.

Есть также дисковые стружечные станки, которые измельчают целые бревна. В них используется другая система подачи и фиксации древесины в процессе резания. Для переработки бревен без предварительной раскряжевки используют также роторные (кольцевые) стружечные станки. Эти станки отличаются от дисковых конструкцией режущего инструмента.

С 1982 года идеальными геометрическими размерами стружки для производства OSB принято считать следующие: длина - от 75 до 150 мм при ширине 15 мм. А вот средняя толщина стружки уменьшилась с 0,8 мм, которую делали в 80-х годах, до 0,6 мм в наши дни.

### 12.1.2 Операция сушки стружки

Сырая стружка после стружечного станка накапливается в специальных бункерах, из которых порциями подается в барабан сушильной установки. В производстве OSB чаще всего используют трехпроходные либо однопроходные барабанные сушилки, а также их комбинацию - трехпроходная/однопроходная. На некоторых производствах можно увидеть более современные трехсек-



ционные конвейерные сушилки. Концепция конвейерной сушки OSB -стружки была заимствована из пищевой промышленности - технологии производства картофельных чипсов. Конвейерные сушилки имеют ряд преимуществ перед традиционными барабанными. Во-первых, конвейерные сушилки позволяют высушивать более длинную стружку, не повреждая ее. Во-вторых, весь поток стружки просушивается более равномерно, и при этом температура на выходе конвейерной сушилки ниже, чем у сушилки барабанного типа. Это весьма важное обстоятельство, т.к. чем ниже температура на выходе сушилки, тем выше пожаробезопасность процесса и ниже эмиссия загрязняющих веществ (летучих органических соединений).

В производстве OSB используются одно-, двух- либо трёх-проходные сушилки. Однопроходные сушилки работают на более низких температурах теплового агента (300-450°C), но цикл сушки у них длиннее, чем у двух- или трёхпроходных (с температурой теплового агента 540-870°C). Основные преимущества однородных сушилок барабанного типа:

- значительно более низкий уровень эмиссии летучих органических соединений;
- стружка меньше подвержена повреждению;
- при более низких температурах сушки снижается риск

В качестве теплового агента в подобных сушилках используются очищенные дымовые газы котельной. По этой причине существуют определённые ограничения на удалённость котельной станции от сушильной установки, которые, несомненно, нужно принимать во внимание.

После сушки стружку сортируют, чтобы отделить слишком мелкую и слишком крупную стружку от основного потока. Подходящую стружку иногда сортируют дополнительно, особенно если стружка внутреннего слоя будет выкладываться на формовочный конвейер хаотично, без ориентации. В этом случае более крупную стружку правильной форму отсортировывают на внешний слой, где стружка ориентируется. Остальную стружку пускают на внутренний слой OSB -плиты. Рассортированную стружку накапливают в бункерах сухой стружки. Мелочь и слишком крупная стружка транспортируются в бункер сухого топлива котельной.

### 12.1.3 Операция смешивания с клеем

Процесс смешивания стружки со смолой и парафином контролируется самым тщательным образом. Для осмоления стружки внутреннего и внешнего слоев используют разные смесители. Конструкцию они имеют одинаковую, но состав химикатов, подаваемый внутрь, как правило, различен. В общих чертах смеситель представляет собой цилиндрический барабан, который вращается с заданной скоростью. Внутри барабана по отдельным трубопроводам подаются парафин, смола и другие компоненты клея. Но, независимо от того, какой парафин используется, сырой или эмульгированный, он вводится перед смолой. Для внутреннего и внешнего слоев чаще всего используют разные типы смол. Смола для внешнего слоя может подаваться в жидком или порошкообразном виде, в то время как смола внутреннего слоя может быть, кроме того, фенолформальдегидной или изоцианатной. Расход изоцианатной смолы для стружки внутреннего слоя всегда выше, т.к. она застывает быстрее и при меньшей температуре, чем фенолформальдегидная. Часто производители увеличивают количество смесителей, чтобы иметь большую гибкость в выборе типа смолы и упростить переход от одной формулы клея к другой. Интересно, что вращающийся диск, который распределяет смолу внутри смесителя, был заимствован из оборудования для окраски автомобилей и стал прямо-таки революционным открытием в технологии осмоления стружки. Несмотря на высокий уровень технологии сегодня, нужно отметить, что в вопросе осмоления стружки все еще есть место для исследовательской работы, особенно в области контроля расхода смолы.

### 12.1.4 Формование стружечного ковра

Технология формования стружечного ковра в производстве OSB также претерпела определенные изменения. Понятно, что желание ориентировать стружку в слоях ковра привело к усложнению конструкции формовочных машин. На начальном этапе ориентировать стружку пытались электростатическим методом. Но он был малоэффективным, сложным и дорогим. Самым на-

дежным методом оказался самый простой из всех. Этот метод используется и сейчас.

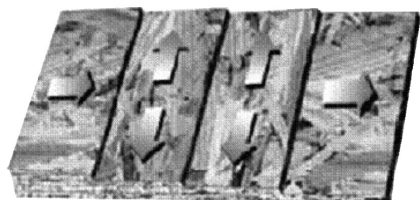
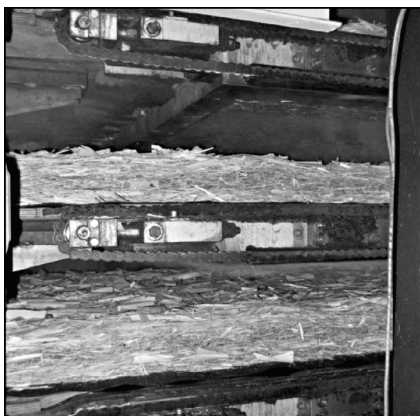
Ориентирующая головка стружки внешнего слоя чем-то очень похожа на фермерские бороны. Она состоит из ряда круглых дисков, которые направляют падающую вниз стружку, выравнивая ее параллельно длинной стороне ковра. Ориентирующая головка стружки внутреннего слоя состоит из роликов в форме звезды с плоскими лопастями. Вращаясь, они выравнивают стружку параллельно ширине ковра, перпендикулярно к направлению движения конвейера. Размеры элементов ориентирующих головок и расстояние между ними подстраиваются под размеры стружки так, чтобы она проваливалась сквозь вращающиеся диски или ролики до того, как они вынесут стружку за пределы ориентирующей головки. Слои с ориентированной стружкой выкладываются на движущийся вниз конвейер последовательно, один за другим. Ориентация стружки в слоях чередуется следующим образом: продольная, поперечная, продольная (в 3-слойных плитах). Каждый слой формируется отдельной ориентирующей головкой и выкладывается отдельной формующей машиной.

В процессе формования стружечного ковра плотность насыпи непрерывно измеряется, чтобы гарантировать ее однородность.

Большинство линий формования в Северной Америке имеют 8 футов (2440 мм) в ширине. Однако рост спроса на зарубежных рынках заставил многих производителей устанавливать линии формования шириной 9 и 12 футов (2750 и 3660 мм соответственно). На таких линиях можно производить OSB, например, для японского рынка, который потребляет плиты форматом 3 × 6 футов (915 × 1830 мм). Кроме того, при производстве тонких плит линии формования большой ширины позволяют работать на более низких скоростях формования ковра, а это позволяет повысить точность ориентации стружки. На современных линиях формования ковер выкладывается на стальные плоские или сетчатые поддоны, которые затем подаются в горячий пресс. Могут также использоваться конвейеры, работающие без поддонов (в линиях, построенных на базе непрерывного пресса).

Тщательно подготовленный стружечный ковер подается в горячий пресс. Пресс превращает рыхлую стружечную насыпь в

плиту и полимеризует связующее, содержащееся в ней. На современных многопролетных прессах можно одновременно производить до 16 плит форматом 12 × 24 фута (3660 × 7320 мм). Задача пресса уплотнить стружечный ковер и повысить температуру внутри него до заданного значения. Температура затвердевания смолы находится в промежутке между 170-200°C. Давление и температуру необходимо замерять в течение 3-5 минут. Раньше время и температура схватывания связующего устанавливались производителем смолы. Но стремление сократить время прессования, сохраняя при этом прочностные характеристики продукции, заставили производителей самим взяться за тщательное изучение цикла прессования и процессов, происходящих во время него. И в какой-то момент на рынке стали появляться OSB с нестандартным профилем плотности (распределением плотности плиты по толщине). Стремление уменьшить разбухаемость плит по толщине заставляло производителей делать внешний слой плит менее плотным. Но это негативно сказалось на жесткости плит. А жесткость и устойчивость к воздействию влаги - одни из наиболее важных рыночных свойств OSB. Чтобы помочь производителям, инженеринговые компании и производители прессов взялись решить эту проблему. Были разработаны новые самопишущие контрольно-измерительные приборы и оборудование, которые позволили воспроизвести работу пресса в лабораторных условиях. Выяснилось, что уве-





личение ширины плит пресса с 8 до 12 футов привело к изменениям в процессе передачи тепла в глубь стружечного ковра и требует изменений в технологии прессования и отвода из зоны прессования пара. Лабораторные исследования позволили найти способ, как решить эту проблему. Имея новые данные о процессах, происходящих во время прессования, производители

прессов смогли увеличить просвет между плитами пресса, а также этажность многопролетных прессов с 12 до 16.

### 12.1.5 Окончательная обработка

После прессования мастер-панели выгружают из пресса и раскраивают на форматы 1220 на 2440 мм. После этого, при необходимости, на кромках плит нарезают шпунтовое соединение либо шлифуют пласти. После шлифования ориентированно-стружечные плиты приобретают очень оригинальный внешний вид, чем-то напоминающий мрамор.

Плиты для кровельных работ и полового настила прессуют на специальных сетчатых поддонах. За счет этого одна из поверхностей плиты получается рифленой, менее скользкой для ног человека. Такие плиты особенно ценят рабочие-кровельщики, которым приходится часто перемещаться по наклонной поверхности обрешетки из OSB достаточно высоко над землей.



С помощью ультразвукового датчика сразу после прессования плиты проверяют на наличие возможных внутренних дефектов - воздушных карманов, пузырей, раковин. Если таковые обнаруживаются, плита автоматически отбраковывается.

После прессования плиты еще какое-то время выдерживают на складе для того, чтобы дать возможность клею полностью затвердеть и полимеризоваться. Как правило, время окончательной выдержки составляет от 12 до 48 часов. После этого готовую продукцию в соответствии с заказом укладывают в стопы, маркируют и упаковывают.

## **12.2 Влияние на окружающую среду**

Для того чтобы соответствовать строгим нормам экологической безопасности, все современные заводы OSB оснащаются сложными очистными сооружениями и системами автоматизированного контроля уровня загрязнений. Подобные очистные сооружения обязательно устанавливаются в зоне сушки стружки, а также в зоне прессования. Кроме того, при проектировании технологического процесса инженеры стремятся:

1) полностью исключить стоки воды, которая используется на приготовление связующего или при очистке оборудования кухни клея;

2) исключить стоки воды из бассейнов гидротермической обработки древесины: вода из бассейнов отстаивается, очищается и используется повторно;

3) чтобы технология позволяла максимально использовать древесное сырье. До 80 % древесины, поставляемой на современный завод OSB, идет на производство плит, а все остатки используются для выработки энергии для нагрева пресса, сушильной установки, бассейнов, а также отопления производственных помещений в зимнее время. Отбракованные плиты используются как прокладочный или подстилочный материал при транспортировке готовой продукции.

## **12.3 Перспективы производства OSB / ОСП**

Ориентированно-стружечные плиты почти сразу заняли прочные позиции на рынке строительных материалов, что дало мощный толчок дальнейшему развитию технологии и появлению новых видов продукции.

Ожидается, что в ближайшее время получат широкое распространение новые контрольно-измерительные системы, которые можно встраивать в производственную линию и которые измеряют физико-механические показатели готовой продукции в реальном режиме времени. Информация с таких устройств может фиксироваться, накапливаться и анализироваться, а также использоваться общей системой управления технологическим процессом (АСУ ТП) для контроля и регулирования параметров процесса производства.

Кроме того, наблюдается постоянное повышение степени компьютеризации оборудования, причем на всех этапах производства. Оператору становится все проще менять и настраивать параметры производственного процесса, не снижая качества продукции на выходе и избегая простоев оборудования.

Понижение температуры сушки стружки, новые формулы связующего и совершенствование производственных вентиляционных систем сделают производство OSB полностью экологически безопасным.

Специалисты предсказывают OSB великое будущее. В Новой Зеландии есть экспериментальный завод, занимающийся разработками новых древесных композитов. Направление ориентированно-стружечных композитов там считается одним из наиболее перспективных. Уже сегодня разрабатывается технология производства древесных плит, у которых внутренний слой - это OSB, а внешние - МДФ.

Очень скоро новые ориентированно-стружечные материалы будут конкурировать со всеми известными нам конструкционными и неконструкционными плитными материалами из древесины.

## **12.4 Контроль качества и стандарты**

Многие производители защищают кромки OSB-плит от воздействия влаги. Для этого перед тем, как упаковать штабель плит, на его боковые поверхности

распыляется краска с низкой проникающей способностью, которая забивает поры и уплотняет торцы плит.

Для особых областей применения или по запросу заказчика завод может изготовить плиты нестандартного размера, нанести на поверхность плит специальную разметку (например, где прибивать гвозди или устанавливать крепежные элементы) или выполнить специальную фрезеровку кромки или пласти.

По спецзаказу кромки плит для полового покрытия могут быть обработаны специальными лакокрасочными материалами. Специальные OSB -плиты изготавливают для изоляционных стеновых панелей и для стоек деревянных двутавровых балок. Методика испытаний и стандарты на плиты OSB меняются, следуя развитию и изменениям в технологии их производства. В 1988 году были разработаны первые стандарты, которые применялись для OSB:

- «ANSI A-208.1. Американский государственный стандарт. Древесностружечные плиты, произведенные из стружечной насыпи»;
- «CSA 0188.1. Древесностружечные и вафельные плиты, изготовленные из стружечной насыпи». Испытания качества готовой продукции проводились на основании стандарта «ASTM D1037. Стандартные методы определения свойств древесноволокнистых и древесностружечных плитных материалов». Впоследствии лишь несколько методик контроля качества OSB -плит подверглись изменениям. В настоящее время в Северной Америке контроль качества OSB -плит осуществляется на основании следующих стандартов:
- «PS 2-92. Стандарт технических характеристик конструкционных плит на основе древесины»;
- «CSA 0325.0. Листовые строительные материалы на основе древесины».

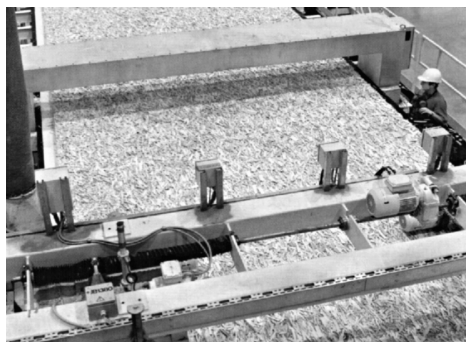
Оба эти стандарта регулируют эксплуатационные свойства древесных плит.

Есть еще стандарт «CSA 0437. OSB и вафельные плиты», который был разработан конкретно для стружечных плит, производимых из крупноразмерной стружки.

Произведенные в США или Канаде плиты OSB должны быть протестированы по одному из трех последних стандартов. Производители обязаны маркировать свою продукцию и указывать в маркировке класс качества плит и стандарт, в соответствии с которым проводились испытания.

Что интересно, стандарты PS 2-92 и CSA 0325 обязывают производителя заключать договор с одним из аккредитованных центров по сертификации, который будет контролировать соответствие выпускаемой на заводе продукции одному из выбранных стандартов. Кроме того, производитель должен проводить внутризаводские мероприятия по контролю качества продукции и регулярно проверять основные ее характеристики. Эти проверки должны подтверждаться независимой экспертной оценкой. Независимая экспертная группа должна регулярно посещать завод, но без предварительного уведомления о дате своего визита. Эксперты должны подтверждать проведение внутризаводских мероприятий по контролю качества, а также соответствие выпускаемой продукции минимальным требованиям, зафиксированным в стандартах PS 2-92 и CSA 0325.

Гордое слово «конструкционный» материал накладывает на ориентированно-стружечные плиты жесткие требования по качеству и физико-механическим характеристикам.



Ковёр шириной около 4 м (12 футов) формируется из равномерно разбрасываемой крупной стружки, которой обеспечивается точно ориентированное расположение

## **12.5 Оснащение и установка для производства плит OSB**

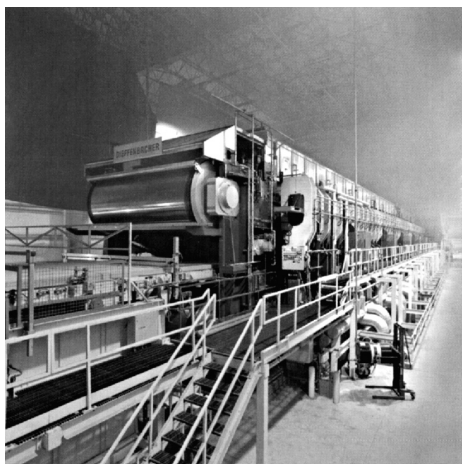
Эта установка действует на канадском предприятии, которое расположено в 150 км от Полярного круга. Ежедневно оно выпускает 2100 кубометров плит OSB. Проектирование и оснащение производства выполнила фирма «Диффенбахер».

## Сырьё

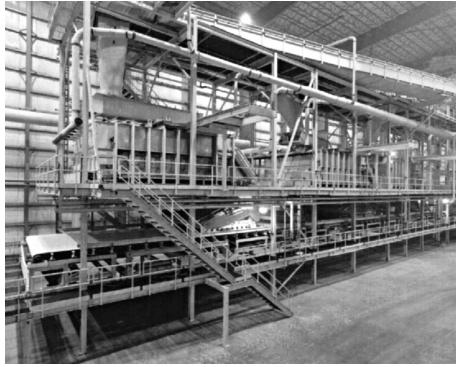
Сырьём служит только древесина местной породы – канадский тополь. Из-за суровых климатических условий объём лесосклада рассчитан на полугодовой запас сырья, который составляет 720000 плотных кубометров.

### 12.5.1. Особенности технологического процесса

- Кондиционирование сырья: длинномерный круглый лесоматериал предварительно выдерживается в бассейнах для размораживания.
- Окорка сырья происходит в барабанных установках диаметром 2,4 метра и длиной 36 метров (две линии).
- Крупная стружка готовится на станках с ножевыми барабанами (три линии).
- Для хранения сырой стружки предусмотрены три горизонтальных бункера.
- К хранилищам примыкают три сушильных линии барабанного типа.
- Для очистки воздуха служат три мокрых электрофилтра.
- Тепло для сушилок и производственных помещений, а также для нагрева термомасла дают три энергетические установки, которые могут работать как на твёрдом топливе, так и на природном газе.
- Для отделения мелкой фракции просушенная стружка проходит через барабанные сита (три установки).
- Для хранения сухой



На сегодня это самый большой в мире проходной ленточный пресс для производства OSB: его ширина около 4 м, длина 47 м



Формирующая машина с шестью рассеивающими головками снабжена встроенной системой продольного и поперечного ориентирования стружки

- стружки имеется четыре горизонтальных бункера.
- Нанесение связующего на стружку происходит в четырёх больших тихоходных смесителях.
  - Формирующая машина имеет шесть рассеивающих головок.
  - Формирующая станция располагает встроенными весами, магнитами, прижимными вальцами, а также системой двухстороннего подравнивания кромок ковра с возвратом излишней стружечной массы в бункер среднего слоя.
  - Для вылавливания инородных включений служит катушечный металлоискатель.
  - Предварительная подпрессовка ковра в производстве плит OSB не требуется.
  - Для отсева включений и непригодной стружки предусмотрен специальный бункер.
  - Главная производственная машина – проходной ленточный пресс Dieffenbacher CPS длиной 47 м и шириной 4 м – позволяет получать плиты OSB толщиной 6–68 мм.
  - После прессования бесконечное полотно плиты перемещается по рольгангу, где происходит обрезка продольных кромок.
  - Для поперечного раскроя полотна на плиты нужной длины используется спаренная диагональная пила.

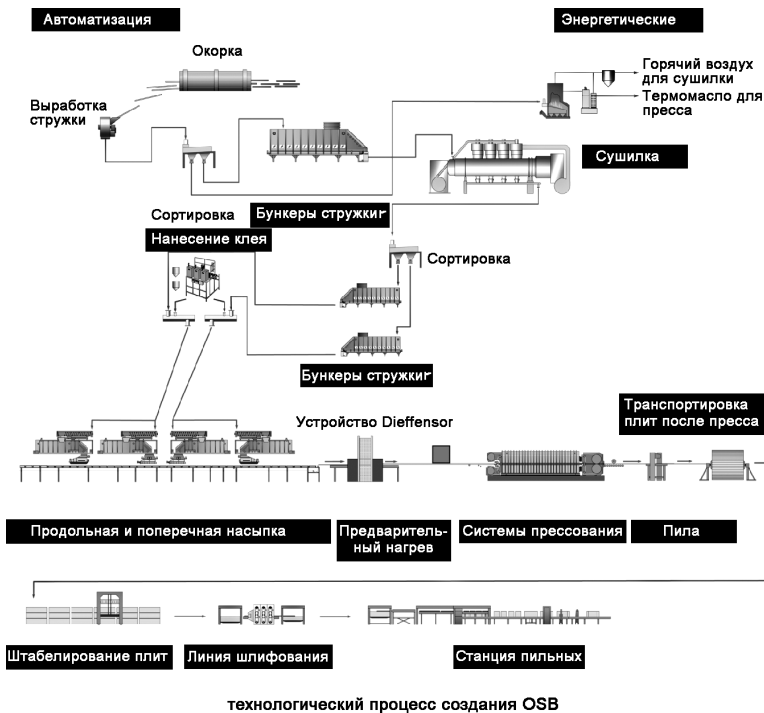


Готовая плита OSB шириной в 12 футов - около 4 метров

- В конце производственной линии при помощи соответствующих контрольно-измерительных приборов проверяются толщина и вес плит, а также наличие в них расслоений или иных дефектов.
- Веерные охладители в производстве плит OSB не требуются.
- Большеформатные плиты складываются в стопы и перегружаются при помощи штабелеукладчика.
- Для раскроя плит на стандартный формат 4×8 футов используется высокопроизводительная круглопильная установка.
- Отформатированные плиты поступают на фрезерную установку, где их кромки профилируются для дальнейшего соединения паз-гребень.
- Готовая продукция передаётся на упаковочную линию.

Описанный производственный комплекс, возведённый в чрезвычайно суровых климатических условиях, служит ярким доказательством замечательных эксплуатационных свойств и приспособляемости оборудования, предложенного в данном случае для изготовления плит OSB. Ведь температура зимой в этих краях опускается до минус 50° по Цельсию, а заготовкой древе-

сины можно заниматься только шесть месяцев в году. Всё производство размещено «под крышей». Внедрённая здесь технология непрерывного производства позволяет гарантировать стабильно высокое качество продукции, при том что плотность выпускаемых плит меньше, чем у плит, изготавливаемых на многоэтажных прессах. Экономия материала, получаемая только за счёт снижения плотности, достигает 10 процентов.



## 12.6 Виды OSB плит, производимых на данный момент

### 12.6.1 OSB - Плита для строительства (OSB – construction board)

Высококачественная древесностружечная плита произведена из специально сортированной стружки, обеспечивающей компактность и высокую плотность плиты при всем ее профиле. Используемый в процессе производства высококачественный клей

(с мочевиной) позволяет использовать плиту во влажной среде. Суть технологии производства плиты OSB состоит в том, что она создается не методом опрессовки, а путем динамической накатки, так же, как производится листовая сталь. Именно это позволяет достичь небывалой плотности плит OSB 800-900 килограмм на один кубический метр. Кроме того, плиты OSB с двух сторон покрыты водоотталкивающим лаком. Именно эти свойства придают ей новый, универсальный спектр применения во всех отраслях строительной индустрии: при внешней и внутренней отделке строений, при возведении перегородок, в качестве основы для пола и кровли, при производстве мебели, дверей, сэндвич-панелей, различных фрагментов интерьера, а так же заборов, контейнеров, многоразовой опалубки в монолитном строительстве.

Плиты OSB прекрасно поддаются всем видам механической обработки, совершенно не впитывают влагу, не горят, полностью соответствуют современным экологическим европейским стандартам (E1), хорошо сохраняют тепло и не нуждаются в дополнительной обработке. Работа с этим материалом не требует никаких специальных навыков. Материал очень не прихотлив в хранении, даже на открытом воздухе. При желании плиты OSB можно покрывать красками, лаком, клеить обои, керамическую плитку и искусственный камень. На снимке слева плита OSB, справа плита OSB. Предлагаемая древесно - стружечная плита нового поколения OSB является уникальной разработкой концерна «Кроношпан» и производится на одном из заводов в Словакии.

#### **Преимущества** плит OSB:

- минимальный допуск по размеру;
- небольшое количество соединений при монтаже;
- жесткость, прочность, однородность;
- подходит для пиления, фрезерования, сверления и дальнейшей обработки;
- возможное образование всех видов деревянных конструкционных соединений;
- использование во влажной среде класса 2 согласно ENV 1995 - 1 -1;
- не вредит здоровью - класс эмиссии E1;

- отличная стабильность гвоздей даже в узких краевых местах
- высокое сопротивление против вытягивания винтов;
- отличная обработка грани;
- высокий выход - однородная структура плиты;
- экономия времени при формировании благодаря одинаковым свойствам во всех направлениях плиты;
- высокая огнестойкость.

### **Применение OSB плит :**

- несущие конструкционные элементы интерьера для использования во влажной среде;
- основание плиты для напольных конструкций;
- накаты кровли;
- опалубка;
- производство упаковок, поддонов и контейнеров;
- комбинированные стеновые конструкции;
- конструкции для выставочных стендов;
- временные заборы при постройках;
- декоративное использование для интерьера, возможность дальнейшей обработки поверхности.

### **Пожарные свойства плиты**

OSB - древесностружечная плита вид P5, относительно реакции на огонь классифицируется согласно EN13501 - 1 следующим образом:

D - s1,d0 8-9мм

D - s2, d0 6 мм

Испытания качества готовой продукции проводились на основании стандарта «ASTM D1037. Стандартные методы определения свойств древесноволокнистых и древесностружечных плитных материалов».

Впоследствии лишь несколько методик контроля качества OSB-плит подверглись изменениям. В настоящее время в Северной Америке контроль качества OSB-плит осуществляется на основании следующих стандартов:

- «PS 2-92. Стандарт технических характеристик конструкционных плит на основе древесины»;

- «CSA 0325.0. Листовые строительные материалы на основе древесины». Оба эти стандарта регулируют эксплуатационные свойства древесных плит.

Есть еще стандарт «CSA 0437. OSB и вафельные плиты», который был разработан конкретно для стружечных плит, производимых из крупноразмерной стружки. Произведенные в США или Канаде плиты OSB должны быть протестированы по одному из трех последних стандартов. Производители обязаны маркировать свою продукцию и указывать в маркировке класс качества плит и стандарт, в соответствии с которым проводились испытания.

Что интересно, стандарты PS 2-92 и CSA 0325 обязывают производителя заключать договор с одним из аккредитованных центров по сертификации, который будет контролировать соответствие выпускаемой на заводе продукции одному из выбранных стандартов. Кроме того, производитель должен проводить внутризаводские мероприятия по контролю качества продукции и регулярно проверять основные ее характеристики. Эти проверки должны подтверждаться независимой экспертной оценкой. Независимая экспертная группа должна регулярно посещать завод, но без предварительного уведомления о дате своего визита. Эксперты должны подтверждать проведение внутризаводских мероприятий по контролю качества, а также соответствие выпускаемой продукции минимальным требованиям, зафиксированным в стандартах PS 2-92 и CSA 0325.

Гордое слово «конструкционный» материал накладывает на ориентированно-стружечные плиты жесткие требования по качеству и физико-механическим характеристикам.

### **12.6.2 OSB фирмы Bolderaja**

Плита OSB Bolderaja - продукция латвийского завода "Bolderaja Ltd", входящего в известный европейский деревообрабатывающий концерн Кронашпан. Выпуск плиты OSB ведется Bolderaja с 2005 года, предприятие более 30 лет поставляет продукцию на внешний рынок - 80% плит ОСП поступает на экспорт в европейские страны.

Плиты ОСП Bolderaja выпускается всех основных категорий - ОСП 2 (внутренние работы), ОСП 3 (влагостойкая для внутренних и внешних работ), ОСП 4 (для внешних работ и условий повышенной влажности).

Плита ОСП - так называемая «улучшенная древесина», лишенная недостатков обычной - не подвержена разбуханию, гниению, поражению насекомыми. 95% чистой древесины в составе плиты ОСП и крайне малое количество связующих смол - гарантия ее экологической безвредности. Плита OSB Bolderaja изготавливается высокотемпературным прессованием трех слоев натуральной древесной щепы увеличенного размера (длиной до 145 мм). Щепа в слоях взаимно ориентирована - во внешних слоях вдоль оси плит, среднем - перпендикулярно. За счет такого расположения, высокой плотности ( от 650 кг/кв м;) и контролируемого качества сырья получается материал, превосходящий по прочностным характеристикам все существующие древесные плиты.

Свойства, присущие плитам OSB Bolderaja:

Повышенная упругость вдоль продольной оси сочетается с высокой прочностью на изгиб и разрыв;

Устойчивость в воздействию влажности и других неблагоприятных факторов внешней среды. Материал не теряет структуры при длительном нахождении в воде и отличается крайне малой степенью размокания (плита ОСП 3 и ОСП 4);

Простота обработки - без проблем режется, сверлится и т.п. обычным инструментом, кромки не крошатся. Плита OSB удерживает гвозди, шурупы и прочий крепеж так же надежно, как и массив дерева - за счет плотности и однородной структуры;

Декоративность внешнего вида изделий - ясный древесный рисунок;

Хорошие звукоизолирующие и теплоизолирующие свойства;

Отсутствие дефектов в толщине плиты - сучков, трещин, пустот;

Длительный срок службы - при соблюдении технологических условий применения;

Применение плиты OSB Bolderaja широко и разнообразно:

Каркасное домостроение;

Кровельные работы; устройство мансард;  
Обшивка несущих поверхностей - стен, потолков;  
Опалубка, основание под напольное покрытие;  
Мебель, ящики, упаковка.

### **12.6.3 OSB фирмы Georgia Pacific**

Высокая однородность структуры - сохранение стабильности характеристик по всей толще плиты;

Способность держать крепежный материал - практически не отличается от обычной древесины;

Водостойкость - плиты предназначены для использования в условиях постоянного контакта с повышенной влажностью и перепадами температур;

Механические характеристики - упругость вдоль оси плиты ОСП сочетается с прочностью на изгиб и сжатие;

Легкость обработки любым инструментом - важно, что края плит не подвергаются деформации при распиле или нагрузке, практически отсутствуют сколы.

Georgia Pacific производит все основные типоразмеры плит OSB. Применение в каркасном строительстве, устройстве перегородок, стен, полов или кровель - сплошная обрешетка под любые виды кровельных материалов. Плиты ОСП усилят положительные характеристики кровли - способность нести длительные нагрузки без деформации, легкость, влагостойкость, отличное звукопоглощение.

### **12.6.4 OSB фирмы Kronopol**

Завод Kronopol, расположенный в Южной Польше - часть швейцарского концерна Kono, специализируется на выпуске ориентировано-стружечных плит ОСП (OSB). Kronopol первым из производителей использовал в производстве плит OSB конвейерный пресс, обеспечив тем самым точное выдерживание параметров производства, а также большой диапазон размеров плит. Плиты ОСП производства Kronopol соответствуют требованиям

Европейского сертификата EN-300-OSB, а также и российского ГОСТа 10632-89.

Материалом для изготовления плит OSB служит микрошпон хвойных пород (европейской сосны) - прямоугольная плоская древесная щепа, спрессованная послойно со взаимно перпендикулярным расположением слоев - для усиления прочности и упругости готовых плит. Наружные слои отличаются параллельным направлением волокон, расположенных вдоль оси плиты.

Структурные особенности (выравнивание щеп в слоях, сцепление длиноволокнистой щепы) обеспечивают улучшенные механо-технические параметры материала, а пропитка при прессовании искусственными смолами и парафиновыми эмульсиями придает плитам ОСП повышенную устойчивость к воздействию воды и влажного воздуха.

Свойства материала Кронорол OSB:

Прочность, высокая сопротивляемость на изгиб и разрыв, устойчивость к длительным механическим воздействиям.

Влагостойкость - показатель разбухания в % от толщины за 24 часа погружения в воду - менее 15%, причем форма материала не страдает и он не разрушается.

Высокая однородность плит - отсутствие пустот, сучков, трещин, расслоения.

Щепа внешних и внутренних слоев имеет одинаковый размер.

Края не подвержены сколам и удерживают крепежные гвозди, шурупы и пр. так же надежно, как и обычная древесина.

Легкость обработки любым инструментом.

Трудновоспламеняемость - материал практически не горюч.

Кронорол выпускает плиты ОСП с прямыми и фрезерованными краями типа «гребень - паз», удобные для применения при устройстве обрешетки под кровельное покрытие.

Применение плит ОСП:

Влагостойкая сплошная обрешетка под кровельные или напольные покрытия;

Каркасное домостроение - практически все части строения;

Конструкции с постоянной нагрузкой типа опалубки;

Любые виды перегородок и стен.

Толщина	Количество листов в паллете	м <sup>3</sup> в паллете	м <sup>2</sup> в паллете	Вес брутто	Вес нетто
9 мм	102	2,868	318,75	1819,98	1797,21
10 мм	90	2,812	281,25	1899,95	1876,18
12 мм	78	2,925	243,75	1859,99	1836,74
15 мм	60	2,812	187,35	1740	1718,28
18 мм	52	2,812	162,5	1728,2	1701

### 12.6.5 OSB фирмы Glunz

Ориентированно-стружечная плита (ОСП) производства германского концерна Glunz (выпускается под маркой AGEPAN) отличается превосходным немецким качеством и полностью соответствует европейским стандартам качества и экологической чистоты.

Листы ОСП Glunz выпускаются 4 видов, в зависимости от степени прочности на изгиб вдоль главной оси и показателя влагостойкости - увеличение толщины из-за набухания (за сутки).

ОСП 2 (в соответствии с Европейской нормой EN 300/ EN 13986) - прочность на изгиб меньше 20 Н/мм<sup>2</sup>. Применение - только сухое использование, конструкции без постоянной нагрузки, плита обладает меньшей влагостойкостью, благодаря меньшей плотности (580-620кг/м<sup>3</sup>) по сравнению с OSB 3.

ОСП 3 (в соответствии с Европейской нормой EN 300/ EN 13986) - прочность на изгиб - высокая, равна 22 Н/мм<sup>2</sup>, влагостойкость - около 20%. Применение – несущие конструкции в условиях нормальной влажности (изготовление мебели).

ОСП 3 (в соответствии с Европейской нормой Z-9.1-424) - прочность на изгиб та же, влагостойкость - высокая 15%. Находит самое широкое применение - крепкость и гибкость обеспечивает превосходные потребительские качества – каркасное строительство (павильоны, коттеджи), основа под битумную черепицу, обшивка любых поверхностей.

ОСП 4 (в соответствии с Европейской нормой EN 300/ EN 13896) - прочность на изгиб сверхвысокая 30 Н/мм<sup>2</sup>, влагостойкость - сверхвысокая - 12%. Выдерживает самые высокие нагрузки, и потому применяется там, где они постоянны - прежде всего, опалубка или половые покрытия.

### **12.6.6 OSB фирмы Louisiana Pacific Corporation**

Ориентированно-стружечные плиты производства Louisiana Pacific Corporation (США) - востребованный на российском рынке современный строительный материал, находящий себе широкое применение во всех сферах строительства и ремонта.

В составе ОСП Louisiana Pacific Corporation (США) только качественная крупно-нарезанная плоская щепа, полученная при переработки древесины хвойных пород. Доля связующего вещества (фенолформальдегидных смол) составляет не более 10% от массы плит. ОСП сохраняет все естественные полезные свойства древесины как строительного материала, но практически не имеет ее недостатков - не гниет и не коробится от длительного контакта в водой, не разбухает, не трескается при перепадах температур и механических повреждениях. Различная ориентация полос щепы во внешних и внутренних слоях ОСП придает материалу прочность и плотность, недостижимую для других материалов.

Ориентированно-стружечные плиты производства Louisiana Pacific Corporation (США) дополнительно обработаны антисептиком, устойчивым к действию воды. Плиты хорошо зарекомендовали себя в условиях высокой влажности.

Выпускается 4 вида плит ОСП, в зависимости от соотношения прочности на изгиб и влагостойкости. ОСП 1 и ОСП 2 предназначены для использования в сухой среде, для ненесущих и несущих конструкций соответственно.

ОСП 3 имеет высокую степень как влагостойкости, так и сопротивления нагрузке, что позволяет широко использовать этот материал в любых строительных работах. ОСП 3 - основа каркасного строительства в Северной Америке, отличное основание для

напольного покрытия, битумной черепицы или других видов кровельных материалов, конструктивный элемент любых построек.

ОСП 4 отличается еще более высокими показателями прочности и устойчивости к действию влаги, применяется в местах сильной длительной нагрузки - например, опалубке.

### **12.6.7 OSB фирмы Egger**

Группа компаний Еггер - ведущий мировой производитель материалов из дерева и в частности ОСП.

Ее продукция - ориентированно-стружечная плита Egger (OSB “EUROSTRAND”) - трехслойный материал из плоской ориентированной щепы, слои которого взаимно перпендикулярны и проклеены под воздействием высокой температуры и давления. Сырье - сосна, специально выращенная для этой цели. При производстве применяется технология раздельного изготовления щепы для внутреннего и наружных слоев ОСП Egger, что позволяет достичь высоких показателей прочности готового материала. На внешние слои используется щепа длиной не менее 150 мм и толщиной 0,4 мм, аналогичная длине волокон натурального дерева, а наличие трех различно ориентированных слоев обеспечивает материалу прочность большую, чем у обычной древесины.

Свойства ориентированно-стружечной плиты Egger:

1. Минимальное водопоглощение
2. Высокая механическая прочность за счет высокой однородности структуры
3. Высокая плотность материала - 600-650 кг/м<sup>3</sup>
4. Светлый естественный цвет поверхности
5. Красивая естественная структура, выявляющаяся при покрытии маслом или лаком
6. Соответствие высшему гигиеническому классу Е1.

OSB “EUROSTRAND” обладает еще одним ценным свойством - это естественная светлая окраска поверхностного слоя ОСП (без темного оттенка, свойственного продукции других производителей). Это позволяет использовать ОСП Egger для

отделочных работ без предварительной обработки поверхности. Пропитка верхних слоев воском повышают водоотталкивающие свойства материала.

ОСП Egger выпускается в виде шлифованных и нешлифованных плит. Высокие эстетические свойства материала дают возможность использовать его там, где необходимо сочетать особую прочность и сопротивляемость механической нагрузке с декоративными свойствами - например, изготовление готового пола с лаковым покрытием. Материала идеально подходит для возведения внутренних перегородок, мебели, дверей - он имеет идеально ровную поверхность, надежно удерживает с себе крепежные элементы, полностью отсутствуют дефекты (сучки, пустоты, сколы).

Ориентированно-стружечная плита Egger широко применяется в каркасном строительстве, устройстве сплошного настила под кровельные материалы. Качество материала подтверждено тем, что ОСП Egger полностью прошла сертификацию по европейским стандартам EN 300 OSB и российского ГОСТ 10632-89.

