

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный
университет архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

С.Н. Кислицына, И.Ю. Шитова

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 35.03.02
«Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2016

УДК 674:628.477.6(075.8)

ББК 37.130.9я73

К44

Рецензент – кандидат технических наук, доцент О.В. Карпова

Кислицына С.Н.

К44 Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности: учеб. пособие по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»/ С.Н. Кислицына, И.Ю. Шитова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 140 с.

Приведена классификация отходов древесины, рассмотрены основные направления их рационального использования. Изложены технологические процессы получения, свойства и применение материалов на основе древесных отходов.

Методические указания подготовлены на кафедре «Технологии строительных материалов и деревообработки» и предназначены для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

© Пензенский государственный университет
архитектурны и строительства, 2016
© Кислицына С.Н., Шитова И.Ю. 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с общемировой тенденцией расширения многоцелевого использования древесины особо актуальными являются вопросы утилизации древесных отходов.

Совершенствование технологических процессов на современном этапе необходимо производить на качественно новом уровне, т.е. создавать высокоэффективные технологии и оборудование для комплексной переработки и рационального использования древесного сырья на всех фазах производственного процесса.

Целью данного учебного пособия является ознакомление студентов специальности 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» с основными направлениями использования древесных отходов, что поможет будущим специалистам в их работе и будет содействовать дальнейшему совершенствованию производства, повышению качества вырабатываемой продукции, защите окружающей среды и более рациональному использованию древесных ресурсов.

В учебном пособии излагаются сведения о ресурсах древесного сырья, в т.ч. и отходах, рассматриваются технологические процессы переработки различных древесных отходов, даются сведения о применяющемся оборудовании и режимах его работы.

Особое внимание уделено использованию отходов, образующихся при заготовке и обработке древесины.

В учебном пособии приводятся широко апробированные технологические схемы по производству материалов на основе древесных отходов.

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

Общепрофессиональными:

– способностью понимать научные основы технологических процессов в области лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

Профессиональными:

– владением методами исследования технологических процессов заготовки древесного сырья, его транспортировки и переработки.

– владением методами комплексного исследования технологических процессов, учитывающих принципы энерго- и ресурсосбережения и защиты окружающей среды

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

– номенклатуру и классификацию древесных отходов;

– основные области применения отходов деревообрабатывающего комплекса;

– ассортимент древесных материалов на основе отходов деревообрабатывающей промышленности;

- особенности структуры различных пород древесины и методы исследования их строения;
- основные нормативные документы в области производства и качества материалов на основе древесных отходов;
- современный подход к вопросу оценки свойств древесных материалов;
- взаимосвязь между строением и свойствами древесных материалов;
- цель, сущность и способы осуществления основных технологических процессов производства древесных материалов основе отходов деревообрабатывающей промышленности.

Уметь:

- выполнять анализ структуры различных видов древесных материалов на основе отходов деревообрабатывающей промышленности;
- производить оценку свойств древесных материалов используя современную испытательную аппаратуру;
- использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке, контроле качества и сертификации древесных материалов и изделий на основе древесных отходов;
- отбирать пробы для проведения сертификации;
- проводить сравнительную оценку с нормативными данными показателей качества;
- контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- используя методы анализа, справочную литературу правильно выбрать оборудование, выполнить расчет основных технологических параметров производства материалов на основе отходов деревообрабатывающей промышленности.

Владеть:

- методами стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий на основе отходов деревообрабатывающей промышленности
- методами осуществления технического контроля и разработки технической документации по соблюдению технологической дисциплины в условиях действующего производства;
- методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.

ВВЕДЕНИЕ

В России находится около 50% мировых запасов древесины. Анализ потребления древесины показывает, что ее заготовка и переработка сопровождаются огромными потерями. До 50% всей перерабатываемой древесины составляют побочные продукты в виде отходов, большая часть которых сжигается или вывозится в отвал. Между тем они являются ценным сырьем для производства разнообразных строительных материалов, а также для гидролизной, целлюлозной и других отраслей промышленности. Утилизация отходов древесины имеет огромное народнохозяйственное значение. С одной стороны, она позволяет удовлетворить потребность строительства во многих конструктивных, облицовочных и теплоизоляционных материалах, по техническим свойствам в ряде случаев превосходящих пиломатериалы, а с другой – существенно сократить объемы вырубки леса.

