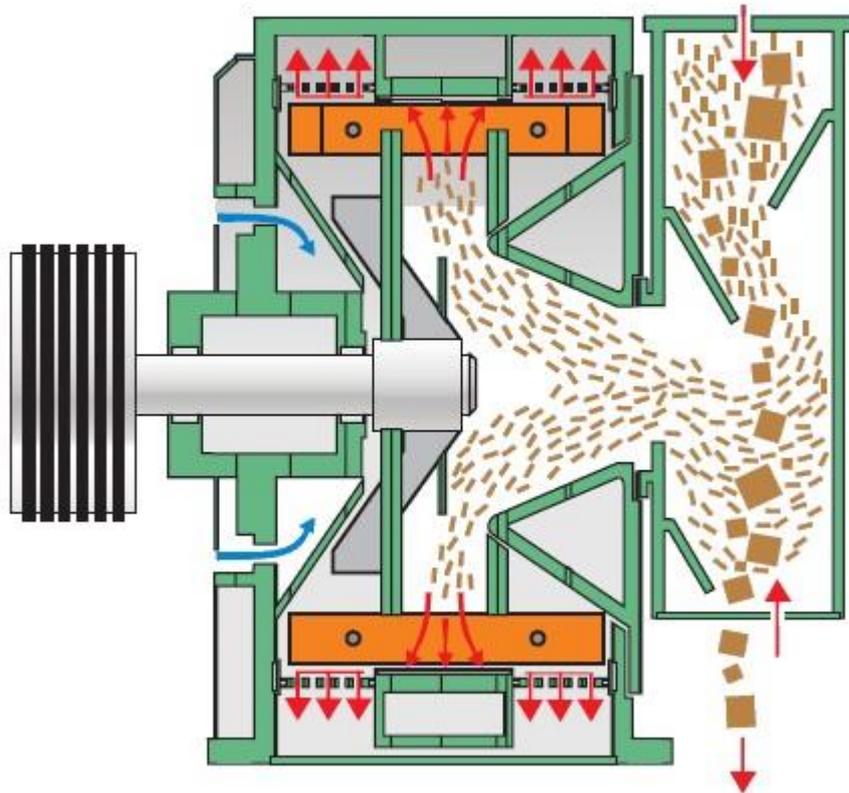


М.А. Баяндин, А.И.Криворотова В.Л. Соколов

## *ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ*



Красноярск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М.Ф. Решетнева»

М.А. Баяндин  
А.И. Криворотова  
В.Л. Соколов

### ***ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ***

Утверждено редакционно-издательским советом СибГАУ в качестве учебного пособия по освоению части курса для студентов направлений 38.03.02 «Менеджмент» профиля подготовки «Производственный менеджмент» 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование лесного комплекса» и 27.03.01. «Стандартизация и метрология» профиля подготовки «Стандартизация и сертификация» очной, очно-заочной и заочной форм обучения

Красноярск 2016

УДК 674.815

ББК 37.2

Баяндин, М. А. Производство древесных плит: учебное пособие по освоению части курса для студентов направлений 38.03.02 «Менеджмент» профиля подготовки «Производственный менеджмент» 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование лесного комплекса» и 27.03.01. «Стандартизация и метрология» профиля подготовки «Стандартизация и сертификация» очной, очно-заочной и заочной форм обучения / М. А. Баяндин, А. И. Криворотова, В. Л. Соколов.- Красноярск : СибГАУ, 2016. - 78 с.

Табл. 16. Ил. 21. Библиогр.: 26 назв;

В учебном пособии приведены основные характеристики древесных плит выпускаемых в промышленных условиях. Представлены описания технологических процессов производства плитных материалов. Подробно изложены вопросы получения древесных частиц путем утилизации отходов лесопильно-деревообрабатывающих производств, сортировки измельченной древесины, смешивания со связующими и вяжущими веществами. Рассмотрены аспекты модификации древесных плит с целью повышения их эксплуатационных свойств.

Рецензенты: главный технолог деревообрабатывающего цеха

Ильченко И.А. (ООО «Сибремстройсервис»);

доцент Романова Н. А. (научно-методический совет СибГТУ).

© М.А. Баяндин, 2016

© А.И. Криворотова, 2016

© В.Л. Соколов, 2016

© ФГБОУ «Сибирский

государственный аэрокосмический

университет имени академика

М.Ф. Решетнева»

## Содержание

Введение	4
1 Древесностружечные плиты .....	6
1.1 Древесностружечные плиты общего назначения .....	6
1.2 Ориентировано-стружечные плиты.....	22
1.3 Специальные виды древесностружечных плит .....	26
2 Древесноволокнистые плиты .....	29
2.1 Древесноволокнистые плиты мокрого способа производства .	29
2.2 Древесноволокнистые плиты сухого способа производства ...	39
2.3 Теплоизоляционные древесноволокнистые плиты .....	44
3 Плитные материалы на основе минеральных вяжущих .....	48
3.1 Цементно-стружечные плиты .....	48
3.2 Гипсостружечные и гипсоволокнистые плиты .....	60
Заключение .....	75
Библиографический список .....	75
Приложение А (Справочное) Перечень ключевых слов .....	78

## Введение

На мировом рынке композиционных материалов наблюдается тенденция роста производства и потребления древесных плит. Технологии плитных материалов способствуют повышению эффективности использования древесного сырья, за счет вовлечения неликвидных отходов деревообработки и использования малоценных древесных пород. В настоящее время это высокотехнологичные производства, которые позволяют обеспечить потребности в листовых материалах для производства мебели. Широкие возможности вариации эксплуатационных свойств позволяют использовать древесные плиты в такой отрасли как строительство, в частности в малоэтажном домостроении.

Часть курса «Производство древесных плит» является неотъемлемой составляющей при изучении таких дисциплин как «Технология композиционных материалов» для направления 38.03.02 «Менеджмент» профиля подготовки «Производственный менеджмент», «Технология композиционных материалов и древесных плит» для направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», профиля «Машины и оборудование лесного комплекса» и «Основы технологий лесопромышленного комплекса» для направления 27.03.01. «Стандартизация и метрология» профиля подготовки «Стандартизация и сертификация». Материалы теоретической части данных дисциплин разработаны с учетом современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники в области производства древесных плит.

В результате освоения теоретической части дисциплины «Технология композиционных материалов» у обучающегося направления 38.03.02 «Менеджмент» профиля подготовки «Производственный менеджмент» формируются следующие профессиональные компетенции (ПК):

ПК 3: готовность к разработке процедур и методов контроля;

ПК 21: готовность участвовать во внедрении технологических и продуктовых инноваций.

В результате освоения теоретической части дисциплины «Технология композиционных материалов и древесных плит» у обучающегося направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», профиля «Машины и оборудование лесного комплекса» формируются следующие компетенции:

ПК-11: способность проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование;

ПК-12: способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции;

ПК-13: умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования;

ПК-15: умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин;

ПСК-1: способность применять деревоперерабатывающее оборудование и инструмент для производства изделий из древесины и древесных материалов.

В результате освоения теоретической части дисциплины «Основы лесопромышленного комплекса» у обучающегося по направлению

27.03.01. «Стандартизация и метрология» профиля подготовки «Стандартизация и сертификация» формируются следующие компетенции:  
ОК 7: Способность к самоорганизации и самообразованию.

ПК 4: способность определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров продукции и технологических процессов, устанавливать оптимальные нормы точности измерений и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и проводить поверку, калибровку, юстировку и ремонт средств измерений.

## 1 Древесностружечные плиты

### 1.1 Древесностружечные плиты общего назначения

Древесностружечные плиты являются наиболее производимым листовым материалом на основе древесины. Это обусловлено рядом причин:

- экономия лесных ресурсов за счет использования практически всех отходов лесозаготовок и деревообработки;
- возможность полной механизации и автоматизации технологического процесса
- получение большеформатных плит с высокими физико-механическими свойствами.

#### 1.1.1 Классификация древесностружечных плит

Согласно ГОСТ 10632-2014 приводится следующее определение:

Древесностружечная плита общего назначения – это материал, применяемый в условиях, защищенных от увлажнения, изготовленный

методом горячего плоского прессования древесных частиц, смешанных со связующим, используемый для товаров народного потребления, производства мебели и других видов продукции (таблица 1.1).

Согласно требованиям действующего стандарта древесностружечные плиты подразделяют по следующим основным критериям:

- по физико-механическим показателям – на марки Р-1 и Р-2;
- по качеству поверхности – на 1 и 2 сорта;
- по виду поверхности – на плиты с обычной и мелкоструктурной (М) поверхностью;
- по степени обработки поверхности – на шлифованные (Ш) и нешлифованные;
- по гидрофобным свойствам – на плиты с повышенной (В) и обычной водостойкостью;
- по содержанию формальдегида – на классы эмиссии Е-0,5, Е-1, Е-2.

Таблица 1.1 - Стандартные размеры плит

Параметры	Значение, мм	Предельное отклонение, мм
толщина	от 1 и более с градацией 1	$\pm 0,3^*$ (для шлифованных плит) -0,3/+1,7
длина	от 1800 и более с градацией 10	$\pm 5,0$
ширина	от 1200 и более с градацией 10	$\pm 5,0$

\*Как в одной плите, так и в партии плит.

Физико-механические показатели плит плотностью от 550 кг/м<sup>3</sup> до 820 кг/м<sup>3</sup> должны соответствовать нормам, указанным в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Физико-механические показатели древесностружечных плит

Наименование показателя	Норма для марок	
	P-1	P-2
Влажность, %	от 5 до 13	
Предел прочности при изгибе, МПа, для плит толщиной, мм:		
от 6 до 13	10,5	11,0
от 13 до 20	10,0	11,0
от 20 до 25	10,0	10,5
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти, МПа, для плит толщиной, мм:		
от 6 до 13	0,28	0,40
от 13 до 20	0,24	0,35
от 20 до 25	0,20	0,30
Шероховатость поверхности пласти, мкм, для нешлифованных плит	500	320

В зависимости от содержания формальдегида плиты изготавливают трех классов эмиссии, указанных в таблице 1.3.

Таблица 1/3 - Классы эмиссии формальдегида

Класс эмиссии	Содержание свободного формальдегида, мг на 100 г абсолютно сухой плиты
E-0,5	до 4 включительно
E-1	до 8 включительно
E-2	свыше 8 до 30 включительно

По конструкции (числу слоев стружки): однослойные, трехслойные, пятислойные, многослойные.

### 1.1.2 Сырье и материалы для производства ДСтП

В качестве сырья для изготовления древесностружечных плит применяют низкокачественную древесину хвойных и лиственных пород (ГОСТ9463-88), отходы лесопиления и деревообработки (горбыли, рейки, обрезки досок, стружку, опилки и т.д.), а также отходы фанерного производства (карандаши, шпон-рванину) и лесосечные отходы (сучья, откомлевки, вершинки).

Дровяная древесина для технологических нужд должна соответствовать требованиям ТУ 13-02-73685-404-89.

Технологические дрова для гидролизного производства и изготовления плит (ОСТ 13200-85). Диаметр сырья  $d \geq 20$  мм; длина сырья  $b > 1$  м. ДСтП могут изготавливаться из отходов фанерного производства (карандаш, шпон-рванина) путем переработки в технологическую щепу и дальнейшем измельчении в стружку. Физико-механические свойства данных материалов значительно не отличаются.

Для производства ДСтП используют технологическую щепу марки ПС согласно ГОСТ 15815-83. Требования к технологической щепе представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Требования к технологической щепе в производстве ДСтП

Наименование показателя	Щепа марки ПС
1	2
Содержание коры, %	15,0
Содержание гнили, %	5,0
Содержание минеральных примесей, %	0,5
Породный состав, %:	
хвойных	не регламентируется
лиственных	не регламентируется

продолжение таблицы 1.4

1	2
Фракционный состав, %:	
остаток на ситах диаметром 30 мм	не более 5,0
остаток на ситах диаметром 20 и 10 мм	не менее 75,0
остаток на ситах диаметром 5 мм	не менее 10,0
на поддоне	не более 10,0

Обугленные частицы и металлические включения не допускаются (таблица 1.5). Количество щепы, не соответствующей данным требованиям, не должно превышать 30% от объема всей партии. В большинстве случаев для производства древесностружечных плит используется технологическая щепа влажностью от 30 до 50 % [14].

Таблица 1.5 - Доля внутренних и наружных слоев ДСтП различной конструкции

Конструкция и характер окончательной обработки плиты	Доля слоев в общей толщине плиты, %		
	Наружных	Промежуточных	Внутренних
Трехслойные шлифованные	от 35 до 40	-	от 60 до 65
Пяτισлойные шлифованные	от 25 до 30	от 15 до 20	от 50 до 60

### 1.1.3 Технологический процесс производства ДСтП

Наиболее широкое распространение производства древесностружечных плит получили технологии изготовления

трехслойных ДСтП, поэтому в данном пособии рассматриваются именно операции получения данных плит.

В зависимости от вида исходного сырья выделяют две основные схемы производства ДСтП:

- 1 из круглых лесоматериалов (технологического сырья);
- 2 из технологической щепы или кусковых отходов.

На первой стадии технологического процесса необходим комплекс мер по подготовке сырья, который включает в себя следующие этапы:

- 1 Сортировка сырья по породам и качеству (отделяются легкодеформируемые породы для наружных слоев плиты и бревна с гнилью).
- 2 Гидротермическая обработка сырья (оттаивание зимой, увлажнение сухого сырья летом для получения качественной стружки).
- 3 Окорка круглых лесоматериалов.
- 4 Поперечная разделка круглых лесоматериалов на метровые отрезки на установках слешерного типа ДЦ-10.
- 5 Продольная разделка метровых отрезков для удаления гнили и уменьшения размеров крупных чурок на древокольных станках типа КГ, КМ, КЦ.

При использовании в качестве сырья технологической щепы дополнительно привлекаются отходы лесопиления и деревообработки и низкокачественные круглые лесоматериалы, которые перерабатываются в щепу в рубительных машинах типа МРГ, МРН, МРП-10. После этого производится сортировка щепы на установках типа СЩ-1 или СЩ-120.

Изготовление ДСтП из технологического сырья осуществляется по по схеме представленной на рисунке 1.1.

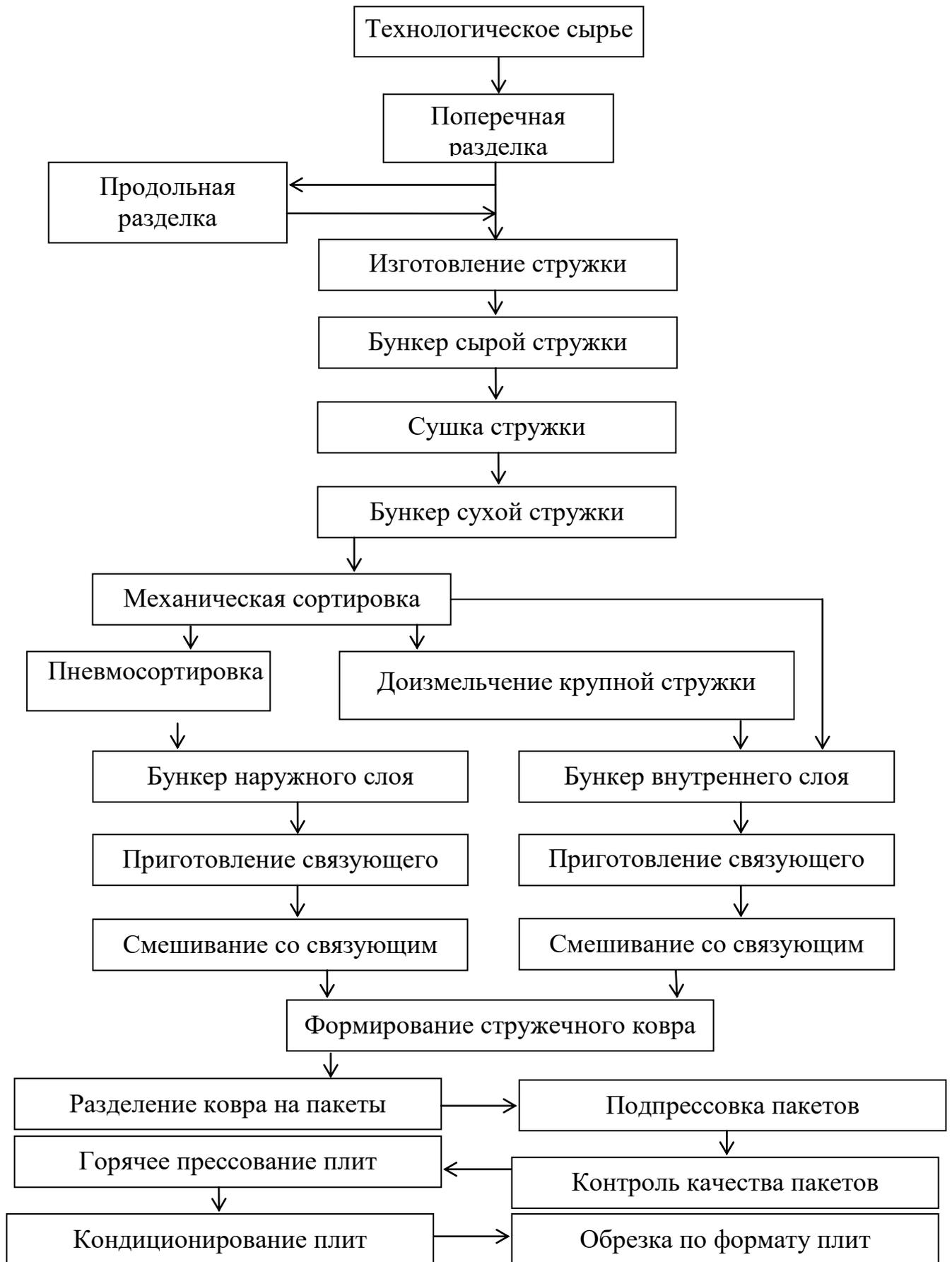
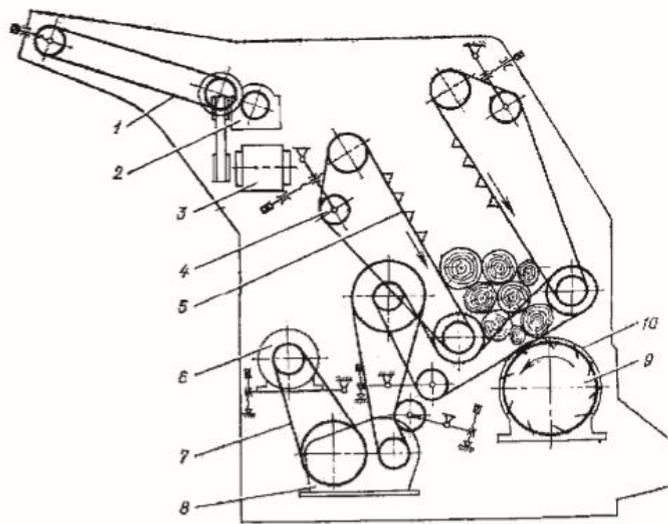


Рисунок 1.1- Технологическая схема производства трехслойных ДСтП

**Получение древесной стружки.** Для измельчения массивной древесины (круглых лесоматериалов, колотых балансов) применяют стружечные станки ДС-8, Maier, Diffenbacher и их модификации (рисунок 1.2). Модели с горизонтальным ножевым диском имеют невысокую производительность. Фрезерные станки с ножевой головкой на 24 ножа способны перерабатывать заготовки различной длины. На выходе получают плоскую резаную стружку, которая считается наиболее качественным видом древесных частиц для производства ДСтП.