### **12.6.8 OSB фирмы Ainsworth**

Ainsworth Lumber Co - канадская фирма по производству древесных материалов, одно из ведущих направлений - производство OSB (ОСП) - ориентированно-стружечных плит. Сырьем для производства служит древесина хвойных пород деревьев, обладающая оптимальными характеристиками для производства древесно-стружечных плит. В Канаде плиты OSB производства Ainsworth используются практически во всех отраслях жилищного строительства, как материал, превосходящий обычные плиточные (типа фанеры или ДСП) по всем показателям. Направленность укладки щепы и ее увеличенные размеры (длиной до 1,4 см) определяют уникальные механические параметры получающегося материала: не только высокая сопротивляемость разлому, но и повышенная упругость вдоль главной оси плиты. Эластичность и прочность на разлом плиты ОСП канадского производства позволяет называть этот материал «улучшенной древесиной».

Свойства плит ОСП:

1. Высокая прочность на изгиб по главной оси - 22 Н/кв мм;
2. Влагостойкость, то есть разбухание после суточного нахождения в воде - менее 17% от толщины плиты;
3. Отсутствие деформации кромок как при обработке, так и воздействию влаги;
4. Прочность - пригодны для использования при изготовлении несущих конструкций;
5. Однородность состава и отсутствие пустот, сучков - за счет этого хорошо удерживаются гвозди, шурупы и пр. крепеж.

Особо стоит отметить экологичность плит ОСП канадского производства - через несколько месяцев после прессования эмиссия формальдегидов не обнаруживается при контроле измерительными приборами. Выпускаются различной толщины - 10, 12, 15, 18, 22 мм и используются в зависимости от предполагаемой нагрузки. Стандартные размеры - 1220×2440 мм, 1250×2500мм. Свойства плит ОСП определяют область его применения - прежде всего там, где необходимо придать жесткость конструкции при сохранении упругости. Это прежде всего строительство, устройство кровель - ОСП плита не утяжеляет конструкцию и служит практически идеальным ровным основанием под кровельный материал, не подверженным действию погодных факторов.

### **12.6.9 OSB фирмы Arbec**

Плита ОСП - это древесностружечная плита, три слоя которой имеют направленное расположение крупнонарезной стружки, причем направление второго слоя перпендикулярно первому и третьему слою. Именно различное ориентирование щепы в слоях создает высокие механические свойства материала. Слои пропитаны связующими веществами (синтетическими восками и смолами) и спрессованы под действием высоких температур и давления. В результате получившийся материал обладает комплексом свойств, превосходящих по качествам обычную древесину или обычные древесные плиты. Сохранение формы при достаточной

гибкости, сопротивление нагрузке без деформации, повышенная влагостойкость, высокая степень звукоизоляции делают ориентировано - стружечные плиты Arbec самым популярным строительным материалом этого класса в Канаде. В зависимости от класса, ОСП применяются в сухих или влажных условиях.

Плиты OSB 3 прежде всего используется в строительстве - в самых различных вариантах. Там, где необходим особо прочный и легкий водостойкий материал - обшивка стен, потолков, подложка под все виды кровельных покрытий, устройство пола. Более толстые плиты применяются в местах с постоянной нагрузкой - изготовление опалубки.

Широкое применение плит ОСП Arbec находит в производстве корпусной мебели.

Толщина плит ОСП, выпускаемых фирмой Arbec различна - 6, 9, 12, 15, 18 мм. Размеры - 2440×1220 мм.

### **12.6.10 OSB фирмы Grant**

Ориентированно-стружечная плита (плиты OSB 3) производства фирмы Grant - современный трехслойный древесно-стружечный прессованный материал, с использованием которого облегчаются многие сложные строительные задачи как частного, так и промышленного строительства.

Во внешних слоях особым образом нарезанная однородная щепка укладывается вдоль длины OSB плиты, во внутреннем слое - поперек длины плиты. За счет такого взаимного расположения слоев достигается высокая механическая прочность, по всем показателям превосходящая другие древесные материалы.

Свойства материала, отличающие его от фанеры и ДСП:

Высокая плотность и однородность по всей толщине плит - за счет одинакового размера стружки и малого количества связующих смол;

При обработке (распиле и т.п.) OSB плиты край материала не деформируется и не крошится;

Надежно удерживаюся крепежные элементы в толще плиты OSB; Звукоизоляционные свойства за счет высокой плотности.

OSB Grant обладает высокой степенью экологической чистоты за счет использования в ее составе современных синтетических клеящих веществ и смол, не допускающих выделения элементов в атмосферу. Материал предпочтительно использовать в жилищном (мансардном, коттеджном) строительстве.

С появлением ориентированно-стружечных плит сильное развитие получило так называемое каркасное строительство по канадским технологиям. Качество плит OSB позволяет использовать его практически в любой зоне собираемого дома - кровле, обшивке стен, съемной опалубке, половом покрытии. Легкий материал делает ненужными затраты на массивный фундамент и дорогостоящие подъемные работы, а его высокие гидрофобные свойства исключительно подходит для строительства в любой климатической зоне с длительным холодным периодом и обилием осадков. Важно, что плиты OSB Grand делает постройку дома экономически более выгодной, позволяя снизить затраты на материалы и работу.

## Глава 13 MDF

(Middle Density Fiber boards, ДВП средней плотности, «МДФ»)

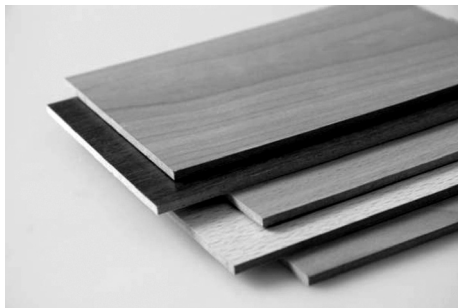
Буквенное обозначение МДФ расшифровывается по-разному: и как аббревиатура словосочетания «мелкодисперсные фракции», и как калька с английского сокращения MDF, Medium Density Fiberboard или немецкого Mittel Dichte Fazerplatte (древесноволокнистая плита средней плотности).

В любом случае аббревиатура довольно точно отображает структуру материала. МДФ изготавливается из мелкодисперсионной древесноволокнистой массы, которая формируется и обрабатывается методом сухого горячего прессования. В качестве связующего вещества используется лигнин, который выделяется из древесины при нагревании. Дополнительные связующие не используются, поэтому МДФ справедливо называют экологически чистым материалом - продукт не содержит формальдегидных смол.

Особое свойства плит МДФ - повышенная влагостойкость, поэтому их можно с успехом использовать в отделке ванной комнаты или кухни. Показатели механической прочности также очень высоки. Кроме того, МДФ отличается биостойкостью, огнеупорностью, атмосферостойкостью. Материал хорошо поддается обработке (резке, окрашиванию, ламинированию).

При всех этих характеристиках, зачастую превосходящих пока-

затели дерева, МДФ дешевле своего деревянного предка. МДФ - сегодня лидер среди материалов, используемых для производства корпусной мебели, дверных полотен и коробок. Прочность МДФ в 1,8-2 раза выше прочности древесностружечных плит.



Плиты имеют однородную структуру и хорошо поддаются обработке резанием с образованием из под режущего инструмента чистой поверхности. В отличие от натуральной древесины они не склонны к короблению и растрескиванию. Плиты хорошо шлифуются, их можно тиснить. На них могут быть нанесены высококачественные лакокрасочные покрытия.

Для этих целей нужно использовать другие отделочные материалы. При всем этом уход за стеновыми панелями очень прост. Достаточно ежемесячно протирать их влажной салфеткой, при этом можно использовать современные моющие средства, кроме тех, которые содержат абразив.

Поэтому плиты средней плотности в мебельной промышленности применяются, в первую очередь, для изготовления фасонных деталей мебели (фасадные элементы шкафов, спинки кроватей, профилированные крышки столов, фасонные элементы каркасов мягкой мебели и т.п.).

На плиты типа МДФ не был разработан государственный стандарт и они изготавливаются по заводским техническим условиям. Поэтому приведенные ниже сведения имеют обобщенный, справочный характер. Плиты выпускаются необлицованными или облицованными декоративными бумажными пленками, как правило, на основе термореактивных полимеров.

Размеры выпускаемых плит: длина 2800, 2440 мм; ширина - 2070, 1830 мм; толщина 8-60 мм.

Могут изготавливаться плиты и других размеров.

Предельные отклонения: по длине и ширине  $\pm 5$  мм, по толщине  $\pm 0,2$  мм.

Древесноволокнистая плита более высокой плотности и большей толщины называется также англоязычной аббревиатурой - HDF (то же самое, но с «приставкой» high). Материал отличается по своим свойствам от ДВП средней плотности (MDF), которой сегодня отдается предпочтение в строительстве и мебельном производстве. HDF характеризуется еще большей механической прочностью (а именно, прочностью на излом) и повышенной водостойкостью (в 2 раза выше, чем у МДФ).

HDF по своим характеристикам подобна меламину. Панели из этого материала очень прочные, ими можно отделывать большие площади.

В ассортименте Locatelli имеются панели без отделки Grezzo, которые можно покрасить краской на масляной основе или автомобильной краской. Есть также и отделанные образцы, изготовленные с применением каширования, отделанные шпоном или фольгированной бумагой под алюминий и т.д. Недостатки панелей из HDF следующие. Во-первых, их не рекомендуется использовать во влажных помещениях. Во-вторых, перед отделкой HDF-панелями стену придется подготовить, так как через отверстия перфорированных изделий могут в той или иной мере быть заметны дефекты поверхности (в зависимости от степени открытости перфорации). Простым выходом является декорирование пространства между стеной и панелью черным материалом (бумагой, краской, тканью), что, кстати, подчеркивает красоту панелей.

Первоначально панели MDF использовались в основном в качестве элементов мебели. В настоящее время сфера применения остается для данного продукта приоритетной.

Однако, со временем наблюдается постепенное увеличение сферы применения MDF за пределами мебельного производства. На сегодняшний момент MDF используют как:

- Стеновые внутренние и внешние панели;
- Панели для изготовления мебели;

Основа для изготовления ламинированного паркета (как правило, в этом направлении используется одна из разновидностей MDF- HDF - MDF повышенной плотности, отличие которой состоит в том, что большая плотность панели достигается за счет еще большего давления при прессовании панели);

- Внутренние двери;
- Оконные рамы.

В данный момент на рынке существует 40 декоров стеновых панелей. Они делятся на четыре серии: Классика, Медиум, Модерн и Фэнтэзи - от простой имитации различных пород дерева серий Классика и Медиум до очень элегантных цветовых соче-

таний серий Модерн и Fantazi. Можно комбинировать различные оттенки стеновых панелей, выбирая наиболее интересные сочетания.

Используя стеновые панели на основе МДФ, можно симитировать абсолютно любую поверхность. Существуют декоры под натуральное дерево (дуб светлый, дуб рустикал, вишня и др.) - они натурально передают различные оттенки древесных пород или декоры, имитирующие листву различных пород (сосновая ветвь, моховой дуб, мята ...), декоры под мрамор (мрамор зеркальный, мрамор зеленый, мрамор розовый).

Располагать стеновые панели в пространстве и плоскости можно по-разному. Это целиком дело вкуса. Чаще всего их ставят вертикально от пола к потолку, что дает визуальный эффект большей высоты помещения, однако, никто не запрещает расположить панели горизонтально и даже под углом к горизонту, важно только помнить, что рейки обрешетки всегда должны располагаться перпендикулярно самим панелям. Кстати, именно наклонное крепление придает помещению наиболее интригующий вид, хотя такая обшивка и потребует больше труда и точности расчетов.

Стеновые панели на основе МДФ можно использовать при отделке стен, потолков, ниш, лестничных проемов, мансард любых помещений: кухонь и коридоров, офисов, баров, кафе и ресторанов, молодежных клубов и танцевальных залов, медицинских учреждений и т.д.

Преимущества, МДФ следующие:

- Высокое качество, широкое практическое применение, однородные состав и плотность;
- Идеальные характеристики при механической обработке и возможность получения различных профилей;
- Заменитель натурального дерева, альтернатива в отношении фанеры и столярных плит;
- Легко режется, сверлится, фрезеруется, имеет гладкую поверхность;
- Класс гигиены E1, толщина от 3 до 38 мм.

МДФ выступает на рынке древесной продукции главным конкурентом ДСтП по сравнению с которыми обладает рядом преимуществ:

- Меньшим процентом разбухания в воде по сравнению с ДСтП, более высокой стабильностью размеров;
- Лучшими, показателями прочности;
- Меньшим содержанием свободного формальдегида (соответствие мировым стандартам и новым российским СНИП: предел эмиссии формальдегида на уровне 0,30 частей на миллион (ppm) при загрузке 0,26 м/м (0,08 ft<sup>2</sup>/ ft<sup>2</sup>))
- Большим выходом готовой продукции по отношению к исходному сырью (50-70%);

Плиты МДФ производятся различных размеров и плотности, что дает возможность конструировать конечный продукт с заранее заданными свойствами.

В отличие от других древесных плит, однородность и ровное распределение волокон по всей толщине позволяют производить детальную машинную обработку на лицевой поверхности и на краях, избегая поломки или образования пустот в середине плиты;

Гладкая, ровная, однородная, плотная поверхность МДФ без сучков и текстуры облегчает процесс отделки, особенно для такого требовательного использования, как тонкое ламинирование или непосредственное нанесение рисунка.

Преимущества MDF по сравнению с традиционными плитными материалами

MDF выступает на рынке древесной продукции главным конкурентом ДСтП по сравнению с которыми обладает рядом преимуществ:

- меньший процент разбухания в воде по сравнению с ДСтП, более высокая стабильность размеров,
- лучшие показатели прочности,
- меньшее содержание свободного формальдегида (соответствие мировым стандартам и новым российским СНИП: предел эмиссии формальдегида на уровне 0.30 частей на миллион (ppm) при загрузке 0.26 м/м (0.08 ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>)),

- большой выход готовой продукции по отношению к исходному сырью (50-70 %),
- плиты MDF производятся различных размеров и плотности, что дает возможность конструировать конечный продукт с заранее заданными свойствами,
- в отличие от других древесных плит, однородность и ровное распределение волокон по всей толщине позволяет производить детальную машинную обработку на лицевой поверхности и на краях, избегая поломки или образования пустот в середине плиты,
- гладкая, ровная, однородная, плотная поверхность MDF без сучков и текстуры облегчает процесс отделки, особенно для такого требовательного использования как тонкое ламинирование или непосредственное нанесение рисунка.

Первоначально панели MDF использовались в основном в качестве элементов мебели. На сегодня эта сфера применения остается для данного продукта приоритетной.

Однако, со временем наблюдается постепенное увеличение сферы применения MDF за пределами мебельного производства. На сегодняшний момент MDF используют как:

- стеновые внутренние и внешние панели,
- панели для изготовления мебели,
- основа для изготовления ламинированного паркета (как правило, в этом направлении используется одна из разновидностей MDF- HDF -MDF повышенной плотности, отличие которой состоит в том, что большая плотность панели достигается за счет еще большего давления при прессовании панели)
- внутренние двери,
- оконные рамы.

### **13.1 Основные используемые материалы для производства MDF**

Сырьём для заводов и цехов, производящих плиты МДФ и ДВП, служат в основном круглые лесоматериалы и отходы лесопиления лиственных и хвойных пород. Из легкой древесины

хвойных пород получают светлые плиты высокого качества. Применяются также щепа, получаемая как попутный продукт на лесопильных заводах с современными пыльно-фрезерными брусующими агрегатами, станочная стружка и опилки. На предприятиях использующих привозное сырьё, его обязательно подвергают очистке и промывке.

Для производства древесноволокнистых плит на линии, наиболее оптимальным является состав сырья:

- |  |           |
|--|-----------|
| - Хвойные породы древесины:                    | 80%       |
| - Лиственные породы древесины:                 | 20%       |
| - Карбамидоформальдегидная смола:              | 50%       |
| - Хлорид аммония (порошок): концентрация       | 10%-20%   |
| - Парафиновая эмульсия (раствор): концентрация | 25%       |
| - Аммиачная вода: концентрация                 | 20% - 25% |

## **13. 2 Технологический процесс**

### **13.2.1 Участок подготовки щепы:**

На барабанных дробилках исходный древесный материал рубится в щепу нужного размера и накапливается в 200-кубовом бункере-накопителе, который обеспечивает возможность равномерной подачи сырья. Из бункера, по мере необходимости, дробленая щепа поступает на узел очистки, где просеивается через сито для очищения от инородных включений, избавляется от песка и грязи в устройстве промывки с системой рециркуляции воды, а также очищается мощным электромагнитом от металлических частиц. После, полностью очищенная древесная крошка поднимается ковшевым элеватором на участок подготовки волокна. Весь процесс контролируется автоматически.

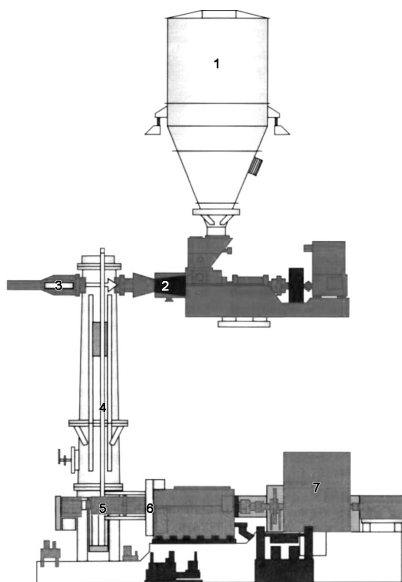
### **13.2.2 Участок подготовки волокна:**

#### ***Получение волокна.***

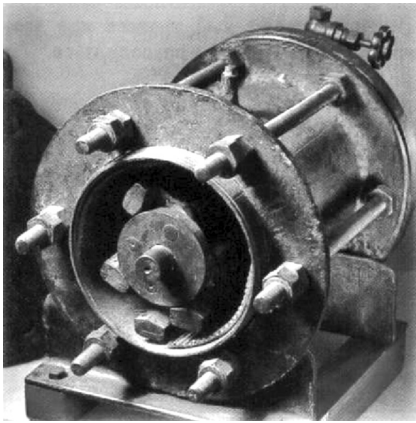
В качестве исходного сырья для производства древесноволокнистых плит применяются круглые лесоматериалы (как правило, низкого качества), отходы деревообработки и технологиче-

ская щепы. Однако конечным продуктом процесса подготовки сырья для изготовления плит МДФ является древесное волокно.

Предком современных установок для получения древесного волокна является дефибрер, изобретенный в 1930 году доктором Арне Асплундом (Arne Asplund), основателем известной фирмы *Sunds Defibrator*, позже вошедшей в состав компании *Metso Panelboard*. За достижения в области разработки технологии и оборудования для реализации этого метода он дважды был отмечен Королевской шведской академией технических наук: в 1947 году – золотой медалью, а в 1969 году – большой золотой медалью Академии. Одновременно с ним также занимались разработкой рафинера и братья Бауэр в США. Их продукт был положен в основу хорошо известной в настоящее время конструкции размольной установки австрийской компании *Andritz AG*. Они же первыми предложили наиболее распространенный в настоящее время термомеханический способ выработки волокна из древесины, который называют также рафинерным методом. Интенсивное увеличение выпуска древесноволокнистых плит и, в частности, МДФ побудило ведущих мировых производителей постоянно совершенствовать размольные системы в целях улучшения характеристик волокна, от которого во многом зависит качество плит, а также производительности систем, снижения энергозатрат и т. д. Ниже речь пойдет о некоторых современных технических ре-



Система получения волокна под давлением (фирма Pallmann): 1 – пропарочный бункер; 2 – напорный шнековый питатель; 3 – предохранительный клапан; 4 – подогреватель; 5 – разгрузочно-загрузочный шнек; 6 – рафинер; 7 – двигатель привода рафинера



Предок современных размольных установок – дефибратор Арне Асплунда

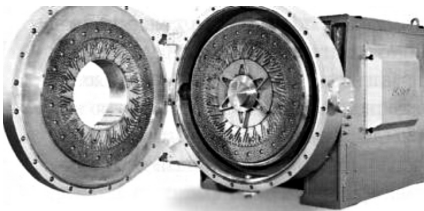
шениях, предложенных рядом зарубежных фирм для снятия этих сложностей.

### **Сырьевая проблема**

В последнее время в производстве МДФ наряду с крупным лесом все шире используются отходы деревообработки (опилки, стружка) и вторичная древесина. Применение такого смешанного сырья приводит к заметному повышению риска увеличения абразивного воздействия на элементы размольной установки. В связи с этим

ведущие производители настоятельно рекомендуют устанавливать перед линией размола эффективную систему промывки водой и очистки сырья. Примером может служить система PWN фирмы Pallmann. Еще один известный поставщик систем подготовки сырья фирма Andritz также непрерывно совершенствует технологические процессы, которые позволяют достигать высокой чистоты сырья. Таким образом, обеспечивается не только увеличение срока службы размольной гарнитуры, но более высокое качество конечного продукта – плит МДФ. Оптимальные свойства волокнистой плиты увеличивают долговечность режущих инструментов, применяемых для ее обработки на мебельных предприятиях, что в конечном итоге приводит к конкурентоспособной рыночной

цене продукции.



Современный рафинер Andritz 50/54-1CP с поворотной дверью

Процесс получения волокна начинается в пропарочном бункере. В случае использования древесных отходов изменения в конструкцию линии размола должны быть внесены уже на этом этапе. Фирма Andritz предлагает новую си-

стему подачи древесной массы в пропарочный бункер, которая обеспечивает смешивание различных фракций сырья в строго определенном соотношении и выравнивание этой пропорции по всему объему, загружаемому в бункер. Это необходимо по целому ряду причин. Главным образом потому, что от породного и фракционного состава древесной массы на входе в размольную установку зависят параметры ее рабочего режима, в частности зазор между размольными дисками. Эта зависимость контролируется автоматической системой управления линией размола. Кроме того, с изменением характеристик сырья меняются и условия работы самого пропарочного бункера. Для учета этого обстоятельства ведущие компании предлагают новую на сегодняшний день конструкцию бункера с подвижным дном.

Из пропарочного бункера специальными шнековыми питателями масса подается в подогреватель. Назначение этого устройства не только в том, чтобы обеспечить непрерывную подачу сырья, но и в том, чтобы поддерживать постоянное давление в подогревателе. После промывки и пропаривания масса имеет избыточную влажность. Еще одной важной функцией питателей является удаление (отжим) избыточной влаги и выравнивание влажности по объему потока. Это позволяет сократить подачу пара в подогреватель, а также уменьшить нагрузку на сушилку. В зависимости от сырьевого материала и производительности установки при условии использования современных напорных шнековых питателей может быть достигнуто понижение этой нагрузки на 10-20%. Скорость подачи сырья питателем обусловлена составом материала. Кроме того, для высокопроизводитель-



Пропарочный бункер с разгрузочным шнеком

ных линий существует взаимосвязь между характеристиками сырья и формой шнека и корпуса питателя.

Регулирование температуры и времени предварительного прогрева в зависимости от характеристик древесной массы возложено на систему управления линией.

И, наконец, еще один важный аспект обсуждаемой проблемы. От конструкции гарнитуры размольной установки (размольных сегментов) существенно зависит качество получаемого волокна. Ведущие фирмы-производители, такие как Durametal (производит гарнитуры для рафинеров совместно с группой Andritz), рекомендуют согласовывать эту конструкцию с характеристиками местного сырья. Обладая мощной лабораторной базой и большим опытом, при тесном сотрудничестве с заказчиком специалисты имеют возможность в кратчайшие сроки обеспечить оптимальные параметры сегментов.

#### **Главный элемент системы**

При создании размольных установок большой мощности приходится решать ряд инженерных задач. Важнейшие из них: оптимизация площади рабочих поверхностей, удаление пара, обеспечение параллельности дисков, устройство подшипников, уменьшение центробежных сил.

Площадь рабочих поверхностей определяет производительность и мощность размольной установки. Расширение поверхностей может быть достигнуто за счет увеличения диаметра дисков, но при этом растет разница окружных скоростей центральных и периферических областей гарнитуры, что влияет на качество древесного волокна. При конструировании установок необходимо находить оптимальные соотношения между площадью поверхностей истирания, мощностью двигателя, производительностью установки и качеством древесного волокна.

Фирме Pallmann в результате целого ряда инновационных решений удалось разработать новую серию установок размола ЕСО, самая крупная из которых имеет диаметр дисков 1880 мм (74 дюйма) и мощность привода 14 МВт. Этот рафинер был впервые представлен на рынке в 2007 году и пока еще не был установлен.

Самый большой действующий рафинер для линий высокой производительности в настоящее время введен в работу фирмой Andritz. Этот рафинер с одинарным диском размола диаметром 70 дюймов успешно эксплуатируется в составе нескольких действующих линий, производящих древесноволокнистые плиты,



Напорный шнековый питатель Andritz 26 – крупнейшая в мире установка

а также в целлюлозно-бумажной промышленности. Самая крупная система размола под давлением в настоящее время заказана фирмой Duratex (Бразилия) и будет запущена в начале 2009 года. Одной из последних разработок фирмы Metso Panelboard являются размольные установки серии EVO. В них наряду с однонаправленными сегментами применяется новая однонаправленная размольная камера. Спиральный ход волокна в камере в сочетании с выпускным клапаном, открывающимся строго в направлении потока, обеспечивает высокое качество волокна и устранение потерь энергии, возникающих при завихрениях в потоке волокна. В результате экономия электроэнергии составляет от 25 до 50 кВт на тонну хвойного волокна (1-2%).

Для эффективного размола нужно создать достаточно высокое давление на щепу со стороны дисков. Осевые нагрузки, возникающие в крупных установках, достигают 60 тонн. Для их восприятия применяют сложные упорные подшипники, оснащенные специальными системами смазки и охлаждения. Потери энергии в этом узле могут составить до 5% от в целом потребляемой установкой. Поэтому другой путь сокращения энергозатрат – модернизация системы подшипников, на которых установлен вал ротора размольной установки. С этой целью фирмы Pallmann и Andritz применяют в своих установках существенно доработанные роликовые подшипники для принятия радиальных усилий и специальные гидродинамические – для осевых усилий. Это по-

звolyет достичь примерно такой же экономии электроэнергии, как и в установках EVO.

На сегодняшний день все производители рафинеров поставляют свои машины с гидравлическим регулированием подшипникового зазора.

Серия EVO Defibrator™ оснащена четырьмя роликовыми подшипниками нулевого биения. Центробежная сила, действующая на вращающийся диск, пропорциональна радиусу диска и частоте его вращения. Поскольку чрезмерная нагрузка может привести к разрушению диска, конструкция установки должна обеспечивать разумный компромисс между желанием повысить ее производительность и требованиями безопасности. В частности, это касается крепления размольной гарнитуры. Разработчикам современных установок удалось решить чрезвычайно сложную задачу. Операция замены размольных сегментов существенно влияет на эффективность работы размольной установки (в том числе и по времени). С другой точки зрения, как отмечалось выше, крепление сегментов должно быть надежным. Сегодня время их замены сведено к минимуму за счет особой конструкции крепежных болтов, их минимального количества и установки их с обратной (нерабочей) стороны дисков. Последнее, помимо прочего, положительно влияет на качество волокна. Фирма Andritz предлагает один из наиболее технологичных вариантов конструкции корпуса размольной установки. Статор расположен на поворотной «двери» с оригинальной системой уплотнения и фиксации. То есть для доступа к размольным дискам достаточно разблокировать «дверь» и открыть ее, а не осуществлять трудоемкую операцию разборки корпуса установки с применением подъемно-транспортного оборудования. Эта конструкция позволяет сократить продолжительность простоя для замены гарнитур до рекордно короткого времени. Согласно заводскому опыту, замену гарнитур можно начинать немедленно после остановки рафинера: нет необходимости ждать, пока оборудование остынет.

Еще одна особенность современного оборудования для получения волокна состоит в том, что размольные установки оснащаются системой рециркуляции пара, образующегося в процессе

размола. Этот пар отводится по специальному трубопроводу в подогреватель, обеспечивая при этом улучшение режима размола и сокращение вредных выбросов в атмосферу.

Следующий аспект заключается в том, что регулирование зазора между ротором и статором установки осуществляется за счет осевого перемещения ротора. Часто это перемещение проводится с помощью электромеханического устройства.

Системы управления современных размольных установок, кроме регулирования перечисленных выше параметров, осуществляют контроль качества готового волокна. В качестве примера можно привести измерительную систему Fiber Scan 2000 фирмы Andritz. Она предназначена для точного и непрерывного мониторинга размеров волокна и выполняет измерения через каждые 10 секунд. Оптический сканер прибора регистрирует несколько сотен волокон в секунду и с помощью микропроцессора классифицирует их по дискретным значениям размеров (256 значений (классов) длины и 164 значения (класса) толщины). Минимальная длина, которую может зарегистрировать прибор, – 0,028 мм. Цель контроля – оптимизация фракционного состава волокна, т. е. в первую очередь – сокращение доли мелкой фракции, т. к. именно увеличение количества мелких волокон приводит к заметному перерасходу связующего.

Современные системы управления, как правило, обеспечивают визуализацию процесса получения волокна для удобства работы оператора.

### **Материал для сегментов**

Гарнитуру размольных плит приходится периодически менять из-за ее износа, который существенно влияет на режим работы рафинера, его производительность и качество волокна. Для увеличения ресурса размольных сегментов требуется обеспечить их оптимальную конструкцию, а также выбрать подходящий для конкретных условий работы рафинера материал сегментов. Прежде чем сформулировать требования к этому материалу, необходимо рассмотреть факторы, влияющие на интенсивность износа гарнитуры.

Основная причина износа размольных сегментов – абразивное воздействие древесной массы и посторонних включений. Абразивный износ проявляется в виде скругления режущих кромок выступов сегмента. Именно затупление приводит к необходимости замены инструмента, поскольку качество (фракционный состав и размеры волокон) в этом случае существенно ухудшается.

Кратко охарактеризуем другие наиболее важные факторы, которые определяют срок службы сегментов.

Попадание крупных инородных частиц может привести к местному разрушению выступов или к их выкрашиванию. Оно может произойти также в результате соприкосновения дисков. Высокая влажность сырья и активное образование пара в сочетании с повышенным давлением и достаточно большой скоростью потока обуславливает возникновение эрозии на поверхности сегментов.

Влажность, высокая температура и низкое значение рН среды в размольной камере способны вызвать коррозию сегментов.

В итоге к материалу сегментов предъявляются достаточно противоречивые требования. Он должен хорошо противостоять абразивному износу, т. е. обладать высокой твердостью, и в то же время иметь достаточно высокое значение вязкости, чтобы противостоять ударным нагрузкам и эрозии. Из-за больших нагрузок в результате возникновения центробежных сил нельзя забывать о прочности, а также о коррозионной стойкости.

Практика использования рафинеров современной конструкции в производстве МДФ показала, что наиболее эффективными материалами для размольной гарнитуры являются износостойкие высоколегированные белые чугуны, выплавленные в соответствии со стандартами ASTM 532 (США) или EN JN2029, EN JN2039, EN JN2049, EN JN3029, EN JN3039, EN JN3049 (ЕС). В таблице 1 приведен химический состав основных типов таких сплавов.

*Таблица 1. Химический состав (в соответствии с ASTM 532) высоколегированных износостойких белых чугунов*

Класс	Тип	Обозначение	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	P	S
I	A	Ni–Cr– Hc	2,8- 3,6	2,0 макс.	0,8 макс.	1,4-4,0	3,3- 5,01	1,0 макс.	-	0,3 макс.	0,15 макс.

I	B	Ni-Cr-Lc	2,4-3,0	2,0 макс.	0,8 макс.	1,4-4,0	3,3-5,0	1,0 макс.	-	0,3 макс.	0,15 макс.
I	C	Ni-Cr-GB	2,5-3,7	2,0 макс.	0,8 макс.	1,0-2,5	4,0 макс.	1,0 макс.	-	0,3 макс.	0,15 макс.
I	D	Ni-HiCr	2,5-3,6	2,0 макс.	2,0 макс.	7,0-11,0	4,5-7,0	1,5 макс.	-	0,10 макс.	0,15 макс.
II	A	12% Cr	2,0-3,3	2,0 макс.	1,5 макс.	11,0-14,0	2,5 макс.	3,0 макс.	1,2 макс.	0,10 макс.	0,06 макс.
II	B	15% Cr	2,0-3,3	2,0 макс.	1,5 макс.	14,0-18,0	2,5 макс.	3,0 макс.	1,2 макс.	0,10 макс.	0,06 макс.
II	D	20% Cr	2,0-3,3	2,0 макс.	1,0-2,2	18,0-23,0	2,5 макс.	3,0 макс.	1,2 макс.	0,10 макс.	0,06 макс.
III	A	25% Cr	2,0-3,3	2,0 макс.	1,5 макс.	23,0-30,0	2,5 макс.	3,0 макс.	1,2 макс.	0,10 макс.	0,06 макс.

Однако исследования в этой области продолжаются. Их целью является повышение износостойкости и коррозионной стойкости, для того чтобы удлинить срок службы размольных сегментов. Лидерами в этой области являются две североамериканские фирмы: J&L Fiber Services и Durametal Corp (входящая в группу Andritz). Эти фирмы поставляют высококачественные гарнитуры для размольных установок, использующихся на плитных производствах и ЦБП.

Например, фирма J&L Fiber Services разработала сплав JL50, который обладает более высокой износостойкостью по сравнению с наиболее широко применяемым стандартным сплавом 20%Cr, обеспеченной без потерь в ударной вязкости и эрозионной стойкости. Ресурс сегментов из предлагаемого сплава превышает аналогичный показатель стандартного на 20-35%. Эффект достигнут в частности за счет увеличения объемной доли карбидов на 14% по сравнению с хромистым чугуном 20%Cr.

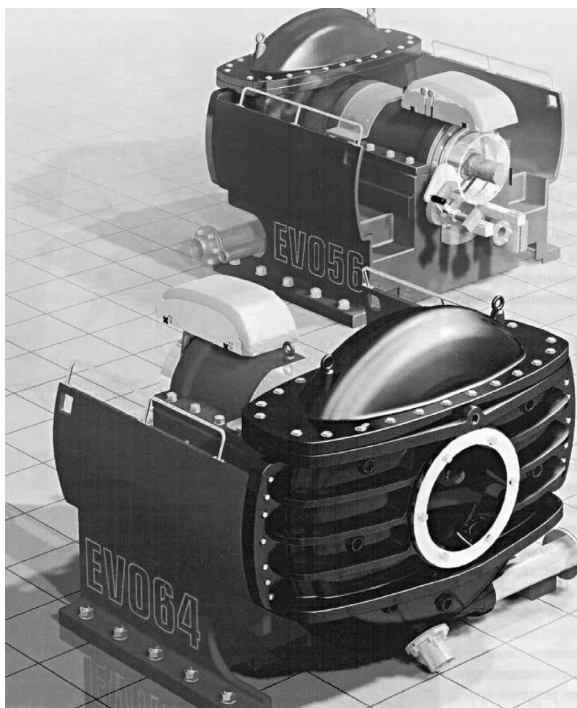
### **Возможности модернизации существующих производств**

Сегменты не единственные детали размольной установки, подверженные износу. Поток пара и волокна, выходящего из пространства между дисками обладает достаточно высокой кинетической энергией, для того, чтобы соприкасаясь с корпусом рафинера, вызвать его абразивный и эрозионный износ. Для того, чтобы увеличить ресурс размольных установок фирма Metso

Panelboard предлагает техническое решение, касающееся конструкции статора. Поток волокна и пара с помощью специального дефлектора отклоняется и частично рассеивается, что существенно снижает интенсивность его воздействия на поверхность корпуса рафинера.

Многие из инноваций могут быть реализованы на действующих линиях без значительных капитальных затрат и длительной остановки производственного процесса. Приведем несколько наиболее впечатляющих примеров.

Фирма Andritz имеет большой опыт модернизации установок подготовки волокна. Такие мероприятия были осуществлены на предприятии Kronospan Sanem. Менее чем за 7 дней была проведена полная реконструкция системы размола под давлением с заменой рафинера 50/54 дюймов – 1СР на рафинер 54/60 дюймов – 1СР с выходом на заявленные показатели.



Новая серия размольных установок фирмы Metso Panelboard

Процесс замены размольной установки M54 Defibrator™ на новую систему EV056 занял всего 11 дней, а через 600 часов после запуска от технологов предприятия поступила информация о первых результатах работы системы. Удельный расход электроэнергии для всех степеней помола сократился на 10%, а уменьшение расхода пара составило 25-45%. Эти результаты достигнуты в основном за счет эффективного снижения влажности сырья.

В связи с этим возможна поэтапная реконструкция системы размола. В первую очередь, производится модернизация оборудования, предназначенного для подготовки сырья. Имеется в виду установка более современных пропарочных бункеров, шнековых питателей и подогревателей.

\*\*\*

Крошка щепы засыпается в накопительный 25-кубовый бункер, расположенный непосредственно на шнековом транспортере, который равномерно загружает щепу в пропарочный котел.



Крупнейший на сегодняшний день действующий рафинер Andritz 70

Котел представляет собой вертикальную цилиндрическую камеру высотой 8 метров, по которой 180-градусный пар, постоянно циркулируя под давлением до 10 атм., проходит через слои щепы, разрушая основные соединительные связи между волокнами древесины и удаляя часть влаги. В нижней части расположена мешалка, где в прогретую массу добавляется парафиновые и другие добавки, требующие горячего смешивания. Далее разогретая смесь загружается в рафинёр шнековым транспортером, который имеет коническую форму, исключаящую пульсацию потока щепы для равномерного поступления древесной массы на размол. Равномерность потока обеспечивает стабильную работу рафинёра и однородность получаемых измельченных волокон. Принцип шнековой загрузки/разгрузки позволяет не только стабильно и с нужной интенсивностью подавать обрабатываемую массу, но и исключает возвратный поток пара, создавая компрессионную пробку.

Рафинёр представляет собой дисковую мельницу, где пропаренная щепа измельчается размольными дисками и окончательно смешивается (пропитывается) парафином. Современная, технологичная конструкция рафинёра позволяет добиться нужного качества волокна за один размол. Расстояние между дисками, сила прижима, скорость и направление вращения, соосность и параллельность дисков контролируется и регулируется автоматически через ЧПУ, в зависимости от качества древесины, нагрева размольных дисков, заполнение пропарочной камеры и требуемых характеристик волокна. Без должной автоматизации этот процесс представить не возможно.

### **13.2.3 Участок пропитки и сушки:**

Процесс пропитки осуществляется непосредственно перед сушкой волокна. В однородно смешанное и размолотое с парафином волокно, разогнанное воздушным потоком в пусковой трубе сушилки до скорости 28 - 30 м/с, через специальные форсунки-распылители добавляется двухкомпонентный клей (смола) и другие технологические добавки, частицы которых, ударяясь об волокна, равномерно распределяются по их поверхности. Далее

смесь поступает в вертикальную трубу-сушилку, где смешиваясь с горячим воздухом интенсивно теряет оставшуюся влагу. Далее готовая смесь попадает в 65-кубовый бункер хранения, откуда будет подаваться на участок формовки.

Не лишним будет заметить, что данный участок наиболее опасный в плане возникновения пожара или даже взрыва. Мелкое древесное волокно во взвешенном состоянии с почти пятиградусным горячим воздухом потенциально представляет достаточную угрозу объемного взрыва. Несмотря на то, что подобные случаи редки, для предотвращения даже потенциальной возможности таких ЧП используются не только новейшие системы предупреждения возгорания и пожаротушения, но и высоконадежные устройства искрового обнаружения непосредственно в трубе-сушилке, - срабатывание датчиков вызовет моментальный сброс воды.

Контроль за всем процессом на данном технологическом участке осуществляется с помощью ЧПУ.

#### **13.2.4 Участок формовки и горячего прессования:**

Горизонтальный бункер для сухого волокна оснащен донным транспортером, непрерывно подающий весь объем волокна к наклонному ряду шипованных вальцов, вращающихся навстречу друг другу. Тем самым достигается гомогенность (однородность, без комков) волокнистой массы, проходящей между ними и равномерность рассыпания на ленту конвейера формирующего узла.