В настоящее время в стране заготавливается около 500 млн. м³ древесины. При этом на всех стадиях процесса от заготовки до переработки древесного сырья образуется значительное количество отходов. Только на лесозаготовках в отходы уходит более 32 % вырубленного леса.

Наибольшее количество отходов образуется при лесопилении (только 60-62 % исходного сырья превращается в основную продукцию).

Отходами лесопильного производства являются горбыли, рейки, обрезки досок, вырезки дефектных мест, опилки, стружка и кора. Кроме того, безвозвратно при сушке теряется 5-7 % и распыляется 1-2 %. Количество коры составляет около 10-12 % от всего объема бревна (кора, правда, не входит в баланс древесины и считается внебалансовым отходом). Вследствие этого в себестоимости пиленой продукции затраты на сырье составляют 70-80 % от затрат на ее выработку.

Из всего количества образующихся древесных отходов только 60-65 % используется в качестве вторичного сырья, остальные отходы сбрасываются в отвалы, отрицательно влияя на окружающую среду.

Все отходы древесины являются ценным сырьем для производства различной продукции, однако по возможности утилизации они не равноценны. Наибольшую ценность представляют деловые отходы, из которых можно изготавливать разнообразную мелкую пилопродукцию. К ним относятся горбыли, рейки, крупные кусковые отходы. Их можно использовать и для производства целлюлозы, древесноволокнистых плит (ДВП), древесностружечных плит (ДСП), цементно-стружечных плит (ЦСП) и химической продукции.

Меньшей ценностью обладают отходы, возможность использования которых ограничена (стружка, опилки, мелкие кусковые отходы, щеп). Опилки и стружку благодаря адсорбирующим, абразивным, изоляционным

и другим свойствам широко используют в различных производствах: для хозяйственных целей и как технологическое сырье.

Щепа и мелкие кусковые отходы являются исходным химическим сырьем при производстве строительных материалов, вискозного волокна (а затем тканей), технического спирта, кормовых дрожжей, уксуса, целлюлозы, бумаги, картона и многих других продуктов. Для производства этой продукции древесина измельчается, а затем поступает на переработку по специальной технологии, используемой при производстве конкретной продукции.

Часть древесных отходов в брикетированном виде применяют как топливо для бытовых и промышленных печей.

Древесные отходы также используются в газогенераторных установках. Принцип энергохимического использования отходов древесины основан на газификации древесины и получении из нее химических продуктов и горючего газа с последующим использованием его в качестве топлива.

Для использования в лесохимической и целлюлозно-бумажной промышленности, в производстве строительных материалов кусковые отходы деревообработки должны быть переработаны в технологическую щепу. Этот процесс осуществляется на лесопильном производстве, а сама щепа является сопутствующей товарной продукцией.

Относительно низкая стоимость древесных отходов, ценные, а в отдельных случаях уникальные свойства материалов на их основе, а также непрерывная возобновляемость древесных ресурсов обуславливают наметившийся в последнее время интерес к этим материалам.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Отходами производства называются остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства основной продукции и утратившие частично или полностью потребительную стоимость исходного сырья и материалов. Эти остатки могут быть использованы в народном хозяйстве в качестве сырья или добавки к основному сырью в другом производстве.

Под отходами в лесопильно-деревообрабатывающем производстве понимают ту часть сырья, которая не попадает в основную продукцию предприятия. Древесные отходы образуются в большом количестве практически на всех стадиях технологического процесса: лесозаготовка – лесопиление – деревообработка.

Отходы – ценное вторичное сырье для производства разнообразных материалов, изделий, продуктов.

Отходы образуются по следующим причинам:

- в связи с биологическими особенностями произрастания деревьев (листья, хвоя, ветви, вершины, пни, корни, кора);
- вследствие получения материалов прямоугольного сечения из материалов круглой формы (горбыли, рейки);
- из-за сбежистости ствола (рейки, комлевые срезки);
- неправильной формы ствола (овальности, сбежистости);
- пороков древесины (сучков, трещин и т.п.);
- несовершенства технологически процессов обработки древесины (опилки, стружки, обрезки, карандаши, отструг при строгании шпона).

При обработке и переработке древесины кроме отходов получают безвозвратные потери на усушку древесины во всех видах производства (6%) и упрессовку в производстве клееных слоистых материалов.