1 – загрузочный транспортёр, 2 – редуктор, 3 – привод транспортёра, 4 – натяжной ролик, 5 – питатель, 6 – привод питателя, 7 – ремённая передача, 8 – редуктор, 9 – ножевой вал, 10 – привод ножевого вала

Рисунок 1.2 – Схема центробежного станка ДС-6

В настоящее время, несмотря на то, что стружка, получаемая на станках с ножевым валом из круглых лесоматериалов позволяет обеспечить высокие механические характеристики плит, все большее распространение получают центробежные стружечные станки. Данная группа станков предназначена для измельчения технологической щепы в стружку (игольчатого вида) применяют станки типа ДС-7, Maier MRZ и их модификации (рисунок 1.3).

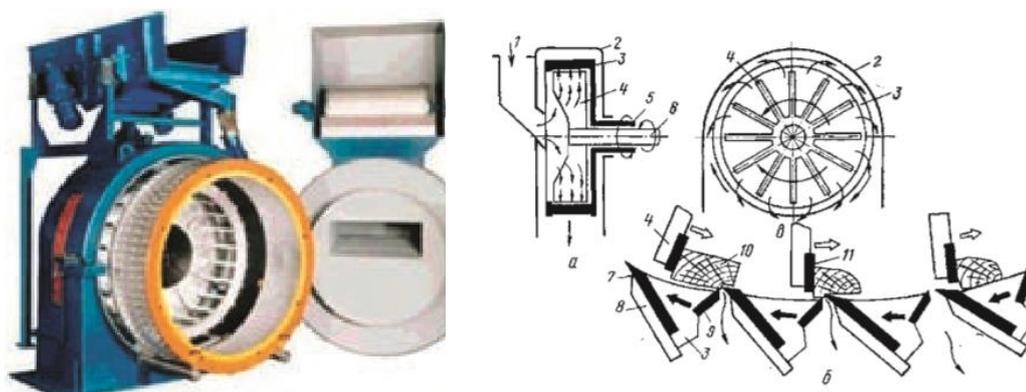


Рисунок 1.3 – Схема центробежного станка

Согласно представленной схеме загружаемая сверху щепа попадает на крыльчатку, вращающуюся внутри ножевого барабана. На внутренней стороне барабана установлены ножи, которые измельчают щепу, прижимаемую к ним под действием центробежных сил. Размер получаемой стружки зависит от выступа ножей и от величины зазора между ножом и корпусом барабана.

**Межоперационное хранение стружки.** Для обеспечения бесперебойной работы основного технологического оборудования на предприятия производящих ДСтП предусматриваются межоперационные запасы стружки. В большинстве случаев хранение стружки производится в вертикальных бункерах, емкость которых зависит от часового расхода материалов на предыдущей операции.

Подача стружки в бункера, может осуществляться пылевыми вентиляторами по воздуховодам или при помощи транспортеров. Бункеры снабжены ворошителями и дозаторами для равномерной подачи стружки на последующую операцию.

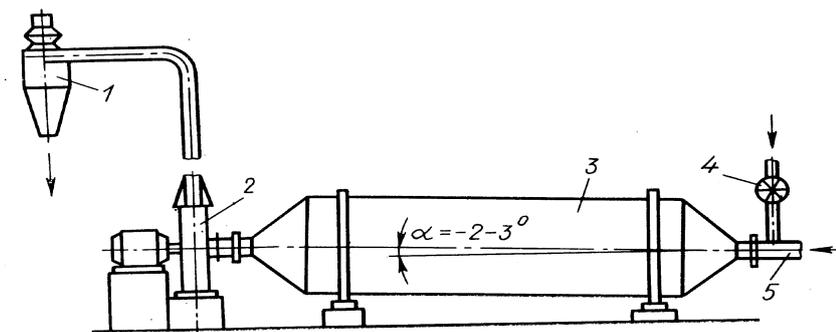
**Сушка стружки в технологии ДСтП.** Начальная влажность сырья в производстве ДСтП колеблется в широких пределах: от 6 до 12% (у отходов деревообработки) до 100% (у круглых лесоматериалов).

Влажность стружки наружных слоев должна быть больше влажности стружки внутренних слоев для того, чтобы при прессовании испаряемая под действием температуры влага наружных слоев в виде перегретого пара под давлением поступало во внутренние более рыхлые слои плиты, ускоряя процесс желатинизации клея внутренних слоев.

Требуемая конечная влажность стружки в зависимости от способа прессования и слоя плиты составляет от 0 до 4%.

В зависимости от начальной влажности сырья сушка стружки может производиться в одну и две стадии. При влажности сырья выше 80% производят стружку в две стадии. На первой стадии стружку подсушивают до влажности от 60 до 80%, на второй стадии сушат до конечной требуемой влажности. Желательно производить сушку стружки для наружных и внутренних слоев отдельно.

На данной технологической операции чаще используют барабанные сушилки и сушилки с сопловым дутьем (рисунок 1.4). На первой стадии сушки с высокой влажностью используют трубу сушилку или циклонную приставку.



1- циклон; 2- пылевой вентилятор; 3 – сушильный барабан; 4 - дозатор

Рисунок 1.4– Схема барабанной сушильной установки

**Сортировка стружки и её доизмельчение.** Целью операции сортировки является разделение стружки по размерам. В случае

производства трех и пятислойных плит при сортировке разделяют стружку для каждого из слоев. Мелкую стружку и пыль могут сжигать, крупную стружку измельчают в молотковых дробилках или зубчато-ситовых мельницах.

Сортировку желательнее производить в две стадии. На первой стадии производят механическую сортировку с использованием набора качающихся сит (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Схема работы сортировочного устройства

На второй стадии производят пневматическую сортировку стружки. Механическая сортировка позволяет сортировать стружку по длине и ширине, пневматическая – по массе (толщине).

**Доизмельчение стружки.** 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 многообразием типов и конструкций. Особенно распространены молотковые дробилки и мельницы с зубчато-ситовыми барабанами. В них крупные частицы размалываются на более мелкие путём истирания.

У мельницы, изображённой на рисунке 1.6, ситовый барабан с размольной дорожкой закреплён неподвижно, а крыльчатка имеет два диска, которые разделяют полость барабана на три 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.

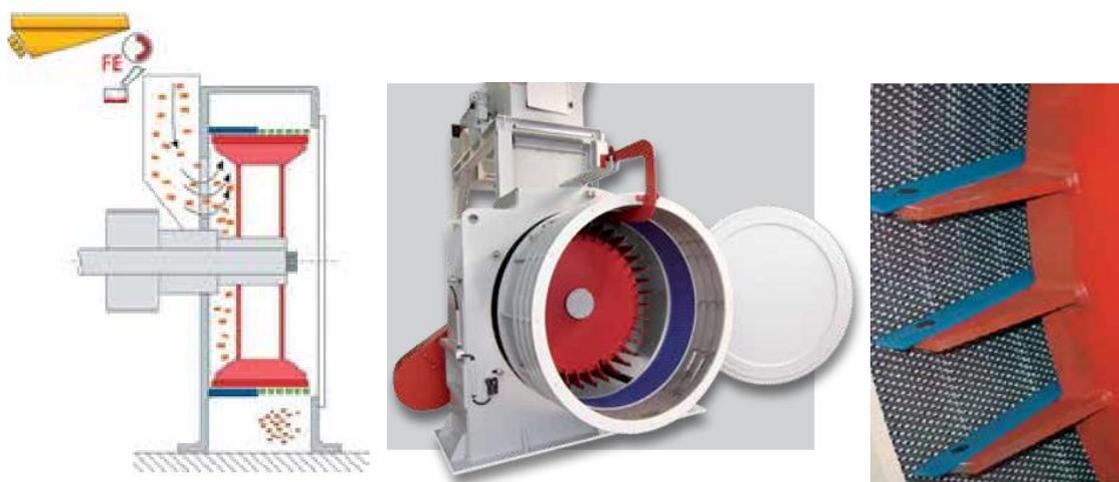


Рисунок 1.6 – Мельница для доизмельчения древесной стружки

**Приготовление связующего.** Клей готовится в отдельном помещении в клеешалках. Предварительно определяются: вязкость, pH, концентрация смолы, расход отвердителя (в процентах к массе смолы).

Отвердитель первоначально разводится водой и вмешивается в смолу при постоянном перемешивании. Концентрация готового клея с учетом наличия отвердителя должна составлять:

- для наружных слоев от 50 до 56 %;
- для внутренних слоев от 54 до 60 %.

Повышенная концентрация клея для внутренних слоев необходима для ускорения его желатинизации, так как стружка внутренних слоев прогревается позже, чем стружка наружных слоев.

Для замедления отверждения добавляют 20 %-ный раствор аммиачной воды, для ускорения – карбамид.

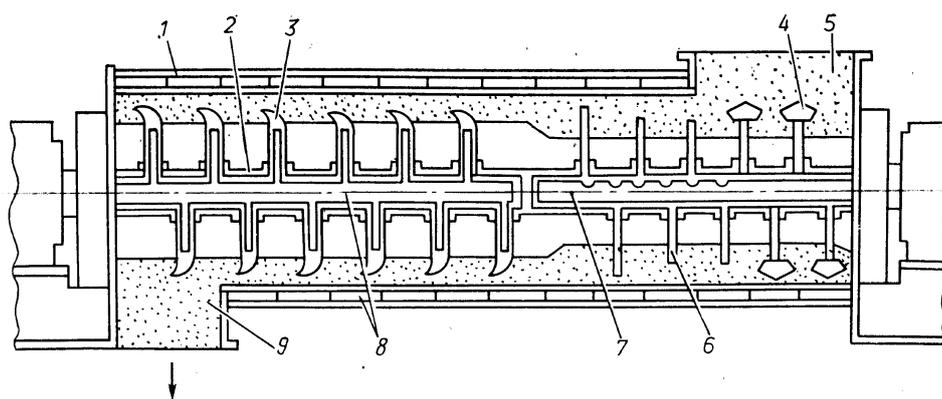
Расход клея составляет:

- для наружных слоев от 11 до 14 %;
- для внутренних слоев от 8 до 10 %.

Готовый клей шестеренчатыми насосами дозированным объемом по трубопроводам подается в смеситель стружки с клеем.

**Осмоление древесной стружки.** Смешивание стружки со связующим производится в смесителях, куда дозированным объемом поступает стружка (рисунок 1.7).

Клеевоздушная смесь по пустотелому валу форсунками распыляется в вихреобразный поток стружки, создаваемый вращающимся валом с лопатками. Толщина клеевой пленки на поверхности стружки составляет от 7 до 30 мкм. Осмоленная стружка в конце смесителя подается на ленточный конвейер, идущий к формирующим машинам. Производительность смесителя – от 2 до 10 тыс. кг/час, коэффициент заполнения смесителя – 65 %. Для охлаждения смесителя в полый корпус подается холодная проточная вода.



1- барабан; 2 – вал; 3, 4 – лопасти; 5 – окно загрузки; 6 – распылитель; 7 – центральный канал вала; 8 – канал для охлаждения вала; 9 – окно разгрузки

Рисунок 1.7 – Схема быстрого смесителя

**Формирование стружечного ковра.** Осмоленная стружка по ленточным конвейерам поступает на участок формирующих машин (рисунок 1.8). В зависимости от конструкции (количества слоев) плиты и применяемого оборудования комплектация участка формирования ковра может быть различной. Минимальное количество формирующих машин для формирования ковра трехслойной ДСтП – 3.

На первой стадии производят формирование нижнего наружного слоя, за тем формируют внутренний слой, и на последней стадии производят формирование верхнего наружного слоя.

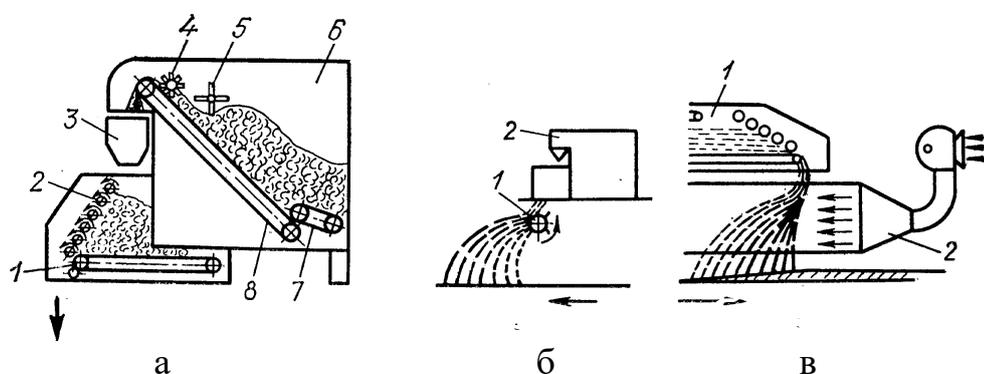


Рисунок 1.8 – Схемы формирующих машин

От работы формирующих машин зависит качество получаемой плиты и распределение плотности по ее толщине. В случае некачественной работы формирующих машин, при последующей механической обработке готовых плит может происходить частичное удаление наружного слоя. Не семеричная настилка ковра приводит к короблению готовых плит при изменении температурно-влажностных условий при эксплуатации изделий.

**Контроль качества стружечных пакетов.** Данная операция осуществляется весовым методом для отдельных пакетов. Коэффициент вариации точности формирования составляет от 7 до 8 %.

При периодическом прессовании ковер разделяется на пакеты, длина которых равна длине плиты с припуском на обрезку. Несоответствующие

по массе пакеты после взвешивания сбрасываются с конвейера, и стружка вновь поступает в формирующую машину.

Для извлечения случайных металлических предметов устанавливаются электромагниты.

**Холодная подпрессовка пакетов.** Производится для уменьшения толщины пакета и предотвращения просыпания мелких частиц внутрь пакета. Для реализации данной операции используют: одноэтажные плоские вальцовые и гусеничные прессы. При этом используют следующие режимные параметры обработки стружечного пакета:

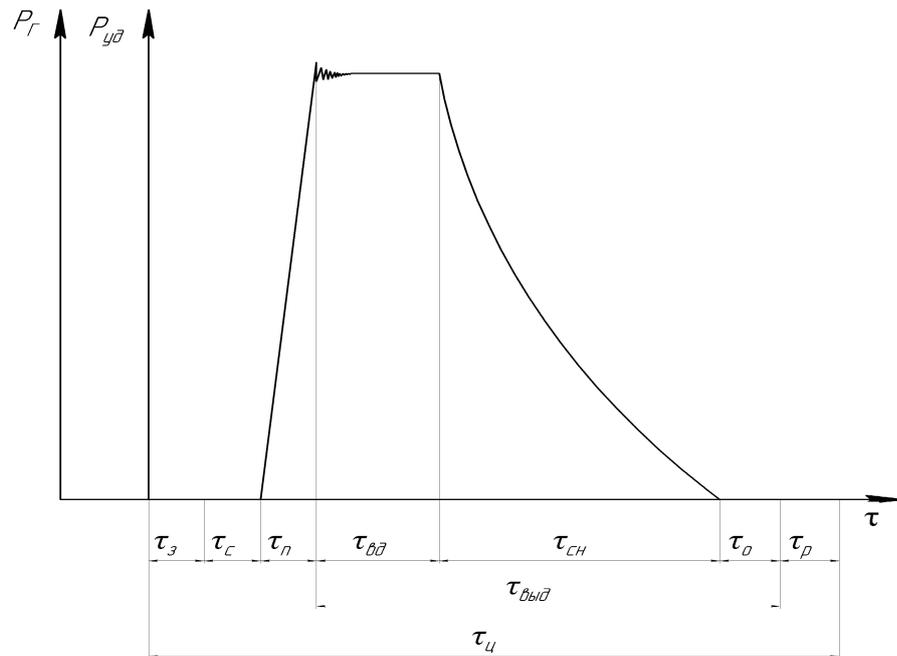
- давление – от 0,8 до 1,2 МПа;
- температура – 20 °С;
- продолжительность прессования – от 15 до 20 с.

**Горячее прессование плит.** Производительность цеха по производству ДСтП определяется производительностью головного оборудования – прессовой установки.

Под режимом прессования понимают условия, при которых осуществляется процесс прессования плит. Основными характеристиками режима прессования являются:

- температура прессования (плит прессы);
- давление прессования;
- удельная продолжительность прессования;

Под диаграммой прессования понимают график изменения давления прессования во времени. Давление прессования выбирается с учетом плотности готовых плит. Во время прессования величина давления должна быть несколько больше, чем упругое сопротивление пакета сжатию. Пример построения диаграммы прессования приведен на рисунке 1.9.



$\tau_з$  - продолжительность загрузки пресса;  $\tau_с$  - продолжительность смыкания плит;  $\tau_п$  - продолжительность подъёма давления;  $\tau_{уд}$  - продолжительность выдержки при давлении  $P = \max$ ;  $\tau_{сн}$  - продолжительность снижения давления;  $\tau_{выд}$  - продолжительность прессования;  $\tau_о$  - продолжительность выдержки пакета при давлении  $P = 0$ ;  $\tau_р$  - продолжительность размыкания плит пресса;  $\tau_ц$  - продолжительность цикла работы пресса.

Рисунок 1.9 – Диаграмма прессования древесностружечных плит

**Обработка готовых плит.** Начинается с операции охлаждения (кондиционирования). Охлаждение плит необходимо производить после прессования, перед механической обработкой. Данную операцию рекомендуют производить в веерных охладителях и климатических камерах. Кондиционирование плит в ряде случаев производят перед операциями калибрования и шлифования. Для этого плиты выдерживают на складе в стопах, составляют из пачек толщиной не более 400 мм. Целью данной операции является снижение температуры плит, выравнивание влажности по сечению материала и снятие внутренних напряжений.

Для придания плитам требуемого формата предусмотрена операция форматной обрезки. Готовые плиты поступают на круглопильные станки с

фрезерными головками, где их обрезают с четырех сторон. Обрезки плиты доизмельчаются фрезерными головками. Полученная таким образом стружка возвращается с производственный процесс – по системе пневмотранспорта поступает в бункера сухой стружки.

Для придания плитам требуемой шероховатости и окончательного размера по толщине используют операцию калибрования – шлифования.

Далее готовые плиты сортируют, маркируют, если это требуется, упаковывают и отгружают потребителю.