Прижим, удержание и уплотнение формирующегося ковра осуществляется вакуумной системой, отсасывающей воздух через отверстия в ленте транспортера. Далее ковер проходит под гребенчатым вальцом, положение которого регулируется под определенную толщину ковра. Будучи сопряженным с датчиком плотности поступающего слоя, и управляемый общей системой ЧПУ, гребенчатый валец устанавливается на нужную высоту, удаляя излишки волокна, которые возвращаются в горизонтальный бункер.

Сформированный ковер отправляется в предварительный пресс проходного типа, после чего уплотненная, подпрессованная заготовка будущего листа подрезается со всех сторон соглас-

но формату загрузочного поддона. Укладка поддонов в загрузочную этажерку происходит автоматически по очереди на все 15 уровней. Уложенные заготовки одновременно отправляются в многоэтажный горячий пресс, где компоненты клея при высоком давлении и температуре окончательно полимеризуются превращая рыхлый ковер в твердый однородный лист. После прессования, все 15 листов отправляются в разгрузочную этажерку.

Загрузочное и разгрузочное устройства (этажерки) при поступлении отрезков ковра и выходе отпрессованных листов перемещаются вверх-вниз согласованно (через ЧПУ) с общим циклом 15-этажного пресса, формирующей машины и механизмом веерного охладителя.

### **13.2.5 Участок охлаждения, обрезки и шлифования:**

Еще горячие отпрессованные плиты охлаждаются в веерном охладителе. Постепенное падение температуры и плавное изменение гравитационного воздействия не допускают разрушения еще неокрепших связей между волокнами, а также деформации листа. Далее охлажденные листы режутся проходными продольными и поперечными пилами согласно заданным размерам с минимальными припусками.

Затем обе пласти листов последовательно шлифуются на двух 4-х головочных шлифовальных станках (основной и финишной обработки).

В конце цикла производства готовые листы сортируются, штабелируются и упаковываются для дальнейшей транспортировки или хранения.

Далее – оптимальная конструкция гарнитуры размольных установок и применение для них современных сплавов.

Однако оптимальным решением, по мнению специалистов, является полная замена оборудования линии.

## **13.3 Огнезащищенные плиты МДФ**

Если в строительстве применение материалов с повышенной огнестойкостью для большинства видов сооружений нормируется, то в мебельной индустрии, где наряду с ДСП все активнее

используют МДФ, таких ограничений пока нет. Производители пассивно ждут законодательных изменений, тогда как потребительские вкусы можно не только учитывать, но и воспитывать.

### **«Противопожарные» настроения**

В США к таким настроениям общества начинают прислушиваться изготовители мебели и плитных материалов. Американская Ассоциация производителей мебели еще в 2000 году провела первый «противопожарный форум» мебельщиков с целью выработки программ внедрения новых технологических стандартов и пересмотра критериев ответственности мебельных компаний перед потребителями, в том числе и за последствия пожара. Форум проходил с участием бизнесменов, юристов, технологов, ученых.

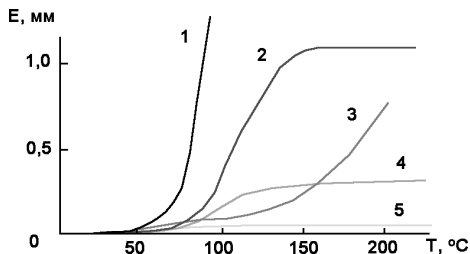
В 2003 году в штате Калифорния были приняты достаточно жесткие требования к пожаробезопасности мебели, что привело к ее заметному удорожанию. Тем не менее спрос на такую мебель не только не снизился, а, напротив, резко пошел вверх, что стало свидетельством изменения предпочтений покупателей.

### **Огнезащищенные МДФ**

МДФ, изготовляемые с использованием водорастворимого амидофосфата марки КМ и порошковых вспенивающихся композиций, создающих внутреннее давление в плите во время горячего прессования, можно считать новым материалом.

Порошковые вспенивающиеся композиции состоят из частиц размером до 0,3 мм, объемная доля пор составляет 60-80%. При разобшении частиц за пределы радиуса притяжения и механического зацепления с помощью воздушного потока композиция приобретает реологические свойства жидкости.

На кафедре ТДКМ СПбГЛТА была разработана фенолформальдегидная композиция (далее ФФ), состоящая из новолачного оли-



**График 1.** ТМ-кривые вспенивающейся композиции ФФ с различными наполнителями: 1 – исходная ФФ; 2 – ФФ с асбестом (1:1); 3 – огнезащищенное древесное волокно; 4 – ФФ с огнезащищенным древесным волокном; 5 – асбест

гомера, отвердителя гексаметилентетрамина и газообразователя азоизобутилонитрила. При ее разработке исходили из необходимости обеспечить определенную последовательность процессов:

- размягчение олигомера;
- разложение газообразователя;
- размягчение древесинного вещества;
- вспенивание;
- отверждение термореактивной композиции.

В процессе горячего прессования благодаря вспениванию композиции создается внутреннее давление 0,2-0,3 МПа (в зависимости от расхода ФФ) при плотности плит порядка 600 кг/м<sup>3</sup>.

Процесс вспенивания требуется завершить до начала роста вязкости олигомерной фазы, причем надо учитывать взаимодействие олигомера с компонентами огнезащищенного древесного волокна. На графике 1 видно, что размягчение композиции ФФ происходит при температуре  $73 \pm 2^\circ\text{C}$ . При  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  начинается ее взаимодействие с волокнами и гомополиконденсация. Деформативность при этом резко снижается. В присутствии инертного наполнителя (асбеста) отверждение начинается лишь при  $135^\circ\text{C}$  и совпадает с температурой собственного отверждения ФФ, найденной по стандартному методу.

Использование порошковых композиций обеспечивает при нанесении (процесс осмоления) расположение частиц на поверхности волокна, а при горячем прессовании – на границе соседних волокон, тогда как жидкие связующие частично уходят вглубь волокон. В результате эффективность расхода порошкового связующего повышается. Отметим, что нанесенный порошок удерживается на волокне и не просыпается в процессе формирования ковра в формирующих станциях.

МДФ на вспенивающихся композициях получили название «воплан». Следует сказать, что огнезащитная обработка древесных волокон обеспечивает повышение качества воплана благодаря пластификации, катализу взаимодействия вспенивающихся композиций с древесными волокнами, собственно участию составов в развитии межволоконного взаимодействия. Показатели свойств воплана направленно изменяются в пределах, указанных

в таблице.

Как показывают исследования, набухание плиты заметно ниже обычного и коррелирует с расходом вспенивающейся композиции. У воплана также наблюдается более высокая устойчивость размеров и формы в условиях повышенной и переменной влажности воздуха.

Помимо композиций ФФ могут использоваться и другие композиции на основе терморепактивных олигомеров. Более эффективной, но более дорогой показала себя композиция на основе эпоксидно-новолачного блоксополимера. Эффект обусловлен реакционной способностью эпоксигрупп, что сокращает время прессования. Кроме того, в этом случае увеличивается водостойкость и прочность материала.

Воплан, помимо перечисленных выше достоинств, обладает высокими технологическими характеристиками:

- хорошо обрабатывается обычным столярным инструментом;
- пригоден под отделку любыми известными способами;
- обладает улучшенной способностью принимать и удерживать крепления (гвозди, шурупы и т. д.).

**Таблица**

Характеристики воплана в зависимости от расхода композиции		
Расход композиции, масс. %	5	10
Плотность (интегральная), кг/м <sup>3</sup>	500	750
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	15	40
Модуль упругости, ГПа	2,5	4,0
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	3	6
Твердость, МПа	20	50
Набухание в течение 20 сут., %	12	8
Влагопоглощение равновесное при φ=98%	9,5	6,4

Образцы этого материала показали устойчивость к воздействию домашнего гриба (*Coniophora puteana*) с потерей массы при выдержке на разросшейся культуре гриба в течение двух месяцев (8,5±0,7%).

Использование порошковых связующих, рецептура которых разработана и запатентована на кафедре ТДКМ, открывает возможность производства МДФ с меньшим расходом связующего, экономией энергии на сушку осмоленного волокна, более мягкими условиями прессования по сравнению со стандартными плитами, практическим исключением эмиссии формальдегида и более рациональной структурой плиты. Приготовление вспенивающейся композиции может производиться на специализированных предприятиях или на предприятии-изготовителе плит из промышленно вырабатываемых компонентов.

### **13.3 Производство плит MDF из отходов лесопиления на примере действующего предприятия, оснащённого оборудованием промышленной группы «Диффенбахер».**

#### **13.3.1 Сырьё**

В качестве сырья для получения MDF в данном случае используются исключительно отходы лесопильного производства – в виде технологической щепы и опилок, которые на современных пильно-фрезерных линиях брусочки ежедневно образуются в больших количествах. Неслучайно рассматриваемый здесь в качестве примера завод MDF был построен в непосредственной близости от лесопильного предприятия. Оно и является основным поставщиком древесного сырья для плитного производства, куда щепы и опилки подаются по механическим транспортёрам.

#### **13.3.2 Особенности технологического процесса**

Хранение щепы и опилок. Поскольку плитное производство ведётся непрерывно, а лесопильный завод работает только 5 дней в неделю, необходимо создавать запасы технологического сырья. Для этого предусмотрены бункеры с механическими разгрузочными конвейерами.

Очистка щепы. Благодаря тому что сырьё доставляется прямо с места его получения и хранится в стационарных бункерах, в данном случае оказалось возможным отказаться от весьма дорогостоящей влажной очистки щепы и обойтись сухой очисткой,

которая производится посредством роликового сита и гравитационной сепарации.

Приготовление волокнистой массы. Очищенный исходный материал пропускается через камеру предварительной пропарки, откуда шнековым питателем подаётся на дефибратор – рафинёр, в котором щепы и опилки перетираются в мелкодисперсную фракцию. Производительность рафинёра выбирается с учётом состава сырьевой массы: чем выше в ней доля опилок, тем ниже будет удельная мощность рафинёра.

Приготовление и нанесение связующего. Осмоление волокна производится традиционным способом blow-line – путём впрыскивания клея в канал пневмотранспортёра, по которому волокнистая масса подаётся в сушилку. Предусмотрена также возможность дополнительно оснастить установку механическими клеенаносящими устройствами. Связующее поставляется в жидкой форме, химические добавки готовятся непосредственно перед использованием.

Сушка волокна. Сушилка представляет собой длинную трубу, диаметр которой соответствует требуемой пропускной способности. При помощи мощного встроенного вентилятора в трубу нагнетается горячий воздух, под воздействием которого волокнистая масса переносится по трубе, одновременно отдавая влагу.

Сортирование волокна. Сухая волокнистая масса проходит через циклонные сепараторы на ситовую сортировку. При просеивании отделяются чрезмерно крупные частицы, пучки неразмолотых волокон и подобные тяжеловесные включения, а мелкодисперсная фракция подаётся на формирующую станцию. Чрезвычайно важно, чтобы на всём пути прохождения просушенного материала поддерживались стабильные температурно-влажностные условия.

Формирование ковра. Подача волокна на формирующую станцию происходит через рассеивающий бункер. Он служит промежуточной ёмкостью, где скапливается запас волокнистой массы, достаточный для поддержания процесса в течение нескольких минут. С выходной стороны бункера имеются вальцы, которые обеспечивают равномерное поступление материала и не дают во-



Специальный проходной пресс, используемый для холодной подпрессовки ковра из мелкодисперсной фракции, имеет удлиненную вентилируемую рабочую зону

Прессование плит. Волокнистый ковёр – ещё менее плотный, чем стружечный, и содержащийся в нём воздух удаляется путём холодной подпрессовки. Для этого применяется необогреваемый проходной пресс с удлиненной рабочей зоной. Утрамбованный ковёр подаётся на горячее прессование в установку CPS – Conti



Главная установка в производстве MDF - проходной горячий пресс Dieffenbacher CPS длиной 46,7 м

локнам сбиваться в комки. Волокнистая масса выстилается на ленточный транспортёр, и образующийся ковёр разравнивается на нём посредством рассеивающей головки. При помощи специального гребенчатого вала, который устроен прямо над формирующимся ковром, излишки массы подбираются и снова направляются в материалопоток. Такое сгребание в современных технологиях применяется всё реже, в основном оно оправдано при производстве тонких плит.

Panel System. Она представляет собой пресс проходного типа, в котором предусмотрены несколько рабочих зон с различными усилиями прессования и температурами нагрева, причём регулирование температуры в каждой зоне происходит обособленно. Зазор между лентами пресса и величину усилия прессования также можно регулировать по отдельности, соотносясь с размерами несущей рамы, причём эти показатели можно изменять, не останавливая про-

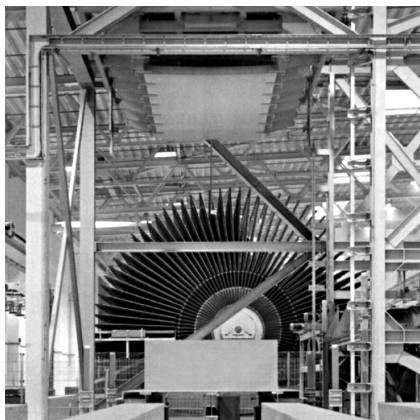
изводство. Таким образом, рабочие параметры пресса всегда можно оптимизировать с учётом требований к выпускаемой продукции.

Послепрессовая обработка. Выходящая из пресса CPS сплошная лента материала перемещается далее по роликовому транспортёру. При этом выполняется её обрезка по продольным кромкам и поперечное распиливание на плиты требуемой длины. У получаемых плит контролируются толщина и масса, а также выявляются возможные расслоения. Бракованные плиты изымаются из производственного потока.

Охлаждение плит происходит на веерных кантователях, с которых остывшие изделия автоматически перекадываются в штабели и транспортируются на промежуточное хранение. Продолжительность охлаждения устанавливают исходя из того, чтобы не допустить деструкции связующего в полученном материале.

Хранение нешлифованных плит. Промежуточный склад, на котором хранятся нешлифованные плиты, оснащён современной техникой, позволяющей выполнять автоматически все манипуляции с изделиями в штабелях высотой до 4 метров.

Шлифование и раскрой. На линии шлифования плиты сначала калибруются крупнозернистой шлифовальной лентой. Затем следует тонкое шлифование. На этом же участке предусмотрена пильная установка для форматной обрезки и раскроя, благодаря чему на склад готовой продукции могут поступать не только большеформатные плиты, но и заготовки с любыми требуемыми размерами. Вся продукция подлежит визуальному контролю, пройдя который, она сортируется по установленным признакам качества и раскладывается в штабели.



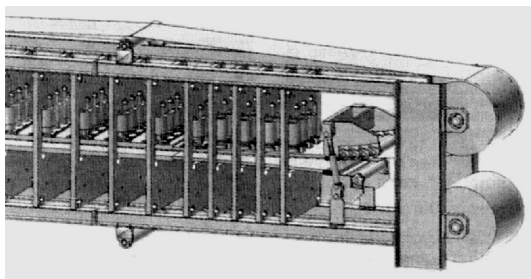
В конце производственной линии плиты попадают на веерный охладитель, который удобен для перекатовки их в штабели

Хранение готовых плит. Склад готовой продукции оснащён всем необходимым для хранения шлифованных плит и заготовок в штабелях, а также для упаковки и отправки их потребителям.

Этот пример доказывает, что в производстве MDF возможности повышения эффективности за счёт удешевления сырьевой базы ещё не исчерпаны. Вполне закономерно, если внедрение новых лесопромышленных технологий приведёт к получению новых видов и источников сырья, благодаря которым столь ценный природный материал, каким является древесина, будет находить всё более выгодное применение. Пользователь оборудования, умеющий приспособливать передовую технологию к переработке более дешёвого и доступного сырья, безусловно, получает при этом конкурентные преимущества.

### 13.4 Изготовление плит малого формата на прессах ContiRoll® Siempelkamp

Одно- и многоэтажные позиционные прессы, широко используемые повсюду в мире для изготовления плит MDF в формате 4' (1450 мм), уже не вполне удовлетворяют требованиям, которые рынок выдвигает сегодня как к производительности, так и к качеству выпускаемой продукции. Специалисты германской фирмы «Зимпелькамп» уверены, что эти прессы в ближайшем будущем придётся заменять на установки нового поколения, и уже разработали установку непрерывного прессования плит данного формата, которая так и называется: **4'ContiRoll®** – «Четырёхфутовый Контироль».

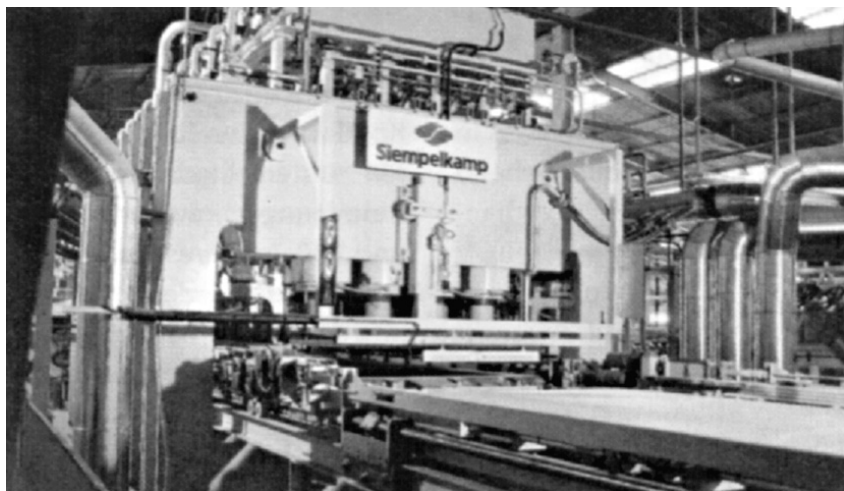


Гибкая входная зона прессы 4'ContiRoll® Siempelkamp

Для этой установки характерны все технологические и конструкционные достоинства непрерывного прессования, а её технико-экономические показатели, в том числе цена, оптимизированы применительно к уменьшенному формату продукции.

Входная зона установки точно такая же, как у большеформатных прессов ContiRoll®. Пользователю доступны все удобства этой технологии, например возможность гибко регулировать профиль плотности, то есть получать как лёгкие мебельные щиты, так и тонкие панели для половых покрытий. Плиты MDF толщиной от 2,5 до 40 мм можно изготавливать при скорости движения ленты до 1200 мм/с, и при любой толщине плит выпуск их будет достаточно рентабельным. При длине установки в 33 метра её расчётная производительность для плит толщиной 8 мм составит 260 кубометров в день.

Монтаж пресса 4'ContiRoll® взамен многоэтажного не займёт много времени, то есть не вызовет длительного простоя производства. Если же речь идёт о новом предприятии, то фирма «Зимпелькамп», естественно, готова оснастить все его технологические участки – от площадки приёма сырья до склада готовой продукции.



Многопоршневой пресс, например формата 2300 × 5800 мм, подходит и для изготовления плит с меньшими размерами

Новый малоформатный пресс, исключительно надёжный как и любая техника Siempelkamp, позволяет довольно гибко менять ассортимент выпускаемой продукции и обеспечивает её безупречное качество по всем физическим показателям.

Для облицовывания таких плит по пласти используются короткотактные прессы Siempelkamp, в которых применена современная многопоршневая конструкция. Если у обычных установок с коротким циклом прессования на рабочую ширину приходится два цилиндра, то у многопоршневых их может быть по три и четыре в ряд, а число рядов множится по мере увеличения рабочей длины прессы. Цилиндры такого прессы имеют меньший диаметр, и их можно регулировать по отдельности, сообразуясь с требованиями к изготавливаемой продукции. Главное преимущество в том, что давление удаётся оптимально распределять по всей поверхности прессования. Иначе говоря, пользователь располагает возможностью изготавливать в одном и том же прессе плиты разных форматов. При этом нет никаких причин беспокоиться об ухудшении качества изделий. Сказанное справедливо и для установок с бесступенчатой регулировкой длины и ширины прессования. Смятие плиты-основы, например в области кромок, при ламинировании в таком прессе исключено.

Благодаря лучшему распределению давления, греющие плиты в многопоршневых прессах имеют меньшую толщину, чем в обычных (верхняя рабочая плита вдвое тоньше), так что нет необходимости в создании противонагревательного контура ради поддержания теплового баланса. В результате упрощается система контроля параметров процесса, снижаются расходы по обслуживанию установки. Другое преимущество многопоршневого прессы – он требует гораздо менее глубокого приямка, чем двухпоршневая установка. Если рабочая высота прессы укладывается в диапазон от 1500 до 2000 мм, то при определённых сочетаниях максимальной рабочей ширины и выпускаемых форматов можно обойтись одним приямком, вместо обычного двойного. Это позволит уменьшить не только объём начальных инвестиций, но и дальнейшие расход на очистку и техобслуживание участка прессования.

## 13.5 Виды MDF

### 13.5.1 UmidaxB ® MDF влагостойкий

Влагостойкий MDF для использования во влажных условиях. Высокоплотный MDF с твердой поверхностью. Плита подвержена минимальному расширению и разбуханию в условиях высокой влажности. UmidaxB сделан из 100%-ой мягкой древесины и не имеет никаких грубых волокон в поверхности. Плиту очень легко обрабатывать и она имеет низкое содержание formaldehyde эмиссию (E1 класс).

UmidaxB ® MDF	Количество в пачке											
	6	9*	12	15	16*	18	19*	22	25*	30	38	
Формат и толщина, мм												
1220 × 2130							40					
1220 × 2440*	120	80	60	50	45	40	40	32	28	24		
1220 × 3050		80	60	50	45	40		32		24		
1220 × 3660								20				

### Технические спецификации

Техническая характеристика + стандарт	Единица	Средние показатели											
		6,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	16,0	18,0	19,0	22,0	25,0	30,0
Толщина EN 324-1	мм	6,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	16,0	18,0	19,0	22,0	25,0	30,0
Плотность EN 323	Кг/мBi	810	790	760	750	740	730	730	730	730	700	700	700
Изгиб силы EN 310	N/mmBi	50	50	48	46	45	45	44	44	44	43	42	40
Модуль эластичности EN 310	N/mmBi	4600	4500	4400	4300	4200	4200	4200	4200	4200	4000	4000	4000
Предел прочности EN 319	N/mmBi	0,85	1,00	0,95	1,00	0,95	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,75	0,75
Swelling/24ч EN 317	%	16,0	10,0	9,0	8,0	6,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,5	3,5	3,5
Предел прочности V313 EN 321	N/mmBi	0,40	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35	0,20	0,20	0,20
Разбухание V313 EN 321	%	17,0	14,0	12,0	10,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	9,0

## Общие спецификации МДФ

### Общие требования

Значения допуска на номинальных измерениях:	Стандарт	Единица	Номинальная толщина классифицирует (мм)	
			≤19	>19
Толщина	EN 324–1	мм	$B \pm 0,2$	$B \pm 0,3$
Длина и ширина	EN 324–1	мм/м	$B \pm 2,0$ мм/м., максимальных $B \pm 5,0$ мм	
Квадратность	EN 324–2	мм/м	≤2,0 мм/м.	
Длина края и ширина	EN 324–2	мм/м	≤1,5 мм/м.	
Плотность	EN 323	%	$B \pm 7,0$	
Formaldehyde Класс Перфоратора (Дыропробивного станка) E1	EN 120	mg/100g	≤8	

UMIDAXB ® выполняет спецификации EN 622–5, выбор (опция) 1, циклическое испытание, в котором плита погружена в воду, заморожена и наконец высушена. Этот цикл повторен 3 раза, после которого испытательные экземпляры проверены на раздувающуюся и внутреннюю силу обязательства.

### 13.5.2 MDF облегченный

Ultight MDF для использования в сухих условиях (состояниях) и в особенности для внутреннего художественного оформления и производства мебели. Имеющий малую плотность MDF, 450–550 kg/m<sup>3</sup>, с твердой и гладкой поверхностью. Подходящий для внутреннего художественного оформления и тепловой изоляции. MDF сделан из 100%-ой мягкой древесины и не имеет никаких грубых волокон в поверхности. Плита очень легко обрабатывается и имеет достаточную силу винта. Плита принадлежит formaldehyde классу E1.

## Размеры

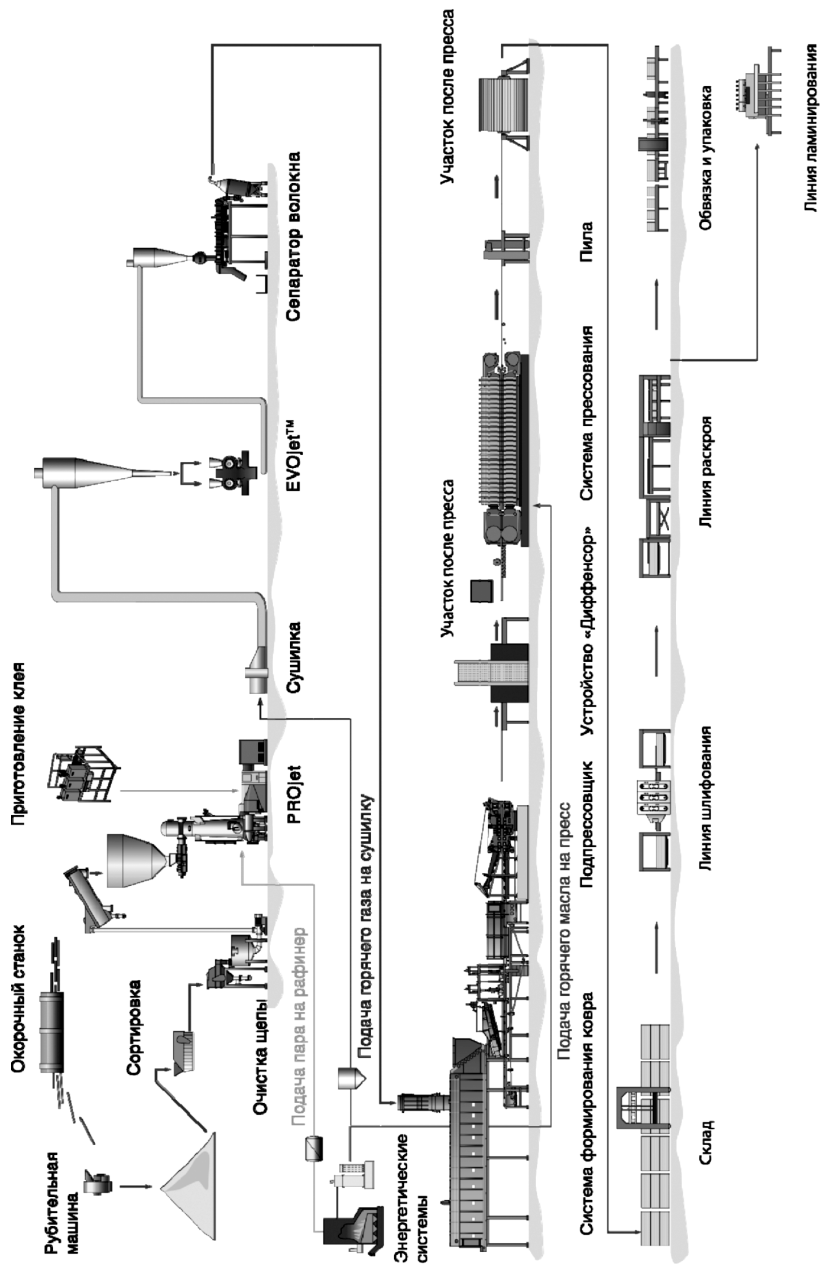
MDF	Количество в пачке												
	8	9	10	12	15	16	18	19	22	25	28	30*	38
Формат и толщина, мм													
1220 × 2440*				60	50		40			28		24	20
1220 × 3050				60	50		40			28		24	20
2200 × 3660					30			24		18		15	

## Технические спецификации МДФ

Техническая характеристика + стандарт	Единица	Средние показатели							
Толщина EN 324-1	мм	12,0	15,0	16,0	18,0	19,0	25,0	30,0	38,0
Плотность EN 323	Kg/mBi	530	500	500	500	500	500	500	500
Изгиб силы EN 310	N/mmBI	25	20	20	20	20	22	22	22
Модуль эластичности EN 310	N/mmBI	2300	2000	2000	2000	2000	2200	2200	2200
Предел прочности EN 319	N/mmBI	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35
Разбухающий/ 24-й EN 317	%	13,0	11,0	11,0	10,5	10,0	8,0	7,0	8,0

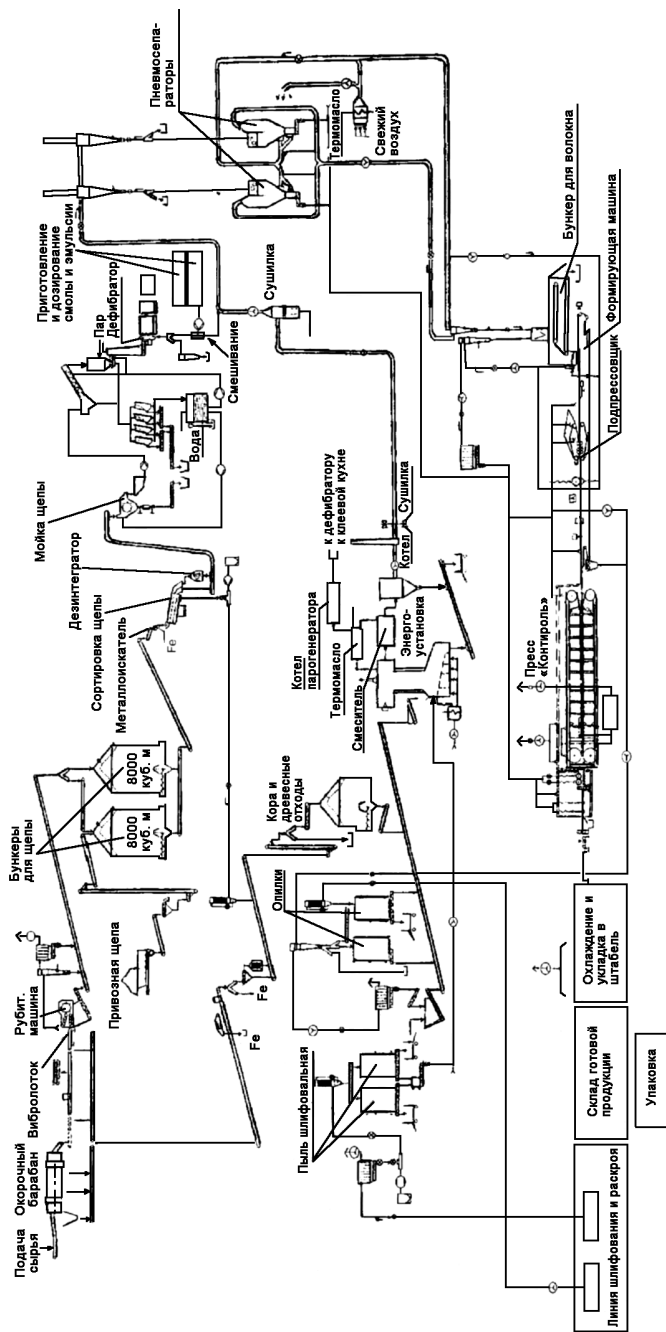






Технологическая линия MDF

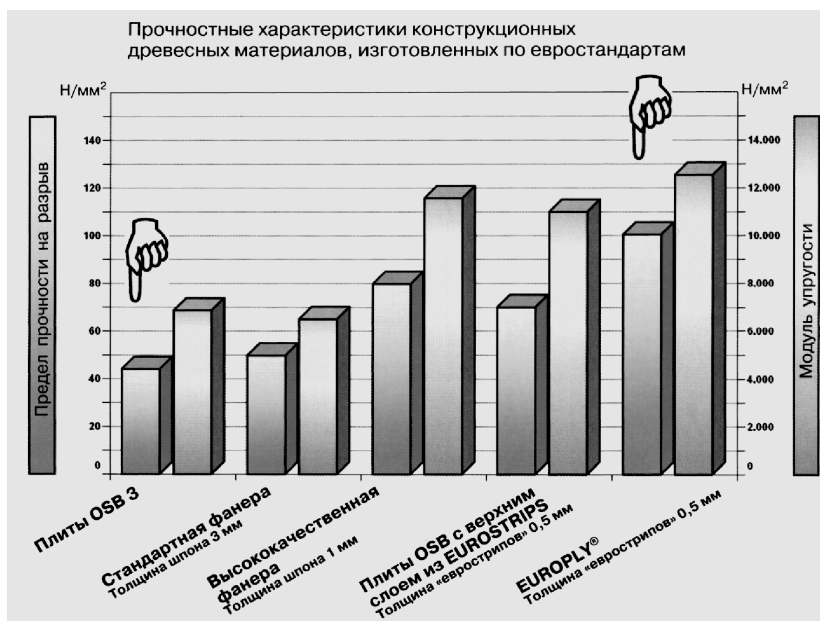
Примерная схема производства волокнистых плит средней плотности (MDF) на проходном прессе  
 ContiRoll® Siempelkamp



## Новый прочный материал из древесной стружки

Германская фирма SAB разработала технологию производства плит и бруса из форматированной крупной стружки – прямоугольных кусочков строганого шпона определённого размера, которые носят фирменное название EUROSTRIPS® и изготавливаются на промышленном лесопильном оборудовании с применением специальных приспособлений. Главное достоинство этой технологии в том, что она позволяет создать исключительно высокую добавленную стоимость и открывает перед производителем перспективы выхода на рынок с чрезвычайно востребованной продукцией.

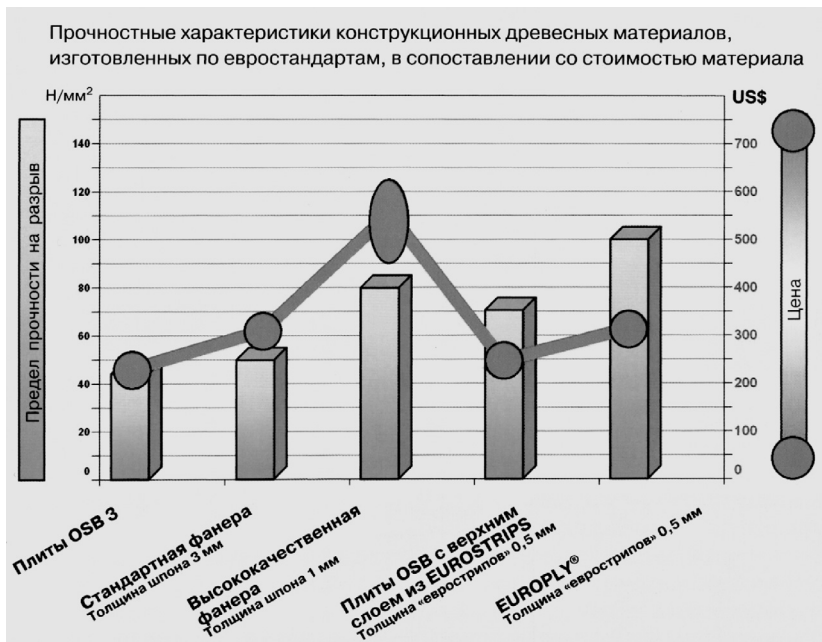
Материал, получаемый из такой стружки путём прессования, уже появился на рынке под товарным знаком EUROPLY® и обе-



щает составить серьёзную конкуренцию клеёной фанере. Сырьём для него служит кругляк недорогих сортов, в то время как отборное фанерное сырьё становится всё более дефицитным. При этом по прочности новый материал превосходит самую высококачественную фанеру.

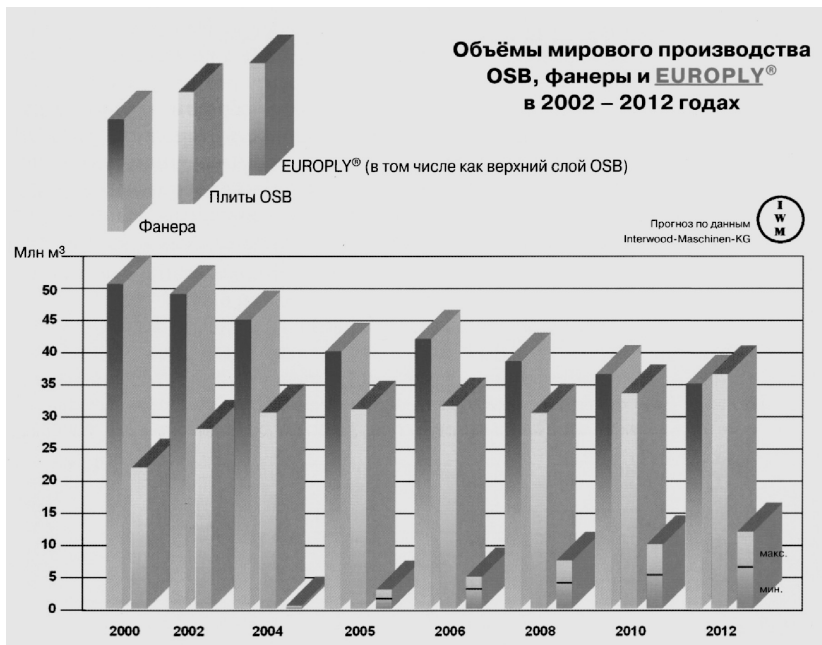
Как видно из диаграммы, особый интерес представляет применение «еврострипов» для облагораживания плит из крупной ориентированной стружки: использование форматированной стружки в верхнем слое OSB существенно повышает прочность этих плит.

Оборудование, предлагаемое фирмой SAB для данной технологии, позволяет работать с исключительной надёжностью, безопасностью и экономичностью. На нём можно не только изготавливать «еврострипы», требования к качеству которых очень высоки, но и превращать образующиеся отходы в технологическую щепу и древесную муку, востребованные плитной и целлюлозно-бумажной промышленностью. Таким образом, круглое древесное сырьё используется практически стопроцентно. Экономичность



технологии EUROPLY® обусловлена ещё и тем, что она базируется на типовом промышленном оборудовании. Нижеследующая диаграмма даёт представление о соотношении прочностных характеристик и стоимости различных древесных материалов. Из этой диаграммы видно, что новый материал обнаруживает явные преимущества даже перед высококачественной фанерой, не говоря уже о плитах OSB.

Известно, что при изготовлении фанеры из лущёного шпона производственные расходы тем выше, чем меньше диаметр перерабатываемых чураков. Получать древесное сырьё, пригодное для лущения, становится год от года всё сложнее, и европейская фанерная промышленность уже почти сошла на нет из-за такого дефицита. Основываясь на этих соображениях, специалисты резонно прогнозируют (см. диаграмму на следующей странице), что производство фанеры будет неуклонно снижаться и через десять лет его годовой объём составит примерно 30 млн кубометров вместо нынешних 48 млн кубометров. В то же время численность населения будет по-прежнему увеличиваться, и соответственно



будет расти потребность в древесных материалах. Их производителям придётся считаться с теми ресурсами круглого лесосырья, которые будут иметься в наличии.

Предлагаемая фирмой SAB технология предусматривает получение стружки (полосок шпона) из тонкомерного сырья и таким образом, с одной стороны, содержит в себе рациональное решение сырьевой проблемы, а с другой – ориентирована на выпуск перспективной продукции. Для предприятий, заботящихся о состоянии окружающей среды и развивающих свой бизнес на основе выверенных рыночных стратегий, привлекательность технологии EUROPLY® несомненна.