В России проблема утилизации древесных отходов относится к числу наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах переработки теряется почти половина биомассы дерева, что естественно говорит о низком уровне технологических процессов деревообработки. Из примерно 60 млн. м³ ежегодно образующихся отходов почти три четверти приходится на долю лесопиления, из них 60 % составляют крупные или кусковые (горбыль, рейки, вырезки и т.д.) и 40 % мелкие или мягкие (опилки, стружка и т.д.).

1.1. Основные термины и понятия

Маломерная древесина (тонкомер) – древесина, имеющая толщину в верхнем конце без коры от 2 до 6 см, из которой ввиду ее малого диаметра и высоты, невозможно выработать круглые сортименты, соответствующие техническим требованиям для производства пилопродукции или изделий.

Круглые некондиционные лесоматериалы – сортимент не отвечающий требованиям стандартов по качеству, размерам, форму.

Бездефектные отрезки – отрезки пиломатериалов, качество которых соответствует качеству пилопродукции, а размеры меньше допустимых для выпускаемой продукции.

Горбыль представляет собой отпиленную периферийную часть бревна, у которой с одной стороны пропиленная пласть, с другой – необработанная поверхность. Количество горбылей зависит от метода раскроя, диаметра и сбега бревен, правильности расчета поставов, подбора бревен по диаметрам и других факторов.

Козырек – дефект ствола, характеризует неперпендикулярность его торца, образуется при валке деревьев.

Откомлевки – обрезки при оторцовке хлыстов, представляют собой комлевую часть ствола с такими пороками формы ствола как сбежистость, закомелистость, которые снижают качество деловых сортиментов или совсем в них не допускаются.

Рейки – узкие, продольные, клиновидные отрезки пиломатериала содержащие обзол, получающиеся при отрезке необрезных пиломатериалов, а также при раскрое пиломатериалов по ширине.

Обзól – дефект распиловки древесины, часть боковой поверхности бревна, сохранившаяся на пиломатериале или иной деревянной детали после его распиловки.

Отрезки – часть бревен или пиломатериалов, получающиеся при поперечном раскрое, когда размеры пиломатериалов не кратны размерам заготовок по длине, при торцовке бревен и пиломатериалов или при вырезке дефектов и пороков древесины.

Обрезки – древесные отходы, получающиеся при раскрое фанеры, лущеного и строганного шпона, древесных плит на заготовки.

Карандаши – часть фанерного чурака, остающаяся после лущения шпона.

Шпон-рванина – куски шпона, получающиеся в процессе лущения, строгания, сушки, сортировки и рубки шпона по формату.

Отструг – часть бруса или ванчеса, остающаяся после строгания, в виде досок нестандартных размеров при изготовлении строганного шпона.

Опилки – частицы древесины, образующиеся при поперечной и продольной распиловке круглых лесоматериалов, пиломатериалов, при раскрое плит и фанеры. Длина частиц опилок зависит от типа и технологических параметров режущего инструмента, в результате работы которого они образованы.

Стружка – тонкий, узкий, обычно свернувшийся в завиток слой древесины, образующийся при строгании, фрезеровании и сверлении пиломатериалов, заготовок и деталей на фуговальных, рейсмусовых, фрезерных и

других станках. Форма и размеры стружек зависят от типа станков и характера обработки.

Древесная пыль представляет собой совокупность частиц размером 15-20 мкм, образуется при обработке древесины на шлифовальных станках.

Распыл – мельчайшие частицы древесины, которые в процессе пиления древесины распыляются и не могут быть собраны. Например, потери древесины на распыл для обрезных досок принимают 1-1,5% от объема распиленного сырья.

1.2. Номенклатура древесных отходов [18]

1. Отходы лесозаготовок на лесосеке.

К отходам лесозаготовок на лесосеке относятся:

Малоценная древесина – это хворост (маломерная древесина), здоровый валежник и обломки стволов в процессе заготовки леса.

Отходы кроны – сучья, ветви и вершинки, древесная зелень – все это составляет крону дерева и содержит древесину, кору, молодые побеги текущего года, хвою и листья. При валке дерева и во время трелевки леса часть ветвей, сучьев и вершин обламывается и остается на лесосеке. Объем обламываемой части отходов кроны зависит от породы деревьев, высоты древостоя, способа трелевки, времени года и др.

Древесная зелень является составной частью органической массы ветвей, сучьев, маломерной древесины и включает в себя листья, хвою, хвойные лапки, недревесневшие побеги. В виде отходов она образуется там же, где и сучья, ветви и маломерная древесина.