## 1.2 Ориентировано-стружечные плиты

Ориентировано-стружечные плиты (ОСП или OSB) это - листовой материал, изготовленный из склеенной между собой древесной стружки определенной формы, ориентированной в наружных слоях, преимущественно, параллельно ее длине или ширине, а во внутреннем слое перпендикулярно ее направлению или расположенной произвольно.

Данный материал в отличии от ДСтП сориентирован на строительную отрасль, как заменитель фанеры.

### 1.2.1 Классификация ОСП

Требования к ОСП регламентируются ГОСТ 32567-2013, согласно, которого вводятся следующие классификации плит.

По применению в зависимости от физико-механических показателей плиты разделяют на четыре типа:

- ОСП-1 - плиты, не несущие нагрузку, предназначенные для применения внутри помещения в сухих условиях;
- ОСП-2 - плиты, несущие нагрузку, предназначенные для использования в сухих условиях;
- ОСП-3 - плиты, несущие нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях;

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

Сухие условия применения плит: Условия, которые характеризуются влажностью материала, приведенной к температуре воздуха 20 °С и относительной влажности окружающего воздуха, превышающей значение 65% только в течение нескольких недель в году.

Влажные условия: Условия, которые характеризуются влажностью материала, приведенной к температуре воздуха 20 °С и относительной влажности окружающего воздуха, превышающей значение 85% только в течение нескольких недель в году.

Плиты, несущие нагрузку, плиты, несущие повышенную нагрузку. Плиты, имеющие физико-механические показатели, позволяющие использовать их в несущих конструкциях, элементов зданий, а также в иных объектах с повышенной нагрузкой.

В зависимости от содержания формальдегида в плите, выделения формальдегида в воздух плиты подразделяют на три класса эмиссии формальдегида – E-0,5, E-1 и E-2.

Плиты по степени обработки поверхности разделяют на нешлифованные (НШ) и шлифованные (Ш).

Значение физико-механических свойств плит указываются в соответствии с марками плит и подробно представлены в стандарте.

### 1.2.3 Сырье и материалы

Введу того что, основной сферой применения ОСП является строительство, предопределяющее жесткие условия эксплуатации данные плиты отечественной промышленностью изготавливаются с применением фенолоформальдегидных смол. Наиболее широко используется смола СФЖ-3014, физико-химические свойства представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Физико-механические свойства смолы СФЖ-3014

Наименование показателей	Величина показателей
Внешний вид	Однородная жидкость от красновато-коричневого до темно-вишневого цвета, в пределах одной партии одного цвета, без механических примесей
Массовая доля сухого остатка, %	от 50 до 55
Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,05
Вязкость условная по вискозиметру ВЗ-246 (диаметр сопла 4мм), с	от 17 до 90
Время желатинизации при 100 °С, с	от 50 до 120
Массовая доля щелочи, %	от 4,5 до 5,5
Предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры после кипячения в воде в течение 1 ч, МПа,	от 1,6 до 1,8

### 1.2.2 Технологический процесс производства ОСП

Производство ОСП аналогично технологии древесностружечных плит общего назначения, но при этом существует ряд различий. Наиболее значимым является размеры древесных частиц и соответственно способы их получения.

**Получение крупноразмерной стружки.** Крупная плоская стружка (стрэнды) толщиной от 0,4 до 0,9 мм, шириной от 30 до 40 мм и длиной до 150 мм, для плит OSB производится на специальных стружечных станках, которые бывают дисковые 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. На рисунке 1.10 показан стружечный станок, предназначенный для изготовления стрэндов заданной длины, ширины и толщины – как из коротких сортиментов, так и из длинномерного сырья.

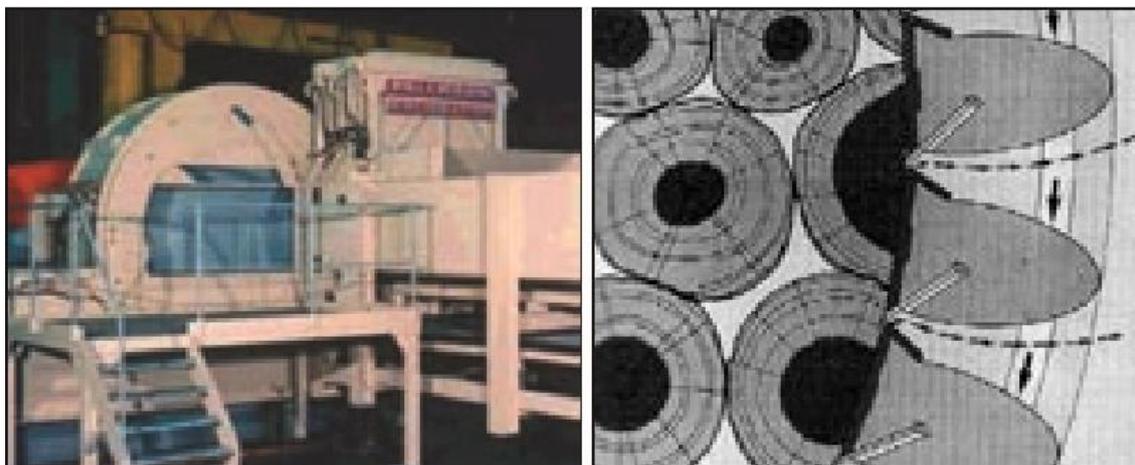


Рисунок 1.10 – Барабанный станок для получения крупноразмерной стружки

**Осмоление крупноразмерной стружки.** Нанесение связующего традиционными способами в быстроходных смесителях применяемых в технологиях древесностружечных плит с учетом размерных характеристик стружки для ОСП плит не представляется возможным. Это обусловлено, прежде всего измельчением частиц, что приводит к снижению механических свойств ориентировано-стружечных плит. Поэтому в данных технологиях применяются тихоходные смесители.

**Формирование стружечного ковра с ориентацией стружки.** В большинстве случаев ОСП по конструкции представляют собой трехслойные плиты с взаимно перпендикулярным расположением стружки в слоях. Поэтому материал обладает разными свойствами, по главной оси (наружные слои) прочность плит в 1,5 – 2 раза выше, чем по

вспомогательной оси (внутренний слой). Схема ориентации стружки на стадии формирования ковра представлена на рисунке 1.11.

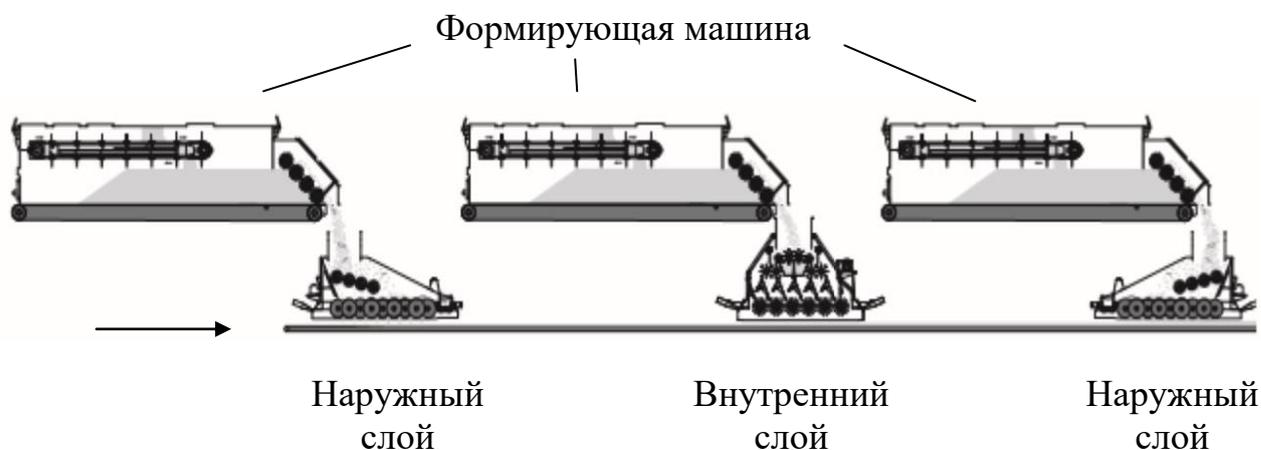


Рисунок 1.11 – Схема формирования ковра и ориентации стружки

В остальном технология ориентированно-стружечных плит в многом сходна с технологией ДСтП. Горячее прессования осуществляется по диаграмме ранее представленной на рисунке 1.8. Окончательная обработка плит предполагает операции кондиционирования, обрезки по формату и при необходимости шлифования.

### 1.3 Специальные виды древесностружечных плит

Придание древесностружечным плитам таких свойств как повышенная водостойкость, огнестойкость и биостойкость предопределяет введение модифицирующих добавок или использование специальных связующих. В большинстве случаев гидрофобизаторы (повышение водостойкости), антипирены (отвечают за снижение горючести) и антисептики (повышение биостойкости) вводятся на стадии осмоления древесных частиц. Ранее существовали способы модификации древесины, однако введу их малой эффективности, данное направление практически не реализовывалось.

Согласно ГОСТ 32399-2013 плиты древесно-стружечные влагостойкие – это материал изготовленный методом горячего прессования древесных частиц, смешанных со связующим с применением меламина. Применяется в строительстве (включая жилищное), производстве тары и мебели, предназначенной для помещений с повышенной влажностью воздуха.

Под влажными условиями понимаются условия, которые характеризуются влажностью материала, приведенной к температуре воздуха 20 °С и относительной влажности окружающего воздуха, превышающей значение 85 % только в течение нескольких недель в году.

Плиты, имеющие физико-механические показатели, позволяющие использовать их в несущих конструкциях. В зависимости от содержания формальдегида в плите, его выделения в воздух плиты подразделяют на два класса эмиссии - E1 и E2.

По применению в зависимости от физико-механических показателей плиты разделяют на три типа:

- P3 - не несущие нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях;
- P5 - несущие нагрузку, предназначенные для применения во влажных условиях;
- P7 - несущие повышенную нагрузку, предназначенные для использования во влажных условиях.

Согласно ГОСТ 32398— 2013 древесно-стружечные огнестойкие плиты изготавливаются методом горячего плоского прессования древесных частиц, смешанных со связующим с добавлением антипирена, используемые в промышленности и строительстве.

Испытания определение класса горючести проводят по ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

Плиты по степени горючести подразделяют на две группы — Г1 и Г2 (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Свойства огнестойких ДСтП

Наименование показателя	Группа горючести	
	Г1	Г2
Температура отходящих дымовых газов, °С	<135	<125
Степень повреждения образца по длине, S, %	<65	<85
Степень повреждения образца по массе Sm, %	<20	<50
Продолжительность самостоятельного горения, с	0	<30

#### Контрольные вопросы

- 1 Перечислить основные требования к сырью и материалам в производстве ДСтП.
- 2 Дать описание основных свойств и маркировку ДСтП.
- 3 Дать сравнительную характеристику древесностружечных плит.
- 4 Перечислить операции и составить технологическую схему производства ДСтП.
- 5 Перечислить операции и составить технологическую схему производства ДСтП из крупноразмерной ориентированной стружки.
- 6 Перечислить основное оборудование на стадиях производства ДСтП.
- 7 Привести основные виды оборудования для получения стружки из различных видов сырья.
- 8 Перечислить и дать характеристику прессового оборудования, перечислить режимные параметры горячего прессования.
- 9 От чего зависит расход связующего в производстве ДСтП?
- 10 Диаграмма прессования древесностружечных плит.

- 11 От чего зависит водостойкость древесностружечных плит ?
- 12 Укажите основные физико-химические характеристики связующего.
- 13 На какой стадии технологического процесса осуществляется ориентация древесных частиц, при производстве ОСП ?
- 14 Рассказать о преимуществах плит из крупной ориентированной стружки.
- 15 Описать способы ориентации стружки при настиле стружечного ковра.

## 2 Древесноволокнистые плиты

### 2.1 Древесноволокнистые плиты мокрого способа производства

Древесноволокнистая плита – это листовой композиционный материал, изготовленный путем горячего прессования или сушки ковра из древесных волокон с введением при необходимости связующих и специальных добавок. Древесноволокнистые плиты выпускают согласно требованиям стандарта ГОСТ 4598-86 «Плиты древесноволокнистые. Технические условия».

#### 2.1.1 Классификация ДВП

Различают древесноволокнистые плиты сухого и мокрого способа производства.

Плиты в зависимости от назначения подразделяют на типы: твердые и мягкие.

**Твердые плиты.** В зависимости от плотности, прочности и вида лицевой поверхности подразделяют на марки:

Т – с необлагороженной лицевой поверхностью;

Т-С – с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;

Т-П - с подкрашенным лицевым слоем;

Т-СП - с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;

Т-В - с необлагороженной лицевой поверхностью и повышенной водостойкостью;

Н-Т – пониженной плотности (полутвердые);

СТ – повышенной прочности (сверхтвердые) с необлагороженной лицевой поверхностью;

СТ-С - повышенной прочности (сверхтвердые) с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы;

Твердые плиты марок Т, Т-СМ, Т-П и Т-СП в зависимости от от уровня физико-механических показателей подразделяют на группы качества: А и Б; по качеству поверхности эти плиты подразделяют на 1 и 2 сорта.

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

В зависимости от плотности по ГОСТ 27935-88 «Плиты древесноволокнистые и древесностружечные. Термины и определения» различают:

- мягкие плиты (М) с плотностью до  $400 \text{ кг/м}^3$ , полученные методом сушки ковра;

- полутвердые плиты (ПТ) с плотностью от 400 до  $800 \text{ кг/м}^3$ , полученные методом прессования;

- твердые плиты (Т) с плотностью более  $800 \text{ кг/м}^3$ , полученные методом прессования;

- сверхтвердые плиты (СТ) с плотностью более  $800 \text{ кг/м}^3$ , упрочненные за счет использования специальной добавки;

- плиты средней плотности сухого способа производства (MDF) с плотностью от  $600$  до  $800 \text{ кг/м}^3$ .

Условное обозначение древесноволокнистых плит:

- твердой плиты с подкрашенным лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы, группы качества Б, 2 сорта, с размерами 3050x2140x3,2 мм: Т-СП гр.Б 2С 3050 х 2140 х 3,2 ГОСТ4598-86;

- твердой плиты повышенной прочности с размерами 3660x1220x4,0: СТ 3660 х 1220 х 4,0 ГОСТ4598-86;

- мягкой плиты плотностью от 300 до 400 кг/м<sup>3</sup> с размерами 1800x1220x12 мм: М-1 1800 х 1220 х 12 ГОСТ4598-86.

Древесноволокнистые плиты применяют для строительства перегородок и отделки стен, потолков, настилки полов, а также при изготовлении дверных полотен и задних стенок мебели. Мягкие плиты используют в качестве тепло- и звукоизоляционных покрытий.

#### 2.1.2 Технология твердых древесноволокнистых плит мокрого способа производства

Средний расход древесного сырья на производство древесноволокнистых плит составляет 2,6 м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup> плит. Ориентировочный расход электроэнергии составляет около 750 кВт/час на 1 тонну плит.

**Термообработка технологической щепы.** Данная операция предусмотрена для облегчения размола и улучшения качества волокна. Ее проводят в пропарочной камере при температуре от 160 до 170 °С.

**Получение волокна.** Размол щепы производят в дефибраторах (рисунок 2.1-2.2). Расстояние между дисками дефибратора составляет 0,1 мм. Полученное волокно поступает на промежуточное хранение и далее на операцию рафинирования.

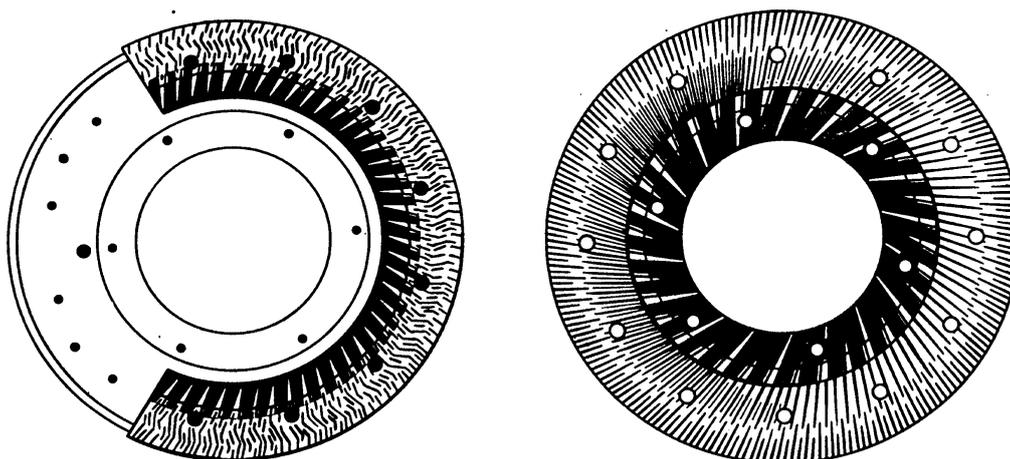
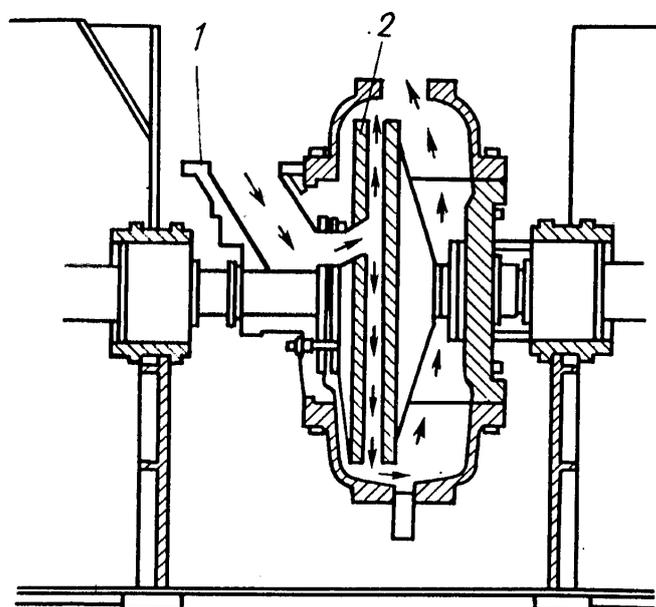


Рисунок 2.1 – Размольный диск дифебратора



1- впускной лоток; 2- вращающийся диск

Рисунок 2.2 – Схема размольной камеры рафинера

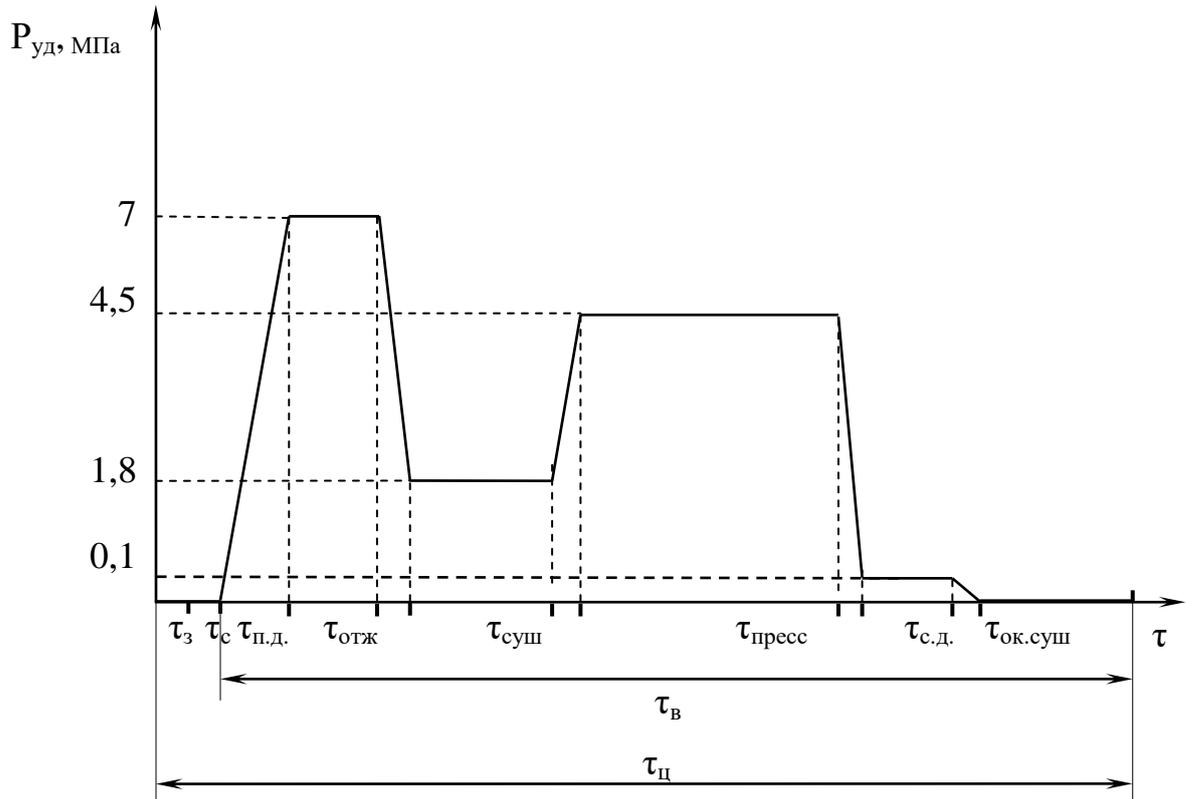
**Рафинирование** или вторичный размол производят для улучшения качества волокна. Данную операцию производят в рафинерах. Зазор между дисками рафинера составляет 0,05 мм. В зависимости от применяемого вида древесины, способа размола и типа размольной машины получаемое волокно может иметь средний диаметр от 30 до 50 мкм и среднюю длину от сотых долей миллиметра до 3 - 4 мм.