К древесной стружке, из которой изготавливаются высококачественные плиты и брус EUROPLY®, дающие закрытый, непористый срез, предъявляются особые требования:

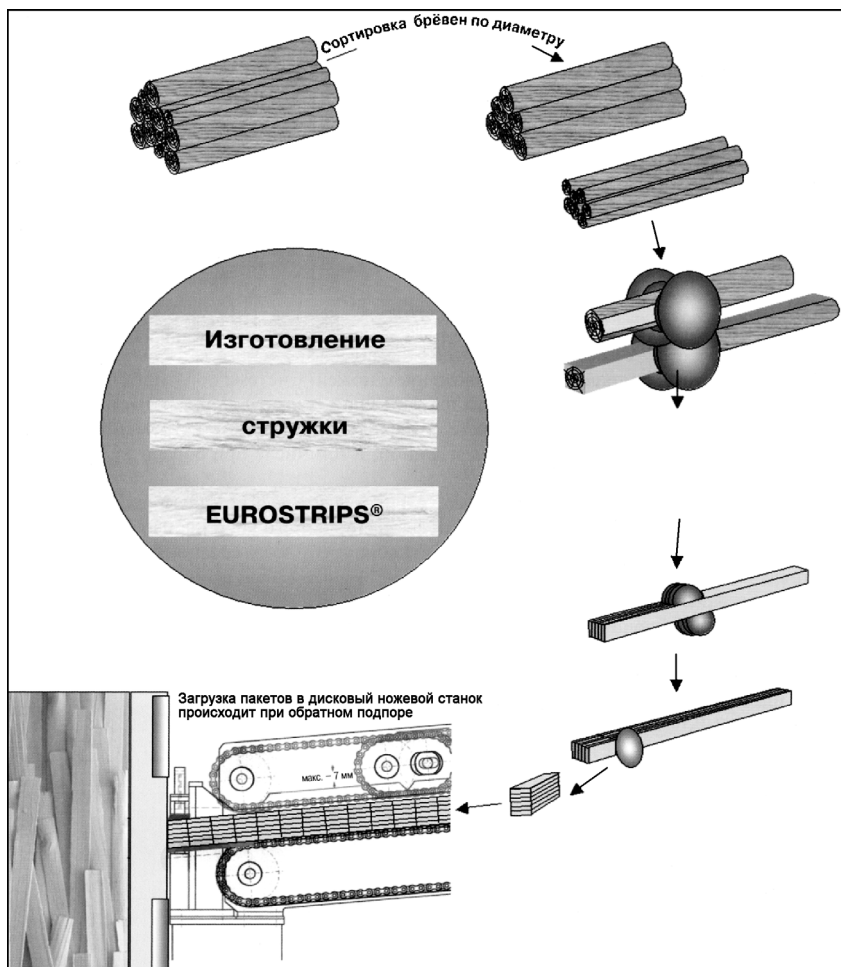
во-первых, длинные частицы в стружечной массе должны быть одинаковой ширины;

во-вторых, толщина частиц тоже должна быть равномерной и не превышающей 1,0 мм;

в-третьих, в стружечной массе не должно быть щепок и иных крупных включений.

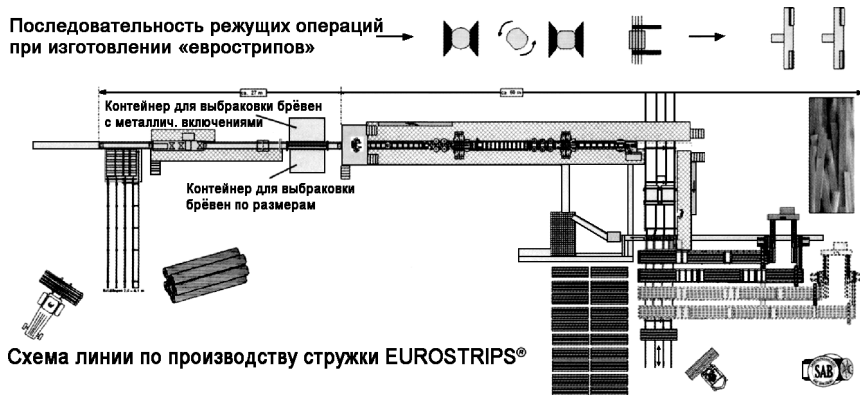
Два последних требования особенно важны. Кусочки шпона, подвергаемые воздействию давления, тепла и паровой продувке во время прессования, при одинаковой толщине пластифицируются быстрее и равномернее, что благоприятно сказывается на качестве прессованной продукции. В процессе пластической деформации такие частицы образуют плотный, однородный материал, без нежелательных пустот. Щепки и осколки неизбежно присутствуют в сыпучем сырье, получаемом в промышленных условиях. Особенно много их образуется при обработке концевых отрезков кругляка, и отсеять эти грубые фракции полностью практически не удаётся.

Обе проблемы удалось успешно решить конструкторам фирмы SAB. Ими разработана спецоснастка EUROSTRIP® – для приготовления полосок шпона нужной длины и ширины, а главное, одинаковой толщины. Отличительная особенность стружечного станка, входящего в комплект такой оснастки, – система загрузки с обратным подпором.



Технологическая линия приготовления стружки EUROSTRIPS® схематически изображена на рисунках. Поступающее на производство круглое сырьё комплектуется по диаметрам и подаётся партиями на загрузочный поперечный транспортер. С него брёвна поочередно поступают на первый фрезерно-брусующий станок для обработки по двум боковым поверхностям на заданную ширину. Затем заготовка переворачивается и поступает на второй фрезерно-брусующий станок, где обрабатывается по двум другим боковым поверхностям. Боковые части брёвен

измельчаются в щепу, которая находит применение в плитном производстве или же удаляется на сжигание. Полученный брус подаётся на двухвальную круглопильную установку для роспуска на доски определённого сечения. Из досок формируются пакеты, которые торцуются на длину, равную длине изготавливаемых частиц. Пакеты в поперечном положении подаются сплошной лентой в специальный дисковый стружечный станок с радиальным расположением ножей. Система обратного подпора при загрузке пакетов в станок обеспечивает их плотное прижатие друг к другу и настолько крепкое сцепление пилёных заготовок в пакете, что сколы при нарезании стружки исключены и толщина её выдерживается в пределах заданной, в том числе при обработке последнего пакета.



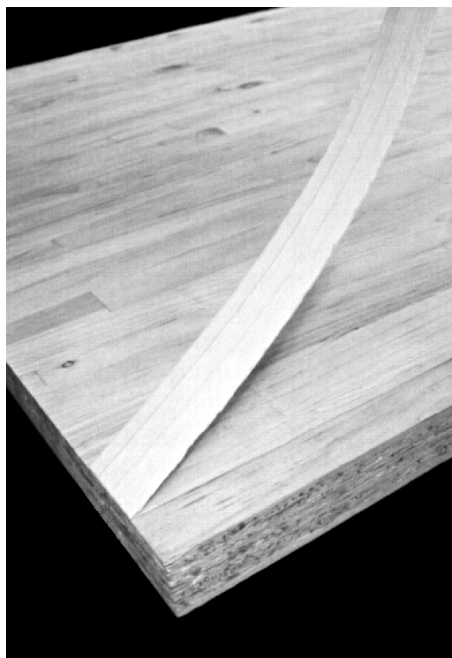
Для приготовления такой стружки фирма SAB поставляет весь комплект технологического оборудования, начиная с участка приёмки свежеспиленного либо пропаренного сырья.

На этих станках можно из кругляка получать доски требуемого сечения и перерабатывать их в полоски шпона, а горбыльную часть превращать в технологическую щепу. Если правильно наладить дело, образующиеся опилки тоже найдут применение, то есть производство будет безотходным. А там, где лесопильное производство сопряжено с плитным, участок по изготовлению стружки EUROSTRIPS® будет работать в непрерывном круглосуточном режиме без выходных.

Перечислим в заключение основные достоинства материалов EUROPLY®:

- По пласти они имеют исключительно гладкие поверхности.
- Кромки у них закрытые, непористые и очень прочные.
- Они хорошо поддаются фрезерованию и сверлению, имеют высокую сопротивляемость выдёргиванию шурупов, в том числе с метрической резьбой.

Во что обойдётся внедрение технологии EUROPLY®, каковы производительность оборудования, потребность в сырье и энергии, как лучше разместить оборудование и организовать технологические участки – ответы на эти вопросы зависят от того, где располагается производство, какие технологии на нём применяются, какое из уже имеющегося оборудования может быть использовано, каковы особенности доступного сырья. Обо всём этом стоит поговорить непосредственно со специалистами фирмы SAB, которая сохраняет за собой исключительные права на описанную технологию и запатентовала её во многих странах.



## **Глава 15 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ**

### **15.1 Входной контроль сырья и материалов**

При входном контроле проверяют соответствие параметров древесного сырья заявленным требованиям и качество связующего (или его исходных компонентов, если предприятие имеет собственный участок изготовления синтетических смол).

Круглые лесоматериалы контролируются визуально. Фракционный состав привозной технологической щепы определяют в ситовом анализаторе – например, это может быть сортировка гирационного типа, с круговым движением ситового короба в горизонтальной плоскости.

Качество связующего проверяет заводская лаборатория. Регулярно контролируются содержание в нём сухого остатка, вязкость, кислотность и клеящая способность. Плитным предприятиям рекомендуется определять когезионную прочность связующего методом одноосного растяжения круглых (диаметром 20 мм) образцов из твердолиственной древесины, склеенных по торцам. Однако используемое при этом холодное склеивание отличается от условий горячего прессования плит. Более надёжные оценки нового связующего можно получить, выполняя пробное склеивание образцов продукции в малом лабораторном прессе. Отвердевшие образцы проверяют на прочность при изгибе и растяжении поперёк пласти.

### **15.2 Текущий контроль параметров производственного процесса**

При высокоавтоматизированных процессах производства древесных плит необходимо постоянно и с большой надёжностью отслеживать важнейшие технологические параметры и управлять ими. Безусловным требованием при этом является точность изме-

рений, исключая риск формирования неправильных команд на основе сигналов, поступающих от соответствующих датчиков.

Для текущего контроля важна, как изначальная, **оценка качества получаемой стружки**, которое в значительной мере зависит от остроты ножей в стружечных станках. Степень затупления ножей можно отслеживать по токопотреблению электродвигателя стружечного станка. При тупых ножах разброс по толщине у частиц больше, а выход мелкой фракции меньше. Чтобы с достаточной достоверностью оценить распределение разнотолщинности частиц, нужно выполнить 100–200 замеров с точностью до 0,01 мм. Это хотя и требует немало времени, но вполне себя оправдывает. Напомним, что прочность стружечных плит существенно зависит от соотношения длины и толщины частиц. Чем больше в наружном слое плиты частиц толще 0,25 мм, тем ниже её прочность. Для среднего слоя важнее форма частиц (их плоскостность), желательно, чтобы в нём было как можно меньше коротких и толстых частиц, которые могут выкрашиваться при обработке кромок ДСтП.

Привозную стружку и опилки следует очищать от минеральных включений и чрезмерно крупных древесных частиц, очистку делают путём просеивания и продувки. Допускается содержание песка в наружных слоях не более 0,05%, во внутреннем слое не более 0,5%. Минеральные включения ускоряют износ режущего инструмента и шлифовальных лент.

Непрерывное и равномерное движение сыпучего материала в производственном потоке обеспечивается через **контроль заполнения бункеров**. Он ведётся по сигналам от механических, фотоэлектрических или ультразвуковых датчиков. Механический датчик представляет собой, например, маятниковый клапан, который закрывается при достижении определённого уровня заполнения бункера. Другой способ основан на использовании приводных колесиков, которые прекращают вращение, как только оказываются в стружечной массе, и в результате этого формируется соответствующий сигнал. Чаще всего используются фотоэлектрические датчики, по конструкции самые простые: на определённой высоте в стенках бункера устраивают два строго противоположных

окна, и сигнал о заполнении бункера формируется в тот момент, когда полоса света между этими окнами прерывается. Чтобы избежать сбоев в работе датчиков из-за загрязнения окон, световой поток можно заменить ультразвуковым. Конечно, такая система будет существенно дороже.

Заполнение ёмкостей для связующего контролируют через мерные стёкла или с помощью поплавковых датчиков.

Чрезвычайно важен **контроль сушки измельчённой древесины**. Организовать его сравнительно просто, если стружка высушивается до низкой влажности (3–5%), и сложнее при сушке частиц до 8–12%. Система управления процессом должна обеспечивать не только равномерную конечную влажность, но и удаление газообразных веществ, а также предотвращать возгорание частиц. Начальную и конечную влажность частиц определяют, как правило, с помощью датчиков омического сопротивления. В последние годы всё больше применяют инфракрасные датчики. Известны также микроволновые приборы резонаторного типа, у которых погрешность измерения не зависит от плотности древесины.

Продолжительность процесса сушки и температура среды регулируются по показаниям датчиков исходной и конечной влажности стружки. Выходная температура должна быть в диапазоне от 105 до 120 °С, а если она выше, то усиливается эмиссия вредных газов. При закрытой «экологической» сушке с дожиганием отходящих газов температуру выходящего воздуха повышают до 160 °С, одновременно уменьшается объём отходящих газов.

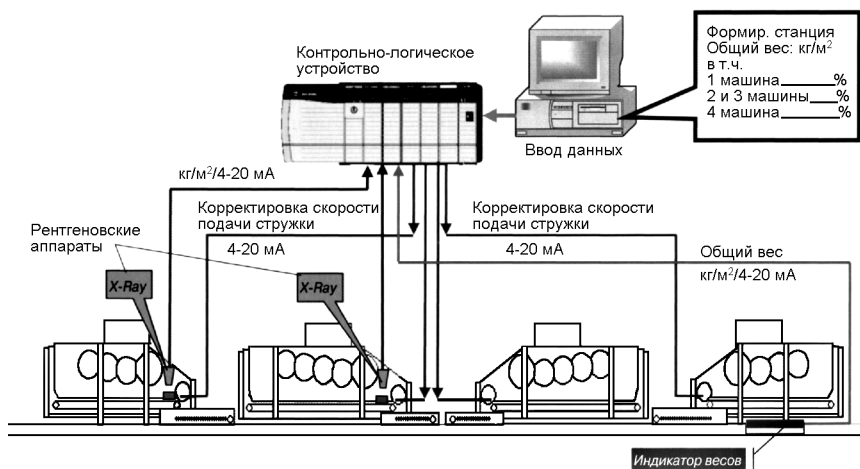
В сушилках высока опасность возгорания материала, особенно если в зону сушки подаётся слишком мало влаги. Поэтому предполагается измерять в них концентрацию кислорода, содержание окиси углерода и точку росы и учитывать данные этих замеров при управлении процессом. Таким путём повышается его пожаробезопасность и более точно регулируется влажность стружки.

Для предотвращения опасности взрыва в трубопроводах сушилок используются **системы искрогашения**, которые базируются на сенсорных датчиках, чувствительных к инфракрасному излучению. Датчик посылает сигнал системе оповещения. В сушилке-

трубе диаметром до 500 мм достаточно двух таких устройств, при большем диаметре – не менее трёх. Система искрогашения может работать согласованно с системой впрыскивания воды в опасную зону, что позволяет гасить даже искры, уносимые с места их возникновения. Применяются форсунки с подпружиненным автоматическим клапаном и оптоволоконные системы, передающие свет искр на приёмный элемент. С помощью инфракрасных датчиков удаётся своевременно обнаруживать в циклонах пробки – основную причину пожаров в сушилках.

**Управление осмолением** древесных частиц – одна из важнейших задач в плитном производстве. Чтобы точно дозировать связующее, необходимо столь же точно определять расход стружки, а это очень непростая задача. Расход стружки измеряют с помощью тактовых либо ленточных весов (расходомеры) или же измерителями насыпного потока (потокомеры). С ленточных весов измеряемый импульс посылаётся в систему регулирования расхода клея, а она меняет число оборотов двигателя насоса, подающего клей в смеситель. При тактовых весах количество клея изменяется дискретно, по команде от весов. В случае применения потокомера регулирующий импульс выдаётся при изменении наклона заслонки, установленной на пути движения стружки. В некоторых установках полученный сигнал используется для регулирования потока, поступающего из бункера на весы. Цель в том, чтобы добиться такой стабильности потока, при которой обеспечивается постоянный расход клея в единицу времени. Если для подачи клея применяются точно работающие дозировочные насосы, то можно отказаться от измерителя расхода связующего. Это не относится к шестерёнчатым насосам, рабочие показатели которых могут зависеть от вязкости клея или от износа подвижных деталей. Расходомер должен иметь обратную связь с регулировкой подачи, чтобы заданное значение расхода клея постоянно поддерживалось на должном уровне. Оценивать расход клея можно и по изменению веса расходной ёмкости.

**Контроль насыпной массы стружечного ковра** в производстве трёхслойных стружечных плит схематически представлен на рисунке 15.1. Исходные данные по массе всего ковра и доли



**Рис. 15.1.** Структурная схема системы контроля насыпной плотности стружечного ковра (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

(в процентах) составляющих плиту слоев вводятся в память компьютера. Формирующие машины оснащены бесконтактными приборами рентгеновского излучения, которые позволяют постоянно измерять насыпную плотность слоя. Замеряемые величины передаются в контрольно-логический блок, где на основе сравнения полученных значений с заданными формируются команды уменьшить или увеличить скорость движения донного транспортера, пересыпающего осмолённую стружку в сепарирующее или разравнивающее устройство. Последняя формирующая машина оснащена проходными весами, которые фиксируют суммарный вес одного квадратного метра плиты. По результатам измерений компьютер может построить профиль плотности плиты, то есть выдать на экран график изменения плотности ДСтП по её толщине.

**Процесс прессования**, как правило, происходит автоматически. Старые многоэтажные прессы оснащены дистанционными планками, которые крепятся к горячим плитам прессы с обеих сторон.

Толщина планок определяет толщину нешлифованных стружечных плит. В современных прессах обходятся без дистанци-

онных планок, толщина продукции в этом случае определяется заданным расстоянием между крайними плитами прессы. В схеме управления многоэтажным прессом предусмотрена обратная связь между датчиками перемещения нижней плиты прессы и насосами высокого давления. Таким путём достигается оптимальная динамика изменения давления в цикле прессования. В крупногабаритных одноэтажных прессах нашли применение указатели смыкания – контактные датчики, которые крепятся в четырёх точках нижней плиты прессы. Каждый датчик связан с насосом соответствующего рабочего цилиндра, что позволяет изменять давление прессования в нужном направлении и добиваться малой разнотолщинности продукции.

После прессования необходим **контроль толщины продукции**. Если после распрессовки плиты чрезмерно «пружинят», время прессования нужно увеличить. Такое бывает при избыточной влажности ковра или недостаточно быстром отверждении связующего. Величину послепрессового утолщения (spring back) плиты используют как параметр управления продолжительностью прессования.

В прессах непрерывного действия при отклонении толщины плиты от установленной величины можно менять давление и температуру в отдельных сегментах обогреваемых плит, а также корректировать скорость подачи материала. Интегрированный рентгеновский аппарат-плотномер следит за соблюдением заданного профиля плотности изготавливаемой плиты.

В современном плитном производстве толщину и вес продукции измеряют непрерывно, это позволяет рассчитывать и держать под постоянным контролем плотность плиты. Постоянно отслеживая влажность стружечного ковра и разницу в весе материала до и после прессования, несложно определить, какова влажность готовой плиты. На некоторых предприятиях применяют метод непрерывного ультразвукового измерения модуля упругости плиты в потоке. Для изделий, выпускаемых на одной и той же производственной линии, выявлена довольно тесная корреляционная зависимость (достоверность аппроксимации около 0,36) между модулем упругости и пределом прочности при изгибе, позволяю-

щая определять соответствие показателей плиты нормативным, не проводя разрушающие испытания. Уже появились приборы для электромеханического возбуждения в плите колебаний и изучения их спектра, дающего информацию о прочностных свойствах материала. Расслоения в плите можно выявить с помощью ультразвукового дефектоскопа: при наличии такого дефекта скорость прохождения сигнала уменьшается примерно на порядок.

### **15.3 Системы комплексного управления плитным производством**

На большинстве действующих плитных предприятий уже осуществлён или происходит переход от систем контроля за параметрами отдельных участков производственного процесса – сушки, сортирования, осмоления частиц, прессования – к комплексным системам управления выпуском качественных изделий. В современных проектах линий по изготовлению древесных материалов изначально предусматривается возможность регулировать все операции с центрального пульта управления. Централизованное комплексное управление позволяет:

- улучшить качество продукции путём оптимизации производственных процессов,
- снизить производственные затраты за счёт экономии сырья и энергии,
- своевременно обнаруживать и устранять неполадки,
- предвидеть свойства продукции, отслеживая её параметры в ходе изготовления,
- изменять параметры продукции (например, толщину и формат), не останавливая производство,
- корректировать спецификацию продукции,
- распечатывать документацию и статистические данные за любой промежуток времени.

На предприятиях, где внедрены методы сквозного контроля качества по нормам ISO, централизованное автоматизированное управление всеми участками производства считается единственно приемлемым способом чётко идентифицировать и документировать всю продукцию и этапы её создания.

Система комплексного управления, структура которой представлена на рисунке 15.2, формируется по модульному принципу. Её можно расширять и варьировать как на уровне исполнительных и чувствительных элементов, так и на уровне самих модулей, комплект которых может быть, например, следующим:

- *модуль обработки данных* (основной модуль), в котором с интервалом в одну минуту рассчитывается среднее значение для каждого контролируемого параметра, тут же передаваемое в банк данных; *модуль построения графиков*, с помощью которого создаются наглядные графики изменения измеряемых параметров во времени;

- *модуль фиксации простоев*, назначение которого вести статистику нагрузки и простоев оборудования, помогающую выявлять наиболее проблемные участки производства;

- *модуль выборочной оценки данных*, используемый для определения производственных затрат на конкретную партию продукции;

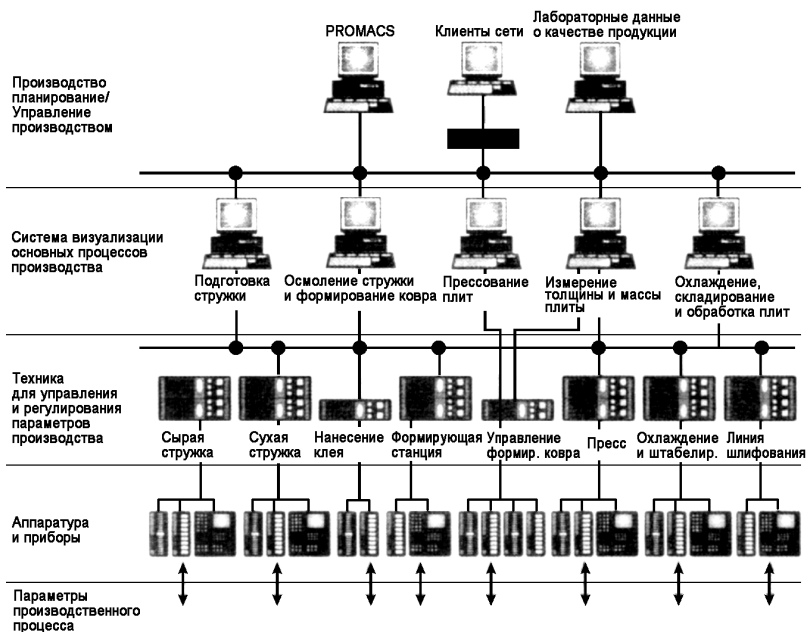
- *модуль суточной работы предприятия*, отслеживающий данные по трём сменам, преобразуя их в информацию о деятельности цеха (количество и сортность выпущенных плит, время работы и простоев, расход материалов и пр.);

- *модуль оценки работы за смену*, по назначению аналогичный предыдущему (показатели за сутки или за смену могут быть распечатаны в заданной форме, которая подписывается руководителем);

- *модуль взаимодействия с испытательной лабораторией*, который обеспечивает сбор и передачу в банк данных информации, необходимой для сопоставления с лабораторными результатами;

- *модуль учёта материалов*, посредством которого суммируется расход древесного сырья и химикатов за смену, сутки или другой промежуток времени, а также рассчитывается удельный расход материалов, например в килограммах на кубометр готовой продукции;

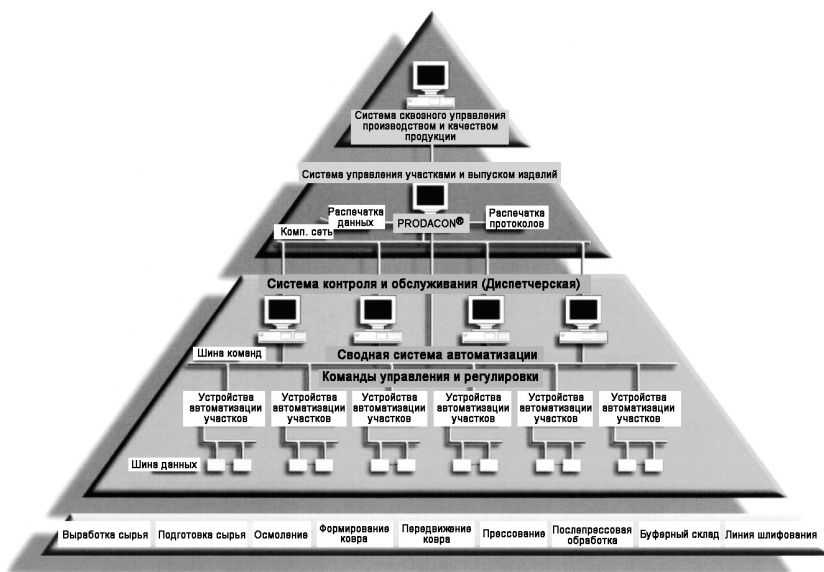
- *модуль экспорта данных*, задача которого преобразовывать информацию в формы, удобные для распечатывания и восприятия её распространёнными пользовательскими программами



**Рис. 15.2.** Модульная структура системы управления плитным производством (иллюстрация предоставлена фирмой Siempelkamp)

(Excel, Access, Lotus), обеспечивая при этом её защиту от несанкционированного доступа.

На рисунке 15.3 показана иерархическая структура комплексной системы управления плитным производством. Вершиной в иерархии выступает система сквозного управления организацией и планированием всего производства и качеством продукции, базирующаяся непосредственно на подсистемах управления процессами данного производства и выпуском конкретных изделий. Данные на этот уровень поступают через компьютерную сеть предприятия из разных отделов, куда через командную шину стекается оперативная информация с различных участков автоматизированного производства. Такую систему, базирующуюся на целостной концепции оптимизации и автоматизации процессов, можно внедрить на любом предприятии по выпуску стружечных и волокнистых плит, включая OSB и MDF, причём адаптация её возможна и как часть модернизации действующих предприятий.



**Рис. 15.3.** Иерархическая структура системы управления плитным производством (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

Основное преимущество комплексных систем управления – высокая надёжность непрерывного контроля и оптимальное исполнение регулирующих команд при небольшой потребности в персонале. Вся важнейшая информация о ходе производства отображается на мониторах в центральной диспетчерской (рис. 15.4). Сменный диспетчер, который по информации, выводимой на экраны, следит за материалопотоками, оборудованием, текущими параметрами изготавливаемой продукции, может при необходимости вмешаться в производственный процесс.

## 15.4 Контроль показателей готовой продукции

Контроль качества продукции заключается в оценивании определённых показателей плит на соответствие установленным нормативам. Действующие в Российской Федерации стандартные методы испытания плит были разработаны ещё до 1990 года и во многом не соответствуют современному уровню развития отрасли. Поэтому далее приводятся не только российские методы



**Рис. 15.4.** Центральная диспетчерская на современном производстве древесных плит (иллюстрация предоставлена фирмой Dieffenbacher)

испытания, но и предусмотренные в аналогичных европейских стандартах (EN).

Сегодня в РФ действуют система государственных стандартов на методы испытания стружечных плит и отдельный ГОСТ 19592 на методы испытания волокнистых плит. Европейские стандарты едины для всех видов плит, включая MDF и OSB.

Для испытаний от контролируемой партии продукции отбирается определённое стандартом количество плит (обычно 0,1–0,5% от числа листов в партии), из которых выпиливаются образцы. Выборку стараются делать по возможности минимальной, так как плиты, из которых взяты образцы, обычно исключаются из поставки. Перечень контролируемых показателей и минимально допустимое для одного вида испытаний количество образцов (*n*) приведены в таблице.

Контролируемые показатели древесных плит	Для ДСтП		Для ДВП		EN для всех видов плит	n
	ГОСТ	n	ГОСТ	n		
Плотность	10634	8	19592	8	323	6
Влажность	10634	3	19592	3	322	4
Прочность и упругость при изгибе	10635	8/4	19592	8	310	6
Прочность при растяжении поперёк пласти	10636	8	–	–	319	8
Прочность наружного слоя	23234	8	–	–	311	8
Разбухание по толщине	10634	8	19592	8	317	8
Водопоглощение	10634	8	19592	8	–	–

Водостойкость	–	–	–	–	321,10871	–
Сопротивление выдёргиванию шурупов	10637	4	–	–	320	–
Изменение размеров под влиянием среды	–	–	–	–	318	8
Твёрдость	11843	5	–	–	–	–
Ударная вязкость	11842	4	–	–	–	–
Покоробленность	24053	1	–	–	–	–
Коэффициент теплопроводности	–	–	19592	3	–	–
Эмиссия формальдегида	27678	500 г	27678	500 г	120,717	–

Все испытания следует проводить на образцах, выдержанных в лабораторных условиях, то есть при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности воздуха 65%, до достижения стабильной массы. Масса образца считается стабильной, если два измерения массы, проведённые последовательно с двухчасовым интервалом, дадут величины, отличающиеся не более чем на 1%.

Проведение испытаний возможно как в собственной лаборатории предприятия, так и с привлечением сторонней организации.

#### **15.4.1 Современные системы комплексного управления плитным производством**

Применение комплексных систем управления позволяет поднять плитное производство на принципиально иной конкурентный уровень, повысить эффективность использования оборудования и качество выпускаемой продукции, уменьшить брак, экономно расходовать материалы, сделать более прозрачным учёт всех затрат. Германская фирма ATR, входящая в промышленную группу «Зимпелькамп», специализируется на разработке и внедрении средств автоматизации и их системной интеграции на действующих и строящихся плитных производствах. Основные программные продукты фирмы ATR, предлагаемые для этих целей - системы PROMACS, SPOC и PLM .

**PROMACS** – PROduction MAnagement and Control System – обеспечивает управление производством на основе отслеживания и оптимизации оперативных данных, передаваемых по внутривзаводским информационным каналам. Это происходит путём регистрации всех важнейших сведений (о процессе изготовления, состоянии оборудования и т.п.) и накопления их в базе данных, которая является центральной и неотъемлемой частью системы. Опираясь на множество оперативных и архивированных данных, программа автоматически выдаёт необходимые сообщения о состоянии производства, так что нужная информация поступает в нужное время к нужному пользователю в удобной для него форме.

Система PROMACS организована по модульному принципу, причём уже серийный набор программных модулей обеспечивает достаточно эффективное её функционирование. Видоизменяя отдельные модули, а также добавляя новые, можно оптимально приспособлять систему к конкретным производственным условиям.

**Модуль обработки данных** создаёт основу для функционирования всей системы. Сигналы с контрольно-измерительных устройств, датчики которых размещены по всем важнейшим точкам процесса, поступают в производственную компьютерную сеть через открытые программные интерфейсы. Для каждого показателя ежеминутно определяются средние значения, и все остальные модули системы подстраиваются к ним с той же минутной цикличностью. Таким образом, всегда возможно оценить и сиюминутные параметры процесса, и то, как он протекал в любой отдалённый промежуток времени. Автоматическое сопоставление и наглядное отображение этих данных выполняется при помощи других модулей системы.

Например, PROMACS-Trending – это **графический модуль**, при поддержке которого важнейшие технологические показатели постоянно выводятся на экран в виде диаграмм и графиков как функций времени. Это помогает оператору заблаговременно обнаружить те или иные тенденции в протекании процесса и при необходимости откорректировать работу оборудования. На



**Принцип:** Эта модульная система, расширяемость которой определяется пожеланиями пользователя, может охватывать абсолютно все технологические участки (горизонтальная интеграция) и снабжать производственный персонал актуальной информацией. PROMACS упорядочивает внутривозовские потоки информации, обеспечивая обработку, наглядность и архивирование всех данных о производственном процессе.

**Оптимизация:** Учёт простоев и их причин, а также систематические оценки на основе статистических данных помогают выявлять узкие места на производстве и использовать оборудование более эффективно. PROMACS помогает обеспечивать во взаимосвязи производственные и коммерческие интересы предприятия (вертикальная интеграция). Ускоряется обмен информацией, предотвращаются ошибки из-за неточных или дублируемых действий персонала.

**Отчётность:** Важнейшие показатели, касающиеся расхода материалов и энергии или же количества выпущенной продукции, всегда доступны в форме таблиц или графиков. Автоматически генерируемые сменные и суточные отчёты, а также «исторические справки» помогают быстро анализировать проблемы и принимать продуктивные решения. Архивированные данные о производстве могут быть полезны для сертификации по международным нормам, например ISO.

**Удобство:** PROMACS базируется на операционной системе Windows и легко конфигурируется с учётом условий пользователя. Система поставляется и устанавливается в комплектации, которая не предусматривает никакого обслуживания и администрирования со стороны пользователя - он должен лишь заботиться о пополнении банков данных.

**Модули типовой отчётности** помогают на основе отслеживаемых системой параметров делать оценки и выводы – как применительно к отдельно взятому заказу, так и для определённых промежутков времени. Например, обязательным является отчёт за истекшие сутки, в комплекте с которым также автоматически выдаются отчёты за каждую смену. В них находят отражение время работы оборудования и время простоев, в том числе периоды

техобслуживания или ремонта; количество изготовленных плит, включая забракованные, с разделением их на артикулы (по типу, размерам, сортности); расход сырья и другие параметры.

**Модуль учёта лабораторных проб** обеспечивает размещение в банке данных всей информации об изготовляемых плитах, из которых берутся образцы для лабораторных исследований, а также фиксирует моменты взятия этих образцов. Затем этот набор данных пополняется результатами лабораторных испытаний.

**Модуль учёта материалов** помогает держать под точным контролем расход древесного сырья и других компонентов, а также отбракованную сыпучую массу. Учёт можно вести как во времени (посменно, посуточно и т.п.), так и применительно к определённой партии продукции. Программа автоматически рассчитывает и соответствующие удельные расходы.

**Модуль экспорта данных** контролирует передачу из системы PROMACS информации в виде файлов, удобных для прочтения в общераспространённых программах, таких как Excel, Access или Lotus. Возможно также сепаратное представление этих данных в виде коммуникативных блоков с автоматизированным обслуживанием. Этот же модуль следит за актуализацией банков данных и очищением их от устаревшей или избыточной информации.

Наряду с перечисленными серийными модулями предлагается множество дополнительных программных модулей (ПМ) разного назначения, например:

- ПМ для выведения оперативной информации не только в диспетчерскую, но ещё и на тот или иной персональный компьютер или же в сеть Интранет/Интернет;

- ПМ для представления отчётов в нестандартной форме, которая может быть разработана с учётом пожеланий пользователя;

- ПМ для управления исполнением заказов с учётом присвоенного им статуса (важности и т.п.), при этом автоматически реализуется так называемый вертикальный поток информации, позволяющий лучше отслеживать прохождение заказов, быстрее переходить к выпуску продукции с новыми параметрами;

- ПМ для контроля за работой отдельных блоков и агрегатов в составе используемого оборудования, что позволяет эффектив-

нее следить за износом узлов и своевременно заботиться об их обновлении;

– ПМ для контроля за использованием отдельных режущих инструментов (каждый из них получает учётный номер), что позволяет не только содержать в безупречном порядке инструментальное хозяйство и оптимизировать затраты на это, но и всегда гарантировать стабильное качество приготавливаемой стружки и аккуратные кромки у готовых плит;

– ПМ для согласованной работы основной производственной линии и промежуточного склада (благодаря этому модулю поддерживается бесперебойный поток информации в горизонтальном направлении, от участка приготовления сырья до склада готовой продукции), причём система управления самим промежуточным складом не является модулем системы PROMACS;

– ПМ для контроля за работой всех энергопотребителей с наглядным отображением на графическом дисплее или распечатыванием показаний к определённым моментам времени (в частности, это позволяет следить за пиками активной и реактивной нагрузки и оптимально варьировать потребление электроэнергии на отдельных участках);

– ПМ для контроля за общими и удельными материало- и энергозатратами, также и в денежном выражении, причём возможно разделение контролируемых показателей на группы (до десяти), а сам учёт можно вести как для определённых промежутков времени, так и применительно к конкретной партии изделий;

– ПМ для прогнозирования нагрузки и управления энергопотреблением с учётом дифференцированных тарифов;

– ПМ для согласованного взаимодействия линии изготовления плит и участка послепрессовой обработки, то есть линий шлифования и раскроя, причём эти модули работают слаженно с описанными выше серийными программными модулями, что отражается в генерируемых графиках и отчётах; кроме того модулю для линии шлифования подконтрольна зернистость используемых абразивных бумаг, что позволяет гарантировать стабильное качество шлифуемых поверхностей, а на раскройной линии может обеспечиваться индивидуальный контроль за состоянием каждого режущего инструмента.





Plm

тическим и плановым обслуживанием всего станочного парка, и очень проста для освоения: от пользователя не требуется умения программировать, он только вводит или стирает данные.

Каждая единица оборудования, а также отдельные узлы и агрегаты снабжаются системным кодом, и для них составляются оптимальные графики обслуживания. Работники, отвечающие за их соблюдение, получают заблаговременные сообщения: где, что и когда необходимо сделать. Наглядно индицируется и информация о том, где и какие работы выполняются в данный момент. Все выполненные работы, в том числе экстренные и неплановые, документируются, и эти сведения хранятся в централизованной базе данных. Там же содержатся характеристики оборудования, информация о личном составе ремонтников, типовых объёмах и периодичности работ и т.п. Данные из этого электронного архива можно использовать, например, для анализа неполадок. По желанию заказчика, система может быть укомплектована специальным интерфейсом ERP, позволяющим включать её в планируемые ресурсы предприятия и подсоединять к другим информационным структурам.

Внедрение системы PLM позволяет ощутимо снизить расходы на сторонние технические услуги, повысить коэффициент использования оборудования, улучшить планирование ремонтно-профилактических работ.

#### 15.4.2 Что означает комплексное оснащение плитного производства

Фирма «Зимпелькамп», основанная в 1883 году, за минувшие с тех пор 120 с лишним лет накопила богатейший опыт в станкостроении для деревоперерабатывающей промышленности. Особую славу она завоевала за последние десятилетия, с тех пор как взялась за комплексное оснащение предприятий по изготовлению древесных плитных материалов – ДСтП, MDF, OSB и им подобных. На сегодня в мире действует более 700 производственных линий, оснащённых оборудованием Siempelkamp.

Решение столь серьёзных задач оказалось для фирмы по плечу благодаря тому, что за эти годы к её головному заводу присоединились ещё восемь предприятий, все вместе сформировавшиеся в промышленную группу – концерн Siempelkamp Maschinen- und Anlagenbau. Каждое из дочерних предприятий освоило выпуск определённого вида оборудования, оснастки или иных компонентов, используемых в плитном производстве, и обладает штатом опытных профессионалов по усовершенствованию и внедрению этой техники. В концерне ведутся непрерывные исследования по развитию и совершенствованию плитных технологий, организованы специальные подразделения, обеспечивающие комплексное управление выполняемыми проектами, начиная со стадии инжиниринга и вплоть до завершающих монтажно-сборочных работ на сооружаемом объекте.

Располагая столь мощным кадровым и производственным потенциалом, группа «Зимпелькамп» способна оказывать самые разнообразные технические услуги, востребованные в этом специфическом секторе рынка.

**Технологический анализ.** Без него невозможно гарантировать эффективное функционирование оснащаемого производства. К анализу подключаются проектно-исследовательские подразделения концерна и испытательная лаборатория. При этом учитываются все данные о предполагаемых параметрах сырья и требованиях к конечной продукции для рассматриваемого плитного производства.

### **Общая концепция производства и полный инжиниринг.**

Выработка исходной концепции служит условием надёжности и безопасности дальнейших проектно-конструкторских решений. Инжиниринговая служба составляет общую компоновку и материалопотоки создаваемого производства, определяет целесообразность организации на нём тех или иных собственных технологических и вспомогательных участков, оценивает возможности взаимодействия со смежниками.

**Комплексное ведение проекта** чрезвычайно важно для того, чтобы работы по всем этапам его реализации исполнялись в оговорённые сроки, с соблюдением установленных технических и финансовых условий, которые при необходимости можно было бы оперативно уточнять и регулировать.