Пни и корни. При валке деревьев на лесосеке остаются пни, которые по своему строению, физико-механическим и химическим свойствам древесины мало отличаются от древесины ствола. Вместе с пнями на лесосеке остаются корни. Строение корня отличается от строения древесины ствола тем, что в древесине корня содержится меньшее количество волокон.

2. Отходы лесозаготовок на погрузочной площадке (верхнем складе).

Отходы кроны – сучья, вершинки, ветви, древесная зелень.

Отходы раскряжевки – опилки, козырьки, и откомлевки. Физико-механические и химические свойства древесины отходов раскряжевки такие же, как и ствольной древесины соответствующей породы.

3. Отходы лесозаготовок на нижнем складе.

Отходы кроны – сучья, вершинки, ветви, древесная зелень.

Отходы раскряжевки – откомлевки, козырьки, опилки.

4. Кусковые отходы лесопиления и деревообработки.

К ним относят: горбыль, рейки, отрезки бревен и пиломатериалов, обрезки фанеры и плит.

5. Отходы фанерного производства.

К ним относят: карандаши, отструг, отрезки чураков, шпон-рванина.

6. Мягкие отходы лесопиления и деревообработки.

К ним относят: опилки, стружка, шлифовальная пыль.

7. Кора.

Кора по своему химическому составу резко отличается от древесины. В ней содержится большое количество минеральных и экстрактивных веществ, лигнина. Кора многих древесных пород (дуба, ивы, ели, лиственницы) содержит растительные таниды.

1.3. Классификация древесных отходов

Древесные отходы можно классифицировать по следующим признакам: физико-механическим и химическим свойствам, возможности использования, месту образования в технологическом процессе переработки, технической и экономической доступности. Наличие нескольких, весьма различных классификаций, иногда делает несопоставимыми отдельные данные, что затрудняет учет и анализ образования древесных отходов. Для определения направлений дальнейшего использования отходов в настоящее время основными показателями считаются размерно-качественные характеристики (крупные – кусковые, мелкие – мягкие) и экономические факторы (доступность и рентабельность).

Рассмотрим некоторые классификации древесных отходов.

В зависимости от их вида:

- твердые или кусковые (горбыли, рейки, обрезки, ветви, вершины, пни, корни);
- мягкие (стружки, опилки, древесная пыль, луб);
- кора;
- древесную зелень (хвоя, листья).

В зависимости от последовательности их получения:

- образуемые при заготовке леса;
- образуемые при использовании древесины в круглом виде;
- образуемые при первичной обработке;
- образуемые при вторичной обработке;
- образуемые при переработке древесного сырья.

В зависимости от сортамента исходного сырья:

- отходы пиломатериалов и фанеры;
- отходы древесных плит;
- лесосечные отходы (сучья, ветки, пни, тонкомер) и т.д.

В зависимости от породы:

- хвойные;
- лиственные;
- смешанные.

В зависимости от влажности:

- сухие;
- влажные.

Обобщенная классификация древесных отходов приведена на рис.1 [18].