**Хранение древесной массы** осуществляют до 3 часов в специальных чанах, концентрация волокна составляет 3 %. Объем чанов не превышает 8 м<sup>3</sup>. Емкости для хранения волокна оснащены устройствами для перемешивания волокнистой массы и ее выдачи на следующие операции.

**Проклейка волокна.** Для снижения водопоглощения к древесной массе добавляют парафиновую эмульсию из расчета 1% к массе сухого волокна и кальцинированную соду. Для упрочнения плит добавляют фенолформальдегидные и карбамидоформальдегидные смолы (до 3% к массе сухого волокна) и осадители для закрепления на волокне частиц парафина и связующего.

**Отливка ковра.** Волокнистая масса поступает в отливную машину с постоянной концентрацией от 0,8 до 1,9 %. После отливки ковра, удаления части воды при помощи вакуума и отжима в ленточно-валковом прессе концентрации волокна возрастает до 40%. Полученную непрерывную ленту делят на форматные полотна.

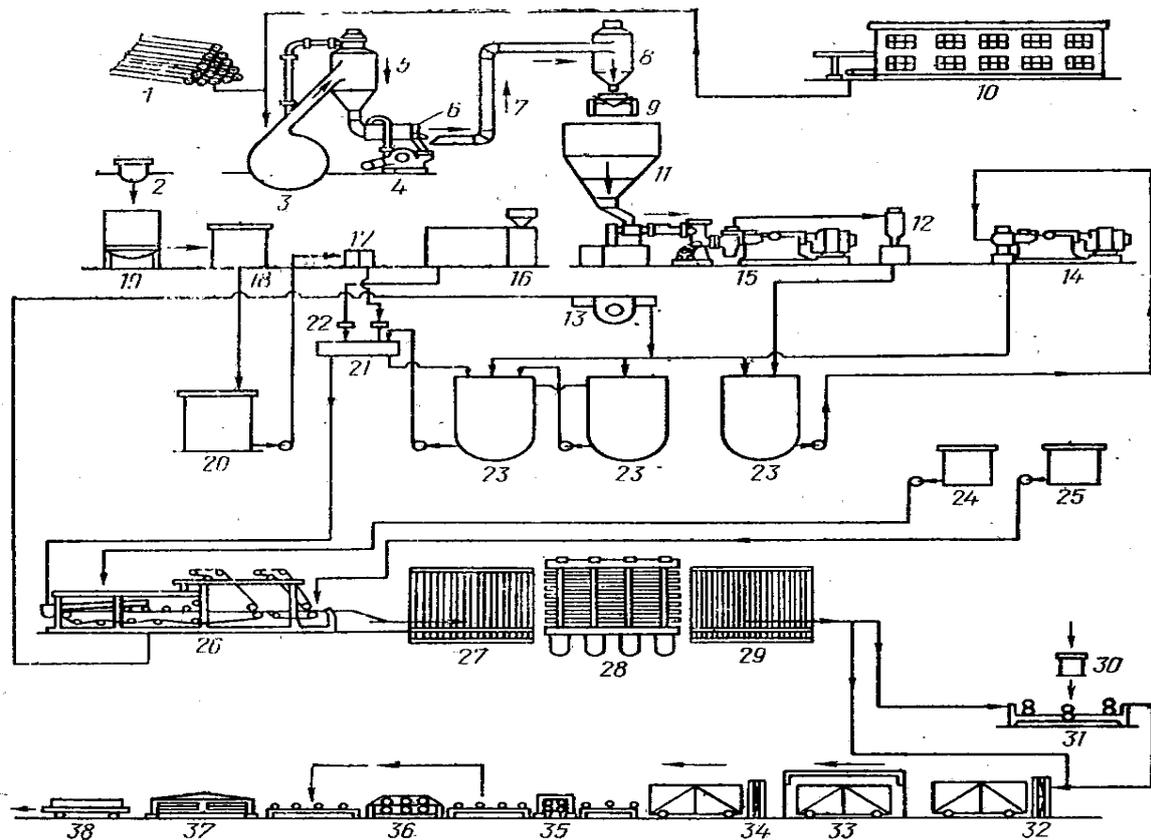
**Прессование ДВП.** Полученные полотна загружают в многоэтажный горячий пресс. Для отвода воды и пара в рабочий промежуток пресса укладывают сетку. Благодаря этому на оборотной стороне листов ДВП мокрого способа остается отпечаток сетки, лицевая сторона листа имеет глянцевую поверхность. Прессование ДВП осуществляется в три стадии (рисунок 2.3). На первой стадии (отжим) при сжатии плит пресса и наборе давление до 5,5 МПа происходит удаление воды в жидкой фазе. Продолжительность отжима – 30% от продолжительности прессования. Технологическая схема производства твердых ДВП представлена на рисунке 2.4



$\tau_з$  – время на загрузку;  $\tau_с$  – время смыкания плит пресса;  $\tau_{п.д.}$  – время подъема давления;  $\tau_{отж}$  – продолжительность отжима ковра (10 % от общего времени выдержки);  $\tau_{суш}$  – продолжительность сушки (15% от общего времени выдержки);  $\tau_{пресс}$  – продолжительность прессования (35 % от общего времени выдержки);  $\tau_{с.д.}$  – время снятия давления;  $\tau_{ок.суш}$  – продолжительность окончательной сушки (20 % от общего времени выдержки);  $\tau_в$  – время выдержки плит в прессе;  $\tau_ц$  – продолжительность цикла прессования.

Рисунок 2.3 – Диаграмма прессования древесноволокнистых плит мокрого способа производства

**Пропитка ДВП маслом.** Для повышения прочности и влагостойкости горячие плиты направляют в ванну для пропитки таловым или льняным маслом с расходом от 8 до 10%. Температура пропитки –и 120 °С.



1- круглые лесоматериалы; 2 – емкость для разогрева парафина; 3 – рубительная машина; дезинтегратор; 5, 8, 12 – циклоны; 6 – сортировочная машина; 7 – пневмотранспорт; 9 – распределительный конвейер; 10 – лесопильный цех; 11 – бункер щепы; 13 – фильтровальная установка; 14 – рафинатор, 15 – дефибратор; 16, 18, 20 – бак; 17 - подача эмульсии; 19 – эмульсатор; 21 – проклейка; 22 – дозаторы; 23 – бассейн; 24, 25, 30 – бак; 26 – отливная машина; 27 – загрузочная этажерка; 28 – пресс для горячего прессования; 29 – разгрузочная этажерка; 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.

Рисунок 2.4 – Технологическая схема производства твердых и сверхтвердых ДВП мокрым способом

При мокром способе производства влажность загружаемых плит составляет от 80 до 120 %, а при выгрузке плиты имеют влажность до 0,08 %, что может привести к их воспламенению, поэтому после прессования плиты охлаждают распылением на них воды. При этом их прочность увеличивается на 20 %.

Кондиционирование плит производят в камерах при температуре 65<sup>0</sup>С и степени насыщенности около 95%. В результате кондиционирования достигается конечная влажность плит, регламентированная требованиями ГОСТ.

Форматная обрезка производится для придания окончательных размеров в плане.

### 2.1.3 Технология мягких ДВП мокрого способа производства

Мягкие ДВП изготавливают мокрым способом производства и выпускают по ГОСТ 4598-86. Стандарт предусматривает разделение на твердые и мягкие плиты. В научно-исследовательской части рассмотрим мягкие ДВП марок М-1, М-2, М-3.

Мокрый способ производства мягких ДВП наиболее распространен в отечественной и зарубежной практике. Плиты имеют хорошие физико-механические свойства.

Однако, этот способ имеет недостатки:

- высокая плотность плиты (от 250 до 400 кг/м<sup>3</sup>), следовательно расход компонентов (технологической щепы, волокна, связующего, пара и т. п.) на технологию в несколько раз больше;
- высокая нагрузка на сточные воды, так как химические соединения из древесины находятся в воде;
- что несет колоссальные затраты на оборудование для очистки сточных вод.

Изоляционные плиты используют для тепло- и звукоизоляции стен, потолков, полов, перегородок и междуэтажных перекрытий, утепления

кровель (особенно в деревянном домостроении), акустической отделки специальных помещений (радиостудий, машинописных бюро, концертных залов и т.п.). Стандартные изоляционные плиты применяют для дополнительного утепления стен, потолков и полов, а также для увеличения прочности стенных каркасов. Они могут быть применены для внутреннего покрытия и потолков перед окончательной отделкой. Ветрозащитные изоляционные плиты применяются для уплотнения и упрочнения внешних стен, потолков и крыш зданий. Их также применяют в качестве выравнивающих слоев под твердые покрытия полов и звукоизоляционных прокладок. В таблице 2.1 представлены физико-механические и теплофизические свойства мягких древесноволокнистых плит.

Таблица 2.1 – Физико-механические показатели мягких волокнистых плит мокрого способа производства по ГОСТ-4598-86

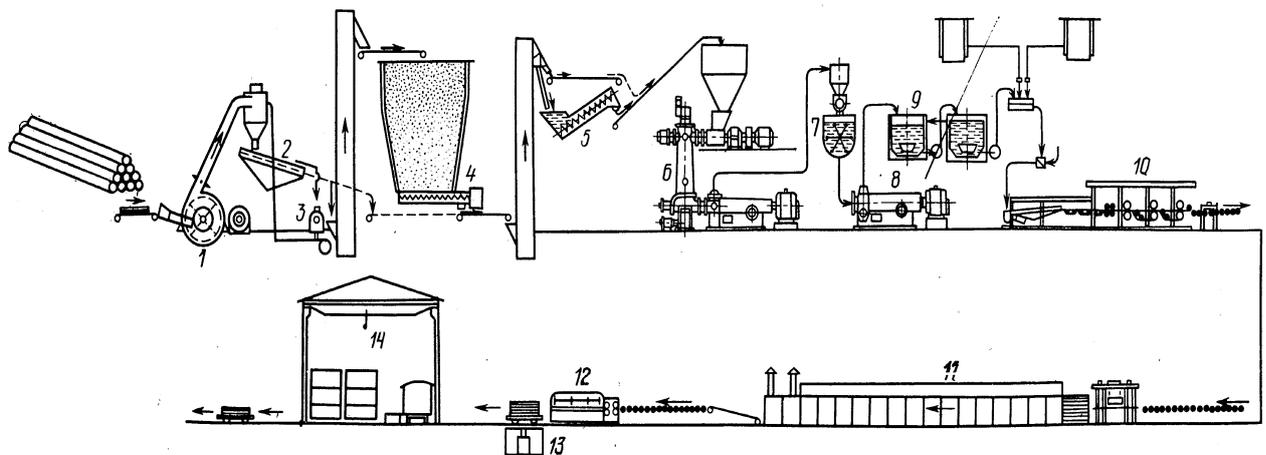
Наименование показателя	Норма для плит марок		
	М-1	М-2	М-3
1	2	3	4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	от 200 до 400	от 200 до 350	от 100 до 200
Предел прочности при изгибе, МПа	1,8	1,1	0,4
Влажность, %	12	12	12
Водопоглощение за 2 часа, %	34	34	34
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	0,09	0,07	0,05

Производство древесных волокон производится на оборудовании ранее рассмотренном в технологии твердых древесноволокнистых плит. при формировании ковра. Формование мягких ДВП осуществляют на отливочных машинах непрерывного и периодического действия. Обезвоживание волокнистой гидромассы на отливочных машинах происходит последовательно путем свободной фильтрации воды через сетку, отсоса вакуумированием и отжима подпрессовкой.

При свободной фильтрации, взвешенные в воде волокна сближаются и переплетаются, возникают силы сцепления друг с другом, т. е. происходит свойлачивание. При этом гидромасса обезвоживается и на сетке машины формируется ковер с относительной влажностью от 90 до 92%. Дальнейшее понижение влажности и уплотнение ковра происходят вакуумированием и отжимом (до влажности от 60 до 70 %), Наибольшее распространение для формования ДВП получили длинносетчатые отливочные машины непрерывного действия. Процесс формирования на этих машинах осуществляется следующим образом. Гидромасса через щель поступает на непрерывно движущуюся ленту отливочной машины, огражденную бортами. Для улучшения переплетения волокон на отливочных машинах устанавливают вертикальный вибратор. Свободная фильтрация воды прекращается при достижении концентрации волокна в массе от 7 до 10 %, далее масса поступает в отсасывающую часть машины, оборудованную вакуум-насосами, где ее концентрация увеличивается до 12 – 16 %.

Тепловую обработку мягких ДВП производят в трехтонных многоэтажных роликовых сушилках непрерывного действия, работающих по принципу противотока с рециркуляцией теплоносителя. Длина роликовых сушилок может колебаться от 30 до 90 м. Чаще используют сушилки длиной 30 м. Продолжительность сушки при температуре теплоносителя от 130 до 160°C составляет 3 ч. В конце сушки

предусмотрена камера охлаждения (рисунок 2.5) . Следует отметить, что производство ДВП является энергоемким. В среднем на 1 т плит затрачивается от 550 до 650 кВт -ч электроэнергии, от 4 до 5 т пара и около 110 кг условного топлива. Высокая энергоемкость объясняется большими затратами электроэнергии, идущими на помол древесины. В процессе производства затрачивается значительное количество топлива на тепловую обработку сырья и сушку изделий.



- 1- рубительная машина; 2- сортировка щепы; 3-дезинтегратор; 4- бункер;  
 5- мойка щепы; 6- дефибратор; 7, 9- бассейн; 8-рафинер; 10- отливная машина; 11- роликовая сушилка; 12- форматный станок; 13- подъемник;  
 14- склад

Рисунок 2.5 -Схема технологического процесса изготовления мягких плит

## 2.2 Технология древесноволокнистых плит сухого способа производства

Древесноволокнистые плиты получаемые сухим способом в настоящее время отождествляют с зарубежным аналогом MDF. Нормативная документация утвержденная в нашей стране ГОСТ 32274-2013 «Плиты древесные моноструктурные. Технические условия» основана на европейском стандарте EN 622-5:2009 «Древесноволокнистые плиты. Технические условия. Часть 5. Требования

к плитам сухого способа производства (MDF)» (EN 622-5:2009 «Fibreboards - Specifications - Part 5: Requirements for dry process boards (MDF)», NEQ).

Древесные моноструктурные волокнистые шлифованные средней плотности общего назначения (ПМВ), изготовливают сухим способом производства из древесных волокон, смешанных со связующим. Основной областью применения является производство мебели и других изделий, эксплуатируемых в условиях, защищенных от увлажнения.

MDF (Medium Density Fibreboard) – это древесноволокнистые плиты средней плотности сухого способа прессования, толщиной от 4 до 28 мм, изготовленные по технологии древесностружечных плит. В отличие от ДВП сухого способа MDF равноплотные, с количеством связующего от 6 до 10 %. Плотность MDF – от 650 до 850 кг/м<sup>3</sup>.

Плиты в соответствии с ГОСТ 32274-2013 классифицируют:

- по качеству поверхности - на I и II сорт;
- по содержанию формальдегида - на классы эмиссии E1 и E2.

Основные физико-механические характеристики плит представлены в таблице 2.2.