**Изготовление и монтаж основного оборудования.** Для заказчика всегда выгоднее и удобнее иметь дело только с одним поставщиком. Благодаря тому что все технические компоненты плитного производства изготавливаются на заводах группы «Зимпелькамп», их совместимость гарантирована, а монтаж будет выполнен в более короткие сроки, без потерь времени на согласования и переделки.



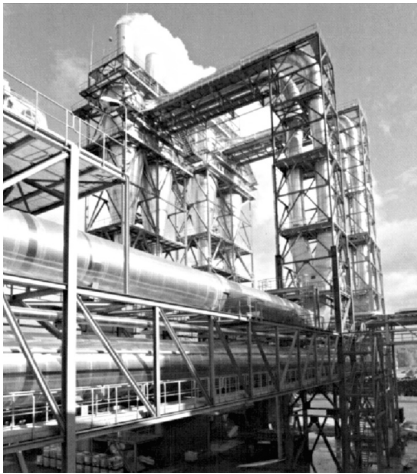
На этой фотографии - ситовые сортировки для просеивания сыпучего материала. Правильная подготовка сырья - важнейшая предпосылка для получения стружечных и волокнистых плит надлежащего качества. Фирма «ПАЛ» (PAL), отчасти принадлежащая группе «Зимпелькамп», разработала особую технологию получения щепы из древесного утиля. Плитные предприятия,

внедрившие этот метод, не только экономят, обходясь без дорогостоящих круглых лесоматериалов, но и содействуют обереганию природной среды.

Устройства для приготовления и нанесения связующего производит уже более 30 лет фирма «ИМАЛ» (IMAL), также входящая в группу «Зимпелькамп». Речь идёт о клееварках («кухнях»), весовых дозаторах, смесителях. При проектировании этого участка важнейшим показателем считается экономный расход смолы. Один из способов его достижения в производстве MDF - смешение смолы с частично высушенной волокнистой массой. Такая технология позволяет бережно обращаться с химическими компонентами, что благоприятно сказывается на экологических показателях плитного производства. Наряду с этим фирма «ИМАЛ» выпускает приборы для контроля качества плит, испытательные установки, лабораторное оборудование.

Сушильное оборудование выпускает другая дочерняя фирма - завод «Бютнер» (Buttner). Его специалисты проектируют, изготавливают и обеспечивают ввод в эксплуатацию сушилок для стружки и волокна (на фотографии - одна из таких установок на предприятии по выпуску MDF). Для сушки стрэндов - крупных древесных частиц, применяемых в производстве OSB, на фирме разработана особая технология Single Path, позволяющая существенно уменьшить отклонения от заданных значений влажности. Используемые для этого сушилки оснащены трёхуровневой поддержкой безопасности и надёжной системой компьютерного управления.



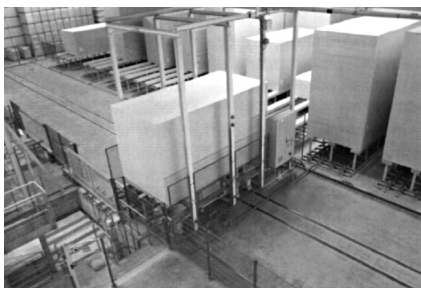


Участок формирования ковра и линия прессования считаются главными в плитном производстве. Формирующие машины для изготовления ДСтП, MDF, OSB имеют каждая свои особенности. «Зимпелькамп» может предложить производителям ДСтП сразу две системные конфигурации, на выбор. Одна из них, скомбинированная из пневматической рассеивающей головки Wind-Former и барабанных вальцов, называется

Wind-CageFormer. Другая - чисто механическая система рассеивания, именуемая CrownFormer. Для производителей MDF разработана новая система StarFormer, которая рассеивает волокнистую массу в поперечном и продольном направлениях по настилу, состоящему из встречно вращающихся зубчатых вальцов. Специальное разравнивающее устройство обеспечивает равномерное распределение волокнистой массы без застревания частиц. А для производителей OSB на фирме разработаны системы DiscFormer и FinFormer, обеспечивающие строго ориентированное насыпание стрэндов при формировании, соответственно, наружных и внутренних слоев изготавливаемой плиты. В своё время именно на головном предприятии «Зимпелькамп» была придумана технология непрерывного прессования древесных плит. Сегодня прессы ContiRoll® известны во всём мире. В разных странах действует более 170 этих установок (одна из них изображена на фотографии слева внизу). Конструкторские изыскания, нацеленные на их усовершенствование, ведутся на фирме



постоянно. Одним из наиболее успешных результатов этих исследований можно считать модель ContiRoll®-Plus. Размеры входной зоны у неё гибко регулируются, что позволяет улучшить качество изготавливаемых плит и увеличить скорость главного конвейера, которая в производстве MDF, например, уже достигает 1,5 м/с. Особенно эффективным, как в технологическом, так и в экономическом аспектах, это новшество оказалось для производителей тонких плит.



Мощные прессы ContiRoll® работают с очень большой производительностью. Для того чтобы плитное предприятие могло не просто справляться с огромной массой выпускаемой продукции, но и извлекать для себя максимальные выгоды, необходимо тщательно продумать всю заводскую логистику. Этим занимается фирма SHS (Siempelkamp Handling Systeme), которая специализируется на оснащении участка послепрессовой обработки. SHS спроектирует, скомплектует и запустит в эксплуатацию наиболее подходящие для данного плитного производства диагональные пилы, веерные кантователи, установки для раскроя плит, складское и упаковочное оборудование (на фотографии выше изображён штабелирующий транспортёр). Эта же фирма поможет обеспечить рентабельную работу раскройного участка в режиме быстрого и точного (just in time) исполнения индивидуальных заказов на изготовление щитовых заготовок. В оснащении таких линий участвуют дочерние фирмы «Штротман» (Strothmann) и «Ферроконтроль» (Ferrocontrol), которые в составе концерна «Зимпелкамп» специализируются на выпуске роботов, манипуляторов и систем управления.





Для облагораживания ДСтП и MDF фирма «Зимпелькамп» предлагает короткотактные прессы и всю оснастку к ним. На этом оборудовании можно наладить высокоэффективное производство декоративных ламинатов - как в виде напольных покрытий, так и для нужд мебельной промышленности.

Усовершенствования, которым недавно подверглись выпускаемые фирмой листоподборные устройства, позволили, наряду с более экономным использованием пропитанных бумаг, сократить общее время цикла и повысить производительность линий ламинирования. Сегодня на сдвоенных короткотактных прессах можно выпускать до 360 полноформатных облицованных плит в час. Экономичность линий ламинирования возросла с появлением многопоршневых прессов, конструкция которых способствует более равномерному распределению давления при таком темпе работы.

Так выглядит диспетчерский пульт на современном предприятии по выпуску древесных плит. Фирма ATR, принадлежащая концерну «Зимпелькамп», известна как авторитетный специалист по комплексной автоматизации плитных производств и системной интеграции поставляемого оборудования. Разработанные на этой фирме системы управления PROMACS, SPOC и PLM помогают поддерживать бесперебойный выпуск плитной продукции стабильного качества при оптимальной загрузке оборудования и его своевременном обслуживании. По ходу внедрения этих АСУП обеспечивается надлежащий инженеринговый и технологический консалтинг, а эксплуатация системы, сданной «под ключ», не требует от пользователя программистских знаний и навыков. Применение подобных систем - одна из важнейших предпосылок конкурентоспособности плитного предприятия.

**Ввод в эксплуатацию и оптимизация параметров производства.** Когда линия смонтирована, специалисты концерна

«Зимпелькамп» вместе с заказчиком обеспечивают её запуск и отладку на оптимальные технологические параметры. И это не только на этапе выпуска пробной продукции, но и вплоть до выхода на полную проектную мощность.

**Автоматизация производства и организация контроля за всеми процессами.** Это необходимое условие для того, чтобы производство было стабильно рентабельным. «Зимпелькамп» поставляет все аппаратные устройства и программное обеспечение, позволяющие держать под непрерывным централизованным контролем плитное производство при ежедневном выпуске, скажем, 2000 кубометров продукции. Уровень автоматизации, вплоть до внедрения самых современных экспертных систем, определяется пожеланиями заказчика.

\* \* \*

Возможности технологий для плитного производства далеко не исчерпаны, и усовершенствованием этих технологий успешно занимаются как западные, так и российские фирмы. Главенствующая цель при этом – увеличивать прибавочную стоимость, получаемую на плитных предприятиях, расширять ассортимент выпускаемых изделий. Конечно же, это невозможно без грамотных специалистов, способных внедрять и поддерживать передовые способы производства. Для подготовки таких специалистов и написана эта книга.

### 15.5.1 Плотность плиты

Плотность изделий (в плитном производстве она измеряется в килограммах на кубический метр) определяют по образцам размерами  $100 \times 100$  мм. Тщательно измеренные образцы взвешивают с точностью не менее 0,1% и рассчитывают их плотность по формуле

$$\rho_{пл} = \frac{m}{b h} \times 10^6,$$

где  $m$  – масса образца, г;

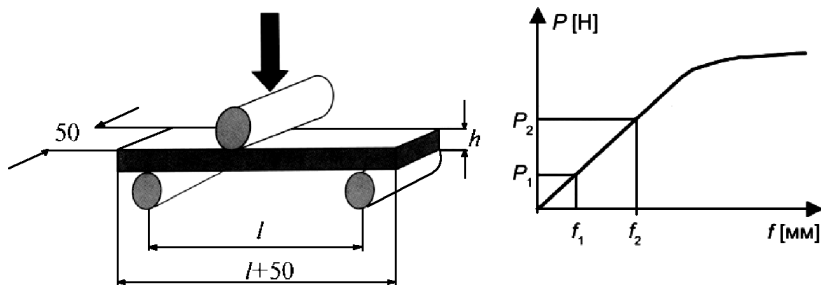
$l$ ,  $b$  и  $h$  – размеры образца, мм.

При отработке технологии в лабораторных условиях можно исследовать распределение плотности по толщине плиты с по-

мощью специальных приборов – денсиметров или определять его, измеряя сопротивление сверлению в наружных и внутреннем слоях плиты.

### 15.5.2 Влажность плиты

Этот показатель определяют путём высушивания образцов размерами 50×50 мм в сушильном шкафу при температуре 103 °С до достижения стабильной массы (определение стабильной массы см. выше). Для ориентировочных опытов можно брать образцы меньших размеров. Влажность рассчитывают по формуле



**Рис. 15.5.** Схема испытания плит на статический изгиб и диаграмма «нагрузка – прогиб»

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 (\%),$$

где  $m_1$  – масса образца до высушивания, г;

$m_2$  – масса образца после высушивания, г.

Получаемое значение должно соответствовать требованиям стандарта на данную продукцию.

### 15.5.3 Модуль упругости и предел прочности при изгибе

Прочность при изгибе характеризуется отношением изгибающего момента  $M$  к моменту сопротивления поперечного сечения образца, к которому приложена максимальная (разрушающая) нагрузка, и для прямоугольного образца вычисляется по формуле

$$\sigma_{изг} = \frac{M}{W} = \frac{3P_{max} l}{2bh^2},$$

где  $P_{max}$  – разрушающая нагрузка, Н;

$l$  – расстояние между опорами, мм;

$b$  – ширина образца (по стандарту 50 мм);

$h$  – толщина (высота) образца, равная толщине продукции, мм.

Продолжительность испытания, то есть приложение нагрузки к образцу до его разрушения, должна составлять примерно одну минуту. Схема испытания на изгиб показана на рисунке 15.5.

По европейским нормам расстояние между опорами должно быть равно 20А, а по странам СНГ и их стандартам для ДСтП оно меньше, 10-15А. При столь существенном расхождении невозможно достоверно сравнивать показатели плит, испытанных по различным методикам. В частности, при изгибе на малых пролётах сказывается действие поперечных сил, и значения предела прочности получаются заниженными. Поэтому российским предприятиям было бы целесообразно испытывать все плиты на прочность при изгибе по EN 310, так как этот стандарт позволяет получать более объективные характеристики.

Результаты испытаний зависят от объёма образца, и для более тонких плит нормативные значения прочности выше.

Модуль упругости при изгибе определяют для того, чтобы оценить поведение плит под изгибающей нагрузкой: прогиб детали прямо пропорционален нагрузке и обратно пропорционален модулю упругости при изгибе. Статический модуль упругости рассчитывают по формуле

$$E = \frac{l^3}{4bh^3} \times \frac{\Delta P}{\Delta f},$$

где  $l$  – расстояние между опорами, мм (не менее 20А);

$b$  – ширина образца (по стандарту 50 мм);

$h$  – толщина образца (равна толщине продукции), мм;

$\Delta P$  – приращение нагрузки, Н, при котором приращение прогиба составляет  $\Delta f$ , мм;

$\Delta P = (P_2 - P_1)$ , где  $P_1$  и  $P_2$  – начальное и конечное значения нагрузки, соответственно;

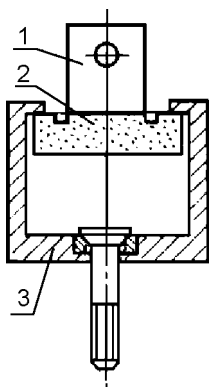
$\Delta f = (f_2 - f_1)$ , где  $f_1$  и  $f_2$  – начальное и конечное значения прогиба, соответственно.

Величина  $P_2$  должна быть такой, чтобы возникающее при этой нагрузке напряжение в образце не превышало половины предела прочности его при изгибе.

В ходе испытания можно либо задаваться интервалом  $\Delta P$  и измерять прогиб  $\Delta f$ , либо, наоборот, задаваться прогибом  $\Delta f$  и измерять требуемое для него увеличение нагрузки  $\Delta P$ . Измерения ведутся не с нуля, а с некоторой величины нагрузки  $P_1$ , при которой процесс деформирования образца уже стабилизировался, приобрёл монотонный характер (см. диаграмму на рисунке 15.5).

Более простой и точный способ – измерение прогиба у образцов на испытательных машинах с механическим приводом. Зная при заданных величинах нагрузки  $P_1$  и  $P_2$  скорость  $V$  (мм/с) движения нагружающего (активного) элемента машины и жёсткость  $k$  (мм/Н) силоизмерителя, можно величину приращения прогиба рассчитать по формуле

$$\Delta f = V \times t - k(P_1 - P_2).$$



**Рис. 15.6.** Схема испытания плит на отрыв поперек пласти

упругости, а потом предел прочности при изгибе.

По европейскому стандарту, определение модуля упругости и предела прочности при изгибе считается обязательным. Посколь-

Время  $t$  (в секундах), в течение которого стрелка силоизмерителя проходит от деления  $P_1$  до деления  $P_2$ , замеряют обычным секундомером или с помощью автоматического таймера, который срабатывает по сигналам от датчиков, установленных в точках контрольной нагрузки. Помимо того что этот метод исключает погрешности, свойственные индикаторному прогибомеру, обычно применяемому при непосредственном измерении образцов, он ещё и позволяет определять за одну установку образца сразу два показателя: сначала модуль

ку модуль упругости находят без разрушения материала, оба параметра можно установить по одним и тем же образцам, по одной схеме испытания.

#### 15.5.4 Прочность при растяжении плиты поперёк пласти

По этому показателю оценивают качество склеивания среднего слоя и прочность стружечных плит в наиболее слабом направлении. Для испытаний берут образцы размерами  $50 \times 50$  мм. К ним приклеивают колодки из твёрдой древесины, фанеры или металла, через посредство которых образец растягивают перпендикулярно пласти (рис. 15.6). Нагрузку наращивают до разрушения образца по среднему слою.

Предел прочности определяют расчётным путём как отношение разрушающего усилия к площади образца. Методики испытания по российским и европейским стандартам практически совпадают.

#### 15.5.5 Прочность наружного слоя

Прочность наружных слоев особенно важна для плит, подлежащих облагораживанию. У облицованной плиты способности покрытия и основы к разбуханию и усушке, как правило, различны. В силу этого между облицовкой и древесной плитой возможны дополнительные напряжения, которые при определённых условиях эксплуатации будут способны вызвать отслоение покрытия. Прочность наружного слоя ДСтП зависит главным образом от того, насколько он плотный, какова в нём доля связующего, каким способом велось прессование.

По российской методике для определения прочности плиты на отрыв наружного слоя берут образец размерами

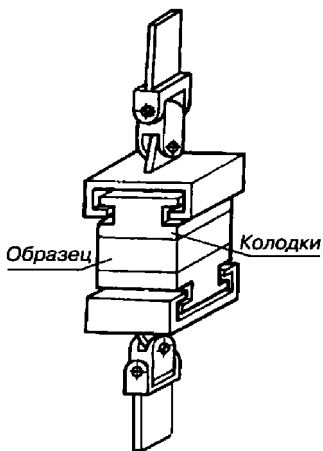


Рис. 15.7. Схема испытания на отрыв наружного слоя плиты:  
1 – испытательная головка,  
2 – образец, 3 – захват

50 × 50 мм. В центре его кольцевой фрезой делают выточку шириной и глубиной 2 мм. Внутренний диаметр  $d$  выточного кольца (25–30 мм) совпадает с диаметром испытательной цилиндрической головки, которую наклеивают на образовавшийся «пятачок». Обеспечивая при помощи захвата одноосное растяжение, измеряют усилие  $P_{max}$ , при котором произойдет отрыв поверхностного слоя от основы (рис. 15.7). Предел прочности рассчитывают как отношение разрушающей нагрузки к площади склеивания:

$$\sigma = \frac{3P_{max}}{\pi d^2}$$

Нижняя граница предела прочности составляет примерно 1 Н/мм<sup>2</sup>. Приклеивать стальную головку  $I$  (рис. 15.7) рекомендуется холодным способом, используя контактный клей, например эпоксидный.

Методика испытания по европейским нормам аналогична, но диаметр испытательной головки определен в 35,68 мм, что соответствует площади в 1000 мм<sup>2</sup>.

### 15.5.6 Разбухание плит по толщине и водопоглощение

Разбухание по толщине и по пласти у стружечных плит неодинаково. Плиты плоского прессования разбухают по толщине примерно в пятьдесят раз больше, чем по ширине или длине, а у экструзионных плит соотношение между этими показателями противоположное. Такая анизотропия связана с ориентированием стружки в материале, поэтому для плит плоского прессования измеряют только разбухание по толщине.

Согласно ГОСТ 10634-78, для исследований берут образцы ДСтП размерами 100 × 100 мм или 25 × 25 мм. После измерения (с точностью до 0,1%) толщины и массы образцы погружают в сосуд с водой, имеющей температуру 20 °С, так чтобы они не соприкасались и были полностью покрыты водой (образцы можно располагать вертикально). Малые образцы оставляют в воде на 2 часа, большие на 24 часа. Затем их промокают фильтровальной бумагой, вторично взвешивают и измеряют их толщину. Водопоглощение рассчитывают по формуле

$$\Delta w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 (\%),$$

а набухание по толщине по формуле

$$t_w = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100 (\%),$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – масса образца до погружения в воду и после вымачивания, соответственно, г;

$t_1$  и  $t_2$  – толщина образца до погружения в воду и после вымачивания, соответственно, мм.

По методике EN размеры образцов должны быть  $50 \times 50$  мм, а сама процедура испытания аналогична описанной выше. По её результатам рассчитывают только набухание, поскольку водопоглощение в европейских стандартах на продукцию не нормируется.

Как показывают исследования, у плит, которые после пресования проходят кондиционирование, разбухание по толщине меньше примерно на 20%. Установлено также, что впитывание влаги обратно пропорционально плотности материала.

### 15.5.7 Сопротивление выдёргиванию шурупов

Образцы для этих испытаний должны иметь форму квадрата со стороной 50 мм. Шуруп  $4 \times 40$  завинчивают в предварительно просверлённое отверстие диаметром 2 мм: если в кромку образца, то на длину нарезки шурупа, если в плась – на всю толщину плиты. Образец помещают в испытательное приспособление (рис. 15.8) и подвергают растяжению с такой скоростью, при которой время выдёргивания составит примерно одну минуту. Удельное сопротивление выдёргиванию шурупов рассчитывают по формуле

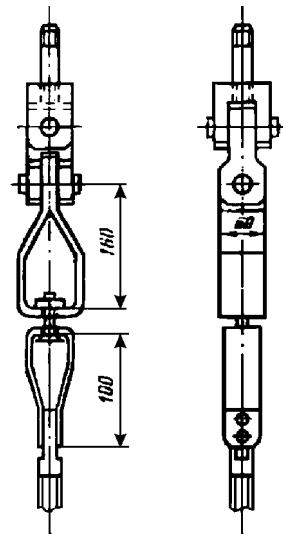


Рис. 15.8. Схема приспособления для испытания плит на сопротивление выдёргиванию шурупов

$$q = \frac{P_{max}}{l} \text{ (Н/мм),}$$

где  $P_{max}$  – максимальная нагрузка, Н;  
 $l$  – глубина завинчивания шурупа, мм.

Европейский стандарт предусматривает аналогичную методику этих испытаний. При толщине плит до 15 мм показатель рассчитывается по той же формуле, при толщине более 15 мм за сопротивление выдёргиванию принимается усилие выдёргивания ( $WS = P_{max}$ ).

### 15.5.8 Изменение размеров плит при изменении влажности воздуха

На европейских предприятиях этот показатель контролируют у плит, предназначенных для производства мебели: колебания относительной влажности воздуха в помещениях не должны вызывать чрезмерное разбухание и усушку мебельных деталей. Процедура испытаний по стандарту EN 318 заключается в следующем. Образцы размерами 300 × 50 мм выдерживают в лабораторных условиях (при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности 65%) не менее 48 часов. Затем измеряют толщину и длину образцов с точностью не ниже 0,01 мм и переносят их в помещение или камеру с повышенной влажностью воздуха (85%). Выдержав их там 48 часов, снова измеряют толщину и длину и переносят образцы в условия с пониженной влажностью воздуха (35%), тоже на 48 часов, после чего опять измеряют их толщину и длину.

По изменениям размеров образцов рассчитываются следующие показатели:

разбухание по толщине

$$IT85 = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100 (\%)$$

разбухание по длине

$$IL85 = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \times 100 (\%)$$

усушка по толщине

$$DT35 = \frac{h_3 - h_1}{h_1} \times 100 (\%)$$

усушка по длине

$$DL35 = \frac{l_3 - l_1}{l_1} \times 100 (\%)$$

В этих формулах  $h_1$  и  $l_1$  – начальные размеры образцов, мм;  
 $h_2$  и  $l_2$  – размеры (мм) образцов, выдержанных при повышенной влажности воздуха;

$h_3$  и  $l_3$  – размеры (мм) образцов, выдержанных при пониженной влажности воздуха.

### 15.5.9 Стойкость плит при циклических воздействиях

Этот показатель характеризует длительную прочность древесных плит при циклических изменениях влажности и температуры воздуха. Европейский стандарт предусматривает ускоренные испытания в условиях, имитирующих многолетние погодноклиматические воздействия на плиты, эксплуатируемые на открытом воздухе.

Образцы, предварительно выдержанные в лабораторных условиях (температура 20 °С, влажность 65%), три раза подряд на протяжении как минимум трёх недель подвергаются испытанию, которое состоит из трёх этапов (рис. 15.9):

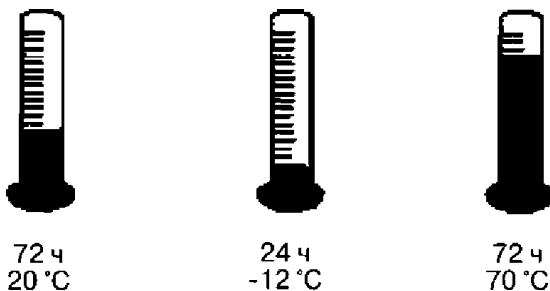


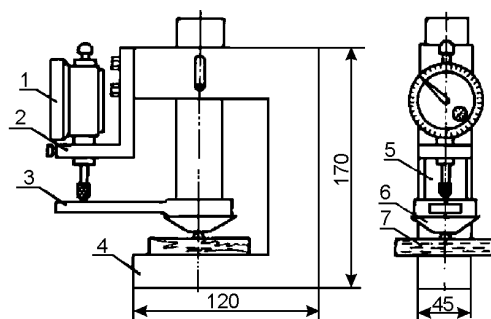
Рис. 15.9. Этапы циклических испытаний плит

- выдерживание в воде с температурой 20 °С в течение 72 часов;

- замораживание и выдерживание при температуре минус 12 °С в течение 24 часов;

- высушивание и выдерживание при температуре 70 °С в течение 72 часов.

Прошедшие это тоекратное испытание образцы снова выдерживаются в лабораторных условиях, после чего испытываются их прочность на отрыв поперёк волокон (по EN 319) и относительное изменение толщины (по EN 317).



**Рис. 15.10.** Прибор для определения твёрдости древесных материалов

По соглашению с заказчиком можно отказаться от этой длительной процедуры и определять стойкость древесных плит экспресс-методом, при котором образцы погружают в воду и в течение полутора часов нагревают до температуры 100 °С, затем два часа кипятят и за один-два часа остужают вместе с той же водой до комнатной температуры (20 °С). После охлаждения и подсушивания образцы испытывают на отрыв поперёк пласти.

### 15.5.10 Твёрдость плит

В европейских стандартах твёрдость древесных плит не нормируется. Согласно ГОСТ 11843, её определяют по пласти, на образцах размерами 50 × 50 мм в приспособлении, показанном на рисунке 15.10. На образец 7, помещённый в испытательное приспособление 4, ставят конус 6 с шариком (диаметром 10 мм). Шток 5 с пластиной 3 опускают до соприкосновения шарика с об-

разцом и зануляют индикатор 7. Плавно нагружают образец, поддерживая скорость движения активного элемента испытательной машины около 2 м/мин. В момент, когда показываемая индикатором глубина вдавливания шарика составит  $2 \pm 0,05$  мм, фиксируют нагрузку  $P$  по силоизмерителю испытательной машины.

Твёрдость вычисляют по формуле

$$H = \frac{3P}{\pi d^2} \text{ (МПа)}.$$

Поскольку стружечные плиты твёрже, чем массивная древесина, этот метод невозможно унифицировать с методом определения твёрдости деревянных деталей, который предписывает использовать шарик диаметром 11,28 мм и внедрять его на глубину радиуса. Поэтому показатели твёрдости древесных плит некорректно сопоставлять с аналогичными показателями деталей из натуральной древесины.

### 15.5.11 Ударная вязкость плит

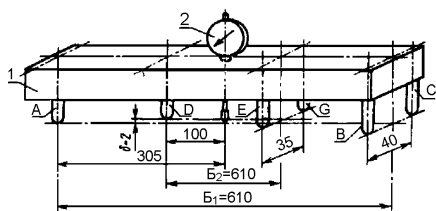
В европейских стандартах ударная вязкость плит не регламентируется. По методике, изложенной в российском стандарте, образцы для определения этого показателя должны быть размерами  $130 \times 20$  мм из плит толщиной до 30 мм, а если из более толстых, то  $180 \times 30$  мм. Испытывают их в маятниковом копре с запасом энергии маятника от 5 до 50 Дж. Расстояние между опорами копра составляет 100 мм при толщине образцов 10–35 мм, при более толстых 140 мм. Удар производят по середине образца перпендикулярно лицевой пласти и по шкале копра отсчитывают работу  $A$ , затраченную на разрушение. Ударную вязкость рассчитывают по формуле

$$a = \frac{A}{bh} \text{ (Дж/м}^2\text{)},$$

где  $b$  – ширина образца, м;

$h$  – толщина образца (плиты), м. Поскольку древесные плиты крайне редко идут на изготовление деталей, подвергаемых ударным нагрузкам, метод на практике почти не применяется, но может быть востребован в исследовательских работах.

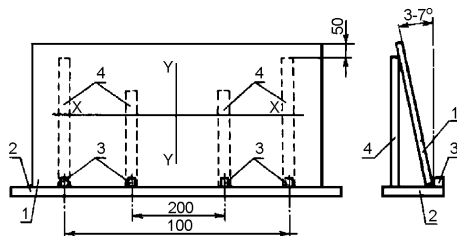
### 15.5.12 Покоробленность плит



**Рис. 15.11.** Прибор для контроля покоробленности: 1 – балка прибора; 2 – индикатор; А, В и С опоры с базой измерения  $B_1$ ; D, Е и G - опоры с базой измерения  $B_2$

На исследование берутся образцы размерами  $1200 \times 650$  мм. Измерительный прибор с двойной базой ( $B_1 = 610$  и  $B_2 = 200$  мм) представляет собой жёсткую балку с тремя опорами для каждой базы и стрелочным индикатором (рис. 15.11). К образцу, помещённому на стенд (рис. 15.12), прикладывают прибор поочерёдно по измерительным осям X–X и Y–Y, совмещая шток индикатора с точкой пересечения осей. По отклонениям показаний индикатора от установленного значения можно судить о стреле прогиба. Измерения проводят на обеих сторонах образца, а за величину покоробленности принимают суммарное отклонение по каждой измерительной оси.

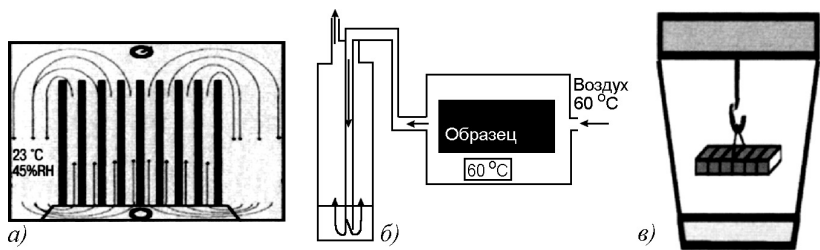
По отклонениям показаний индикатора от установленного значения можно судить о стреле прогиба. Измерения проводят на обеих сторонах образца, а за величину покоробленности принимают суммарное отклонение по каждой измерительной оси.



**Рис. 15.12.** Схема стенда с установленным образцом: 1 – образец, 2 – основание, 3 – упоры, 4 – опоры

### 15.5.13 Выделение свободного формальдегида

Этот показатель характеризует токсичность клеёной продукции и во многом – её конкурентоспособность. Определяют его несколькими способами. ГОСТ 27678-88 и EN 120 предусматривают перфораторный способ, применяемый и в производстве фанеры, с использованием образцов размерами  $25 \times 25$  мм. Процедура испытаний занимает 4–6 часов.



**Рис. 15.13.** Способы определения эмиссии свободного формальдегида в древесных плитах: а – камерный, б – газоаналитический, в - колбовый

В стандарте EN 717 регламентированы ещё три способа определения эмиссии свободного формальдегида – камерный, газоаналитический и колбовый (рис. 15.13).

При камерном способе испытания длятся 28 дней. Образцы размерами  $25 \times 25$  мм обдуваются воздухом, который циркулирует со скоростью 0,1–0,3 м/с при температуре 23 °C и относительной влажности 45%. Количество газа, адсорбируемого в воде, регистрируется с учётом объёма воздуха в камере.

При газоаналитическом способе образец размерами  $400 \times 50$  мм в течение четырёх часов обдувается горячим воздухом (60 °C). Формальдегид попадает в абсорбирующую жидкость и затем в газоанализатор. Эмиссия формальдегида рассчитывается как арифметическое среднее за последние три часа и выражается в миллиграммах на квадратный метр в час.

При колбовом методе образец размерами  $25 \times 25$  мм помещают в сосуд с 50 мл воды, который закрывают и ставят в печь с температурой 40 °C. Выделение свободного формальдегида рассчитывается по разности его концентраций в полученном растворе и в дистиллированной воде.

## 15.6 Контроль качества облагороженных ДСтП

Количество облицованных плит, отбираемых для проверки качества, зависит от объёма партии, отгружаемой заказчику. Объёмы выборки и минимальное число годных плит, при которых проверяемая партия принимается, регламентирует ГОСТ Р 52078-2003 (в штуках):

Объём партии	Объём выборки / Минимальное число годных плит	
	при проверке длины, ширины, перпендикулярности кромок	при проверке внешнего вида покрытия
До 500	8/7	1/1
От 501 до 1200	12/11	3/1
От 1201 до 3200	12/11	2/1

Соответствие плит требованиям ГОСТа оценивают на основе внешнего осмотра их поверхности с расстояния приблизительно 300–500 мм, под углом 30–60 градусов, без применения увеличительных приборов, при освещённости 1000–5000 люкс. Свет нужен рассеянный, возможен как дневной, так и искусственный. Матовость и блеск покрытий также оценивают визуально - сопоставляя их с утверждённым образцом-эталонном.

Размеры вмятин (углублений) на поверхности плиты определяют при помощи стрелочного индикатора, закреплённого в металлической П-образной скобе с цилиндрическими опорными поверхностями радиуса 5+1 мм (расстояние между опорами 60–100 мм). Перед замерами шкалу индикатора тарируют: чтобы определить нулевое положение, скобу с индикатором ставят на поверочную линейку или на поверочную плиту. Ход штока в обе стороны от опорной плоскости должен быть не менее 2 мм.

### 15.6.1 Гидротермическая стойкость поверхностей

Испытуемый образец (квадрат со стороной 75 либо 100 мм) помещают на колбу с кипящей водой и в течение одного часа подвергают воздействию горячего пара. Промокнув образец фильтровальной бумагой, осматривают его сразу после испытания при комнатной температуре, отмечая следующие изменения на поверхности: трещины (в том числе выявляемые при помощи лупы), вздутия, расслоение, потерю блеска и/или цвета (видимые невооружённым глазом). Если внешний вид покрытия не изменился и образец не расслоился или если расслоение отсутствует, а обнаруженные изменения внешнего вида исчезают в течение 24 часов, то результаты испытаний считаются положительными.

### **15.6.2 Устойчивость поверхностей к повышенной температуре воздуха**

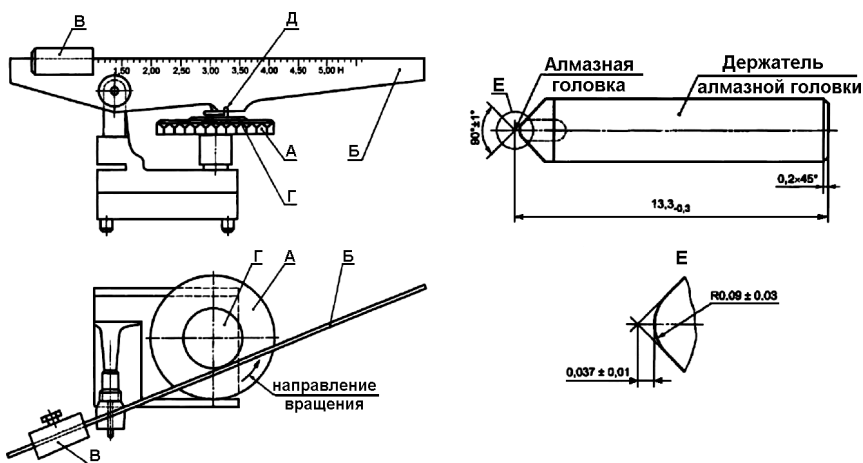
Для испытаний берут образцы, имеющие форму квадрата со стороной 250 мм. Их острые кромки зачищают абразивной шкуркой так, чтобы удалить сколы покрытия. Образцы помещают в термошкаф при температуре  $70 \pm 5$  °С на 24 часа, затем выдерживают 24 часа при температуре воздуха  $20 \pm 5$  °С. Осмотр декоративной поверхности после испытания ведётся невооружённым глазом с расстояния 250 мм под углом 20–30 градусов. Выдержавшими испытание считаются образцы без трещин на покрытиях. Результат распространяют на всю партию плит.

### **15.6.3 Определение термической стойкости поверхности**

Из плит контролируемой партии вырезают образцы в форме квадрата со стороной 250 мм. Испытательным «прибором» служит алюминиевый стакан определённых размеров с расплавленным до 180 °С воском или парафином. Его ставят на испытуемый образец, через 20 минут стакан снимают и ещё через полчаса осматривают поверхность образца при помощи лупы, отмечая наличие трещин. Появление вздутий и потерю блеска оценивают невооружённым глазом. Если внешний вид покрытия не изменился (допускается малозаметная потеря блеска и цвета), результаты испытаний считаются положительными и их распространяют на всю партию плит.

### **15.6.4 Определение твёрдости защитно-декоративного покрытия**

Испытание заключается в том, что на образец плиты, вращающийся в специальном приспособлении (рис. 15.14), наносят царапины в виде нескольких концентрических окружностей. Это делается при помощи калиброванной алмазной головки, прижимаемой с определённым усилием к поверхности образца: начальное усилие составляет 5 Н, а каждая следующая царапина наносится при меньшем усилии прижима, до тех пор пока след от воздействия не станет прерывистым.

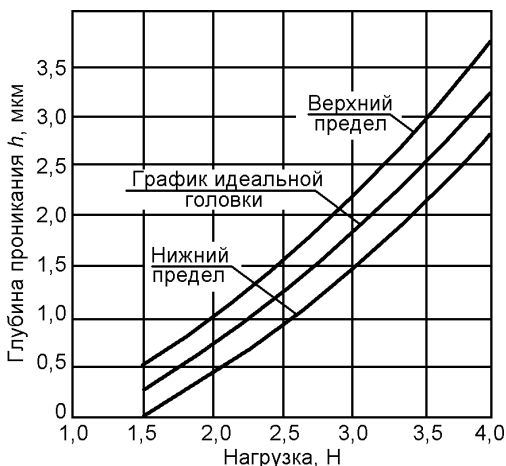


**Рис. 15.14.** Схема приспособления для нанесения царапин (справа размеры алмазной головки с держателем): А – опорный диск, Б – рычаг для перемещения алмазной головки, В – груз, Г – прижимный диск, Д – алмазная головка

Образцы должны иметь форму квадрата со стороной 100 мм и просверлённое в центре посадочное отверстие диаметром 6,5 мм. Образец укладывают на опорный диск *А* испытательного приспособления. Перед началом измерений регулируют высоту рычага *Б*, так чтобы он располагался строго горизонтально при соприкосновении алмазной головки *Д* с испытуемым образцом. Для того чтобы образец сохранял неподвижность во время испытания, его фиксируют прижимным диском *Г*. Установив начальную нагрузку *Д* опускают рычаг *Б* и приводят алмазную головку в соприкосновение с образцом, не допуская удара. Затем поворачивают опорный диск на один оборот против часовой стрелки со скоростью  $5 \pm 1$  об/мин. Если при нагрузке 5,0 Н остаётся заметный на глаз непрерывный след, продолжают испытания, нанося тем же способом концентрические окружности, каждая из которых должна отстоять от предыдущей не менее чем на 2 мм. Нагрузку понижают до 2,0 Н с шагом 0,5 Н. Если непрерывный след остаётся при нагрузке в 2 Н, испытания продолжают, уменьшая нагрузку с шагом 0,20 Н; при нагрузке менее 1,0 Н шаг её уменьшения составляет 0,1 Н.

Прежде чем дать окончательное заключение, образец с царапинами помещают на 24 часа в лабораторные условия (20 °С, 65%) для кондиционирования. По истечении этого времени поверхность испытанного образца очищают и затем внимательно осматривают невооружённым глазом под различными углами, стараясь выявить самый ранний прерывистый след от алмазной головки. За результат испытания берут наименьшее усилие, при котором невооружённым глазом ещё наблюдается непрерывность царапины.

Калибруют алмазные головки в том же приспособлении, но вместо образца плиты устанавливают диск из оргстекла (полиметилметакрилата) толщиной 3–4 мм. На нём продельвают царапины при усилиях прижима от 1,5 до 4 Н. Замеряя глубину царапин (например, с помощью измерительного микроскопа), строят график в координатах «глубина–нагрузка» и сопоставляют его с тарифовочным графиком (рис. 15.15). Алмазная головка считает-



**Рис. 15.15.** Тарифовочный график для оценивания пригодности испытательных алмазных головок

ся непригодной для дальнейшего использования, если показатели испытаний не укладываются в диапазон между верхним и нижним пределами тарифовочного графика.