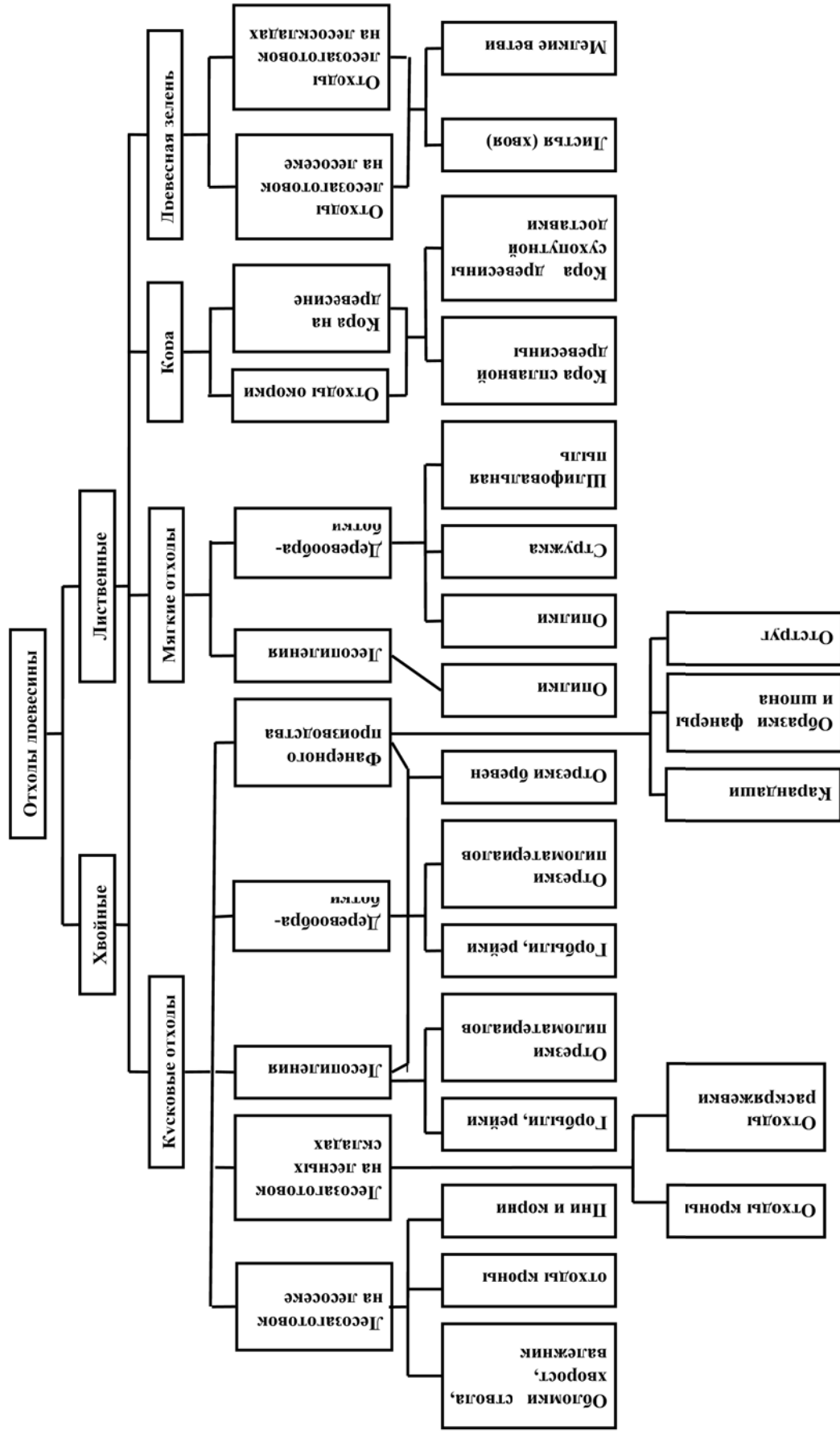


Рис. 1. Классификация отходов древесины

Количество отходов деревообрабатывающего производства зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, технического уровня и состояния оборудования. Количество отходов на основных деревообрабатывающих производствах составляет:

- строительно-столярные цеха и стандартное домостроение – 15%;
- лесопиление рамное – 18-22%;
- производство паркета – 60-65%;
- лыжное производство – 35-36%;
- мебельное производство – 29-30%;
- производство деревянной тары – 32%;
- шпалопиление – 10-12%;
- на лесосеках – 20-22% (до 35%).

В обобщенном виде основные направления использования древесных отходов приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Направления использования древесных отходов

Группы и виды отходов	Направление использования					
	целлюлозно-бумажное	плитное	химическое	кормовое	топливо	прочее
1. Кусковые отходы:						
горбыли, рейки	+	+	+	-	+	+
отрезки пиломатериалов обрезки досок и т.д.	+	+	+	+	+	+
2. Мягкие отходы						
опилки	-	+	+	+	+	+
стружка	+	+	+	+	+	+
древесная пыль	-	+	-	-	+	-
3. Кора	-	+	+	+	+	+

Учет древесных отходов производится в кубических метрах плотной массы по коэффициенту полндревесности. Величина коэффициента полндревесности (плотности) для некоторых видов отходов представлена в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты полндревесности различных древесных отходов

Вид отходов	Коэффициент полндревесности	Вид отходов	Коэффициент полндревесности
Горбыль крупный: в поленницах	0,53	Опилки: мелкие рыхлые мелкие утрамбованные крупные рыхлые	0,27
в клетках	0,38		0,37
Горбыль тонкий: в поленницах	0,46	Стружка мелкая: рыхлая утрамбованная	0,24
в клетках	0,33		0,15
Рейка уложенная: деловая неделовая	0,61	Сучья и вершины	0,30
	0,46	Хворост	0,25
Короткие обрезки досок (торцы)	0,61	Щепа из отходов лесозаготовок	0,30 – 0,36
Дрова	0,70-0,80	Щепа из отходов деревообработки	0,32 – 0,38
Отходы окорки	0,34	Пыль древесная	0,52
Обрезки фанеры и плит	0,6	Обрезки шпона и шпон-рванина	0,45

Для конкретных условий объем отходов можно рассчитать воспользовавшись методикой расчета нормативов и объемов образования отходов древесины, приведенной в справочной литературе [17,18].