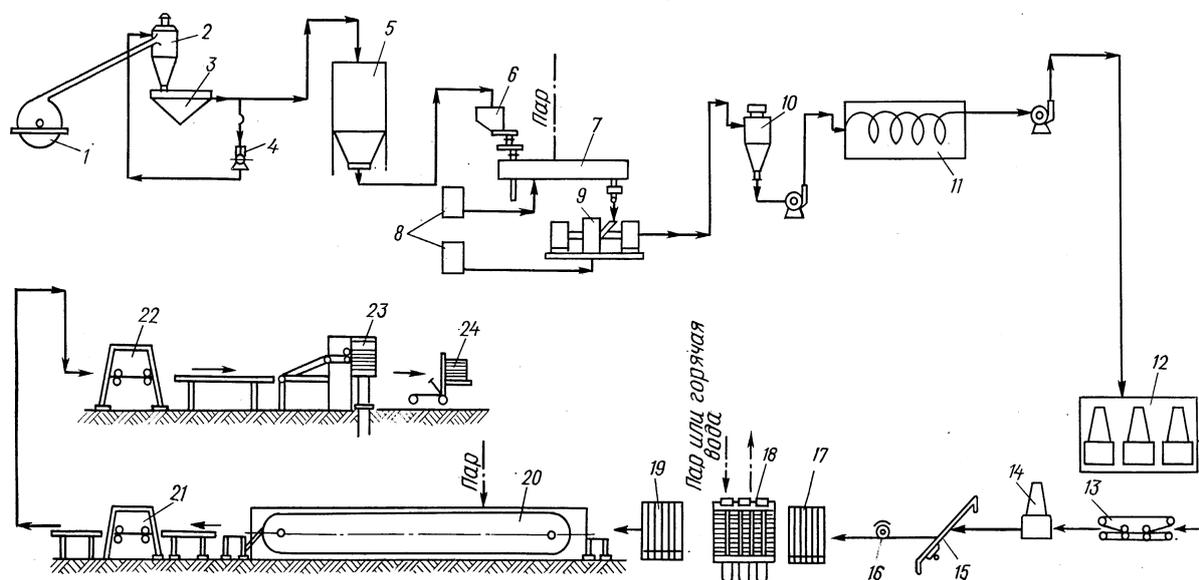
Таблица 2.2 – Физико-механические свойства волокнистых плит ПМВ

Наименование показателя	Величина для марки ПМВ
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не менее	от 600 до 800
Предел прочности при статическом изгибе, МПа, не менее	15
Разбухание по толщине за 24 ч, %, не более	50
Влажность, %	от 4 до 11

Технологический процесс производства ДВП сухим способом на первоначальной стадии не имеет существенных различий в сравнении с технологий мокрого прессования. Получение волокна, как и в описанном

ранее мокром способе, производят в две стадии. В зависимости от того на какой стадии вводится связующее, изменяется технологическая схема производств волокнистых плит (рисунок 2.6). Смешивание волокна со связующим может производиться тремя способами:

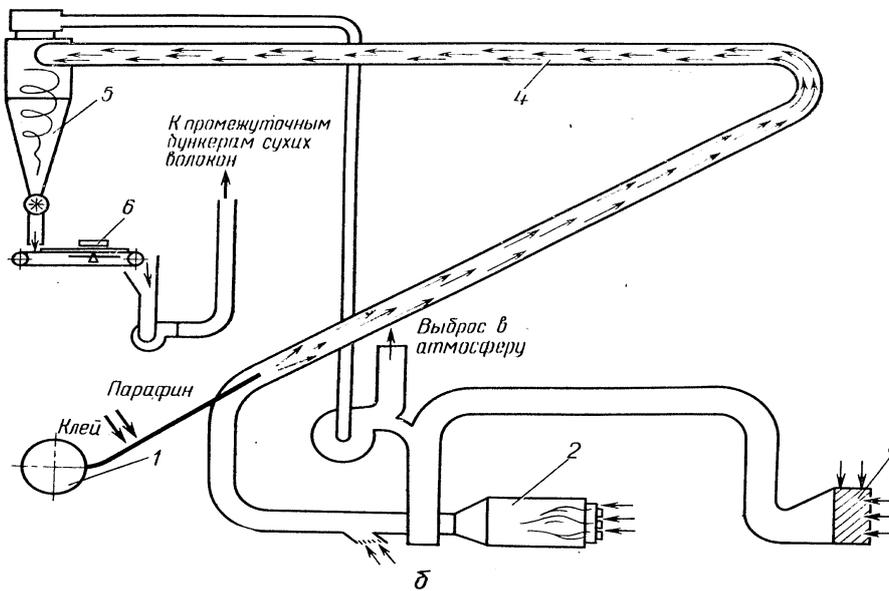
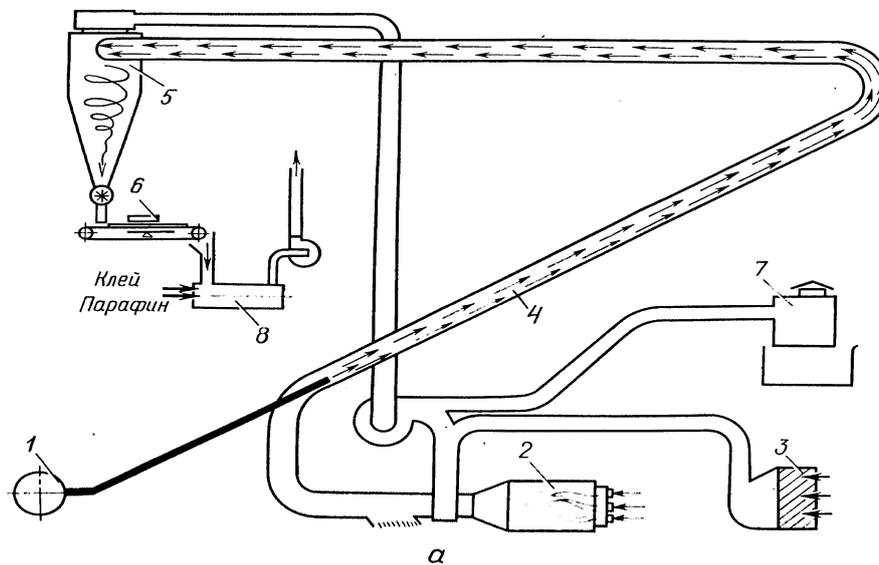
- введение связующего в выдувную трубу дефибратора. В данном случае используют фенолформальдегидную смолу СФЖ- 3014. Расход связующего составляет от 2,2 до 6% к массе сухого волокна;
- введение связующего без отвердителя в трубопровод сушилки волокна;
- смешивание сухого фракционированного волокна в быстроходных смесителях ДСМ- 7.



- 1- рубительная машина; 2- циклон; 3- сортировка щепы; 4-дезинтегратор;  
 5- бункер; 6- расходный бункер щепы; 7- пропарочный аппарат; 8-  
 расходные баки парафина и смолы; 9- дефибратор; 10- циклон; 11-  
 сушилка второй ступени; 12- формирующая машина; 13- подпрессовка; 14-  
 формирующая головка отделочного слоя; 15 – пила поперечного раскроя;  
 16 – пила продольного раскроя; 17- загрузочная этажерка; 18- пресс; 19 –  
 разгрузочная этажерка; 20 – камера кондиционирования; 21, 22 –  
 форматные пилы; 23- подъемник; 24- отгрузка плит на склад

Рисунок 2.6 – Принципиальная схема производства ДВП сухим способом

Сушка волокна производится в двухступенчатых сушилках. На первой стадии влажность волокна снижается до 80 – 90 %, после второй стадии сушки влажность волокна составляет около 8 % (рисунок 2.7).



а- для наружного слоя; б- для внутреннего слоя

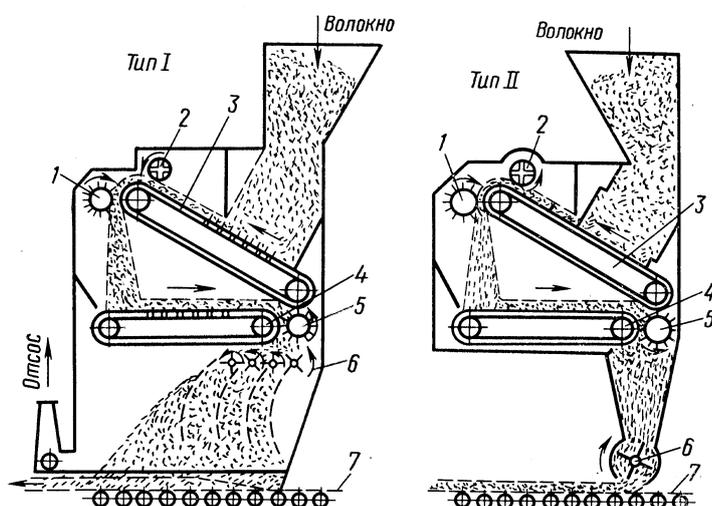
1 – дефибратор; 2 – топка; 3- калорифер; 4- труба-сушилка; 5- циклон;

6 – весы; 7 – мокрый фильтр; 8 – скоростной смеситель

Рисунок 2.7 – Сушилки для волокна

Сортировка (фракционирование) волокна. Сухое волокно поступает на операцию фракционирования, где разделяется по размерам. Грубое волокно оставшееся на сите с отверстиями 1 мм идет на формирование внутреннего слоя, мелкое волокно – на формирование наружных слоев плит.

Формирование волокнистого ковра производят в вакуумных формирующих машинах на сетках главного конвейера. Формирование ковра производят в зависимости от конструкции и толщины плиты (рисунок 2.8).



1 – Разбрасывающий валик; 2 – регулирующий валик; 3 – подающий наклонный конвейер; 4 – пластинчатый горизонтальный конвейер; 5 – сбрасывающий валик; 6 – рассеивающий валик; 7 – сетка; 8 – игольчатый барабан; 9 – рассеивающий барабан.

Рисунок 2.8 – Схемы формирующих машин механического типа

Горячее прессование плит. Диаграмма прессования древесноволокнистых плит аналогична диаграмме прессования ДСтП.

Кондиционирование готовых плит. Целью данной операции является обеспечение равномерного распределения влажности по сечению плиты. Кондиционирование плит производят в климатических камерах в течение

30 минут при температуре от 60 до 70 °С и степени насыщенности воздуха от 70 до 80%.

Готовые плиты после кондиционирования поступают на операции форматной обрезки, сортировки и упаковки плит.

### 2.3 Теплоизоляционные древесноволокнистые плиты

Мокрый способ производства ДВП наиболее распространен в отечественной и зарубежной практике. Плиты имеют хорошие физико-механические свойства (таблица 2.3).

Однако, данный способ имеет недостатки:

- одна из сторон получается гладкая, а другая имеет выступы и впадины из-за отпечатка сетки;
- высокая плотность плиты (от 250 до 400 кг/м<sup>3</sup>), следовательно расход компонентов (технологической щепы, волокна, связующего, пара и т. п.) на технологию в несколько раз больше;
- высокая нагрузка на сточные воды, так как химические соединения из древесины находятся в воде;
- что несет колоссальные затраты на оборудование для очистки сточных вод.

Сухой способ основан на формировании ковра из высушенной древесноволокнистой массы в воздушной среде и горячем прессовании полотен, имеющих влажность 5-8%.

В Европейских странах теплоизоляционные материалы отдают предпочтение технологии сухого способа производства. В качестве сырья применяют, преимущественно, лиственные породы древесины. Из такой древесины получают волокна меньшей длины, что позволяет улучшить условия формирования древесно-волокнистого ковра. Только при этом в древесно-волокнистую массу вводят большее количество связующего для упрочнения межволоконных связей.

Таблица 2.3 – Физико-механические показатели волокнистых плит мокрого способа производства

Наименование показателя	Норма для плит марок		
	SB	SB.H	SB.E
1	2	3	4
Толщина плиты, мм	До 10	10 – 19	Более 19
Предел прочности при изгибе, МПа	0,9	0,8	0,8
Влажность, %	8	8	8
Набухание за 24 часа, % (EN 310)	10	10	10
Модуль упругости при изгибе, МПа (EN 310)	120	110	100

При сухом способе производится удаление небольшого количества пара через кромки ДВП, при котором сетки под ковром не требуется.

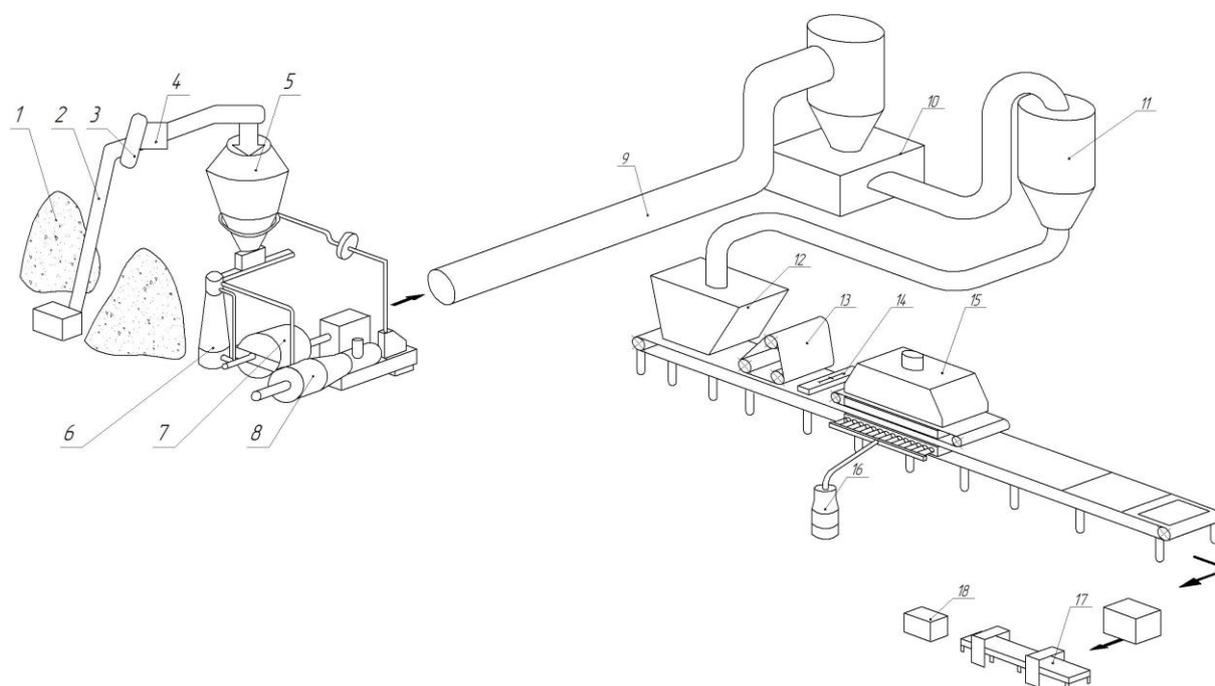
Отличительной особенностью сухого способа производства являются: наличие обеих гладких сторон, отсутствие сточных вод; короткий цикл прессования.

Данный способ также имеет свои недостатки:

- наличие большого количества смолы в плите;
- запыленность прилегающей к заводу территории из-за большого выброса в атмосферу пыли и др.
- токсичное производство;

В качестве связующего производители применяют полиизоцианат «К», который повышает водостойкость плит. Он содержит функциональные группы  $\text{CH}_2$ - и  $\text{NCO}$ - и дает водостойкие соединения. Связывая свободную влагу он может склеивать древесину повышенной влажности.

Полученные, аналогичным методом как в технологии ДВП сухого или мокрого способа производства древесные волокна имеют влажность 100 %, градус помола 12 ДС. Выгрузка в сушилку осуществляется шнековым транспортером и направляется в трубу - сушилку. Высушенное до влажности от 2 до 4 % волокно складировается в бункере, откуда дозатором подается смеситель проходного типа (рисунок 2.9). Осмоление древесных частиц осуществляется с помощью форсунок высокого давления, при этом его выходное отверстие направлено в формирующую станцию



1-открытый склад щепы;2-пневмотранспортер; 3-гидромойка; 4-металлоуловитель;5-бункер щепы; 6-пропарочная камера;7-дефибратор;8-рафинатор; 9-труба-сушилка; 10-бункер сухой стружки; 11-вертикальный осмолитель; 12-формирующая машина; 13-подпрессовщик; 14-пила для поперечного раскроя; 15-пресс с паровой продувкой;16-парогенератор; 17-форматнообрезной станок; 18- склад готовой продукции.

Рисунок 2.9 – Технологическая схема изготовления теплоизоляционных древесноволокнистых плит

Сформированный ковер подвергается температурному воздействию путем продувки пакета паром с температурой 170 °С в прессе 15. Готовые плиты подвергаются форматной обрезке и складываются.

Контрольные вопросы по разделу:

1 Рассказать о назначении операции термообработки щепы перед размолом.

2 Назовите основные материалы используемые при производстве ДВП мокрого прессования и их предназначение?

3 Дать описание диаграммы прессования древесноволокнистых плит мокрого способа производства.

4 Привести схему главного конвейера для прессования древесноволокнистых плит мокрого способа производства.

5 Привести описание оборудования для производства древесного волокна;

6 Перечислить преимущества имеет технология производства древесноволокнистых плит сухим способом?

7 Дайте сравнительную характеристику производства изоляционных древесноволокнистых плит сухого и мокрого способов производства;

8 Опишите схему технологического процесса производства изоляционных плит сухим способом;

9 Назовите основную цель операции кондиционирования древесноволокнистых плит после процесса прессования;

10 Перечислите основные операции производства мягких ДВП мокрого способа производства;

11 Для каких целей используются синтетические смолы и гидрофобизирующие добавки при производстве ДВП мокрым способом?

12 Перечислите основные области применения древесноволокнистых моноструктурных плит;

### 3 Плитные материалы на основе минеральных вяжущих

#### 3.1 Технология цементностружечных плит

Цементностружечные плиты (ЦСП) – это современный крупноформатный листовой материал, обладающий высокой прочностью, производимый из специально изготовленных тонких древесных стружек, портландцемента и химических добавок, нейтрализующих вредное влияние водозэкстрактивных веществ древесины на цемент.

ЦСП трудногораемы, водо- и биостойки, не токсичны, имеют низкие показатели водопоглощения и разбухания по толщине. Строительные конструкции из ЦСП обладают повышенной огнестойкостью, достаточной прочностью и несущей способностью, что позволяет их использовать в строительных конструкциях и элементах промышленных, сельскохозяйственных, жилых и общественных зданий.

##### 3.1.1 Применение ЦСП в строительстве

Цементностружечные плиты в строительстве используются для наружных панелей стен, кровли и лоджий для домов высотой до 9 этажей, коробчатых балок, щитовой опалубки, подоконных досок, щитов пола, оснований под рулонную кровлю и рулонные полы. В этих конструкциях применяются плиты толщиной от 10 до 16 мм.

ЦСП могут служить рёбрами и обшивками ребристых панелей, основанием клеёных щитов и материалом трёхслойных конструкций. Изготавливаются цокольные панели с наружными обшивками из плит толщиной от 16 до 20 мм, с внутренними – из плит толщиной от 12 до 14 мм. Наиболее широкая область применения ЦСП – малоэтажное деревянное домостроение.

Цементностружечные плиты – это строительные изделия - элементы подвесных потолков, фронтоны, части веранд, облицовки колонн, ригелей,

детали душевых кабин и туалетов, ограждения балконов, плинтусы, основания паркетного щитового пола, основания под линолеум, под наливные полы, щиты опалубки, части встроенной мебели, вентиляционные короба, комбинированные (из ЦСП и древесины) балки коробчатого и двутаврового сечения, рельефные доки и черепица.

ЦСП могут использоваться для панелей со средним теплоизолирующим слоем из фибролитовой смеси, укладываемой в незатвердевшем состоянии, а также изготовления утеплённых коробчатых панелей системы «Фолдинг» с утеплителем – минеральной ватой или пенополистиролом. Конструкции «Фолдинг» применяют для строительства жилых одноэтажных домов. Они совмещают ограждающие и несущие функции, ограничивают температурно-влажностные напряжения, имеют надёжную конструктивную систему, позволяют создавать дома контейнерного типа.