## ГЛАВА 16 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

На основе технологических расчётов определяются следующие показатели плитного производства:

- Производительность головного оборудования и годовая программная мощность предприятия
- Потребность (удельная, часовая, годовая и др.) в древесном сырье и химических добавках
- Наиболее важные режимные параметры основного технологического оборудования
- Необходимое оборудование, его производительность и загрузка

### 16.1 Расчёты по древесностружечным плитам

Технологические параметры для предприятия по выпуску ДСтП можно рассчитывать разными способами. Далее рассмотрим одну из практикуемых методик и выполним по ней примерные расчёты для основных показателей производства ДСтП, используя единые исходные данные.

Чтобы удобнее было отслеживать этот «сквозной пример», все относящиеся к нему расчёты и таблицы выделены в данном разделе в рамки с другим шрифтом.

<i>Исходные данные для примеров расчёта:</i>
<i>Размеры готовых плит (<math>l \times b \times h</math>) 3500 × 1750 × 16 мм</i>
<i>Толщина нешлифованной плиты 17,5 мм</i>
<i>Плотность трёхслойной плиты 750 кг/м<sup>3</sup></i>
<i>Наружные слои (38% от толщины) - мелкоструктурные</i>
<i>Головной пресс - позиционный 20-этажный</i>
<i>Температура прессования 190 °С</i>
<i>Сырьё: сосна 80%, берёза 20%</i>

### 16.1.1 Производительность головного оборудования

В производстве древесностружечных плит головным оборудованием считается горячий пресс, поскольку он является наиболее дорогостоящим и определяет годовую мощность предприятия. Весь остальной состав машинного парка и оснастку следует подбирать и использовать так, чтобы обеспечивалась бесперебойная работа прессы в трёхсменном режиме.

**Фонд эффективного машинного времени** для оборудования, используемого в плитном производстве, рассчитывается следующим образом:  $T_{эфф} = (365 - 20 - 33 - 8) \times 3 \times 8 = 7296$  часов. Здесь 365 - количество дней в году, 20 и 33 - число дней, предусмотренных, соответственно, на капитальный и профилактический ремонт, 8 - праздничные дни, 3 - число рабочих смен в сутки, 8 - продолжительность смены в часах.

**Часовая производительность  $\Pi_{час}$** , м<sup>3</sup>/ч, позиционного прессы рассчитывается по формуле

$$\Pi_{час} = \frac{60nlbhK_{ук}}{T_{ц}}, \quad (1)$$

а проходного прессы (ленточного, каландрового) – по формуле

$$\Pi_{час} = 60UbhK_{ук} \quad (2)$$

где  $n$  – число этажей прессы;

$l$ ,  $b$  и  $h$  – размеры чистообрезной плиты, м;

$K_{ук}$  – коэффициент использования главного конвейера (в расчёте примем его равным 0,85);

$T_{ц}$  – продолжительность цикла прессования, мин;

$U$  – скорость подачи, м/мин.

Продолжительность цикла прессования в позиционном прессы зависит от удельной продолжительности (удельного времени) прессования  $\tau_{уд}$ :

$$T_{ц} = \tau_{уд}h + \tau_{всп}$$

где  $h$  – толщина нешлифованной плиты, мм;

$\tau_{всп}$  – время на вспомогательные операции, мин (в расчёте примем  $\tau_{всп} = 1,8-2,0$  мин). Удельная продолжительность прессы

сования стружечных плит зависит от рабочей температуры плит пресса, а также от заданной плотности и структуры формируемых древесных плит (табл. 16.1).

*Таблица 16.1. Удельная продолжительность прессования стружечных плит\*, мин/мм*

Температура плит пресса, С	Плотность стружечной плиты, кг/м <sup>3</sup>			
	650	700	750	800
	Продолжительность прессования			
160	0,35/0,39	0,38/0,42	0,42/0,47	0,45/0,52
170	0,28/0,33	0,32/0,36	0,34/0,39	0,37/0,42
180	0,26/0,29	0,28/0,31	0,30/0,33	0,32/0,37
190	0,24/0,27	0,26/0,29	0,28/0,31	0,30/0,35
* У дробных показателей в числителе – продолжительность прессования для плит с обычной поверхностью, в знаменателе - для плит с мелкоструктурной поверхностью				

Существенно сократить удельную продолжительность прессования - примерно до 3-5 с/мм - помогает паровая продувка.

**Мощность предприятия**  $M$  равна годовой производительности головного оборудования:

$$M = P_{\text{час}} T_{\text{эфф}}$$

и выражается в кубических метрах, миллионах квадратных метров или в тоннах (иногда килограммах) продукции. Для выражения мощности в весовых единицах объёмы выпускаемой продукции (м<sup>3</sup>) умножают на плотность плит (кг/м<sup>3</sup>). Обычно выпуск тонких твёрдых ДВП оценивают в единицах площади, остальных древесных плит – в единицах объёма. Оценка в весовых единицах (кг, т) нужна при расчёте потребности в сырье и материалах, а также для определения производительности оборудования.

**Расчёт производительности головного оборудования**

*См. исходные данные в главе 16.1 и пояснения к формулам (1), (2) Часовая производительность горячего пресса*

$$P_{\text{час}} = \frac{60nlbhK_{\text{ук}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{60 \times 20 \times 3,5 \times 1,75 \times 0,016 \times 0,85}{0,31 \times (16 \times 1,5) + 2,0} = 13,46 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Годовая мощность предприятия

$$M = P_{\text{час}} T_{\text{эфф}} = 13,46 \times 7296 = 98204 \text{ м}^3/\text{год}.$$

### 16.1.2 Потребность в древесном сырье

Рассчитывая потребность в сырье для цеха ДСтП, следует исходить из структуры изготавливаемых плит. Они могут быть трёхслойными (с внутренним слоем из сравнительно крупных частиц и наружными слоями из мелкой стружки с более высоким, чем в среднем слое, содержанием связующего) или пятислойными (с дополнительными поверхностными слоями из мелкодисперсного материала). Поэтому потребность в древесине приходится определять по отдельности для разных слоев. Для приготовления стружки наружных слоев преимущественно используют твёрдое технологическое сырьё (круглые лесоматериалы и крупномерные отходы лесопиления или фанерного производства), а для стружки внутреннего слоя - технологическую щепу, привозную или собственного изготовления.

По рассматриваемой нами методике расчётов сначала определяют удельную (на 1 м<sup>3</sup> отдельного слоя готовой плиты) потребность в сухой стружке. Затем рассчитывают удельную потребность в сырой стружке, щепе и лесоматериалах с учётом потерь древесины на основных технологических операциях.

**Удельная потребность в абсолютно сухой стружке  $q_1$ , кг/м<sup>3</sup>,** для каждого слоя готовой плиты определяется по формулам

$$q_{1_{\text{нар}}} = \frac{10^4 \rho_{\text{пл}} i_{\text{нар}}}{(100 + W_{\text{пл}}) (100 + I_{\text{вн}})} \quad (3)$$

и

$$q_{1_{\text{вн}}} = \frac{10^4 \rho_{\text{пл}} i_{\text{нар}}}{(100 + W_{\text{пл}}) (100 + I_{\text{вн}})} \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{пл}}$  – средняя плотность готовой плиты, кг/м<sup>3</sup>;

Таблица 16.2. Доля связующего (по сухому остатку) в стружечной плите

Базисная плотность древесины $\rho_{\text{баз}}, \text{кг/м}^3$	Доля связующего, % от массы абс. сухой стружки	
	Внутренний слой	Наружный слой
360	11,0	14,5
400	10,6	14,0
440	10,0	13,5
480	9,5	13,0
520	9,2	12,5
560 и более	8,8	12,5

$i_{\text{нар}}$  и  $i_{\text{вн}}$  – доли, %, наружных и внутреннего слоев, соответственно (в нашем примере расчёта взята наиболее ходовая 16-миллиметровая плита, которая до шлифования имеет толщину 17,5 мм, из них 6,65 мм (38%) приходится на наружные слои и 10,85 мм (62%) - на внутренний, и после шлифования суммарная толщина наружных слоев составит  $16 - 10,85 = 5,15$  мм);

$W_{\text{пл}}$  – влажность готовой плиты (в расчёте принимаем, что в среднем  $W_{\text{пл}} = 8\%$ );

Таблица 16.3. Базисная плотность и коэффициенты объёмной усушки для древесного сырья

Порода древесины	Базисная плотность $\rho_{\text{баз}}, \text{кг/м}^3$	Коэф. объёмной усушки $K_{\text{об}}$
Берёза	510	0,62
Дуб	570	0,53
Бук	580	0,48
Ель	390	0,48
Кедр	370	0,40
Лиственница	560	0,59
Липа	370	0,56
Ольха	420	0,47
Осина	380	0,45
Сосна	430	0,42
Тополь	370	0,49
Ясень	570	0,48

$I_{нар}$  и  $I_{вн}$  – доли связующего в наружных и внутреннем слоях плиты, % (процент берётся от массы абсолютно сухой стружки для данного слоя, см. табл. 16.2).

У плит с мелкоструктурной поверхностью плотность наружных слоев  $\rho_{нар}$  примерно на 18% больше средней плотности:

$$\rho_{вн} = \frac{\rho_{пл} - \rho_{нар} i_{нар}}{i_{вн}}$$

Следовательно, плотность внутреннего слоя  $\rho_{вн}$  составит:  
 $q2_{вн} = q1_{вн} K_{обр}$ ,

Данные о базисной плотности  $\rho_{баз}$  и коэффициентах объёмной усадки для сырья из древесины различных пород приведены в таблице 16.3.

Если используется смесь пород, то в технологических расчётах берут средневзвешенную плотность древесного сырья. Например, для сырья, смешанного из сосны, берёзы и осины в соотношении, соответственно, 50:30:20, базисная плотность составит:

$$\rho_{баз.ср} = (\text{баз.ср}) = 430 \times 0,5 + 510 \times 0,3 + 380 \times 0,2 = 444 \text{ кг/м}^3,$$

**Потребность в абсолютно сухой стружке с учётом потерь на участке послепрессовой обработки плит  $q2$ , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формулам**

$$q2_{вн} = q1_{вн} K_{обр} \quad (5)$$

**и**

$$q2_{нар} = q1_{нар} K_{обр} K_{шл}, \quad (6)$$

где  $K_{обр}$  – коэффициент потерь при форматной обрезке (эмпирически, для линий с позиционным прессом  $K_{обр} = 1,05$ , для линий с проходным прессом  $K_{обр} = 1,02$ );

$K_{шл}$  – коэффициент потерь при шлифовании, определяется исходя из суммарной толщины наружных слоев шлифованной плиты:

$$K_{шл} = \frac{h_{нар} + \Delta}{h_{нар}},$$

где  $\Delta$  – припуск на шлифование (для плит, изготавливаемых в позиционных прессах,  $\Delta = 1,5$  мм, в проходных  $\Delta = 0,6$  мм);

$h_{нар}$  – суммарная толщина наружных слоев после шлифования, мм.

**Потребность в стружке с учётом её потерь перед смесителями и в смесителях** (без учёта возвращаемых отходов при обрезке и шлифовании)  $q3$ , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формулам

$$q3_{вн} = q2_{вн} \times K_{з.к} \times K_{тр} \times K_{см} \quad (7)$$

и

$$q3_{нар} = q2_{нар} \times K_{з.к} \times K_{тр} \times K_{см}, \quad (8)$$

где  $K_{з.к}$  – коэффициент потерь на главном конвейере,

$K_{тр}$  – коэффициент потерь при транспортировке стружки,

$K_{см}$  – коэффициент потерь стружки в смесителях.

Для расчёта возьмём  $K_{з.к} = 1,01$ ;  $K_{тр} = 1,01$ ;  $K_{см} = 1,02$ .

**Потребность в стружке с учётом потерь её в сушилках  $q4$** , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формулам

$$q4_{вн} = q3_{вн} \times K_{суш} \quad (9)$$

и

$$q4_{нар} = q3_{нар} \times K_{суш}, \quad (10)$$

где  $K_{суш}$  – коэффициент потерь стружки при её сушке и сортировке (далее в расчёте примем эмпирические значения для наружных слоев  $K_{суш} = 1,03$ , для внутреннего слоя  $K_{суш} = 1,025$ ). Поскольку расчёты по рассматриваемой методике ведутся применительно к массе абсолютно сухой стружки, в этих формулах не учитывается усушка древесины, а имеются в виду только механически теряемые (в основном выдуваемые) частицы.

**Потребность в щепе для получения стружки внутреннего слоя  $q5$** , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$q5 = q4_{вн} \times K_{цст}, \quad (11)$$

где  $K_{цст}$  – коэффициент потерь щепы при её сортировании и измельчении в стружку в центробежных стружечных станках (в расчёте примем  $K_{цст} = 1,06$ ).

**Потребность в технологическом сырье (круглых лесоматериалах) для получения стружки наружных слоев  $q_6$ , кг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле**

$$q_6 = q_{4_{нар}} K_{стр} K_{разд}, \quad (12)$$

где  $K_{стр}$  – коэффициент потерь сырья, возникающих при измельчении древесины в стружку и при доизмельчении стружки (в расчёте примем  $K = 1,06$ );

$K_{разд}$  – коэффициент потерь древесины при поперечной разделке длинномерного сырья на чураки (в расчёте примем  $K_{разд} = 1,01$ ). Если на измельчение идёт длинномерное сырьё, этот коэффициент применять не следует.

Потребность в щепе и ином технологическом сырье следует выразить также и в кубометрах, с тем чтобы определить удельный расход сырья в объёмных соотношениях – в кубометрах сырья на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции.

Для этого сначала рассчитывается плотность при выбранной влажности древесины:

$$\rho_w = \frac{(100 + W_c) \times \rho_{баз}(100 + 30K_{об})}{100 \times (100 + K_{об} \times W_c)}, \quad (13)$$

где  $W_c$  – влажность исходного сырья (в нашем расчёте  $W_c = 80\%$ );

$K_{об}$  – коэффициент объёмной усушки (как средневзвешенная величина, см. табл. 16.3);

$\rho_{баз}$  – базисная плотность древесины определённой породы (см. табл. 16.3) или средневзвешенная плотность смешанного сырья.

**Удельные объёмы требуемой щепы  $q_{5_v}$  и круглых лесоматериалов  $q_{6_v}$ , выраженные в плотных кубометрах на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции, определяются по формулам**

$$q_{5_v} = \frac{q_5 \times (100 + W_c)}{100 \times \rho_w} \quad (14)$$

**и**

$$q_{6_v} = \frac{q_6 \times (100 + W_c)}{100 \times \rho_w}. \quad (15)$$

Пример с расчётом удельной потребности в древесном сырье см. на следующей странице.

### **Расчёт удельной потребности в древесном сырье**

1. Средневзвешенная базисная плотность сырья

$$\rho_{баз.ср} = 430 \times 0,8 + 510 \times 0,2 = 446 \text{ кг/м}^3$$

2. Плотность наружных слоев готовой стружечной плиты

$$\rho_{нар} = 1,18 \times 750 = 885 \text{ кг/м}^3$$

3. Потребность в абсолютно сухой стружке для наружных слоев

$$q1_{нар} = \frac{10^4 \rho_{нар} i_{нар}}{(100 + W_{пл})(100 + I_{нар})} = \frac{10^4 \times 885 \times 0,38}{(100 + 8)(100 + 13,5)} = 274 \text{ кг/м}^3$$

4. Плотность внутреннего слоя готовой стружечной плиты

$$\rho_{вн} = \frac{\rho_{пл} - \rho_{нар} i_{нар}}{i_{вн}} = \frac{750 - 885 \times 0,38}{0,62} = 667 \text{ кг/м}^3$$

5. Потребность в абсолютно сухой стружке для внутреннего слоя

$$q1_{вн} = \frac{10^4 \rho_{вн} i_{вн}}{(100 + W_{пл})(100 + I_{вн})} = \frac{10^4 \times 667 \times 0,62}{(100 + 8)(100 + 10,0)} = 348 \text{ кг/м}^3$$

6. Коэффициент потерь стружки наружных слоев при шлифовании плиты

$$K_{шл} = \frac{h_{нар} + \Delta}{h_{нар}} = \frac{5 + 1,5}{5} = 1,3$$

7. Потребность в стружке с учётом потерь на обрезку и шлифование

$$q2_{вн} = q1_{вн} K_{обр} = 348 \times 1,05 = 365 \text{ кг/м}^3$$

$$q2_{нар} = q1_{нар} K_{обр} K_{шл} = 274 \times 1,05 \times 1,3 = 374 \text{ кг/м}^3$$

8. Потребность в стружке с учётом потерь перед смесителями и в смесителях

$$q3_{вн} = q2_{вн} \times K_{з.к} \times K_{тр} \times K_{см} = 365 \times 1,01 \times 1,01 \times 1,02 = 379,8 \text{ кг/м}^3$$

$$q3_{нар} = q2_{нар} \times K_{э.к} \times K_{тр} \times K_{см} = 374 \times 1,01 \times 1,01 \times 1,02 = 389,1 \text{ кг/м}^3$$

9. Потребность в стружке с учётом потерь в сушилках

$$q4_{вн} = q3_{вн} \times K_{суш} = 379,8 \times 1,025 = 389,3 \text{ кг/м}^3$$

$$q4_{нар} = q3_{нар} \times K_{суш} = 389,1 \times 1,03 = 400,7 \text{ кг/м}^3$$

10. Потребность в технологической щепе для внутреннего слоя

$$q5 = q4_{вн} \times K_{цст} = 389,3 \times 1,06 = 412,6 \text{ кг/м}^3$$

11. Потребность в технологическом сырье для наружного слоя

$$q6 = q4_{нар} K_{стр} K_{разд} = 400,7 \times 1,06 \times 1,01 = 429 \text{ кг/м}^3$$

12. Плотность древесины при влажности 80%

$$\begin{aligned} \rho_w &= \frac{(100 + W_c) \times \rho_{баз} (100 + 30K_{об})}{100 \times (100 + K_{об} \times W_c)} = \\ &= \frac{(100 + 80) \times 446 \times (100 + 30 \times 0,46)}{100 \times (100 + 0,46 \times 80)} = 667,8 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

13. Плотность древесины при влажности 5%

$$\rho_w = \frac{(100 + 5) \times 446 \times (100 + 30 \times 0,46)}{100 \times (100 + 0,46 \times 5)} = 475 \text{ кг/м}^3$$

14. Удельные объёмы требуемой щепы и иного технологического сырья

$$q5_v = \frac{q5 \times (100 + W_c)}{100 \times \rho_w} = \frac{412,6 \times (100 + 80)}{100 \times 667,8} = 1,112 \text{ кг/м}^3$$

$$q6_v = \frac{q6 \times (100 + W_c)}{100 \times \rho_w} = \frac{429 \times (100 + 80)}{100 \times 667,8} = 1,156 \text{ кг/м}^3$$

### 16.1.3 Потребность в связующем

На российских предприятиях ДСтП в качестве связующего преимущественно используется карбамидоформальдегидная

смола с отвердителем в виде 20-процентного водного раствора хлористого аммония или сульфата аммония. Для наружных слоев можно применять смолу без отвердителя.

**Потребность в связующем  $q_{см}$**  (по сухому остатку), кг/м<sup>3</sup>, определяется по отдельности для каждого слоя:

$$q_{сух.см.нар} = \rho_{нар} i_{нар} K_{п.нар} \frac{100}{100 + W_{пл}} \times \frac{I_{нар}}{100 + I_{н}} \quad (16)$$

и

$$q_{сух.см.вн} = \rho_{нар} i_{нар} K_{п.вн} \frac{100}{100 + W_{пл}} \times \frac{I_{вн}}{100 + I_{вн}}, \quad (17)$$

где  $\rho$  и  $\rho_{вн}$  – плотность наружных и внутреннего слоев, соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$i_{п.нар}$  и  $i_{вн}$  – доли наружных и внутреннего слоев, соответственно;

$K_{п.нар}$  и  $K_{п.вн}$  – коэффициенты потерь смолы на всех участках производства для наружных и внутреннего слоев, соответственно;

и

$$K_{п.нар} = K_{см} K_{тр} K_{обр} K_{ил}$$

$$K_{п.вн} = K_{см} K_{тр} K_{обр}$$

где  $K_{см}$  – коэффициент потерь смолы на участке смешивания (в расчёте примем  $K_{см} = 1,007$ );

$W_m$  – влажность готовой плиты (в среднем  $W_m = 10\%$ );

$I_{нар}$  и  $I_{вн}$  – доли связующего в наружных и внутреннем слоях, % (см. табл. 16.2).

### **Расчёт потребности в связующем**

#### **1. Потребность в связующем по сухому остатку**

$$\begin{aligned} q_{сух.см.нар} &= \rho_{нар} i_{нар} K_{п.нар} \frac{100}{100 + W_{пл}} \times \frac{I_{нар}}{100 + I_{нар}} = \\ &= 885 \times 0,38 \times 1,007 \times 1,01 \times 1,05 \times 1,03 \times \frac{100}{100 + 10} \times \frac{13,5}{100 + 13,5} = 50,48 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

$$q_{\text{сух.см.вн}} = \rho_{\text{нар}} i_{\text{нар}} K_{\text{п.вн}} \overset{\text{И}}{\frac{100}{100 + W_{\text{пл}}}} \times \frac{I_{\text{вн}}}{100 + I_{\text{вн}}} =$$

$$= 667 \times 0,62 \times 1,007 \times 1,01 \times 1,05 \times \frac{100}{100 + 10} \times \frac{10}{100 + 10} = 36,5 \text{ кг/м}^3.$$

## 2. Суммарная потребность в жидкой смоле

$$q_{\text{см}} = \frac{q_{\text{сух.см.нар}}}{K_{\text{нар}}} + \frac{q_{\text{сух.см.вн}}}{K_{\text{вн}}} = \frac{100 \times 50,48}{50} + \frac{100 \times 36,5}{55} = 167 \text{ кг/м}^3.$$

## 3. Потребность в других химикатах на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции:

*отвердитель*  $0,01 \times (50,48 + 36,5) = 0,87 \text{ кг}$

*аммиачная вода*  $0,05 \times 50,48 = 2,52 \text{ кг}$

*парафин*  $0,01 \times (50,48 + 36,5) = 0,87 \text{ кг}$

*карбамид*  $0,01 \times (50,48 + 36,5) = 0,87 \text{ кг}$

**Суммарная потребность в жидкой смоле  $q_{\text{см}}$ , кг/м<sup>3</sup>**, на производство одного кубометра продукции определяется по формуле

$$q_{\text{см}} = \frac{q_{\text{сух.см.нар}}}{K_{\text{нар}}} + \frac{q_{\text{сух.см.вн}}}{K_{\text{вн}}}, \quad (18)$$

где  $K_{\text{нар}}$  и  $K_{\text{вн}}$  – концентрация (сухой остаток) связующего, %, в наружных и внутреннем слоях плиты (в расчётах примем значения 50% и 55%, соответственно).

Требуемые количества отвердителя (хлорид или сульфат аммония), аммиачной воды для более медленного отверждения связующего в наружных слоях плиты, карбамида как акцептора формальдегида, а также парафина, повышающего гидрофобные свойства ДСтП, определяются исходя из принятой рецептуры клея.

Для всех слоев рекомендуется на 100 массовых частей (мас.ч.) рабочего раствора связующего добавлять 4–6 мас.ч. 20-процентного раствора отвердителя (1% по сухому остатку). В отвердитель для наружных слоев добавляется ещё и 25-процентный водный раствор аммиака (NH<sub>4</sub>OH) в количестве 25-30 мас.ч. (то есть при-

мерно 4-6 мас.ч. на 100 мас.ч. связующего). Доли карбамида и парафина обычно составляют примерно по 1% от массы раствора связующего.

### 16.1.4 Баланс материалов

Для наглядности все расчётные показатели по определению потребности в древесном сырье и связующем целесообразно свести в единую таблицу – составить так называемый баланс материалов. На практике в дополнение к удельным показателям, то есть отнесённым к 1 м<sup>3</sup> готовой продукции, важно иметь данные о потребности на годовую программу, а также о предполагаемом часовом расходе компонентов, от которого зависит настройка технологического оборудования.

**Годовая потребность**  $Q_{год}$ , кг (возможны другие единицы измерения), для любого компонента определяется по формуле

$$Q_{год} = q_i M, \quad (19)$$

где  $T_{эфф}$  – удельный расход компонента, кг/м<sup>3</sup>;  
 $M$  – годовая мощность предприятия, м<sup>3</sup>.

**Часовой расход материалов**  $Q_{час}$ :

$$Q_{час} = \frac{Q_{год}}{T_{эфф}}, \quad (20)$$

где  $T_{эфф}$  – фонд машинного времени (эффективного времени работы оборудования), обычно выраженный в часах.

Подчеркнём, что полученные в нашем «сквозном примере» данные следует рассматривать только как ориентировочные. В конкретных производственных условиях подлежат уточнению коэффициенты потерь на всех операциях технологического процесса, учитывается возможность возврата в основной поток отсева, технологической и шлифовальной пыли и др. Разумеется, не всегда стружка наружных слоев изготавливается только из твёрдого сырья, а стружка внутренних слоев – из привозной щепы, как это было принято в нашем примере. Взятый нами припуск на шлифование в 1,5 мм для плит, изготавливаемых в современных прессах, может быть уменьшен в несколько раз.

### Баланс материалов на производство ДСтП

№ строки	Продукция и материалы	На 1 м <sup>3</sup> готовой плиты		На годовую программу		Часовая потребность	
		кг	м <sup>3</sup>	т	м <sup>3</sup>	кг	м <sup>3</sup>
1	Готовые шлифованные плиты	750	1,00	73 653	$M = 98$ 204	10095	$\Pi_{час} =$ 13,46
2	Плиты до шлифовки	820	1,094	80 576	107435	11044	14,72
3	Плиты до форматной обрезки	861	1,15	84 701	112935	11609	15,48
4	Ковёр перед прессом	981,0	-	96 338	-	13 200	-
5	Осмолённая стружка для наружных слоев	505,6	-	49 651	-	6 805	-
6	Осмолённая стружка для внутреннего слоя	475,4	-	46 686	-	603	-
7	Сухая стружка для наружных слоев	389,1	-	38211	-	6400	11,02
8	Сухая стружка для внутреннего слоя	379,8	-	37 298	-	5112	10,76
9	Смола для наружных слоев	50,48	-	4 957	-	679	-
10	Смола для внутреннего слоя	36,5	-	3 584	-	491	-
11	Сырая стружка для наружных слоев	400,7	-	39350	-	5393	12,04
12	Сырая стружка для внутреннего слоя	389,3	-	38 231	-	5240	11,74
13	Щепа для стружки внутреннего слоя	412,6	0,925	40519	-	5 554	12,45
14	Лесоматериалы для стружки наружных слоев	429	0,962	42129	-	5774	12,95

1. Показатели в строке 2 получены умножением показателей первой строки (объём товарной продукции) на коэффициент потерь при шлифовании, равный  $17,5 : 16,0 = 1,094$ .

2. Показатели в строке 3 получены умножением показателей строки 2 на коэффициент потерь при форматной обрезке (1,05).

3. Масса осмолённой стружки для соответствующего слоя (строки 5 и 6) равна суммарной массе сухой стружки при данной влажности и жидкой смолы:

$$q_{осм.нар} = q_{знар} \frac{100 + W_c}{100} + \frac{q_{сух.см.нар}}{K} \times 100$$

и

$$q_{осм.вн} = q_{звн} \frac{100 + W_c}{100} + \frac{q_{сух.см.вн}}{K} \times 100,$$

где  $W_c$  - влажность сухой стружки перед смесителями (примерно 4%). В нашем случае

$$q_{осм.нар} = 389,1 \frac{100 + 4}{100} + \frac{50,48}{50} \times 100 = 505,6 \text{ кг}$$

и

$$q_{осм.вн} = 393,3 \frac{100 + 4}{100} + \frac{36,5}{55} \times 100 = 475,4 \text{ кг.}$$

Следует обратить внимание, что здесь масса осмолённой стружки рассчитана уже с учётом массы влаги, содержащейся в клее.

$$q_{ковра} = q_{осм.нар} + q_{осм.вн}$$

4. Показатели в строке 4 получены как суммарная масса осмолённой стружки для внутреннего (строка 5) и наружных (строка 6) слоев:

5. Часовой расход сухой стружки в кубометрах (строки 7 и 8) найден делением массы стружки на плотность древесины при влажности 5% ( $475 \text{ кг/м}^3$ ).

6. Часовой расход сырой стружки в кубометрах (строки 11 и 12) рассчитан делением массы сырой стружки на базисную плотность древесины ( $446 \text{ кг/м}^3$ ).

Эти данные позволяют рассчитать **удельный расход сырья** (то есть технологически обоснованную удельную потребность

в сырье) в подходящих единицах. Наиболее показателен расход, выраженный в килограммах абсолютно сухой древесины на 1 кг готовой продукции. В нашем случае он составит:

$$q_{y\partial} = \frac{q_5 + q_6}{\rho_{пл}} = \frac{412,6 + 429}{750} = 1,134 \text{ кг/кг.}$$

В практических расчётах бывает удобно выражать удельный расход в кубометрах сырья начальной влажности на 1 м<sup>3</sup> готовой продукции:

$$q_{y\partial.v} = 0,925 + 0,926 = 1,887 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

### 16.1.5 Расчёты по оборудованию

Чтобы определить, сколько требуется единиц  $n$  того или иного оборудования, подсчитывают его полную часовую нагрузку  $Q_4$  (принимая во внимание весь объём работ, который приходится на этот вид оборудования) и делят эту величину на часовую производительность единицы данного оборудования  $P_{час}$ :

$$n = \frac{Q_4}{P_{час}} \quad (21)$$

Полученный результат округляют до целого в сторону увеличения. Естественно,  $Q_4$  и  $P_{час}$  нужно брать в одних и тех же физических единицах, например м<sup>3</sup>/час. Производительность оборудования можно узнать из его технических характеристик, по справочным данным или рассчитать аналитически. Для настраиваемого оборудования (порционные весы, устройства для приготовления клея, главный конвейер и т.п.) расчёт ведётся применительно к режимным параметрам.

Продолжим примерные расчёты по оборудованию на основе исходных и уже вычисленных данных, рассматривая отдельные виды оборудования в последовательности производственных участков цеха ДСтП. В расчётах будем использовать технические характеристики оборудования, выпускаемого в СНГ (см. таблицы в разделе 16.3.).

**Слесерные установки** (раскряжёвочные многопильные станки) служат для разделки сырья на мерные отрезки, обычно

однометровые. Эти отрезки загружают в рубительные машины для размельчения в щепу или же в стружечные станки для получения стружки. Если для измельчения древесины используются машины с горизонтальной загрузкой, поперечная разделка длинномерного лесосырья не требуется.

Производительность  $P_{\text{час}}$ , м<sup>3</sup>/ч, слешерной установки определяется по формуле

$$P_{\text{час}} = \frac{60\kappa_p\kappa_m UV_{\text{бр}}}{t},$$

где  $\kappa_p$  – коэффициент рабочего времени (в дальнейших расчётах принимаем, что  $\kappa_p = 0,94$ );

$\kappa_m$  – коэффициент машинного времени, характеризующий степень загрузки станка (для этой установки принимаем, что  $\kappa_m = 0,5$ );

$U$  – скорость поперечной подачи брёвен, м/мин (из характеристики оборудования);

$V_{\text{бр}}$  – средний объём, м<sup>3</sup>, бревна, поступающего на разделку (при известных длине и диаметре сырья он берётся из таблиц объёмов для круглых лесоматериалов; например, для брёвен длиной 4 м и диаметром 18 см  $V_{\text{бр}} = 0,12$  м<sup>3</sup>);

$t$  – шаг между упорами цепи, м (берётся из паспорта оборудования).

Объём работ, приходящийся на слешерный участок, соответствует часовой потребности в круглых лесоматериалах.

### ***Определение потребности в слешерах***

Производительность одной установки рассчитаем исходя из характеристик отечественной модели ДЦ-10М:

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \times 0,94 \times 0,5 \times 6,0 \times 0,12}{0,96} = 21,15 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При часовой потребности в сырье  $Q_{\text{час}} = 12,94$  м<sup>3</sup> достаточно одной такой установки, причём она будет эксплуатироваться с загрузенностью 61% ( $12,94 : 21,15 = 0,61$ ).

**Гидравлические колуны** применяются в плитном производстве для раскалывания толстомерного сырья. В лесоматериалах, поступающих из Сибири и с Дальнего Востока, доля чураков диа-

метром более 80 см, требующих такой разделки по толщине, нередко достигает 15% от всего объёма поставки.

### **Определение потребности в колунах**

Для наших условий подойдёт гидравлический колун марки КГ-8А производительностью 12 м<sup>3</sup>/ч. Если разделке по толщине подлежит 15% поступающего сырья, то объём работ для этого вида оборудования достигает  $0,15 \times 12,94 = 1,94$  м<sup>3</sup>, и значит, вполне достаточно одного станка. При указанной паспортной производительности загруженность его составит 16% ( $1,94 : 12 = 0,16$ ).

**Рубительные машины**, применяемые для изготовления щепы, должны справляться с объёмом работ, который определяется часовой потребностью в щепе. Производительность рубительных машин характеризуется плотными кубометрами и берётся из паспортных данных оборудования или же рассчитывается по формуле

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \kappa_p \kappa_m h z F n \kappa_{\text{зан}}}{\sin \alpha},$$

где  $\kappa_m$  – коэффициент машинного времени, который в данном случае примем равным 0,7;

$h$  – длина получаемой щепы (обычно 15-20 мм);

$z$  – число ножей в диске, шт.;

$n$  – частота вращения диска, мин<sup>-1</sup>;

$F$  – площадь проходного сечения окна патрона, м<sup>2</sup>;

$\kappa_{\text{зан}}$  – коэффициент заполнения окна патрона

(в среднем  $\kappa_{\text{зан}} = 0,2$ );

$\alpha$  – угол наклона загрузочного патрона ( $\alpha = 45-52^\circ$ ).

### **Определение потребности в рубительных машинах**

Производительность рубительной машины МРНП-30 при изготовлении щепы длиной 20 мм (0,002 м):

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \times 0,94 \times 0,7 \times 0,002 \times 16 \times 740 \times (0,25 \times 0,25) \times 0,2}{\sin 45^\circ} = 23,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Чтобы наладить собственное изготовление щепы на заводе ДСтП, где потребность в ней составляет 12,45 м<sup>3</sup>/ч, понадобится одна рубительная машина указанной модели. Она будет за-

действована на 53 процента ( $12,45 : 23,3 = 0,53$ ) своих производственных возможностей.

**Стружечные станки**, предназначенные для изготовления сырой стружки из крупномерного сырья, подбираются исходя из того объёма работ, который обусловлен часовой потребностью в сырой стружке для наружных слоев плиты. В качестве расчётной единицы здесь лучше использовать массу абсолютно сухой стружки, поскольку производительность стружечных станков характеризуется также килограммами абсолютно сухой древесины.

Аналитический расчёт производительности стружечных станков довольно сложен, так как в нём требуется учитывать множество факторов, обусловленных конструкцией станка и особенностями поступающего сырья. Для технологических расчётов вполне можно исходить из паспортных данных для выбранной марки оборудования.

#### ***Определение потребности в стружечных станках для крупномерного сырья***

В нашем примере расход сырой стружки для наружных слоев составляет 5393 кг/ч. Желательно, чтобы толщина стружки в наружном слое не превышала 0,2 мм, и это обеспечивает, например, стружечный станок ДС-8 с производительностью 3250 кг/ч. Потребность в таких станках составит  $5393 : 3250 = 1,66$ . Следовательно, нужны два станка. Загруженность каждого из них составит 83% ( $1,66 : 2 = 0,83$ ).

**Центробежные стружечные станки** применяются для размельчения щепы в стружку внутреннего слоя. Объём работ на этом участке соответствует часовой потребности в сырой стружке для внутреннего слоя. Тип станка с подходящей паспортной производительностью выбирают с учётом того, чтобы обеспечивалась средняя толщина стружки не более 0,6 мм.

#### ***Определение потребности в центробежных стружечных станках***

При расходе сырой стружки для внутреннего слоя 5240 кг/ч (по абсолютно сухой древесине) можно выбрать станок ДС-7А производительностью 7000 кг/ч. Он даёт стружку толщиной 0,5 мм, и его загруженность составит  $5240 : 7000 = 0,75$ .

**Сушильные агрегаты** на участке сушки и сортировки стружки выбираются на объёмы работ, обусловленные потребностью в сухой стружке для соответствующего слоя. В нашем примере материалопотоки для наружных и внутреннего слоев распределены по отдельности – от станков для измельчения древесины до формирования ковра. Следовательно, и потребность в сушилках нужно рассчитывать по отдельности для каждого потока, основываясь на паспортной производительности сушилок по сухой древесине (кг/ч).

#### ***Определение потребности в сушильных агрегатах***

Поскольку в рассматриваемом примере потребность в сухой стружке превышает 5 т/ч, целесообразно выбрать агрегаты АКС-8 с производительностью до 8 т/ч. Их загрузка составит: для стружки наружных слоев  $5237:8000 = 0,65$  и для стружки внутреннего слоя  $5112:8000 = 0,64$ . Для сортирования стружки обоих потоков подойдёт пневмоситовый сепаратор ДРС-4 производительностью 10 т/ч.

**Дозирующие агрегаты**, используемые для приготовления и подачи связующего, обычно выбирают, ориентируясь на их паспортную производительность. Если она выражена в литрах в минуту, то при переходе к размерности кг/час следует учитывать плотность смолы (в среднем 1,25 кг/л). В современных установках насосы можно настраивать на нужную производительность исходя из потребности в смоле и остальных компонентах (отдельно по слоям плит).

Производительность насоса  $P_{мин}$ , л/мин, для подачи смолы можно рассчитать по формуле

$$P_{мин} = \frac{Q_{с.см} \rho_{см} 100}{60 K_{см}},$$

где  $Q_{с.см}$  – расход сухой смолы, кг/ч;

$\rho_{см}$  – плотность смолы, кг/л;

$K_{см}$  – концентрация смолы, %.

#### ***Определение потребности в дозирующих агрегатах***

Расход смолы по сухому остатку в рассматриваемом примере составляет 679 и 471 кг/ч при концентрации растворов 50 и 55%

для наружных и внутреннего слоев, соответственно. Следовательно, для насосов необходима производительность

$$P_{мин1} = \frac{471 \times 1,25 \times 100}{60 \times 50} = 28,3 \text{ л/мин}$$

и

$$P_{мин2} = \frac{471 \times 1,25 \times 100}{60 \times 55} = 17,8 \text{ л/мин.}$$

Для приготовления связующего путём смешивания его компонентов подойдут установки ДКС-2 с производительностью насосов-дозаторов до 41 л/мин.

**Вертикальные бункеры**, в которых хранятся запасы щепы и стружки, одновременно являются объёмными дозаторами сыпучего материала для последующих технологических операций. Бункеры устанавливаются:

- для щепы – перед центробежными стружечными станками,
- для сырой стружки – перед сушилками (при разделённых материала-лопотоках требуются отдельные бункеры для сырой стружки внутреннего и наружных слоев),
- для сухой стружки – перед смесителями (отдельно по слоям).

Часовую производительность бункеров следует оценивать в кубометрах по пропускной способности ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) дозирующих устройств, например винтовых конвейеров. Объём работ для бункера равен потребности в соответствующем компоненте, выраженной в кубических метрах при данной влажности сырья.

С практической точки зрения, в дополнение к расчёту потребности в бункерах и степени их загрузки важно также оценить оперативное время – период, в течение которого бункер способен обеспечивать работу стоящего за ним оборудования и в том случае, если подача материала в бункер прекратится. Такая ситуация может возникнуть из-за поломки оборудования, при настройке машин, а также при перебоях в поставке сырья.