1.4. Виды ресурсов древесных отходов [18]

Направления и объемы использования древесных отходов определяются не только техническими возможностями, но и структурой их потребления, затратами на производство, транспортными расходами, уровнем цен на взаимозаменяемые материалы и т.п. Так как не вся масса древесных отходов может быть использована с необходимым экономическим эффектом, их ресурсы подразделяют на следующие виды:

потенциальные ресурсы – они включают весь объем отходов и потерь, образующихся при освоении отводимого в рубку лесосечного фонда или переработке древесного сырья и материалов;

реальные ресурсы – определяются как потенциальные за вычетом неизбежных технологических потерь в процессе заготовки древесины, ее переработки, транспортировки и хранения отходов, переработки отходов в конечную продукцию (опилки при валке деревьев, потери сучьев при валке, трелевке, погрузке леса, усушка, упрессовка, распыл и др.);

экономически доступные – ресурсы отходов для использования на технологические нужды, представляют ту часть реальных ресурсов, которая может быть переработана в конечные продукты с надлежащим экономическим эффектом. В экономически доступные ресурсы не входят

отходы, используемые на топливные нужды и реализуемые местному населению и учреждениям в необработанном виде. Экономически доступными являются те ресурсы отходов, при освоении которых предельная цена сырья (полуфабриката) равна или выше нормативной (расчетной) стоимости его производства и транспортировки.

Выбор наиболее эффективного способа использования отходов зависит от типа производства, его объема, номенклатуры и количества образующихся отходов, а также от условий транспортирования и сбыта продукции. Важнейшим условием использования отходов в качестве вторичного сырья является накопление значительных масс сырья на тех предприятиях, где предусматривается их переработка. Решение этих вопросов связано с укрупнением производства основной продукции, а также с перевозкой отходов. В деревообрабатывающей промышленности имеется много мелких предприятий, вследствие чего значительная часть отходов рассредоточена по многим пунктам, а это сдерживает развитие производств по их переработке.

В данном учебном пособии рассмотрены следующие направления использования древесных отходов:

- использование древесных отходов в качестве удобрений;
- производство и использование древесной зелени;
- производство генераторного (древесного) газа;
- переработка кусковых отходов в технологическую щепу для использования в лесохимической и целлюлозно-бумажной промышленности;
- использование древесных отходов в производстве древесно-цементных композитов;
- производство топливных брикетов (гранул);
- производство древесной муки.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

Древесное сырье содержит органические вещества (лигнин – 18-30%, целлюлозу – 39-52%), способствующие гумусообразованию в почве, а также минеральные вещества (фосфор, калий, азот, углерод).

Древесные отходы на 95% состоят из клеточных оболочек, которые содержат 44-46% целлюлозы, 20-30% лигнина, 15-17 % гемицеллюлозы, 13-15% жиров, смол, воска, белков, а также минеральные вещества (фосфор, калий, азот, углерод). Однако древесина сравнительно бедна азотом (0,1-1,2%), поэтому широкое применение одних древесных остатков в качестве удобрения малоэффективно. Для удобрения почвы лучше использовать готовые компосты на основе древесно-растительных остатков.

Целью компостирования древесных отходов является устранение недостатка азота и доведения состава минеральных веществ до оптимального уровня, соответствующего типам почв, на которых будут использоваться.

Компосты из коры, опилок, стружки и мелкой фракции щепы являются естественным органическим удобрением, обладают способностью удерживать в почве влагу и питательные вещества, способствуют аэрации почвы.

Для компостирования частицы древесины должны быть не более 10 мм.

Компостирование может проводиться по различным схемам. Одна их схем технологического процесса компостирования древесно-растительных отходов приведена на рис. 2 [19].