ЦСП рекомендуется применять в качестве обшивок и экранов наружных стен, обшивок цокольных панелей, чердачных перекрытий в помещениях с влажным и нормальным температурно-влажностным режимом. Из ЦСП делают каркасные и щитовые перегородки душевых кабин и санузлов в административно-бытовых помещениях промышленных зданий, выполняют ограждения лестничных маршей и площадок балконов, лоджий и эркеров в жилых и общественных зданиях. Ограждения из ЦСП могут быть глухими, решётчатыми или комбинированными.

При использовании ЦСП в качестве наружной облицовки зданий применяют рельефные и окрашенные цементностружечные плиты с имитацией дерева, кирпичной кладки или натурального камня. Такая отделка зданий широко практикуется в Японии и также способствует предотвращению возгорания после землетрясений.

Полы из ЦСП по бетонному основанию устраивают в вестибюлях, коридорах, торговых залах магазинов и предприятий общественного питания, а также в прихожих, кухнях, туалетах жилых домов. При устройстве полов можно использовать плинтусы из ЦСП. ЦСП могут служить основаниями для паркетных щитов, а также для щитов пола с лицевым покрытием из полимерных материалов.

### 3.1.2 Свойства цементностружечных плит

Цементностружечные плиты по физико-механическим свойствам в соответствие с ГОСТ 26816-86 «Плиты цементностружечные. Технические условия» подразделяются на марки - ЦСП-1 и ЦСП-2, по структуре - на однослойные и многослойные.

Размеры выпускаемых плит: длина – 3200 и 3600 мм; ширина – 1200 и 1250 мм; толщина – от 8 до 40 мм с градацией через 2 мм.

ЦСП трудносгораемы, биостойки, атмосферостойки, не токсичны, хорошо склеиваются с древесиной, металлами, обрабатываются инструментами. Физико-механические свойства плит представлены в таблице 3.1.

### 3.1.3 Компоненты цементностружечной смеси

Компонентный состав ЦСП подбирается в зависимости от породного состава, условий и сроков выдержки древесного сырья, реальных условий производства и т.д.

**Древесный наполнитель.** Для производства цементностружечных плит используется здоровая древесина хвойных пород - ель, сосна, пихта, заготовленная в осенне-зимний период. Исключениями являются лиственница, бук, дуб из-за высокого содержания в них экстрактивных веществ. Допускается использование березы, тополя, осины и их смеси, однако при этом для обеспечения заданной прочности плит необходимо тщательно подбирать рецептуру, так как в противном случае прочность готовых плит снизится на 10-15 %.

Таблица 3.1 – Физико-механические показатели ЦСП

Наименование показателей	Нормативные показатели для плит	
	ЦСП-1	ЦСП-2
1	2	
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1100 - 1400	
Влажность, %	6 - 12	
Разбухание по толщине за 24 ч, %, не более	2	
Водопоглощение за 24 ч, %, не более	16	
Прочность при статическом изгибе, МПа, плит толщиной, мм		
8 - 16	12	9
18 - 24	10	8
26 - 40	9	7
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти плит, МПа, не менее	0,40	0,35
Шероховатость пластин, мкм, не более:		
нешлифовальных	320	320
шлифовальных	80	100
Твёрдость, МПа	45-60	
Удельное сопротивление выдёргиванию шурупов из пласти, Н/м	4 - 7	
Ударная вязкость, Дж/м <sup>2</sup> , не менее	1800	
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С)	1,15	
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,26	
Класс биостойкости	4	
Снижение прочности при изгибе после 20 циклов переменных воздействий, %, не более	30	

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Горючесть, группа материалов	трудногораемые
Морозостойкость (снижение прочности при изгибе после 50 циклов переменного замораживания-отогревания), %, не более	10

Древесина должна быть окорена, не иметь гнили и выдержана при положительной температуре на складе не менее 3 месяцев. Допускается содержание коры не более 15 % и гнили не более 5 %. Применение технологической щепы, горбылей, реек и другого в качестве исходного сырья приводит к снижению показателей прочности на 20-30%. Поэтому рекомендуется использовать только специально изготовленные стружки из круглого сырья, прошедшего предварительную обработку: сортировку, окорку, разделку на заготовки – чураки.

**Вяжущее.** В качестве вяжущего применяются портландцемент марки не ниже 500 (ГОСТ 10178-85) без пластификаторов и посторонних механических включений. Содержание шлаковых добавок не более 5 %. Имеются научные разработки по использованию для ЦСП других видов вяжущего, но они не имеют широкого промышленного внедрения.

**Химические добавки.** В качестве химических добавок в основном используются комплексы:

- сернокислородное железо, хлорид кальция и известь;
- сульфат алюминия и жидкое стекло;
- сульфат алюминия и хлорид кальция.

Ориентировочные рецептуры изготовления цементно-стружечных плит в условиях реальных предприятий представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Рецептуры цементностружечных плит

Сырьё и материалы	Расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> плиты, кг	
	для хвойных пород	для лиственных пород
Абсолютно сухая стружка	280	300
Портландцемент марки 500	770	620
Сернокислый алюминий	7,7	---
Жидкое стекло	2,7	---
Хлористый кальций	---	80
Известь негашеная	---	150
Вода	470	400

#### 3.1.4 Технологический процесс производства ЦСП

Технологический процесс производства цементностружечных плит состоит из следующих операций: подготовка и сортировка круглого древесного сырья (очистка от коры и разделка брёвен); выдержка сырья; изготовление древесных частиц; последующее их доизмельчение и сортировка; приготовление цементно-стружечной смеси; формирование ковра; формирование пакетов в силовых тележках; прессование пакетов; тепловая обработка; распрессовка и разборка пакетов; твердение плит, уложенных в штабеля; кондиционирование; обрезка плит по формату; сортировка; шлифование плит (при необходимости); контроль качества; складирование. Структурная схема производства ЦСП приведена на рисунке 3.1. В зависимости от вида используемого сырья и применяемого оборудования могут быть исключены или добавлены некоторые технологические операции или изменена последовательность их выполнения.

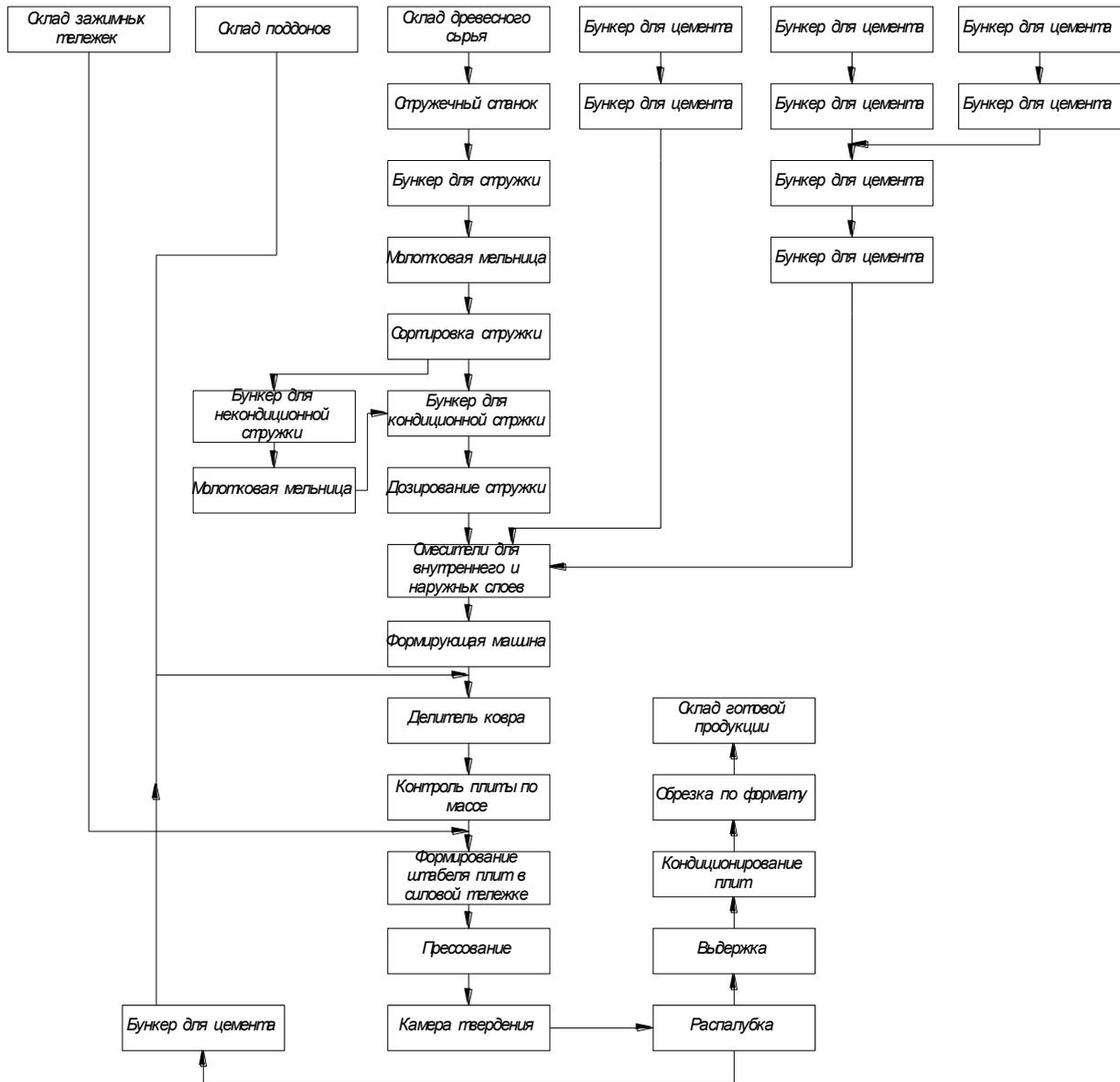


Рисунок 3.1 – Структурная схема изготовления цементностружечных плит

На рисунке 3.2 приведена технологическая схема производства цементностружечных плит из крупномерного сырья: 1 - бункер для цемента; 2 – склад химических добавок; 3 - емкость для раствора химических добавок; 4 - грохот; 5 – бункер для отходов от обрезки ЦСП; 6 - смеситель; 7 - весы; 8 - мельница; 9 - сепаратор; 10-циклон; 11 - стружечный станок; 12 - бункер стружки; 13 - станок стружечный; 14 - склад хранения древесины; 15 – станок окорочный; 16-металлоискатель; 17-конвейер подачи древесины; 18 - мельница для измельчения коры; 19-

конвейер; 20 - сушилка барабанная; 21 - пресс для брикетирования коры; 22 - устройство приемное для брикетов коры; 23 – силовая тележка со штабелем; 24 - пресс; 25 - штабелеукладчик; 26 - конвейеры для удаления коры; 27 - резка ковра; 28 – формирующая машина; 29 - камера термообработки; 30 - устройство для разборки пакетов; 31 – устройство для очистки и смазки поддонов; 32 - площадка выдержки плит; 33 - круглопильный станок; 34 - сушилка; 35 – форматно-обрезной станок; 36 - дробилка для отходов обрезки плит.

Поступающее на предприятие длинномерное сырье разделяется на станках типа ДЦ-10 на требуемые по длине заготовки - чураки. Затем производится окорка сырья на станках моделей ОК-35, ОК-63, ОК-66, ОК-100 и удаление гнили на станке типа Н-10. Крупномерное сырье предварительно раскалывается на дровокольных станках типа КГ или КЦ. Сырье рассортировывается по породам, выдерживается на складе в течение 3-6 месяцев для равномерного распределения влажности и уменьшения содержания «цементных ядов».

Древесные стружки изготавливают из круглого сырья (диаметром не менее 60 мм) на станках ДС-8, а также из технологической щепы – на центробежных станках ДС-7. На станках ДС-8 образуется смесь, включающая частицы разного размера по ширине, толщине и длине. Для получения ЦСП такая смесь должна быть рассортирована; она поступает в бункер, а затем доизмельчается по ширине в молотковой мельнице типа ДМ-7, после чего отправляется на сепаратор ДРС-2 для отделения мелких частиц от крупных.

Сепаратор оснащён двумя ситами с отверстиями размером 5×5 и 2×2 мм. Крупной считается стружка, которая не проходит через сито с отверстиями 5×5 мм, кондиционной – проходящая через это сито, но остающаяся на сите с отверстиями 2×2 мм, а тонкой – стружка, проходящая через эти отверстия.

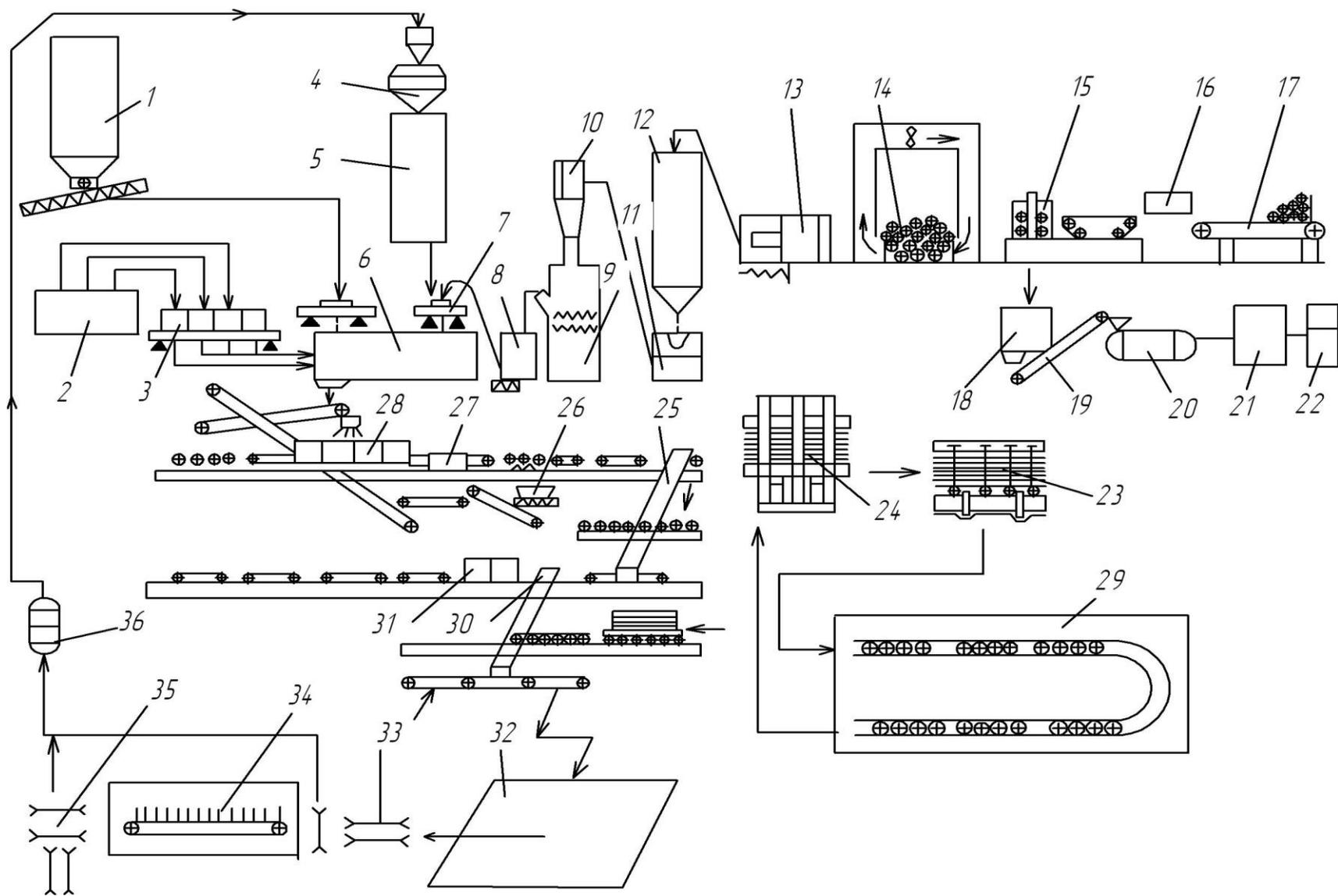


Рисунок 3.2 - Технологическая схема производства ЦСП из крупномерного сырья

Крупная стружка поступает на дополнительное измельчение в мельницу ДМ-8. Соотношение длины и толщины стружек должно быть не менее 90 (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Рекомендуемые размеры древесных стружек

Слои плиты	Размеры стружек, не более		
	толщина	ширина	длина
Наружные	0,2	1,0	20
Внутренний	0,4	10,0	40

В реальных условиях производства размеры стружек для ЦСП более разнообразны: длина от 13 до 45 мм; ширина от 4 до 6 мм; толщина от 0,13 до 0,5 мм.

Хранение межоперационного запаса осуществляется в вертикальных бункерах типа ДБО вместимостью от 60 до 150 м<sup>3</sup>.

В процессе приготовления цементностружечной смеси одновременно изготавливают растворы химических добавок, измеряют влажность стружки, дозируют растворённые добавки, воду, цемент, производят смешивание.

Растворы добавок готовят в гуммированных ёмкостях с пропеллерными мешками. Химикаты, поступающие в ёмкость, разбавляются в ней до заданной плотности. В хвойной древесине содержание водорастворимых сахаров не должно превышать 0,5 %, а в лиственной - 0,2 %. Доля остаточного сахара в хвойной древесине допускается более высокой потому, что содержание растворимых в воде гемицеллюлоз, также влияющих на схватывание и твердение цемента, в хвойной древесине меньше, чем в лиственной. В состав химических добавок для защиты цемента от древесных экстрактов входят жидкое

стекло с сернокислым алюминием или окисное сернокислое железо с известковым молоком и хлористым кальцием.

Для приготовления цементно-стружечной смеси из стружек листовых пород используют водный раствор жидкого натриевого стекла плотностью от 1,01 до 1,065 г/см<sup>3</sup>, водный раствор сульфата аммония плотностью от 1,054 до 1,06 г/см<sup>3</sup> и водную суспензию извести плотностью от 1,09 до 1,1 г/см<sup>3</sup>. Составы цементно-стружечных смесей готовят с применением весового дозирования. Подача химических добавок и воды в смеситель осуществляется по трубопроводам.

Смесители представляют собой емкости с устройствами для загрузки компонентов и выгрузки готовой смеси, с лопастными мешалками для их перемешивания. Вместимость смесителей 3 или 6 м<sup>3</sup>. Подача компонентов в смеситель должна осуществляться в следующей последовательности: стружка, растворы химических добавок, вода, цемент. Продолжительность цикла перемешивания не должна превышать 10 мин.

При формировании ковра цементно-стружечную смесь распределяют по формирующим машинам для образования наружных и внутренних слоёв и разделяют ковёр на части, соответствующие размерам плит.

Готовая смесь, имеющая влажность от 40 до 43 %, подаётся через дозирующие бункера в формирующие машины. Влагу в смесь вносят химические растворы и вода, содержащаяся в стружках. Влажность смеси, выходящей из мешалок, контролируют проверкой четырёх проб в смену. Если влажность смеси более 43 %, масса настиляется плохо, формирующая машина загрязняется; если влажность менее 43 %, ухудшается качество плит. Смесь должна быть подана на формирование и полностью распределена на поддонах в течение 1 часа.