Оперативное время бункера для щепы  $T_{он}$ , ч, составит:

$$T_{он} = \frac{V_6 K_{зан} K_{н.д}}{P_{час}}$$

где  $V_6$  – объём бункера, м<sup>3</sup> (насыпные кубометры);  
 $K_{зан}$  – коэффициент заполнения бункера (в среднем  $K_{зан} = 0,95$ );  
 $\Pi_{час}$  – часовой расход материала (производительность винтовых дозаторов), м<sup>3</sup>/ч;  
 $K_{н.д}$  – коэффициент полнодревесности щепы (можно принять, что в среднем  $K_{н.д} = 0,4$ ).

**Таблица 16.4. Насыпная плотность некоторых видов древесного сырья для ДСтП**

Сырьё	Порода древесины и её средняя базисная плотность, кг/м <sup>3</sup>						
	Ель, пихта 420	Сосна 490	Лист-вен-ница 550	Осина, тополь 400	Берёза 610	Бук 690	Дуб 650
Опилки влаж-ности 50%	Насыпная плотность						
	185	215	235	180	260	290	275
30%	165	190	210	160	230	255	245
12%	150	170	195	140	215	245	225
Стружка влаж-ности 30%	100	115	125	-	-	155	150
12%	90	105	115	-	-	145	135

Оперативное время  $T_{он}$  бункеров для стружки и пыли, ч, вычисляется по формуле

$$T_{он} = \frac{V_6 K_{зан} \rho_{нас}}{\Pi_{час}}$$

где  $\rho_{нас}$  – насыпная плотность материала, кг/м<sup>3</sup> (см. табл. 16.4);  
 $\Pi_{час}$  – потребность в материале на последующей операции, кг/ч.

Как показывают исследования, насыпная плотность пыли при среднем размере частиц 200 мкм равна 100 кг/м<sup>3</sup>, при размере частиц 40 мкм – 250 кг/м<sup>3</sup>.

#### **Определение потребности в бункерах**

При потребности в щепе 12,45 м<sup>3</sup>/ч для её хранения подойдёт бункер ДБО-60-1 с двумя винтовыми конвейерами, каждый про-

изводительностью до 120 м<sup>3</sup>/ч. Оперативное время бункера ёмкостью 60 м<sup>3</sup> составит

$$T_{on} = \frac{60 \times 0,95 \times 0,4}{12 \ 45} = 1,83 \text{ ч.}$$

Однако этого времени может оказаться недостаточно для поддержания стабильности технологического процесса, и во избежание остановки оборудования лучше использовать бункеры ДБО-150 (оперативное время 4,42 ч) или ДБО-300 (8,84 ч). При часовой потребности в сырой стружке 5393 кг для наружных слоев и 5240 кг для внутреннего слоя оперативное время бункеров ДБО-150 для сырой стружки при насыпной плотности материала 115 кг/м<sup>3</sup> составит, соответственно

$$T_{on} = \frac{150 \times 0,95 \times 115}{5393} = 3,04 \text{ ч}$$

и

$$T_{on} = \frac{150 \times 0,95 \times 115}{5240} = 3,13 \text{ ч.}$$

Сухую стружку хранят в специальных бункерах ДБОС-60-1, соответствующие расчёты выполняются аналогично предыдущим. При насыпной плотности сухой стружки 105 кг/м<sup>3</sup> и потребности в ней 5237 и 5112 кг/ч оперативное время бункеров составит 1,14 и 1,18 ч, соответственно, для наружных и внутреннего слоев плиты. Для увеличения оперативного времени целесообразно использовать импортные бункеры с ёмкостью от 155 до 520 насыпных кубометров.

**Порционные весы** служат для весового дозирования стружки перед смесителями и должны обеспечивать точность этой операции с отклонением не более 4–5%. Настройку весов обычно выполняют по массе отвешиваемой порции и по продолжительности одного цикла. Расчётная длительность цикла  $t$ , с, определяется по формуле

$$t_q = \frac{3600m}{Q_{час}},$$

где  $m$  – масса порции (оптимальная порция 70–75 кг);

$Q_{мс}$  – часовая потребность в абсолютно сухой стружке соответствующего слоя, кг.

Поскольку механизм весов отрегулирован на фиксированные значения продолжительности цикла, нужно выбрать из них значение  $t$ , ближайшее к расчётному, и затем уточнить массу отweighиваемой порции  $m$  по обратной формуле

$$m = \frac{t_y Q_{\text{час}}}{3600}.$$

### ***Параметры настройки порционных весов для стружки наружных слоев***

Для примера выберем порционные весы модели ОДКЧ-200А. При массе одной порции 70 кг продолжительность цикла составила бы

$$t_y = \frac{3600 \times 70}{5237} = 48,1 \text{ с.}$$

Ближайшее значение для продолжительности цикла, указанное в паспорте весов, равно 45 с. Исходя из этого уточняем массу одной порции:

$$m = \frac{45 \times 5237}{3600} = 64 \text{ кг.}$$

**Смесители** для смешивания стружки со связующим должны обеспечивать эффективное пропускание суммарного объёма сухой стружки и связующего. Производительность смесителей указывается в тоннах или килограммах осмолённой стружки в час.

### ***Определение потребности в смесителях***

Часовая потребность в осмолённой стружке по нашим расчётам составляет 6805 и 6400 кг/ч для наружных и внутреннего слоев, соответственно. Выбираем для каждого материалопотока смесители ДСМ-7 производительностью до 16 т/ч. Их загрузка составит  $6805 : 16000 = 0,42$  и  $6400 : 16000 = 0,40$ .

**Технологический расчёт для главного конвейера** сводится к определению ритма всего конвейера и скорости формирующего участка. Ритм главного конвейера  $R_k$  характеризуется временем, в секундах, в течение которого с конвейера сходит одна плита.

Для линий с прессами периодического действия:

$$R_k = \frac{60t_y}{n} \text{ (с)},$$

где  $t$  - продолжительность цикла прессования в горячем прессе, мин;  
 $n$  - число этажей пресса.

Ритм конвейера  $R_k$  можно рассчитать также, исходя из годовой программы предприятия:

$$R_k = \frac{3600T_{эфф}V_{пл}K_{ук}}{M},$$

где  $T_{эфф}$  - фонд машинного времени (расчётно-эффективное время работы оборудования в году), ч;  
 $V_{пл}$  - объём одной обрезной плиты, м<sup>3</sup>;  
 $K_{ук}$  - коэффициент использования главного конвейера;  
 $M$  - годовая мощность предприятия, м<sup>3</sup>.

Скорость формирующего конвейера  $U_{фк}$ , м/мин:

$$U_{фк} = \frac{nl_k}{t_ч},$$

где  $l_k$  - расстояние между рассекателями при поддонном прессовании или длина пакета при бесподдонном прессовании, м.

Производительность линий с проходными прессами определяется скоростью подачи материала, которая должна быть постоянной на всех участках, от формирующих машин до выхода стружечной плиты из пресса. Требуемая скорость подачи  $U$ , м/мин:

$$U_{фк} = \frac{P_{час}}{60bh\rho_{пл}},$$

где  $b$  и  $h$  - ширина и толщина необрезной и нешлифованной ДСтП, м;

$\rho_{пл}$  - заданная плотность ДСтП, кг/м<sup>3</sup>;

$P_{час}$  - суммарная производительность всех формирующих машин (соответствует расходу осмолённой стружки), кг/ч.

### ***Ритм и скорость главного конвейера***

При использовании 20-этажного пресса с циклом прессования 7,425 мин ритм конвейера составит

$$R_k = \frac{60 \times 7,425}{20} = 22,3 \text{ с.}$$

Исходя из выбранных для примера ширины ковра 1,8 м и толщины плит 0,0175 м, а также из полученного в расчётах сум-

марного расхода осмолённой стружки 13 205 кг/ч (6805 + 6400), определим скорость формирующего участка главного конвейера:

$$U = \frac{12200}{60 \times 1,8 \times 0,0175 \times 750} = 8,61 \text{ м/мин.}$$

**Производительность формирующей машины** соответствует часовому расходу осмолённой стружки, приходящемуся на данную машину. При изготовлении трёхслойных стружечных плит обычно задействовано четыре формирующих машины: две формируют наружные слои и две - внутренний. При изготовлении пятислойных плит понадобится шесть машин, а при большой годовой мощности предприятия (порядка 250 тыс. м<sup>3</sup>) их может быть и двенадцать. В зависимости от требуемой производительности, для каждой из формирующих машин задаются два параметра настройки: масса на плечо весового механизма и такт весов (то есть число взвешиваний в минуту).

Масса порции, отвешиваемой на каждой формирующей машине, определяется по формуле

$$m = \frac{t_y Q_{\text{час}}}{3600 n_{\text{ф.м}}},$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовой расход осмолённой стружки для данного слоя, кг;

$n_{\text{ф.м}}$  – число формирующих машин для данного слоя.

### **Режим работы формирующей машины**

Рабочие параметры формирующих машин рассмотрим на примере отечественной модели ДФ-6 (см. табл. 16.24)

В нашем расчёте производительность машин, формирующих стружку для наружных слоев, определяется общей потребностью в этой стружке 6805 кг/ч. Ежеминутно на каждую машину должно поступать по 56,7 кг стружечной массы (6805 : 6Q : 2 = 56,7 кг/мин). Следовательно, для данной модели можно выбрать режим работы в 5-6 тактов при массе навески 9-12 кг. Выбираем пять тактов (цикличность срабатывания 12с), тогда масса порции на первой и четвёртой формирующих машинах будет

$$m = \frac{12 \times 6805}{3600 \times 2} = 11,34 \text{ кг,}$$

а на второй и третьей машинах

$$m = \frac{12 \times 6400}{3600 \times 2} = 10,67 \text{ кг.}$$

**Контроль массы пакета** – чрезвычайно важное звено в технологической цепи – помогает обеспечивать стабильную плотность получаемой продукции. Масса пакета  $m$  должна выдерживаться с отклонением в пределах +3% от расчётной величины:

$$m = b h \rho_{nl} \frac{100 + W_n}{100 + W_{nl}},$$

где  $l$  и  $b$  – длина и ширина формируемого пакета, м;

$h$  – толщина нешлифованной плиты, м;

$\rho_{nl}$  – заданная плотность ДСтП, кг/м<sup>3</sup>;

$W_n$  – влажность пакета осмолённой стружки (в среднем 12%);

$W_{nl}$  – влажность готовой плиты (8%).

Цикличность взвешивания (то есть время, в секундах, между двумя последовательными срабатываниями весов) должна быть существенно меньше ритма главного конвейера. Обычно она составляет 3-5 с.

#### **Контрольная величина массы пакета**

Для рассматриваемых условий получим:

$$m = 3,55 \times 1,8 \times 0,0175 \times 750 \times \frac{100 + 12}{100 + 8} = 86,975 \text{ кг.}$$

**Производительность холодного пресса**, который служит для предварительной подпрессовки ковра, не относится к расчётным показателям. Достаточно следить, чтобы ритм работы холодного периодического пресса был на 2–3 секунды меньше, чем ритм главного конвейера. Если холодный пресс движется возвратно-поступательно, то минимальная скорость его рабочего движения  $U$ , м/мин, определяется из формулы

$$U_{фк} = \frac{\Pi_{час}}{60bh},$$

где  $\Pi_{час}$  – часовая производительность горячего пресса, м<sup>3</sup>/час;

$b$  и  $h$  – соответственно, ширина и толщина обрезной нешлифованной плиты, м.

**Горячий пресс** загружен на 100% по условиям расчёта, так как его годовая производительность заложена в программе предприятия, а часовая производительность соответствует часовой потребности в готовых плитах. Необходимое давление в гидросистеме пресса, фиксируемое в МПа по манометру, должно составлять:

$$P = \frac{4p_{y0}b}{\pi d_{nl}^2 n_{nl}\eta'}$$

где  $p_{y0}$  – удельное давление прессования стружечных плит в горячем прессе, (обычно 1,8–2,2 МПа);

$l$  и  $b$  – длина и ширина прессуемого пакета, мм (эти размеры обычно на 30–50 мм больше, чем у чистообрезных плит);

$d_{nl}$  – диаметр плунжера гидравлического пресса, мм;

$n_{nl}$  – число плунжеров (из технической характеристики пресса);

$\eta$  – коэффициент полезного действия гидросистемы пресса (для расчёта берём ориентировочно  $\eta = 0,9$ ).

#### ***Расчёт давления в гидросистеме пресса***

В прессовой установке ПР-6М, где использовано 6 цилиндров диаметром 480 мм, манометрическое давление при удельном давлении прессования 2 МПа составит:

$$P = \frac{4 \times 2,0 \times 3550 \times 1800}{\pi \times 480^2 \times 6 \times 0,9} = 13,08 \text{ МПа.}$$

**Охлаждение плит происходит** в веерных охладителях, которые располагаются сразу после пресса. Плиты в них должны выдерживаться с целью кондиционирования, то есть приведения их к температурно-влажностным условиям цеха. Одновременно обеспечивается частичная рекуперация тепла. Ритм охладителя должен укладываться в ритм главного конвейера.

#### ***Выбор веерного охладителя***

Для рассматриваемого примера можно выбрать линию охлаждения ДЛЮ 100, у которой минимальный ритм подачи плит составляет 10 с, а производительность – до 14,5 м<sup>3</sup>/ч.

**Форматная обрезка** плит выполняется на форматно-обрезном станке, объём работ которого соответствует часовой производительности головного оборудования. Ритм работы станка не должен превышать ритма главного конвейера. Производительность четырёхпильного станка, м<sup>3</sup>/ч:

$$P_{\text{час}} = \frac{3600b h \kappa_p \kappa_M}{t_{\text{ц}}},$$

где  $l, h, h$  – размеры чистообрезной плиты, м;

$\kappa_M$  – коэффициент машинного времени (для этого станка примем  $\kappa_M = 0,85$ );

$t$  – продолжительность цикла (время на обрезку одной плиты), с.

### **Выбор форматно-обрезного станка**

Сравнивая характеристики отечественных моделей (табл. 16.30), видим, что минимальная продолжительность цикла у станка ДЦ-8 равна 25 с, то есть превышает ритм работы главного конвейера. Поэтому выбираем более быстродействующий станок ДЦ-11, у которого на обрезку одной плиты достаточно 14,7 секунд, а производительность будет

$$P_{\text{час}} = \frac{3600 \times 3,5 \times 1,75 \times 0,016 \times 0,94 \times 0,85}{14,7} = 19,1.$$

При часовой производительности пресса 13,46 м<sup>3</sup> загрузка пильного станка составит  $13,46 : 19,1 = 0,704$ .

**Шлифование и сортирование стружечных плит** напрямую не связано с ритмом главного конвейера. Производительность этого участка определяется скоростью подачи плит в шлифовальный станок, минимальная скорость, м/мин:

$$U = \frac{P_{\text{час}}}{60 \kappa_p \kappa_M b h},$$

где  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность горячего пресса, м<sup>3</sup>;

$\kappa_M$  – коэффициент машинного времени (085);

$b$  и  $h$  – ширина и толщина готовой продукции, м.

Результаты расчётов по оборудованию для производства ДСтП можно для удобства объединить в таблицу. В завершение приме-

ра расчётов отметим, что в нём не учитывались потери древесины при её сортировке и возврат шлифовальной пыли в бункер сухой стружки. Приведённая в этой главе методика расчётов может быть применена и к технологии производства волокнистых плит средней плотности (MDF), естественно, при условии, что будет выбрано соответствующее оборудование.

**Скорость подачи на шлифовальном участке**

В нашем случае скорость должна быть не менее

$$U = \frac{13,46}{60 \times 0,94 \times 0,85 \times 1,75 \times 0,016} = 10,0 \text{ м/мин.}$$

**Пример: Сводная таблица загрузки оборудования завода ДСтП**

№	Операция	Оборудование	Производительность		Объём работ		(n, шт.)/ (% загрузки)
			м³/ч	т/ч	м³/ч	т/ч	
1.	Разделка по длине	ДЦ-10М	21,15		12,94		1/61
2.	Раскалывание	КГ-7А	12,0		1,94		1/16
3.	Получение щепы	МРНП-30	23,3		12,45		1/53
4.	Хранение запасов щепы	ДБО-60-1	12,45		12,45		1/100
5.	Получение стружки для внутреннего слоя	ДС-7		7,0		5,240	1/75
6.	Хранение сырой стружки для внутреннего слоя	ДБО-60-1	7,85		7,846*		1/100
7.	Получение стружки для наружного слоя	ДС-8		3,250		5,393	2/60

8.	Хранение сырой стружки для наружного слоя	ДБО-60-1	8,07		8,07		1/100
9.	Сушка стружки для внутреннего слоя	АКС-8		8,0		5,112	1/64
10.	Сушка стружки для наружных слоев	АКС-8		8,0		5,237	1/65
11.	Хранение сухой стружки для внутреннего слоя	ДБОС-60-1	10,8		10,8*		1/100
12.	Хранение сухой стружки для наружных слоев	ДБОС-60-1	11,0		11,0		1/100
13.	Сортировка стружки для внутреннего слоя	ДРС-4		10,0		5,112	1/51,2
14.	Сортировка стружки для наружных слоев	ДРС-4		10,0		5,237	1/52,3
15.	Доизмельчение стружки для наружных слоев	ДС-7М		6,0		5,237	1/87,2
16.	Приготовление клея для наружного слоя	ДКС-2		41 л/мин		28,3 л/мин	1/69
17.	Приготовление клея для внутреннего слоя	ДКС-2		41 л/мин		17,8 л/мин	1/43,4
18.	Дозирование стружки для внутреннего слоя	ОДК4-200А		5,112		5,112	1/100

19.	Дозирование стружки для наружного слоя	ОДК4-200А		5,237		5,237	1/100
20.	Смешивание компонентов внутреннего слоя	ДСМ-7		16,0		5,603	1/35
21.	Смешивание компонентов наружных слоев	ДСМ-7		16,0		6,597	1/42
22.	Формирование наружных слоев ковра	ДФ-6		3,300		6,597	2/100
23.	Формирование внутреннего слоя ковра	ДФ-6		2,800		5,603	2/100
24.	Холодная подпрессовка	ПР-5	15,48		15,48		1/100
25.	Горячее прессование	ПР-6М	13,46		13,46		1/100
26.	Охлаждение плит	ДЛКО100	13,46		13,46		1/100
27.	Форматная обрезка	ДЦ-11	13,46		19,1		1/70,4
28.	Шлифование плит	ДКШ-1	13,46		13,46		1/100
* Объём стружки найден делением её массы на плотность при соответствующей влажности							

## 16.2 Расчёты по древесноволокнистым плитам

### 16.2.1 Производительность головного оборудования

Часовая производительность  $P_{\text{час}}$  многоэтажного пресса для производства твёрдых ДВП обычно выражается в квадратных метрах, реже в кубических. Её определяют по формуле

$$P_{\text{час}} = \frac{60nlbK_{np}}{T_{\text{ц}}},$$

где  $n$  – число этажей пресса;

$l$  и  $b$  – длина и ширина готового листа плиты после обрезки, м;

$K$  – коэффициент использования пресса;

$T$  – продолжительность цикла прессования, мин:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{мц}} + T_{\text{всп}},$$

где  $T$  – непосредственное время теплового цикла, мин;

$T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время, мин.

Продолжительность цикла прессования твёрдых и полутвёрдых ДВП, производимых сухим способом, зависит от толщины готовой плиты. Например, при использовании 22-этажного пресса с рабочей температурой 220 °С эта зависимость выглядит следующим образом:

Толщина готовой плиты, мм	3,2	5	6	8	10	12
Общее время цикла, мин	3,3	5,0	5,73	7,12	8,54	10,0

В 80-х годах прошлого столетия для проектных организаций СССР было введено понятие «эталонное предприятие», под которым подразумевалось условное предприятие, оснащённое головным оборудованием наибольшей производительности. В качестве головных установок для эталонных предприятий были приняты:

1) для заводов, выпускающих твёрдые ДВП мокрым способом, - 30-этажный пресс ПНП 7400/30 с полным циклом прессования 10,32 мин и коэффициентом использования пресса 0,915;

2) для заводов, выпускающих твёрдые ДВП сухим способом, – 22-этажный пресс «Диффенбахер» с циклом прессования 3,3 мин и коэффициентом использования 0,825;

3) для заводов, выпускающих мягкие ДВП, - 12-этажная роликовая сушилка «Дефибратор» с циклом работы 122 мин и коэффициентом использования 0,915.

Часовая производительность и годовая мощность таких предприятий характеризуются нижеследующими показателями.

1) Для эталонного завода по выпуску твёрдых ДВП мокрым способом при размерах обрезной плиты  $2,14 \times 6,1$  м, толщине плит 3,2 мм, плотности  $1 \text{ т/м}^3$  производительность головного пресса:

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \times 0,915 \times 30 \times 2,14 \times 6,1}{1032} = 2083 \text{ (м}^2/\text{ч)},$$

производственная мощность при годовом фонде работы пресса  $304 \times 3 \times 8 = 7296$  ч:

$$M = 2083 \times 7296 \times 0,0032 \times 1 \times 10^{-3} = 48,632 \text{ (тыс. т)}.$$

2) Для эталонного завода по выпуску твёрдых ДВП сухим способом при размерах обрезной плиты  $1,83 \times 5,5$  м, толщине плит 3,2 мм, плотности  $1 \text{ т/м}^3$  производительность головного пресса:

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \times 0,825 \times 22 \times 1,83 \times 5,5}{3,3} = 3321 \text{ (м}^2/\text{ч)},$$

производственная мощность при годовом фонде работы пресса  $304 \times 3 \times 8 = 7296$  ч

$$M = 3321 \times 7296 \times 0,0032 \times 1 \times 10^{-3} = 80,0 \text{ (тыс. т)}.$$

3) Для эталонного завода по выпуску мягких ДВП толщиной 12 мм, шириной 2,44 м и длиной  $54 \times 0,969 = 52,32$  м с плотностью  $0,25 \text{ т/м}^3$  производительность

$$P_{\text{час}} = \frac{60 \times 0,915 \times 12 \times 2,44 \times 52,32}{122} = 690 \text{ (м}^2/\text{ч)},$$

производственная мощность при годовом фонде работы сушилки  $325 \times 3 \times 8 = 7800$  ч:

$$M = 690 \times 7296 \times 0,012 \times 0,25 \times 10^{-3} = 16,2 \text{ (тыс. т)}.$$

Показательные технологические расчёты для цеха ДВП мокрого способа производства выполним, как и в предыдущем разделе, в виде «сквозного примера» (разделы 16.2.2 и 16.2.3).

## 16.2.2 Потребность в материалах

Оценивая потребность в материалах при производстве ДВП, различают:

- Чистый расход древесного волокна, входящего в состав готовых плит
- Отходы и потери, которые подразделяются на:

а) технологические отходы (опилки и кусковые отходы при разделке сырья; отсев при сортировании щепы; волокно, уходящее со сточными водами; отходы при форматной обрезке плит);

б) технологические потери (пыль, образующаяся при рубке щепы; газообразные продукты, выделяющиеся при пропарке, горячем прессовании и термообработке; водорастворимые вещества);

в) организационно-технические отходы (образцы материалов, отбираемые для испытаний, и отходы, образующиеся при отладке оборудования).

### *Технологические расчёты по ДВП.*

#### *Исходные данные:*

Продукция: твёрдые ДВП плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>

Размеры готовых плит ( $l \times b \times h$ ) 6100 × 2120 × 3,2 мм

Головной пресс - позиционный 20-этажный

Температура прессования 190 °С

Сырьё: щепа, получаемая из отходов лесопиления, преимущественно хвойных пород

Чистый удельный расход абсолютно сухого волокна  $q_{y\partial}$ , кг на 1 м<sup>2</sup> готовой плиты, определяется следующим образом:

$$q_{y\partial} = S_{nl}\rho_{nl} \frac{100}{100 + W_{nl}} \times \frac{100}{100 + K}, \quad (22)$$

где  $S_{nl}$  – толщина готовой плиты, м;

$\rho_{nl}$  – заданная плотность плит, кг/м<sup>3</sup>;

$W_{nl}$  – влажность готовой продукции (в среднем 8%);

$K$  – коэффициент удержания химических добавок (принято, что при мокром способе производства  $K = 0,7\%$ ).

### **Определение чистого расхода волокна**

При оговорённых в пояснении к формуле (22) показателях получим

$$q_{\text{вд}} = 0,0032 \times 1000 \times \frac{100}{100 + 8} \times \frac{100}{100 + 0,7} = 2,94 \text{ кг/м}^2.$$

Потребность в абсолютно сухом волокне с учётом потерь составит, кг/м<sup>2</sup>:

$$q_{\text{вол}} = q_{\text{вд}} K_1 K_2 K_3, \quad (23)$$

где  $K_1$  – коэффициент потерь при форматной резке плит:

- для твёрдых и полутвёрдых плит, при изготовлении которых предусмотрена вторичная переработка отходов сырья,  $K_1 = 1,029$ ,
- для твёрдых и полутвёрдых плит при отсутствии вторичной переработки  $K_1 = 1,054$ ,
- для сверхтвёрдых плит  $K_1 = 1,068$ ,
- для мягких плит  $K_1 = 1,012$ ;

$K_2$  – коэффициент потерь на физико-механические испытания плит (принимаем, что  $K_2 = 1,01$ );

$K_3$  – коэффициент потерь волокна со сточными водами, принимаемый эмпирически:

- для твёрдых плит из древесины хвойных пород  $K_3 = 1,016$ ,
- для твёрдых плит из древесины лиственных пород  $K_3 = 1,02$ ,
- для твёрдых плит из отходов лесозаготовок  $K_3 = 1,025$ ,
- для мягких плит  $K_3 = 1,012$ .

### **Определение потребности в абсолютно сухом волокне**

Для принятых исходных данных и с учётом коэффициентов к формуле (23) получим

$$q_{\text{вол}} = 2,94 \times 1,054 \times 1,01 \times 1,016 = 3,18 \text{ кг/м}^2.$$

Потребность в абсолютно сухой щепе с учётом потерь  $q$ , кг/м<sup>2</sup>:

$$q_{\text{щ}} = q_{\text{вол}} K_4, \quad (24)$$

где  $K_4$  - коэффициент потерь щепы при её сортировке:

- для щепы из технологического сырья 1-го сорта  $K_4 = 1,064$ ,
- для щепы из технологического сырья 2-го сорта  $K_4 = 1,087$ ,
- для щепы из технологического сырья 3-го сорта  $K_4 = 1,162$ ,
- для щепы из кусковых отходов лесопиления и деревообработки  $K_4 = 1,099$ ,
- для щепы из лесоматериалов от рубок ухода  $K_4 = 1,087$ ,
- для щепы из шпона-рванины  $K_4 = 1,250$ ,
- для щепы из сучьев  $K_4 = 1,428$ ,
- для щепы из дров  $K_4 = 1,205$ .

**Определение потребности в абсолютно сухой щепе, получаемой из отходов лесопиления**

Удельная потребность в нашем случае составит

$$q_{щ} = 3,18 \times 1,099 = 3,49 \text{ кг/м}^2,$$

а на всю годовую программу, при плотности древесины 667,8 кг/м<sup>3</sup> и её влажности 80%, понадобится

$$Q_{щ} = \frac{3,49 \times 48632}{0,0032 \times 667,8} = 79534 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Показатель, получаемый по формуле (24), - это масса абсолютно сухой древесины, требуемая для получения 1 м<sup>2</sup> готовой продукции. Потребность в щепе  $Q_{щ}$ , м<sup>3</sup>, на годовую программу предприятия при заданной влажности древесины определяют по формуле

$$Q_{щ} = \frac{q_{щ} M}{h \rho_w \rho_{пл}},$$

где  $M$  – мощность предприятия, т;

$h$  – толщина плиты, м;

$\rho_w$  – плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>, при заданной влажности (принимается, что начальная влажность щепы равна 80%);

$\rho_{пл}$  – плотность ДВП, т/м<sup>3</sup> (берётся в этих единицах, поскольку годовая программа характеризуется в тоннах).

При производстве твёрдых ДВП мокрым способом в волокни-

стую массу добавляют химические вещества, которые дозируются в процентах от массы абсолютно сухого волокна:

- парафин (гидрофобизатор) в количестве 0,8-1,1%,
- серная кислота (осадитель) в количестве 0,6–0,8%,
- фенолоформальдегидная смола (упрочняющая добавка) в количестве 0,8-1,4%.

Их точная дозировка зависит от марки ДВП, породного состава сырья, режимных параметров производства и других факторов. Чем больше доля хвойных пород в древесном сырье, тем меньше требуется химических добавок, а при содержании хвойных 70% и более от упрочняющей добавки можно и вовсе отказаться. Перечисленные выше добавки можно заменять другими веществами: вместо парафина используют гач, вместо серной кислоты сернокислый глинозём (квасцы) и вместо смолы альбуминовый клей.

Часовой расход воды  $q_{\text{воды}}$ , м<sup>3</sup>/ч, требуемой на приготовление волокнистой массы, рассчитывается по формуле

$$q_{\text{воды}} = \frac{P_{\text{час}} Q_{\text{вол}}}{K} 100,$$

где  $K$  – концентрация волокнистой массы, % (обычно не более 1%).

### **Определение потребности в воде**

В нашем случае

$$q_{\text{воды}} = \frac{2083 \times 3,18}{1} 100 = 662394 \text{ л/ч} = 662,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для последующих расчётов целесообразно свести все показатели потребности в древесном сырье и других компонентах в единую таблицу, то есть составить баланс материалов, подобно тому, как это было сделано в технологических расчётах по ДСтП.

<b>Баланс материалов на производство твёрдой ДВП</b>			
Продукция и материалы	В час	В сутки	В год
<i>Продукция</i>	<i>Объёмы выпуска</i>		
Готовые ДВП, м <sup>2</sup>	2 083	49 992	15197 568
м <sup>3</sup>	6,66	159,84	48 591
кг	6 665	160 000	48 632 000

Материалы	Потребность		
Волокно перед прессом, кг	7 025	168 597	51 253 743
Волокно с учётом потерь, кг	7 208	173010	52 595 213
Вода, м <sup>3</sup>	662,4	15 897	4 832 688
Парафин (0,8-процентная добавка), кг	53,3	1280	389 022
Серная кислота (0,7-процентная добавка), кг	46,6	1 118	339 872
Смола, кг*	–	–	–
Щепа, м <sup>3</sup>	10,9	261	79 534
* Расчёт сделан для сырья из хвойных пород, поэтому упрочняющая добавка не требуется			

### 16.2.3 Потребность в оборудовании

Необходимое число машинных единиц для каждого вида оборудования, применяемого в производстве ДВП, определяется так же, как и при производстве стружечных плит: общий объём работ для этого вида оборудования делят на производительность данной машинной единицы; см. формулу (21). Производительность размольного оборудования, как правило, указывается в тоннах абсолютно сухого волокна в сутки.

Скорость движения  $U$ , м/мин, рабочей сетки на отливной машине определяется по формуле

$$U = \frac{P_{\text{час}}}{bK_{\text{х.д}}60}$$

где  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность головного оборудования, м<sup>2</sup>/час;

$b$  – обрезная ширина ковра, м;

$K_{\text{х.д}}$  – коэффициент холостого хода (0,8-0,85).

Производительность камеры термообработки  $P_{\text{час}}$ , м<sup>2</sup>/ч:

$$P_{\text{час}} = \frac{60lb n_{\text{пл}}}{T_{\text{ц}}}$$

где  $l$  и  $b$  – длина и ширина готовой плиты, м;

$n_{\text{пл}}$  – число плит, шт., загружаемых в камеру одновременно (обычно загружают полными 100-этажными этажерками);

$T_{ц}$  – продолжительность цикла термообработки, ч (обычно 3–6 часов).

### **Определение скорости подачи отливной машины**

Исходя из принятых размеров готовой продукции, получим:

$$U = \frac{2083}{2,12 \times 0,85 \times 60} = 19,26 \text{ м/мин.}$$

### **Определение потребности в термокамерах**

При 4-часовом цикле термообработки

$$П_{час} = \frac{2,12 \times 6,1 \times 100}{4} = 323,3 \text{ м}^2 / \text{ч}$$

и потребность в камерах составит  $2083 : 323,3 = 6,44$ , то есть нужно не менее 7 камер.

Повысить влажность ДВП после термообработки можно в камерах, которые по конструкции аналогичны камерам термообработки, но не имеют систем нагрева воздуха, или же в специальных увлажнительных машинах. После этой операции плиты выдерживаются в плотных стопах для равномерного распределения влажности по толщине. Минимальная скорость подачи  $U$ , м/мин, в увлажнительной машине равна

$$U = \frac{П_{час}}{60k_p k_M b'}$$

где  $k$  – коэффициент рабочего времени (в наших расчётах принято, что  $k = 0,94$ );

$k_M$  – коэффициент машинного времени, характеризующий степень загрузки установки (в данном случае  $k_M = 0,9$ ).

Расход воды  $q_{увл}$ , л/мин, на увлажнение готовых ДВП составит (без учёта потерь)

$$q_{увл} = U b h \rho_{пл} \frac{W_{пл}}{100}$$

Скорость подачи плит в форматно-обрезной станок для их окончательной обрезки и раскроя должна быть не меньше, чем у увлажнительной машины.

### **Определение скорости подачи и расхода воды в увлажнительной машине**

В нашем случае минимальная скорость составит

$$U = \frac{2083}{60 \times 0,94 \times 0,9 \times 2,12} = 15,16 \text{ м/мин.}$$

Выбираем увлажнительную машину с паспортной скоростью подачи 20 м/мин, тогда при заданной конечной влажности плиты 8% расход воды на увлажнение будет

$$q_{\text{увл}} = 20 \times 2,12 \times 0,0032 \times 1000 \times 0,08 = 10,85 \text{ л/мин.}$$

Для наглядности можно все параметры загрузки основного технологического оборудования свести в единую таблицу.

<b>Сводная таблица загрузки оборудования для производства твёрдой ДВП мокрым способом</b>					
№	Операция	Оборудование	Производительность	Объём работ	Число станков и процент загрузки
1.	Размол щепы на волокно	Дефибратор	60 т/сут.	173 т/сут.	3/96,1
2.	Вторичный размол волокна	Рафинатор	70 т/сут.	173т/сут.	3/82,4
3.	Формирование ковра	Отливная машина	170 т/сут.	169 т/сут.	1/99,4
4.	Прессование плит	Горячий пресс	2083 м <sup>2</sup> /ч	2083 м <sup>2</sup> /ч	1/100
5.	Термообработка плит	Камера термообработки	323,3 м <sup>2</sup> /ч	2083 м <sup>2</sup> /ч	7/92,0
6.	Кондиционирование плит	Увлажнительная машина	20 м/мин	15,6 м/мин	1/78

7.	Раскрой плит	Пильная установка	20 м/мин	15,6 м/мин	1/78
----	--------------	-------------------	----------	------------	------

**Структура технологического процесса при изготовлении древесных плит различных видов**

Операция		Оборудование	ДСтП	OSB	ДВП-Т	ДВП-М	MDF
1	Подача сырья	Разобщи- тель	+	+	+	+	+
2	Разделка на отрезки	Слешер	+	+	+	+	+
3	Окорка сырья	Окорочный барaban	-	+	+	+	+
4	Получение щепы	Рубительная машина	+	-	+	+	+
5	Сортирование щепы	Сортировоч- ное устройство	+	-	+	+	+
6	Мойка щепы	Мойка для щепы	-	-	+	+	+
7	Удаление металла	Металлоис- катель	+	-	+	+	+
8	Хранение и дозирование щепы	Бункер для щепы	+	-	+	+	
9	Получение стружки	Центробеж- ный стружеч- ный станок	+	-	-	-	-
		Стружечный станок с ножевым валом	+	-	-	-	-
		Стрэндер	-	+	-	-	-

10	Хранение сырой стружки	Бункер для стружки	+	-	-	-	-
11	Доизмельчение стружки	Дробилка (мельница)	+	-	-	-	-
12	Получение волокна	Дефибратор (УГР)	-	-	+	+	+
13	Вторичный размол	Мельница-рафинатор	-	-	+	+	-
14	Приготовление волокнистой массы	Масный бассейн	-	-	+	+	-
15	Сушка древесных частиц	Пневмосушилки	+	+	-	-	+
16	Сортирование частиц	Сепараторы	+	+	-	-	-
17	Хранение сухих частиц	Бункеры	+	+	-	-	+
18	Приготовление связующего	Дозаторы	+	+	+	+	+
19	Дозирование стружки	Порционные весы	+	+	-	-	+
20	Смешивание компонентов	Смеситель	+	+	-	-	+
		Ящик непрерывной проклейки	-	-	+	+	-
		Форсунки	-	-	-	-	+
21	Формирование ковра	Формирующая машина	+		-	-	+
		Отливная машина	-	-	+	+	-

22	Подпрессовка ковра	Холодный пресс (форпресс)	+	+	-	-	+
		Гауч-пресс	-	-	+		-
23	Сушка волокнистого ковра	Сушилка	-	-	-	+	-
24	Резка непрерывного ковра	Диагональная пила	+	-	+	+	+
25	Контроль массы заготовки	Весы	+	+	+	-	+
26	Горячее прессование плит	Горячий пресс	+	+	+	-	+
27	Охлаждение плит	Веерный охладитель	+	+	+	+	
28	Закалка плит	Камеры термообработки	-	-	+	+	-
29	Увлажнение плит	Увлажнители	-	-	+		-
30	Кондиционирование плит	Буферный склад	+	+	+	+	+
31	Форматная обрезка	Круглопильный станок	+	+	+	+	+
32	Шлифование плит	Шлифовальный станок	+	-	-	-	+
33	Сортировка плит	Линия сортировки	+	-	+	+	-
34	Упаковка	Упаковочная машина	+	+	+	+	+

### 16.3 Технические характеристики оборудования для производства древесных плит

В этом разделе приведены в табличной форме технические характеристики для некоторых моделей оборудования, выпускаемого в СНГ. Большинство зарубежных производителей оборудования изготавливают его для комплексных поставок, в которых параметры для каждой единицы оборудования подбираются соответственно с конкретными условиями оснащаемого плитного производства (см. Приложение 10). Ознакомиться с характеристиками импортного оборудования можно, например, в Интернете, непосредственно на сайтах фирм-производителей.

#### 16.3.1 Оборудование для подготовки древесного сырья

Таблица 16.5. Разобшители кряжей Операция: поштучная подача кряжей на механическую обработку

Параметры моделей	ЛТ 80-А	ДЗЦ10-А	РБ-100
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	-	10	
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	-	40	24-146
Макс, диаметр хлыста, мм	600		
Длина хлыстов, м	4-6,5	1-6,5	1,6-6,5
Макс, масса пучков, т	10		-
Скорость движения цепей, м/с	0,4-0,8	0,06-0,13	0,2-0,42
Установленная мощность, кВт	10,5	12	23
Размеры в плане, м × м	7,65 × 7,0	14,9 × 6,8	22,8 × 6,4
Высота, м	2,6	3,4	3,8
Вес станка, т	9,5	26,5	22,7

**Таблица 16.6. Многопильная установка ДЦ-10 М (слешер)**

**Операция: поперечный раскрой кряжей на мерные отрезки**

Производительность по сырью, м <sup>3</sup> /ч	до 40
Длина перерабатываемого сырья, м	2,0-6,5
Диаметр сырья, см	8-40
Длина получаемых отрезков, м	1,0
Число пил, шт.	6
Диаметр пил, мм	1250
Скорость резания, м/с	63,3
Скорость подающего транспортёра, м/мин	6,0
Шаг между упорами, мм	960
Число электродвигателей, шт.	14
Установленная мощность, кВт	141,6
Габаритные размеры, м	11,5 × 12,4 × 4,5
Вес установки, т	29,0

**Таблица 16.7. Дровокольные станки (колуны)**

**Операция: раскалывание толстых чураков**

Параметры моделей	КЦ-7	КЦ-6М	ГК-6	ГК-8А
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	–		12	
Длина чураков, м	до 1,25		1-1,25	
Диаметр чураков, см	до 60	ДО 70	15-100	
Макс. усилие раскалывания, Н	–		3000	
Число упоров, шт.	2	3	1	
Средний цикл раскалывания, с	–		12	9
Установленная мощность, кВт	10		17	16,5
Размеры в плане, м×м	4,37 × 1,57	5,45 × 1,82	5,03 × 1,10	4,6 × 1,00
Высота, м	1,38	2,15	1,54	1,54
Вес станка, т	2,7	3,67	3,5	

**Таблица 16.8. Магнитные сепараторы** **Операция: обнаружение металлических включений в щепе и их удаление**

Параметры моделей	П-100	П-160
Ширина ленты конвейера, мм	650-1000	1200-1600
Потребляемая мощность, кВт	2,5	3,5
Напряжение сети постоянного тока, В	110	
Макс, слой материала на конвейере, мм	180	200
Макс, высота подвески над лентой, мм	160	180
Масса извлекаемых предметов, г	0,5-15	
Габаритные размеры, м	0,85 × 0,53 × 0,66	1,2 × 0,55 × 0,74
Вес сепаратора, кг	900	1680

**Таблица 16.9. Электромагнитные шкивы** **Операция: обнаружение металлических включений в щепе и их удаление**

Параметры моделей	ШЭ 65-63	ШЭ 100-80	ШЭ 140-100
Диаметр барабана, мм	630	800	1000
Длина барабана, мм	750	1150	1600
Ширина ленты транспортёра, мм	650	1000	1400
Частота вращения, мин-1	60	50	
Крутящий момент на валу, Нм	3900	9000	20 000
Напряжение сети постоянного тока, В	110		220
Потребляемая мощность, кВт	2,0	3,5	4,5
Макс, усилие на один подшипник, кН	12	23	42
Толщина слоя щепы на ленте, мм	≈170	≈250	≈300
Вес устройства, кг	760	2200	3950

Таблица 16.10а. Рубительные машины.