Формирование непрерывного трёхслойного ковра осуществляется на транспортных листах-поддонах, которые движутся вместе с формирующим конвейером. Стальные листы-поддоны предварительно смазываются эмульсией для предотвращения сцепления с цементно-стружечной смесью и укладываются внахлест. Скорость конвейера типа ДК-1 варьируется в зависимости от толщины плит и согласуется со скоростью движения бункера-дозатора. Ковёр насыпается так, чтобы соотношение между его толщиной и толщиной готовой плиты было 3:1. Специальное устройство обрезает заднюю кромку. Далее ковёр поступает к загрузочной станции, которая ставит поддон на роликовый конвейер с зажимными пресс-формами. Заполненные пресс-формы задвигаются в пресс, где штабель уплотняется на заданный размер, а пресс-формы закрываются. Прессование осуществляется в одноэтажных прессовых установках. Давление в прессе от 1,8 до 3,5 МПа.

После открытия пресса формы направляются в камеру твердения на 8 часов для приобретения плитами распалубочной прочности. Температура в камере от 50 до 80°C. Влажность воздуха не менее 50-60 %. Оптимальных значений начальной и конечной влажности можно достигнуть при подаче тепла по определенной схеме, которую можно представить в виде диаграммы «температура-время».

Термообработка проводится в четыре фазы: предварительная выдержка при комнатной температуре, нагрев, собственно термообработка и охлаждение. Чаще всего применяется нагрев, протекающий со скоростью повышения температуры от 40 до 60 °С/ч. По окончанию процесса твердения формы раскрываются под давлением на 0,2 МПа больше давления прессования.

Распалубка плит производится в расптабелере, пустые поддоны поступают на устройство очистки и смазки, плиты укладываются в штабель и вилочным погрузчиком отвозятся на склад.

Штабеля готовых плит укрывают полиэтиленовой пленкой для предотвращения их высушивания. Длительность твердения зависит от активности цемента, вида древесины, состояния воздуха и других технологических факторов и колеблется от 7 до 14 суток. Влажность плит после выдержки около 40 %. Для достижения стандартной влажности ( $9\pm 3$ ) % плиты высушивают (кондиционируют).

Кондиционирование (придание плитам равновесной влажности) или сушка производится в сушильной камере проходного типа. Плиты сушат при температуре от 70 до 110 °С в вертикальном положении, что гарантирует стабильность формы во время сушки.

Форматная обрезка плит осуществляется по выходу из сушильной камеры. После обрезки плиты сортируют по качеству и отправляются на склад.

## 3.2 Гипсостружечные и гипсоволокнистые плиты

### 3.2.1 Гипсостружечные плиты

Основным сырьем для производства гипсостружечных плит является гипс, древесина хвойных и лиственных пород и вода. Содержание гнили в древесине не допускается, содержание коры не более 10 %. Древесина должна быть выдержана на складе в течение 2-3 месяцев. Стружка должна быть толщиной от 0,2 до 0,3 мм и длиной до 15 мм.

Размеры изготавливаемых плит: длина от 2440 до 3200 мм, ширина от 1000 до 2500 мм, толщина от 8 до 28 мм.

Гипсостружечные плиты хорошо обрабатываются, огнестойки, обладают высокими звукоизоляционными свойствами, не токсичны.

Плотность плит от 900 до 1500 кг/м<sup>3</sup>.

Предел прочности на статический изгиб от 6 до 12 МПа.

Разбухание за 2 ч от 2,5 до 3,5 %.

Модуль упругости 4000 Н/мм<sup>2</sup>.

Производство ГСП отличается от производства ЦСП типом прессующей установки и временем технологического процесса. Это связано с тем, что гипс как вяжущее отличается от цемента меньшим временем твердения.

При отсутствии природного гипса гипсовое вяжущее можно получать из фосфогипса – побочного продукта изготовления фосфорной кислоты. В этом материале содержатся загрязнения от производства кислоты, которые несмотря на незначительное количество оказывают большое влияние на дальнейший процесс схватывания кальцинированного продукта. Фосфогипс промывают, обезвоживают и подают на участок кальцинирования, где из него сначала удаляют остаток свободной влаги, а затем преобразуют в полугидрат. Сушка и кальцинирование материала осуществляется согласно технологии, по которой горячие газы, полученные в топочной камере, пропускают через множество подключённых циклонообразных кальцинационных камер. Поток газа выполняет как транспортирующую функцию, так и функцию теплоагента, передающего материалу тепло, необходимое для получения полугидрата.

После кальцинирования материал направляется на участок охлаждения, а затем в основной бункер для промежуточного хранения, откуда пневматически подаётся на установку для изготовления плит.

Подготовка древесного сырья для производства гипсостружечных плит в зависимости от его размеров и качества включает разные технологические операции.

При использовании круглых сортиментов их окаривают, выдерживают и направляют к стружечным станкам. Затем производится сортировка и доизмельчение на молотковой мельнице. При использовании щепы производится вторичное доизмельчение и сортировка. Полученная стружка взвешивается и направляется в смеситель. Перед этим определяется ее влажность. В зависимости от влажности определяется количество воды и раствора, содержащего замедлитель твердения гипса. В смеситель компоненты поступают в следующем порядке: стружка, раствор замедлителя, гипс, вода. Полусухой способ изготовления отличается водогипсовым соотношением, которое составляет около 0,3 (от 0,25 до 0,35), при этом получается сыпучая консистенция, что позволяет использовать обыкновенные настольные машины. Благодаря такому соотношению доля свободной влаги незначительна, что позволяет снизить затраты на сушку. Для смешивания используется смеситель периодического действия. Соотношение древесины с вяжущим составляет от 0,2 до 0,3, это позволяет легко транспортировать смесь. Использование древесной стружки в качестве армирующего элемента позволяет, в отличие от волокон и опилок, формировать различный профиль плотности, т.е. оказывать целенаправленное влияние на свойства плит.

Формирование ковра осуществляется на поддоны из высококачественной стали. Формирующая машина имеет 4 головки, причем внешние работают по пневматическому принципу. Поддоны с заготовками формируются в штабель. Штабель помещается в прессформу (силовую тележку), зажимается в прессе и выдерживается до окончания процесса гидратации гипса. Этот процесс занимает около 60 мин.

Давление прессования 2,5 МПа. После распалубки и удаления поддонов плиты поступают в сушилку. Влажность плит до сушки – 15 %, после – 2 % (рисунок 3.3).

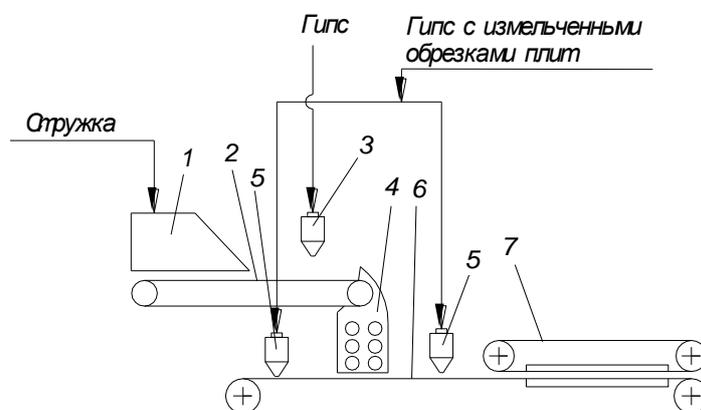


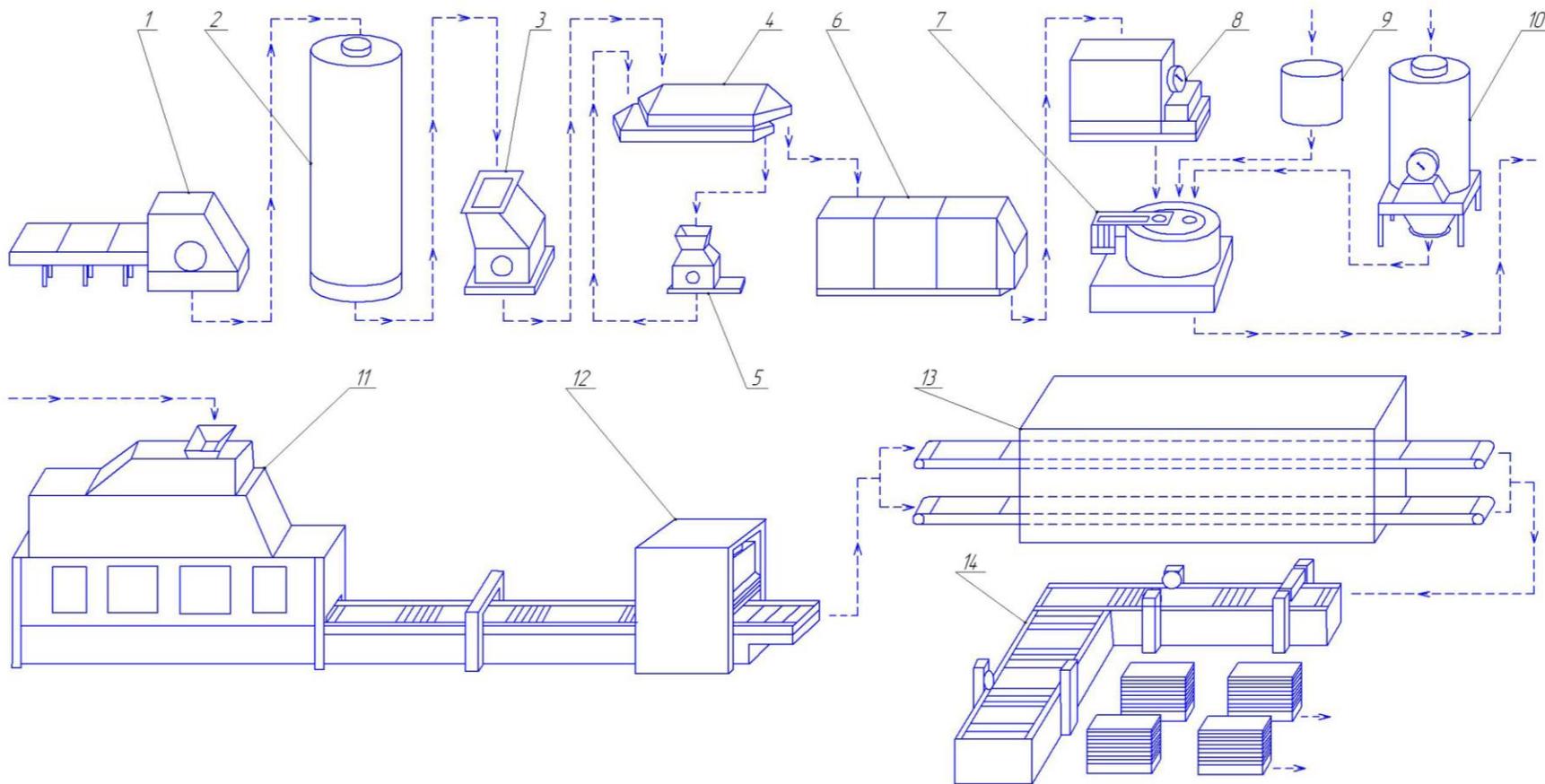
Рисунок 3.3 – Схема процесса смешивания гипса со стружкой, формирования и прессования трехслойных гипсостружечных плит полусухим способом производства

После выхода из сушилок плиты обрезаются по формату, шлифуются и упаковываются. Технологический процесс производства гипсостружечных плит из круглых сортиментов приведен на рисунке 3.4.

**Применение.** Гипсостружечные плиты хорошо поддаются обрезке, фрезерованию, сверлению, в них без труда можно забивать гвозди и шурупы. Применяются они преимущественно для внутренней отделки зданий, устройства стен, потолков. Гипсостружечные плиты могут краситься, покрываться пленками, бумагой и т.д.

### 3.2.2 Гипсоволокнистые плиты

Гипсоволокнистые плиты изготавливают из гипсового вяжущего, древесного волокна и воды. В качестве сырья используется древесина хвойных и лиственных пород в виде круглых лесоматериалов, кусковых отходов лесопильной и деревообрабатывающей промышленности (фанерные обрезки, карандаши, щепы) и макулатура. При использовании древесного волокна его длина должна быть в пределах от 0,09 до 2 мм.



1 – рубительная машина; 2 – бункер для хранения щепы; 3 – стружечный станок; 4 – сортировка стружки; 5 – доизмельчение стружки; 6 – промежуточный бункер; 7 – смеситель; 8 – весы; 9 – вода; 10 – бункер для хранения гипса; 11 – формирующая машина; 12 – пресс; 13 – сушильная камера; 14 – линия для обрезки плит.

Рисунок 3.4 – Схема технологического процесса производства гипсостружечных плит

Основные достоинства гипсоволокнистых плит: нетоксичность, пониженная разнотолщинность, повышенная формоустойчивость, однородная структура материала, высокие механические показатели, повышенная атмосфера- и влагостойкость, повышенные звукоизоляционные свойства, возможность использования во влажных помещениях, легкообрабатываемость. Плиты легко красятся, обклеиваются обоями или обкладываются плиткой

Стандартные размеры плит: 1000×1500 мм; 1250×2500 мм; 1250×3000 мм; 2500×6000 мм, толщина от 6 до 25 мм (преимущественно 10 мм, 12,5 мм, 15 мм).

Плотность плит 1060 - 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Предел прочности при статическом изгибе от 5 до 8 МПа.

Предел прочности на сжатие от 22 до 28 МПа.

Разбухание по толщине за 2 ч не более 0,6 %.

Разбухание по толщине за 24 ч не более 1,8 %.

Модуль упругости 2800-3400 Н/мм<sup>2</sup>.

Производство ГВП отличается от производства ГСП в первую очередь видом используемого сырья. Технологические линии для производства гипсоволокнистых плит производят фирмы Siempelkamp, Wurtex, Varplex и другие. Главное отличие в оборудовании, которое используется для получения волокна из древесного сырья или макулатуры.

При изготовлении волокна из древесного сырья производится его окорка, затем переработка на технологическую щепу в рубительных машинах. Полученную технологическую щепу сортируют, пропаривают в пропарочных установках и расщепляют на волокна в рафинаторах. Также волокно получают в лопастной дробилке, после предварительного измельчения древесного сырья в молотковой дробилке. Затем волокно

высушивается до влажности 10 - 12 % и подается в быстроходный смеситель.

Для смешивания гипса и волокна используется быстроходный смеситель непрерывного действия. Основным оборудованием является настилочная машина. Между настилочными головками расположены распылители для нанесения дополнительной влаги на плиту. Дополнительная вода необходима для отверждения гипса. Формирование ковра производится на сетчатой ленте. Увлажненный ковер поступает в проходной одноэтажный пресс для уплотнения. При постоянной температуре (изотермическая реакция) происходит твердение плит. Давление, необходимое для прессования, определяется плотностью и толщиной плиты. При выходе из пресса плиты обрезаются и производится их сушка в многоэтажной газовой сушилке при температуре в начальной зоне от 180 до 210°C, в конечной от 80 до 110 °C. Влажность плит до сушки около 25 %, после сушки 0,5 %. При необходимости верхняя сторона плит может быть шлифована. Далее на поверхность плит наносится пылесвязывающее покрытие, обеспечивающее замедленное водопоглощение. Затем плиты укладываются в штабеля, упаковываются и отправляются на склад. После сушки возможна обработка плит, используемых при отделке зданий, специальным составом (силикатной дисперсией) для последующей улучшенной окраски или оклеивания обоями.

Формирование гипсоволокнистых плит также может осуществляться с помощью конвейера, который работает в автоматическом режиме и включает в себя ленточные конвейеры, формующую машину, дождевальную установку, две вертикально расположенные ленты, подвижной пресс непрерывного действия для

подпрессовки, пилу для разделения ковра на плиты, передвижной одноэтажный пресс.

По технологии фирмы Wurtex (рисунок 3.50) гипсоволокнистые плиты изготавливаются полусухим способом, когда вода для затворения гипса подается в объеме, несколько меньшем необходимого. Согласно данной технологии предварительное измельчение древесного материала производится в молотковой дробилке, а приготовление волокна – в лопастной. Гипс и волокно непрерывно (в точно установленном соотношении) перемешиваются в смесителе при определенном добавлении опилок и древесных отходов. Из смесителя материал без промежуточного хранения и выдержки поступает в производство, что исключает возможное расслоение и необходимость многократного последовательного дозирования. Готовая сухая смесь делится на три потока, каждый из которых направляется в соответствующий смеситель. В смесителях она перемешивается с частью требуемого количества воды для образования хорошо разрыхляемого материала, пригодного для настила методом разброса. При этом в воде содержатся необходимые добавки для регулирования продолжительности схватывания гипса. Предварительно увлажненная смесь делится на отдельные потоки, направляемые к соответствующим настилочным станциям, формирующим на непрерывно движущуюся конвейерную ленту соответствующее число слоев друг над другом. Только после разбрасывания материала подается в виде распыленного тумана остальное количество воды. Объем ее дозируется так, чтобы после схватывания гипса остаточная влажность материала составляла около 15 %, благодаря чему при прессовании вода не выдавливается из плиты. Перед перемешиванием часть воды подводится через устройство для очистки конвейерных лент, которая вытекает через отстойный резервуар и возвращается в производственный цикл.

Гипсоволокнистые плиты фирмы Wurtex применяются для внутренней отделки зданий, во влажных помещениях, при изготовлении поверхностей без швов, в качестве легких перегородок, противопожарных и звукоизолирующих стен и потолков, плит для пола, креплений решетчатых ферм, огнестойких стен для шкафов.

Технологические процессы производства гипсоволокнистых плит по технологиям фирм Bison и Siempelkamp приведены на рисунках 3.5 и 3.6. Технология, реализованная на линиях фирмы Siempelkamp, включает следующие этапы: 1 – приготовление бумажных обрезков; 2 – бункер для бумажных обрезков с разгрузочным устройством; 3 – мельница для бумажного волокна с магнитным сепаратором; 4 – бункер для гипса с дозирующим шнеком; 5 – бункер для шлифовальной пыли с разгрузочным устройством; 6 – мешалка для гипса; 7 – мешалка для гипса и волокна с дозирующим устройством; 8 – настилочная установка; 9 – станция предварительного уплотнения и увлажнения; 10 – передвижной одноэтажный пресс; 11 – продольная обрезка кромок и линия отвердения; 12 – сушилка плит с загрузочно-разгрузочным устройством; 13 – шлифовальный станок; 14 – устройство для нанесения покрытий; 15 – сушилка для дополнительной просушки; 16 – пыльные комбинации; 17 – штабелеукладчик; 18 – линия упаковки в плёнку. Стандартная толщина плит Siempelkamp 10 мм.