Операция: получение технологической щепы

Параметры моделей завода ГОЗБО, РФ	MP2-20	MP2-20Г-Н	MP3	MP5	MPГ-20Б-1	MPH-40-1
Загрузочный патрон, мм	250 × 400	330 × 510	350 × 650	600 × 600	220 × 220	440 × 440
Расположение загрузочного патрона	Правое		Левое		Правое	Левое
Выброс щепы	Нижний			Верхний	Боко-вой	Верхний
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	20-25		40-50	100-150	20-25	40
Установленная мощность, кВт	75		130-160	500	75	160

Таблица 16.10б. Рубительные машины.

Операция: получение технологической щепы

Модели фирмы «Агрокон», РФ	Приёмное окно, мм х мм	Диаметр барабана, мм	Количество ножей, шт.	Установленная мощность, кВт	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Вес станка, кг
Для щепы длиной 4–12 мм						
БРБ 3401К	90 × 190	350	1 × 4	11	1,0	650
БРБ 3402К	90 × 380		2 × 4	18,5	1,5	850
БРП 3402 К-С				20	5,0	1600
БРП 5422 К-МС	180 × 380	500			24-32	10,0
БРП 5422 К-АС			33		12,0	2100
БРП 5423 К-АС	180 × 500		1 × 4	34-41		

Для щепы длиной 10–35 мм						
БРБ 3201	90 × 190	350	1 × 2	11	1,5	600
БРБ 3202	90 × 380		2 × 2	18,5	2,5	800
БРП 3202-М				20	6,0	1600
БРП 5222-МС	180 × 380	500		2 × 2	24-32	7-10
БРП 5222-АС			33		12,0	2100
БРП 5223-АС	180 × 550		1 × 2		37-45	12-15

Таблица 16.11. Дезинтеграторы

Операция: доизмельчение крупной фракции щепы

Параметры моделей завода ГОЗБО, РФ	ДЗН-03	ДЗН-04
Производительность, м3/ч	3-6	25-30
Длина щепы, мм	15-25	25-30
Загрузочное окно, ммхмм	450 × 400	500 × 950
Макс, размеры сырья, мм	250 × 50 × 1000	100 × 250 × 500
Диаметр барабана, мм	600	1000
Установленная мощность, кВт	30	132
Габаритные размеры, м	1,76 × 1,14 × 1,85	2,91 × 1,94 × 2,1
Вес станка, кг	2680	9790

### 16.3.2 Оборудование для получения стружки и волокна

Таблица 16.12. Центробежный стружечный станок ДС-7А (модель Новозыбковского станкозавода, РФ)

Операция: получение стружки из технологической щепы

Размеры щепы, мм	(10 – 60) × 30
Внутренний диаметр ножевого барабана, мм	1200
Число ножей, шт.	42
Число лопастей крыльчатки, шт.	18

Частота вращения крыльчатки/ ножевого барабана, мин-1	990/35
Установленная мощность, кВт	265
Расход воздуха станком, кг/м <sup>3</sup>	3200
Габаритные размеры, м	3,84×1,97×1,95
Вес станка, кг	10500

*Таблица 16.13. Стружечные станки с ножевым валом*  
**Операция: получение стружки из круглых лесоматериалов (чураков) и крупных отходов лесопильного производства**

Параметры моделей Новозыбковского завода, РФ	ДС-6	ДС-8
Производительность*, т/ч	2,5/5,0	3,25/6,5
Длина перерабатываемого сырья, м	0,65-1,0	0,45-1,08
Диаметр сырья, мм	40-400	25-400
Длина стружки, мм	25	
Толщина стружки, мм	0,15-0,6	
Длина ножевого вала, мм	1100	
Диаметр ножевого вала, мм	565	
Частота вращения ножевого вала, мин-1	975	985
Установленная мощность, кВт	204	
Размеры в плане, м х м	3,5 × 3,6	3,6 × 3,6
Высота, м	2,8	3,01
Вес станка, т	12,3	14,2

\* В числителе – для абс. сухой стружки толщиной 0,2 мм; в знаменателе – для 0,4 мм

*Таблица 16.14. Стружечный станок (мельница) ДМ-8А*  
**(модель Новозыбковского станкозавода, РФ)**

**Операция: получение мелкой фракции стружки**

Производительность по абсолютно сухой стружке, т/ч при переработке:	
частиц со средней толщиной 0,5 мм с влажностью более 40% на ситах с ячейками 14 * 14 мм	9
частиц со средней толщиной 0,5 мм с влажностью не более 10% на ситах с ячейками диаметром 8 мм	13
частиц со средней толщиной 0,5 мм с влажностью не более 10% на ситах с ячейками 14 х 14 мм	16

технологической щепы с влажностью более 40% на ситах с ячейками 14 x 14 мм	5
Вес отдельных агрегатов, съёмных приспособлений и электрооборудования, кг	3400
Размеры перерабатываемого сырья, мм	
длина	10-60
ширина, не более	30
Внутренние размеры барабана, мм	
диаметр	1200
ширина	525
Габаритные размеры, м	2,59 × 1,97 × 1,95
Частота вращения, об/мин:	
крыльчатки	990
барабана	35
Вес дробилки, кг	5700
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	до 9000
Установленная мощность, кВт	265

*Таблица 16.15. Мельница молотковая модель ММ-03АС завода ГОЗБО*  
**Операция: получение мелкой фракции стружки**

Производительность для стружки с влажностью 12%, т/ч	2,0
Влажность поступающего сырья, %	12–25
Размеры отверстий сита, мм	12×31
Рабочая длина ротора, мм	708
Установленная мощность, кВт	55
Частота вращения, мин-1	1500
Вес мельницы, кг	2710

*Таблица 16.16. Мельницы дисковые*

**Операция: получение древесного волокна**

Параметры моделей завода ГОЗБО	МД-02-2	МД-14-2
Производительность*, т/сут.	10-35	20-65
Степень помола от 15-25 ШР°	2-30	2-24
Диаметр размольной поверхности, мм	500	630
Установленная мощность, кВт	90-110	132-160
Частота вращения, мин-1	750-1000	600-750

Вес мельницы, кг	3575	4450
* При размоле волокнистого полуфабриката с расчётной влажностью 12% и концентрацией 20–25 г/л		

*Таблица 16.17. Машины пульсационные*

**Операция: выравнивание волокнистых полуфабрикатов**

Параметры моделей завода ГОЗБО	МП-00-1	МП-03-2	МП-04-1
Производительн., т/сут.	10-35	35-110	60-190
Степень роспуска, %	65-96		
Макс, диаметр ротора, мм	190	375	400
Мин. давление массы на входе, МПа	0,05		
Макс, давление массы на выходе, МПа	0,4		
Установленная мощность, кВт	22	75	ПО
Частота вращения, мин-1	3000	1500	
Габаритные размеры, м	1,66 ×	2,25 ×	2,53 ×
	0,41 ×	0,61 ×	0,86 ×
	0,58	0,825	0,856
Вес машины, кг	640	1930	2290

**16.3.3 Оборудование для сушки и сортировки измельчённой древесины**

*Таблица 16.18. Барабанная сушилка Н-167-66*

**Операция: сушка стружки в производстве древесностружечных плит**

Рабочий объём барабана, м <sup>3</sup>	38
Производительность по сухой стружке, м <sup>3</sup> /ч	4500
Длина/внутренний диаметр барабана, мм	10 000/2000
Частота вращения барабана, мин-1	3,15; 4; 5; 6; 9
Температура на входе в сушилку, °С	230-550
Температура на выходе из сушилки, °С	90–120
Объём газовой-воздушной смеси, проходящей через барабан, тыс. м <sup>3</sup> /ч	25-30
Скорость движения сушильного агента в барабане, м/с	1,8–2,0
Установленная мощность, кВт (привод барабана + привод вентилятора)	14 + 48

Удельный расход энергии на тонну сухой стружки, кВт-ч	20–30
Удельный расход условного топлива на тонну сухой стружки, кг	100
Габаритные размеры установки, м	14,0x4,0x3,5
Вес сушиллки, т	32,5

Таблица 16.19. Агрегаты комбинированной сушки

Параметры моделей «Гипродревпрома»	АКС-5	АКС-8
Производительность, т/ч:		
по сухой стружке	5	8
по испаряемой влаге	4	7,5
Масса циркулирующих топочных газов, т/ч	30	47,5
Температура, °С:		
на входе в приставку	600–800	600–700
на входе в барабан	200–300	200–300
на выходе из барабана	90–120	100–120
Размеры приставки, м:		
внешний диаметр	3,0	3,2
внутренний диаметр	1,8	1,8
высота	4,0	4,5
сечение трубы	0,6 × 0,6	0,7 × 0,75
Размеры сушильного барабана, м:		
длина	10	14
диаметр	2,2	2,8
Расход:		
теплоты, кДж/ч	20,6 × 106	34 × 106
теплоты, кДж/кг влаги	4180	4280
мазута, кг/т стружки	–	108
электроэнергии, кВт-ч/т стружки	–	29
Мощность, кВт:		
установленная	–	335
потребляемая	–	205
Габаритные размеры, м:		
длина	–	80

ширина	–	15,4
высота	–	9,0/24,6
Вес комплекта, т	–	110

*Таблица 16.20. Механические сортировки для стружки*

**Операция: сортирование сухой стружки в производстве стружечных плит**

Параметры моделей	ДРС-1	ДРС-2
Производительность по сухой стружке, кг/ч	2800	10 000
Общая площадь сит, м <sup>2</sup>	–	16,4
Размеры ячеек в комплекте сит, мм		5 × 5 1 × 1 0,5 × 0,5
Максимальные размеры просеиваемых частиц, мм	50 × 15 × 1	–
Угол наклона сит, град.	1; 1,5; 2,0	4
Частота колебаний сит, мин-1	200	150-180
Амплитуда колебаний, мм	100	50
Установленная мощность, кВт	2,2	4,0
Габаритные размеры, м	2,7 × 2,7 × 2,7	5,3 × 2,67 × 3,1
Вес сортировки, кг	856	4500

*Таблица 16.21. Бункер для промежуточного хранения и объёмного дозирования щепы и стружки в производстве ДСтП (модель ДБО-80 Вологодского станкозавода)*

Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	80
Производительность, м <sup>3</sup> /ч:	
винтового конвейера	до 120
резервного конвейера	240
Насыпная плотность сырья, кг/м <sup>3</sup>	80–300
Влажность сырья, %	2–100
Установленная мощность, кВт	30

Внутренний диаметр корпуса, м	4,2
Габаритные размеры бункера, м	7,6 × 6,25 × 11,8
Вес бункера, кг	18 000

*Таблица 16.22. Бункеры для промежуточного хранения и объёмного дозирования стружки в производстве ДСтП*

Параметры моделей Вологодского станкозавода	ДБО 60-1	ДБОС 60-1
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	60	
Число разгрузочных конвейеров, шт.	2	
Производительность одного конвейера, м <sup>3</sup> /ч	12–120	
Габаритные размеры, м:		
длина	8,4	
ширина	5,1	5,9
высота	11,3	12,0
Число электродвигателей,	6	
Установленная мощность	23,3	
Вес бункера, кг	20500	21500

*Таблица 16.23. Смесители высокооборотные*

**Операция: смешивание стружки со связующим и другими химическими добавками в производстве ДСтП**

Параметры моделей Новозыбковского завода	ДСМ-5	ДСМ-7
Производительность, т/ч	1,8	2-16
Длина камеры, мм	2000	2500
Диаметр камеры, мм	500	600
Вместимость камеры, м <sup>3</sup>	0,4	0,68
Частота вращения вала, мин-1	770;980;1220	875
Число лопастей	10	36
Число сопел распыления	24	12
Установленная мощность, кВт	40	55

Габаритные размеры, м	3,74 × 2,8 × 1,5	4,0 × 1,3 × 2,74
Вес смесителя, т	2,5	3,7

**Таблица 16.24. Формирующая машина (модель ДФ-6 Вологодско-го станкозавода) Операция: формирование стружечного ковра на металлическом поддоне**

Производительность, кг/ч	240-5400
Рабочий объём бункера, м <sup>3</sup>	1,7
Ширина формируемого ковра, мм	1800,1860
Скорость наклонного транспортёра, м/мин	1,2-36
Толщина слоя материала на наклонном транспортёре, мм	30-55
Скорость донного транспортёра, м/мин	0,032-1,6
Максимальная толщина слоя на донном транспортёре, мм	600
Габаритные размеры, м	3,46 × 3,37 × 3,10
Число электродвигателей, шт.	4
Установленная мощность, кВт	9,1
Вес машины, кг	5375

Параметры модели ДФ-6, использованные в примере на стр. 147	Заданная производительность, кг/мин				
	4-16	16-30	30-45	45-58	68-90
	Рабочие показатели				
Такт весов, мин <sup>1</sup>	1-2	2-3	3-4	5-6	6-7
Масса порции, кг	4-8	8-10	10-12	9-12	12-15
Скорость накл. транспортёра при заполнении, м/мин	1,2	4,8	9,6	18	36
Скорость накл. транспортёра при досыпке, м/мин	1,2	1,2	2,4	4,5	9,0
Толщина стружечного ковра на донном транспортёре, мм	300-400	450-500	500-550	550-600	600-650

### 16.3.4 Оборудование для прессования древесных плит

Таблица 16.25. Прессы холодные

Операция: предварительная подпрессовка стружечного ковра

Параметры российских моделей	ПР-6Б	Д4743Б	Д4744
Макс, усилие прессования, кН	196		245
Макс, давление на пакет, МПа	2,9	2,7	3,4
Размеры плит пресса, мм	3700 × 2000		3800 × 2100
Толщина плит пресса, мм	120	140	
Количество рабочих просветов	20	16	20
Просвет между плитами пресса, мм	85	ПО	120
Число рабочих цилиндров, шт.	6		
Диаметр рабочих цилиндров, мм	480	500	-
Макс, давление в гидросистеме, МПа	19,6	19,8	31,5
Скорость смыкания плит, мм/с	150	160	
Рабочая жидкость	Масло техническое	Эмульсия водная	Масло минеральное
Установленная мощность, кВт	295	202,5	240
Высота над уровнем пола, мм	6550	10 300	9500

**Таблица 16.26. Прессы горячие гидравлические многоэтажные**  
**Операция: горячее прессование стружечных плит**

Параметры российских моделей	ПР-6Б	Д4743Б	Д4744
Макс, усилие прессования, кН	196		245
Макс, давление на пакет, МПа	2,9	2,7	3,4
Размеры плит пресса, мм	3700 × 2000		3800 × 2100
Толщина плит пресса, мм	120	140	
Количество рабочих просветов	20	16	20
Просвет между плитами пресса, мм	85	ПО	120
Число рабочих цилиндров, шт.	6		
Диаметр рабочих цилиндров, мм	480	500	-
Макс, давление в гидросистеме, МПа	19,6	19,8	31,5
Скорость смыкания плит, мм/с	150	160	
Рабочая жидкость	Масло техническое	Эмульсия водная	Масло минеральное
Установленная мощность, кВт	295	202,5	240
Высота над уровнем пола, мм	6550	10 300	9500

*Таблица 16.27. Прессы горячие гидравлические малоэтажные*  
**Операция: горячее прессование стружечных плит**

Параметры моделей завода «Днепропресс»	ДБ 0842	Д0842	ДА 0844	Д0844
Номинальное усилие пресса, кН	16 000		25 000	
Размеры греющих плит, мм	2900 × 1500		3800 × 2100	
Высота межплитного просвета, мм	280	150	180	150
Количество рабочих просветов, шт.	1	4	5	2
Макс, температура нагрева плит, °С	180			150
Перепад температур на поверхности плит, °С	±5			
Привод пресса	Насосный безаккумуляторный			
Рабочая жидкость	Минеральное масло			
Рабочее давление жидкости, МПа	32			
Высота над уровнем пола, мм	2675	4690	5200	3100
Габариты в плане, мм	9415 × 6400	15 450 × 4040	18 300 × 4900	8000 × 9400
Вес установки, кг	45 000	95 000	175 500	12 000

*Таблица 16.28. Прессы горячие гидравлические одноэтажные*  
**Операция: горячее прессование ДВП сухого способа производства или ДСтП**

Параметры моделей завода «Днепропресс»	Д0850	ДА 0850
Номинальное усилие пресса, кН	100000	
Размеры греющих плит, мм	11165 × 2610	12990 × 2610

Высота межплитного промежутка, мм	300	
Количество рабочих промежутков, шт.	1	2
Макс, температура греющих плит, °С	220	
Рабочее давление жидкости, МПа	25	
Привод пресса	Насосно-аккумуляторный	
Рабочая жидкость	Водная эмульсия	
Проектная производительность для изделий толщиной 16 мм, м <sup>3</sup> /год	30000	110 000
Макс, высота над уровнем пола (без насосно-аккумуляторной станции), мм	6600	8400
Габариты в плане (без насосно-аккумуляторной станции), мм	11740 × 5400	44 800 × 8200
Вес установки, т	550	850
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	150	270

### 16.3.5 Послепрессовое оборудование

Таблица 16.29. Штабелеукладчики

Операция: укладка плит в штабель после горячего прессования

Параметры	ДШ-1	ДШ-1М
Грузоподъёмность, т	3	
Размеры укладываемых плит, мм	3500 × 1750 (толщина 8–25)	
Макс, высота стопы, мм	400	
Мин. цикл приёма плит, с	40	26
Установленная мощность, кВт	62	68
Вес штабелеукладчика, т	5,5	6,3

*Таблица 16.30. Форматно-обрезные станки*

**Операция: четырёхсторонняя обрезка древесных плит по заданному формату**

Параметры	ДЦ-8	ДЦ-11
Длина обработанной плиты, мм	3500, 3660	3500-3680
Ширина обработанной плиты, мм	1750, 1830	1750-1850
Диаметр пил, мм	320	
Мин. время обработки, с	25	14,7
Скорость подачи, м/мин:		
продольная	8,8; 12,8	11,8; 18,2
поперечная	6,7; 10,2	–
Установленная мощность, кВт	27,2	
Габаритные размеры в плане, м	11,2 × 5,67	–

## Использованная литература

1. *Баженов, В.А., Карасёв, Е.И., Мерсов, Е.Д.* Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков: Учебник для техникумов. — М.: Лесная промышленность, 1980.
2. *Куликов В.А., Чубов А.Б.* Технология клееных материалов и плит: учебник для вузов. — М.: Лесная промышленность, 1984.
3. *Бирюков, В.И., Лацавер, М. С, Мерсов, Е.Д.* Справочник по древесноволокнистым плитам. — М.: Лесная промышленность, 1981.
4. *Бурдин, Н.А. и др.* Лесопромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. - М.: Изд-во МГУЛ, 2000.
5. *Вольнский В.Н.* Технология стружечных и волокнистых древесных плит. -Учебное пособие для вузов Таллин: Desiderata 2004.
6. *Грибенчикова, А. В.* Материаловедение в производстве древесных плит и пластиков: Учебник для техникумов. — М.: Лесная промышленность, 1988.
7. *Демидов, Ю.М.* Измельчение древесины для производства древесностружечных плит. — М.: Лесная промышленность, 1974.
8. *Дроздов, И.Я., Кунин, В.М.* Производство древесноволокнистых плит: Учебник для подготовки рабочих на производстве (2-е изд.). — М.: Высшая школа, 1975.
9. *Карасёв, Е.И.* Оборудование предприятий для производства древесных плит: Учебник для вузов (2-е изд.). — М.: Лесная промышленность, 1988.
10. *Карасёв, Е.И.* Развитие производства древесных плит: Учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во МГУЛ, 2001.
11. *Козаченко, А.М., Модлин, Б. Д.* Общая технология производства древесных плит: Учебное пособие для ПТУ (2-е изд.). — М.: Высшая школа, 1990.
12. *Мелони, Т.* Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит (пер. с англ.). — М.: Лесная промышленность, 1982.
13. *Мерсов, Е.Д.* Производство древесноволокнистых плит: Учебник для ПТУ. — М.: Высшая школа, 1989.
14. *Модлин, Б.Д., Хатилович, А.А.* Изготовление стружки для древесностружечных плит. — М.: Лесная промышленность, 1988.
15. *Отлев, И.А. и др.* Справочник по производству древесностружечных плит (2-е изд.). — М.: Лесная промышленность, 1990.
16. *Разиньков, Е.М.* Производство древесных плит и пластиков: Учебное пособие для вузов. — Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 1998.

17. *Отлев, И.А.* Технологические расчёты в производстве древесностружечных плит: Учебное пособие для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1979.
18. *Тришин, С.П.* Технология древесных плит: Учебное пособие для экономических специальностей вузов. – М.: Изд-во МГУЛ, 2001.
19. *Тришин, С.П.* Технология древесных плит (лабораторный практикум). – М.: Изд-во МГУЛ, 2001.
20. *Шварцман, Г.М., Щедро, Д.А.* Производство древесностружечных плит (4-е изд.). – М.: Лесная промышленность, 1987.
21. *Deppe, H.J., Ernst, K.* MDF – mitteldichte Faserplatten. – Stuttgart: DRW-Verlag, 1996.
22. *Deppe, K.J., Ernst, K.* Taschenbuch der Spanplattentechnik (4. Auflage) Stuttgart: DRW-Verlag, BRD, 2000.
23. European Panel Federation (EPF). Annual Report. – 2001–2002.
24. Holz-Lexikon. Nachschlagewerk für die Holz- und Forstwirtschaft (3. Auflage; 2 Bänder). - Stuttgart : DRW-Verlag, BRD, 1988.
25. Panelboard Highlights. Metsopanelboard. - 2000, 2001, 2002.
26. *Soine, H.* Holzwerkstoffe – Herstellung und Verarbeitung. – Stuttgart: DRW-Verlag, 1995.
27. [www.atrue.de](http://www.atrue.de)
28. [www.buettner-dryer.com](http://www.buettner-dryer.com)
29. [www.dieffenbacher.de](http://www.dieffenbacher.de)
30. [www.grecon.de](http://www.grecon.de)
31. [www.hymmen.com](http://www.hymmen.com)
32. [www.maier-online.com](http://www.maier-online.com)
33. [www.metsopanelboard.com](http://www.metsopanelboard.com)
34. [www.pallmann.de](http://www.pallmann.de)
35. [www.prowood.org](http://www.prowood.org)
36. [www.sab-aeue.de](http://www.sab-aeue.de)
37. [www.siempelkamp.com](http://www.siempelkamp.com)
38. [www.steinemann-ag.ch](http://www.steinemann-ag.ch)
39. [www.wood.vdma.org](http://www.wood.vdma.org)

При подготовке этой книги использованы материалы, опубликованные в журналах: «Дерево.RU» [www.derevo.ru](http://www.derevo.ru) «Мебельное обозрение» [www.mebel-o.ru](http://www.mebel-o.ru) «Мебельный бизнес» [www.promebel.com](http://www.promebel.com) «Мебельщик» [www.mebelshik.ru](http://www.mebelshik.ru) «Фабрика мебели» [www.fabrikam.ru](http://www.fabrikam.ru)

Ведение

<b>Глава 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ</b> .....	5
1.1 Европейские стандарты на древесные плитные материалы .....	5
1.2 Древесностружечные плиты .....	6
1.2.1 Технические требования к ДСтП по европейскому стандарту .....	8
1.2.2 Технические требования к ДСтП .....	12
1.2.3 Требования к облицованным ДСтП .....	15
1.2.4 OSB - плиты с ориентированным расположением стружки .....	18
1.2.5 Цементно-стружечные плиты .....	22
1.3 Древесноволокнистые плиты .....	26
1.3.1 Требования к волокнистым плитам по европейскому стандарту .....	28
1.3.2 Требования к волокнистым плитам .....	34
1.4 Другие плитные материалы из древесных частиц .....	39
<b>Глава 2 СЫРЬЁ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ</b> .....	44
2.1 Древесное сырьё .....	44
2.2 Связующее и другие химические компоненты .....	47
2.3 Вспомогательные добавочные материалы .....	63
<b>Глава 3 ПОДГОТОВКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ПЛИТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</b> .....	69
3.1 Подготовка круглых лесоматериалов к измельчению .....	69
3.2 Хранение и подготовка технологической щепы .....	73
3.3 Первичное измельчение древесины .....	77
3.3.1 Общие положения .....	77
3.3.2 Получение технологической щепы .....	79
<b>Глава 4 ПОЛУЧЕНИЕ СТРУЖКИ И ВОЛОКНА</b> .....	84
4.1 Виды древесных частиц и измельчающего оборудования .....	84
4.2 Получение стружки из щепы .....	87
4.3 Получение стружки резанием круглого и кускового сырья .....	89
4.4 Дополнительное измельчение стружки (получение микростружки) .....	92
4.5 Получение крупноразмерной стружки .....	95
<b>Глава 5 СУШКА И СОРТИРОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЁННОЙ ДРЕВЕСИНЫ</b> .....	97
5.1 Особенности сушки измельчённой древесины .....	97
5.2 Оборудование для сушки измельчённой древесины .....	98
5.2.1 Сушилки с вращающимся барабаном .....	100
5.2.2 Пневматические и вихревые сушилки .....	102
5.3 Сортирование измельчённой древесины .....	108
5.3.1 Механические сортировки .....	109
5.3.2 Пневматические сортировки .....	112
5.3.3 Комбинированные сортировки .....	114
5.3.4 Сортирование крупной стружки .....	115
5.4 Хранение запасов измельчённой древесины .....	116
5.5 Рекомендации по подбору сушильного оборудования для плитных производств .....	118
5.5.1 Общие сведения .....	118

5.5.2	Используемое сырьё .....	119
5.5.3	Данные для определения параметров сушилки .....	119
5.5.4	Желаемая система нагрева .....	119
5.5.5	Экологические требования.....	119
5.5.6	Параметры электроснабжения.....	119
5.5.7	Требуемый объём поставки (указать, что желательно).....	120
5.6	Действующие сушильные установки фирмы «бютнер» .....	120
<b>Глава 6 ДОЗИРОВАНИЕ И СМЕШИВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ.....</b>		<b>123</b>
6.1	Приготовление и дозирование связующего .....	123
6.2	Дозирование сыпучего материала .....	128
6.3	Смешивание стружки и связующего .....	131
<b>Глава 7 ГЛАВНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ. ФОРМИРОВАНИЕ КОВРА .....</b>		<b>137</b>
7.1	Структура главных конвейеров.....	137
7.2	Формирование стружечного ковра .....	140
7.3	Формирование волокнистого ковра.....	151
<b>Глава 8 ПРЕССОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ .....</b>		<b>156</b>
8.1	Предварительная подпрессовка ковра.....	156
8.2	Главные прессы плитного производства.....	159
8.2.1	Многоэтажные прессы .....	159
8.2.2	Одноэтажные позиционные прессы.....	162
8.2.3	Одноэтажные проходные прессы .....	167
8.2.4	Каландровые прессы.....	172
8.2.5	Экструзионные прессы .....	173
8.3.	Технологические параметры горячего .....	174
	прессования плит .....	174
8.4	Различные способы прессования древесных плит .....	179
8.5	Прессование цементно-стружечных плит .....	184
8.6	Производство древесностружечных плит на проходных прессовых .....	
	установках на примере действующего .....	186
	предприятия, оснащённого оборудованием .....	186
	промышленной группы «Диффенбахер» .....	186
8.6.1	Сырьё.....	186
8.6.2	Особенности технологического процесса .....	187
<b>Глава 9 ПОСЛЕПРЕССОВАЯ ОБРАБОТКА ПЛИТ .....</b>		<b>197</b>
9.1	Современные технологии шлифованная на плитных предприятиях .....	211
<b>Глава 10 ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ .....</b>		<b>213</b>
10. 1	Облицовывание древесных плит листовыми .....	213
	материалами.....	213
10.1.1	Облицовочные материалы .....	214
10.1.2	Ламинирование полноформатных плит.....	219
10.1.3	Изготовление мебельных и напольных ламинатов на установках с .....	
	коротким циклом прессования.....	223
10.1.4	Типичный процесс ламинирования в короткотактном прессе .....	226
10.2	Каширование .....	229
10.2.1	Сравнение способов облицовывания полноформатных плит .....	233
10.2.2	Облицовывание плит в процессе их изготовления .....	234
10.3	Отделка плит лакокрасочными материалами .....	235
10.3.1	Виды отделочных материалов .....	235
10.3.2	Способы отделки древесных плит .....	237
10.3.3	Крашение древесных плит в процессе их изготовления .....	241
<b>Глава 11 ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫЕ ПЛИТЫ.....</b>		<b>245</b>
11.1	Характеристика изделия .....	247

11.1.1	Классификация .....	247
11.1.2	Характеристика древесноволокнистых плит.....	248
11.2	Технология производства древесноволокнистых плит.....	252
11.2.1	Мокрый способ.....	261
11.2.1.1	Приготовление технологической щепы .....	261
11.2.1.2	Приготовление древесноволокнистой массы .....	261
11.2.1.3	Формирование древесноволокнистых ковров .....	265
11.2.1.4	Горячее прессование древесноволокнистых плит .....	265
11.2.1.5	Термическая обработка.....	266
11.2.1.6	Увлажнение и форматная резка древесноволокнистых плит .....	266
11.2.1.7	Изготовление плит с поверхностными слоями из .....	267
	тонкоразмолотой массы.....	267
11.2.1.8	Пропитка древесноволокнистых плит .....	267
11.2.1.9	Особенности технологии производства мягких плит.....	268
11.2.2	Сухой способ .....	270
11.2.2.1	Приготовление технологической щепы .....	270
11.2.2.2	Размол щепы на волокно .....	270
11.2.2.4	Сушка древесного волокна.....	271
11.2.2.5	Формирование древесноволокнистого ковра .....	272
11.2.2.6	Послепрессовая обработка плит.....	273
11.3	Облицовывание плит синтетическими плёнками .....	273
11.3.1.1	Технические требования на бумагу-основу и бумагу с .....	
	печатным рисунком.....	274
11.3.1.2	Смолы пропиточные меламиноформальдегидные .....	274
11.3.1.3	Хранение и транспортировка.....	275
11.3.1.4	Технические требования к декоративным бумагам, пропитанным .....	
	меламиноформальдегидной смолой.....	275
11.3.2	Декоративные бумажносмоляные пленки.....	276
11.3.2.1	Характеристика изготавливаемой продукции .....	276
11.3.2.2	Технологический процесс производства декоративных .....	
	бумажносмоляных пленок.....	276
11.3.2.3	Транспортировка и хранение пленки .....	279
11.3.3	Технологический процесс облицовывания .....	279
11.3.3.1	Технологический процесс облицовывания плит плёнками .....	279
11.4	Наклеивание на плиты бумажнослоистого .....	280
	пластика, шпона .....	280
11.4.1	Наклеивание декоративного бумажнослоистого пластика в горячих .....	
	гидравлических прессах.....	281
11.4.2	Холодный способ приклеивания декоративного бумажнослоистого .....	
	пластика .....	283
11.4.3	Отделка древесноволокнистых плит шпоном ценных пород .....	
	древесины (холодным и горячим способами).....	284
11.4.4	Приготовление клея .....	285
11.4.5	Облицовывание шпоном в многопролетных прессах.....	285
11.4.6	Дефекты при облицовывании плит шпоном, .....	286
	их причины и способы устранения .....	286
11.4.7	Отделка древесноволокнистых плит тканями и .....	287
	стеклотканями .....	287
11.4.8	Облицовывание термопластичными пленками.....	288
11.5	Применение древесноволокнистых плит.....	291
11.5.1	Строительство .....	291

11.5.2 Производство мебели.....	293
11.5.3 Машиностроение, радио- и электротехническая промышленность.....	294
11.5.4 Тара и упаковка .....	294
11.5.5 Прочие потребители .....	294
11.6 Технические требования.....	295
<b>Глава 12. OSB</b> .....	299
12.1 Технологический процесс производство OSB .....	306
12.1.1 Операции получения стружки .....	306
12.1.2 Операция сушки стружки.....	307
12.1.3 Операция смешивания с клеем .....	309
12.1.4 Формование стружечного ковра .....	309
12.1.5 Окончательная обработка.....	312
12.2 Влияние на окружающую среду .....	313
12.3 Перспективы производства OSB / ОСП.....	313
12.4 Контроль качества и стандарты .....	314
12.5 Оснащение и установка для производства плит OSB.....	316
12.5.1. Особенности технологического процесса .....	317
12.6 Виды OSB плит производимых на данный момент.....	320
12.6.1 QSB - Плита для строительства (QSB – construction board) .....	320
12.6.2 OSB фирмы Bolderaja .....	323
12.6.3 OSB фирмы Georgia Pacific .....	325
12.6.4 OSB фирмы Kronopol.....	325
12.6.5 OSB фирмы Glunz .....	327
12.6.6 OSB фирмы Louisiana Pacific Corporation .....	328
12.6.7 OSB фирмы Egger .....	329
12.6.9 OSB фирмы Arbec .....	331
12.6.10 OSB фирмы Grant.....	332
<b>Глава 13 MDF</b> .....	334
13.1 Основные используемые материалы для производства MDF.....	339
13.2 Технологический процесс .....	340
13.2.1 Участок подготовки щепы:.....	340
13.2.2 Участок подготовки волокна:.....	340
13.2.3 Участок пропитки и сушки: .....	352
13.2.4 Участок формовки и горячего прессования: .....	353
13.2.5 Участок охлаждения, обрезки и шлифования: .....	354
13.3 Огнезащищенные плиты МФ.....	354
13.3.1 Сырьё.....	358
13.3.2 Особенности технологического процесса .....	358
13.4 Изготовление плит малого формата на прессах ContiRoll® Siempelkamp .....	362
13.5 Виды MDF .....	365
13.5.1 UmidaxB® MDF влагостойкий .....	365
13.5.2 MDF облепленный.....	366
<b>Глава 14 EUROPLY®</b> .....	371
<b>Глава 15 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ</b> .....	378
15.1 Входной контроль сырья и материалов.....	378
15.2 Текущий контроль параметров производственного процесса .....	378
15.3 Системы комплексного управления плитным производством .....	384

15.4	Контроль показателей готовой продукции .....	387
15.4.1	Современные системы комплексного управления плитным производством.....	389
15.4.2	Что означает комплексное оснащение полнотного производства.....	397
15.5.1	Плотность плиты.....	397
15.5.2	Влажность плиты.....	403
15.5.3	Модуль упругости и предел прочности при изгибе.....	404
15.5.4	Прочность при растяжении плиты поперёк пласти.....	404
15.5.5	Прочность при растяжении плиты поперёк пласти.....	407
15.5.6	Разбухание плит по толщине и водопоглощение .....	407
15.5.7	Сопротивление выдёргиванию шурупов .....	408
15.5.8	Изменение размеров плит при изменении влажности воздуха .....	409
15.5.9	Стойкость плит при циклических воздействиях.....	410
15.5.10	Твёрдость плит .....	411
15.5.11	Ударная вязкость плит .....	412
15.5.12	Покоробленность плит .....	413
15.5.13	Выделение свободного формальдегида .....	414
15.6	Контроль качества облагороженных ДСтП .....	414
15.6.1	Гидротермическая стойкость поверхностей.....	415
15.6.2	Устойчивость поверхностей к повышенной температуре воздуха .....	416
15.6.3	Определение термической стойкости поверхности.....	417
15.6.4	Определение твёрдости защитно-декоративного покрытия.....	417
<b>ГЛАВА 16 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ ВПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ</b> .....		
16.1	Расчёты по древесностружечным плитам .....	420
16.1.1	Производительность головного оборудования.....	420
16.1.2	Потребность в древесном сырье.....	421
16.1.3	Потребность в связующем .....	423
16.1.4	Баланс материалов .....	429
4.	Показатели в строке 4 получены как суммарная масса осмолённой стружки для внутреннего (строка5) и наружных (строка 6) слоев: .....	432
16.1.5	Расчёты по оборудованию .....	434
16.2	Расчёты по древесноволокнистым плитам .....	435
16.2.1	Производительность головного оборудования .....	451
16.2.2	Потребность в материалах.....	451
16.2.3	Потребность в оборудовании .....	454
16.3	Технические характеристики оборудования для производства древесных плит.....	458
16.3.1	Оборудование для подготовки древесного сырья .....	464
16.3.2	Оборудование для сушки и сортировки измельчённой древесины .....	464
16.3.3	Оборудование для сушки и сортировки измельчённой древесины .....	471
16.3.4	Оборудование для прессования древесных плит .....	476
16.3.5	Послепрессовое оборудование .....	479
	Использованные источники .....	481

**А. С. Еспаева**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЛИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

*Учебник*

Басуға 23.06.11. қол қойылды. Қағазы офсеттік.  
Қаріп түрі “Таймс” Пішімі 60х90/16. Баспа табағы 30.5.  
Таралымы 1000 дана. Тапсырыс 655.

Тапсырыс берушінің дайын файлдарынан басылып шықты.



ЖШС РПБК «Дәуір», 050009,  
Алматы қаласы, Гагарин д-лы, 93а.  
E-mail: rpik-dauir81@mail.ru



### **ЕСПАЕВА АЛМА САНДЫБАЕВНА**

Родилась 05.09.1950 году в Оренбургской области, село Шкуновка. В 1968 году закончила Акбулакскую среднюю школу №1 Оренбургской области. В 1972 году поступила в Алма-Атинский индустриальный техникум на специальность “Мебельное производство”, который закончила в 1975 году с отличием. В этот же год поступила в Уральский лесотехнический институт на заочное отделение спец. “МТД”.

В 1979 году была направлена в Московский лесотехнический институт от Министерства Лесбумпром КазССР. По окончании Вуза в 1982 году, Министерством Лесбумпром КазССР была направлена в Семипалатинск на мебельную фабрику.

С сентября 1991 г. по сентябрь 1995 г. работала в Алма-Атинском индустриальном техникуме.

С 1995 по 2004 гг. работала старшим преподавателем кафедры “Технология деревообработки” Алматинского Архитектурно-строительного института (ААСИ), и по настоящее время работает преподавателем и деканом факультета Строительных технологий, Инфраструктуры и Менеджмента (ФСТИМ).

Награждена грамотами и отмечена дипломами, благодарностями ААСИ-КазГАСА.

По итогам 2006-2007 гг. уч. года по номинации “Лучший преподаватель” заняла II место по КазГАСА.

В 2009 году защитила кандидатскую диссертацию и по Решением Ученого Совета переведена в ассоциированного профессора КазГАСА.