По технологии фирмы Bison макулатура просеивается с целью удаления посторонних включений: камней, песка, металла. Размельчение бумаги начинается с производства бумажных жомов на тяжелых молотковых мельницах. Жомы бункеруются 2 и измельчаются 3 на специальных мельницах для получения волокна. Таким образом, обеспечивается непрерывный поток волокна с постоянной геометрией.

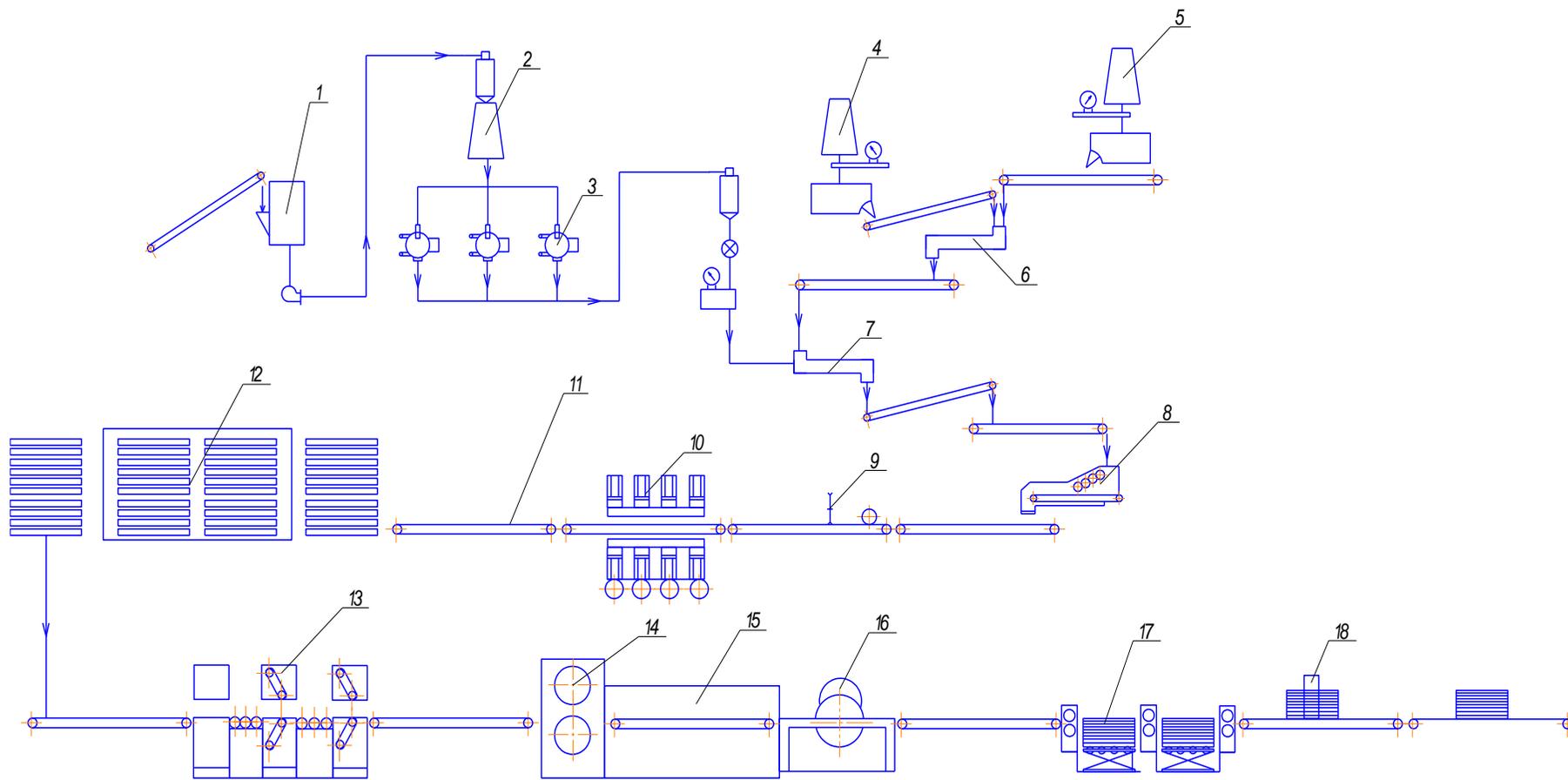


Рисунок 3.5 - Схема производства гипсоволокнистых плит фирмы Siempelkamp

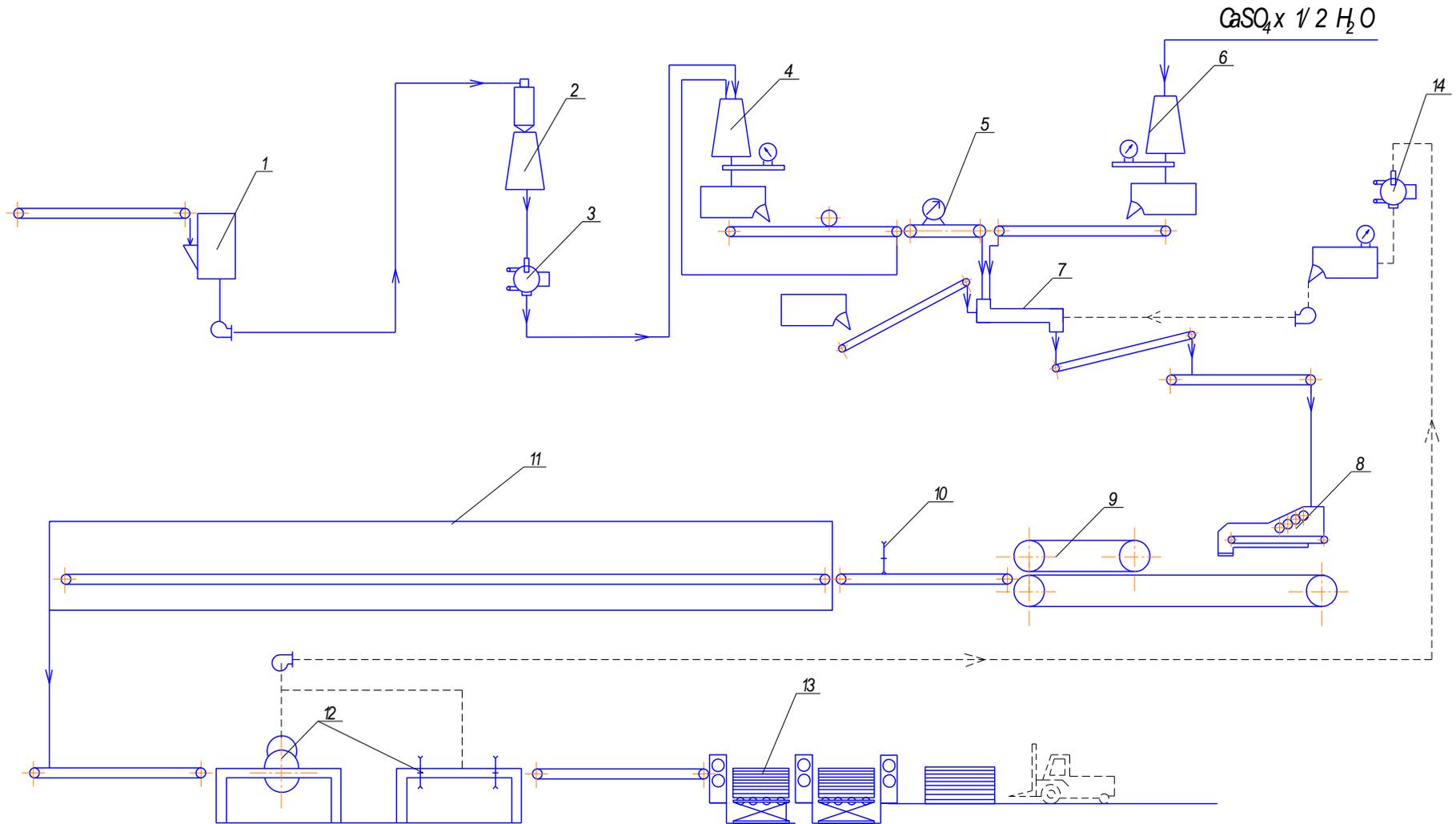


Рисунок 3.6 - Схема производства гипсоволокнистых плит фирмы Bison

Промежуточный бункер 4 с относительно небольшой емкостью служит в качестве амортизатора материала и через ленточные весы 5 подает волокнистый материал в непрерывно работающий смеситель 7. Из бункера гипса 6 в смеситель поступает необходимое, согласно рецептуре, количество вяжущего. После сухого предварительного смешивания волокна и гипса смесь увлажняется. Особенностью технологии Bison является подача в смеситель гидратной воды в форме ледяных кристаллов или снега, так как при подачи в смеситель обычной воды происходит гранулирование волокон за счет непрерывной циркуляции материала, что приводит к неравномерному формированию ковра. Подача ледяных кристаллов позволяет получить гомогенный гипсово-волокнистый материал. Ледяные кристаллы производятся специальными машинами и дозируются через бункер льда в смеситель. Сыпучий смешанный материал подается к формирующей машине 8, которая отсыпает непрерывный поток на нижнюю удлиненную стальную ленту прессы 9. В процессе прессования происходит подогрев плиты до необходимой температуры, ледяные кристаллы плавятся и происходит гидратация гипса. После прессования из прессы выходит непрерывный спрессованный ковер, который делится на плиты необходимого формата с помощью делительной пилы 10. Плиты высушиваются в сушильном тоннеле. На линии раскроя 12 производится продольный раскрой плит на требуемый формат и поперечная обрезка. Образовавшиеся опилки и рейки измельчаются на мельнице 14 и направляются в смеситель. С помощью штабелеукладчика 13 плиты укладываются в штабеля и отвозятся на склад. Данная технология позволяет получать плиты разнотолщинностью  $\pm 0,3$  мм, что исключает процессы калибровки и шлифования. Стандартная толщина плит от 8 до 19 мм, ширина 1250 и 2500 мм. Длина плит варьируется благодаря непрерывному прессованию.

Сравнительные характеристики плит на гипсовом вяжущем представлены в таблице 3.4.

**Применение.** Гипсоволокнистые плиты нашли широкий диапазон применения в современном строительстве. Благодаря своей простой обрабатываемости настоящие плиты являются превосходным материалом как для применения на профессиональном уровне, так и для промышленной переработки в строительные элементы, а также и для кустарного производства. Гипсоволокнистые плиты нашли обширное применение: в плитах сухой штукатурки на стенах и потолках; легких перегородках; наклонных потолках; напольных сухих бесшовных (сплошных) элементах; комбинированных плит, покрытых пенопластом; строительных элементах для промышленного строительства методом сборных домов; в строительстве чердачных помещений и в модернизации старых домов.

Таблица 3.4 – Сравнительная характеристика плит на гипсовом вяжущем

Наименование показателя	Плиты		
	гипсоволокнистые	гипсостружечные	гипсокартонные
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1120	1120	800
Предел прочности, МПа:			
- при статическом изгибе	7,0	8,0	8,3
- при растяжении перпендикулярно пласти	0,5	0,5	0,2
Модуль упругости, Н/мм <sup>2</sup>	3200	5000	3500
Способность удерживать винты, Н	350	350	70

Контрольные вопросы по разделу:

- 1 Перечислить основные достоинства и недостатки цементностружечных плит;
- 2 Перечислить основные достоинства и недостатки гипсоволокнистых плит;
- 3 Перечислите наиболее значимые факторы, влияющие на качество гипсостружечных плит;
- 4 Рассказать о преимуществах гипсоволокнистых плит;
- 5 Перечислить виды сырья и основные материалы в производстве цементностружечных плит;
- 5 Перечислить основные преимущества ЦСП в сравнении с ДВП и ДСтП;
- 6 Привести классификацию ЦСП;
- 7 Составить последовательность технологических операций производства гипсоволокнистых плит;
- 8 Область применения древесных плит на воздушном вяжущем;
- 9 Перечислить основные преимущества гипсоволокнистых плит в сравнении с древесноволокнистыми плитами сухого способа производства;
- 10 Составите технологическую схему производства гипсостружечных плит;
- 11 Назовите основные стадии технологического процесса производства ЦСП;
- 12 Что подразумевает термин «цементные яды»?
- 13 Для чего необходима длительная выдержка при производстве цементностружечных плит?
- 14 С какой целью при производстве ГСП или ГВП вводятся замедлители твердения гипса?

## Заключение

Изучение части курса «Производство древесных плит» имеет цель повышения уровня теоретических знаний у студентов, необходимых им как при выполнении лабораторных работ, так и в будущей профессиональной деятельности. Рассматриваемы технологические процессы, сориентированы на комплексное использование древесины, в особенности переработки отходов деревообрабатывающих производств и изготовления плитных материалов на основе древесных частиц.

Детальное рассмотрение технологических процессов и характеристик выпускаемой продукции, формирует представление о рациональном использовании природного ресурса – древесины путем переработки её в условиях высокотехнологических производств. Знания эксплуатационных свойств плитных материалов позволяют сформировать представление у студентов об областях их применения.

## Библиографический список

1 ГОСТ 10632-14. Плиты древесностружечные. Технические условия.– Взамен 10632-07; введ 01.07.2015. - М.: Стандаринформ, 2015.- 16 с.

2 ГОСТ 32567-2013. Плиты древесные с ориентированной стружкой. - Введ. с 01.07.2014. - М. : Стандаринформ, 2013. – 20 с.

3 ГОСТ9463-88 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. – ГОСТ9463-72; введ 21.04.1988. - М.: Стандаринформ, 1997. - 17 с.

4 ГОСТ 9464-88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. – Взамен ГОСТ9464-72; введ 21.04.1988. - М.: Стандартиформ, 1997.- 17 с.

5 ГОСТ 15815-83. Щеп технологическая. Технические условия. - Взамен ГОСТ 15815-70; введ. 24.09.83. – М. : Издат. стандартов, 1992. – 15 с.

6 ГОСТ 14231-88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия . - Взамен ГОСТ 14231-72; введ. 30.06.89. – М.: Издат. стандартов, 2003. – 14 с.

7 ГОСТ 20907-75. Смолы фенолоформальдегидные, жидкие. Технические условия. введ. 01.01.77. – М.: Издат. стандартов, 1992. – 37 с.

8 ГОСТ 4598-86. Плиты древесноволокнистые. Технические условия. стандарт введ. 31.01.1986 - М.: Стандартиформ; М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. - 16 с.

9 ГОСТ 32274 – 2013. Плиты древесные моноструктурные. Технические условия. стандарт введ. 01.07.2014 - М.: Стандартиформ; М.: Издат. стандартов, 2014. - 12 с.

10 ГОСТ 32399-13 Плиты древесно-стружечные влагостойкие. Технические условия s: межгос. стандарт.; Введ. с 2014-01-07. - М.: Стандартиформ; М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. - 14 с.

11 ГОСТ 32398-13 Плиты древесно-стружечные огнестойкие. Технические условия s: межгос. стандарт.; Введ. с 2014-01-07. - М.: Стандартиформ; М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 14 с.

12 ГОСТ 26816-86. Плиты цементностружечные. Технические условия. – Введ 01.07.1986. - М.: Изд-во стандартов, 1986.- 32 с.

13 Волынский, В.Н. Технология древесных плит и композиционных материалов: учебное пособие для вузов [Текст] / В.Н.Волынский. – Спб.: Лань, 2010. – 336 с., ил.

14 Волынский, В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: учебное пособие для вузов [Текст] / В.Н.Волынский. – Таллин: Дезидерата, 2004. – 192 с., ил.

15 Денисов, О. Б. Технология и оборудование древесных плит и пластиков [Текст] : курс лекций для студентов спец. 250403 Технология деревообработки направления 656300 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» всех форм обучения / О. Б. Денисов, В. Л. Соколов, В. Н. Хлебодаров. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 132 с.

16 Денисов, О. Б. Прессование древесностружечных и древесноволокнистых плит [Текст] / О. Б. Денисов, А. А. Филиппович. - Красноярск: СибГТУ, 2000.- 48 с.

17 Леонович, А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения: учеб. пособие /А.А. Леонович – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005.– 208 с.

18 Мельникова, Л. В. Технология композиционных материалов из древесины [Текст]: учебник для студентов спец. «Технология деревообработки» / Л. В. Мельникова.– М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. –235 с.

19 Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции [Текст]: учебник для студентов ВУЗов / И.Х. Наназашвили.- Л.: Стройиздат, 1990.- 415 с.

20 Отлев, А. И. Справочник по производству древесностружечных плит [Текст] / А. И. Отлев.- М.: Лесн. пром-сть, 1990, 380 с.

21 ОСТ 13-20-85. Дрова для гидролизного производства и изготовления плит . - Взамен ОСТ 13-76-79; введ. 19.01.85. – М : Издат. стандартов, 1985. – 12 с.

22 Плотников, С.М. Формирование и обработка стружечного ковра в производстве древесных плит [Текст] / С.М. Плотников. – Красноярск: СибГТУ, 2014. - 165 с., ил.113.

23 Разиньков, Е.М. Технология и оборудование древесных плит и композиционных материалов: учебное пособие с грифом УМО / Е.М. Разиньков, В.С. Мурзин - ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2012.- Воронеж, 224 с.

24 Уголев, Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учеб. для вузов / Б. Н. Уголев . - Изд. 5-е, перераб. и доп.. - М.: Изд-во МГУЛ, 2007. - 351 с.

25 Хрулев, В.М. Цементностружечные плиты в строительстве [Текст]:/В.М. Хрулев.- Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001.- 96 с.

26 Siempelkamp [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.siempelkamp.com>

Приложение А  
(справочное)

Перечень ключевых слов

Агент сушки	Обработка готовых плит
Антипирен	Плотность древесины
Антисептик	Продолжительность сушки
Базисная плотность	Подпрессовка
Барабанная сушилка	Получение стружки
Вентилятор	Портландцемент
Влажность	Разбухание
Водопоглощение и разбухание	Режим
Гипс	Связующее
Гипсоволокнистые плиты	Синтетические смолы
Гипсотружечные плиты	Смесители
Горячее прессование	Слой
Градиент влажности	Смешивание со связующим
Градиент давления	Стружка
Градиент температуры	Сушка стружки
Деформация	Твердение материала
Диаграмма прессования	Технология
Древесностружечные плиты	Технологическая схема
Калибрование	Токсичность
Клееприготовительное отделение	Формирование ковра
Клей	Цех
Композиционные материалы	Шлифование
Кондиционирование	Штабель
Маркировка	Морозостойкость
Минеральное вяжущее	Насыпная плотность

Учебное издание

Михаил Андреевич Баяндин  
Криворотова Анна Ивановна  
Владислав Львович Соколов

**Производство древесных плит**  
Учебное пособие по освоению  
части курса

Отв. редактор доц. Б.Д. Руденко  
Редактор РИЦ Л.М. Буторина

*Подписано в печать*  
*Формат 60x84 1/16 Изд. № 4/8.*  
*Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 4,875*  
*Заказ №*

*Редакционно-издательский центр СибГАУ.*  
*660049, г. Красноярск, пр. Красноярский рабочий, 31*

*Телефон (391) 227-69-90, факс (391) 211-97-25*