Компостированию древесных отходов предшествует их измельчение и переработка в стандартную щепу размером 25-50 мм. Большая площадь общей поверхности измельченных древесно-растительных отходов создает благоприятные условия для лучшей аэрации и ускорения биологических процессов. Для измельчения древесных остатков используют передвижные рубильные машины, например ТТ-97R (производства Финляндии) на базе трактора К-700А; для переработки древесно-растительных отходов в щепу непосредственно на месте рубок могут использоваться навесные рубильные машины ТР 860 РН на базе трактора МТЗ 82.

Технология компостирования переработанных древесно-растительных отходов заключается в следующем. Древесная щепка и зеленая масса (листья, трава) тщательно перемешиваются фронтальным погрузчиком, затем добавляется отсев от компостируемых древесно-растительных отходов. Полученная масса сдвигается и формируется в бурты с шириной основания не менее 6 м и расстоянием между буртами 3,5-4 м. Боковые склоны насыпаются под углом 45 градусов. Для формирования и перемешивания буртов на площадке компостирования используют автопогрузчики.



Рис. 2. Схема процесса компостирования древесно-растительных отходов

Содержание влаги – один из наиболее важных показателей оптимального компостирования. При компостировании древесно-растительных отходов исходную влажность поддерживают в пределах 60-70%, поэтому при формировании бурта сырье обильно проливается водой. Для удержания воды по верхней кромке бурта устраивается канавка шириной и глубиной около 0,5 м. В дальнейшем пролив производится по необходимости, в зависимости от влажности бурта.

Доступ воздуха внутрь бурта обеспечивается регулярным еженедельным перемешиванием сырья с помощью ковша емкостью 2 м тракторного погрузчика. Перемешивание производится путем перемещения (пересыпания) бурта на соседнее свободное место с края площадки. На место перемещенного бурта пересыпается соседний бурт и т.д. Следующее перемешивание производится в обратном порядке.

Большое влияние на процесс компостирования оказывают углерод и азотистые вещества. Для интенсивного протекания процесса компостирования желательно, чтобы соотношение $C:N$ составляло от 25:1 до 30:1. В древесных отходах содержание азота, фосфора, калия значительно

меньше, чем углерода, поэтому для соблюдения оптимального соотношения $C:N$ применяют добавки в виде минеральных удобрений.

Например, рекомендуемый расход минеральных удобрений на 1 тонну измельченной древесной сухой массы:

- 7,5 кг азота, 12 кг суперфосфата;
- 5 кг аммиачной селитры, 10 кг фосфатной муки, 2 кг хлористого калия.

Могут быть рекомендованы и другие соотношения минеральных удобрений.

Неотъемлемой частью технологии является контроль физико-химических параметров и состава компостируемой массы. При закладке бурта компостирования должны соблюдаться следующие технологические условия: объем сырья в бурте не менее 100 м³, оптимальная температура 50-70°C, влажность в бурте 60-70%; контролируется и состав компостируемой массы

Неперегнившие остатки древесных отходов отсеиваются и в дальнейшем добавляются в свежие древесные отходы для ускорения разогрева компостируемых остатков. Готовый компост складывается для дальнейшего изготовления почвенных смесей.

Срок компостирования зависит от состава компостируемого материала и созданных условий и может колебаться от 2 до 6 месяцев.

Использование древесно-растительных отходов для приготовления компостов позволяет решить актуальные экологические задачи:

- уменьшить объем вывоза отходов на полигоны захоронения ТБО;
- использовать древесные отходы в качестве вторичного ресурса;
- восстановить плодородие деградированных почв.

Измельченные древесные отходы также используют для мульчирования почвы, особенно это важно для песчаных грунтов.

3. ПРОИЗВОДСТВО ГЕНЕРАТОРНОГО (ДРЕВЕСНОГО) ГАЗА

Генераторный (древесный) газ получают путем термической переработки древесных отходов в газогенераторах.

Газогенераторные установки для сжигания опилок сокращенно называют УДСО. Газ, полученный в этих установках, впоследствии используют для работы теплогенераторов, а также паровых и водогрейных котлов. УДСО может быть как частью водогрейного котла с теплогенератором, так и самостоятельным изделием.

Работа газогенератора основана на процессе превращения твердого топлива в газ. Преобразование протекает под воздействием высоких температур без доступа воздуха либо в процессе горения при недостатке воздуха. В реакторной зоне происходят термохимические реакции, которые и приводят к образованию древесного газа.

В газогенераторных установках происходит не только пиролиз древесины, правильнее это процесс называют частичным (т.е. неполным) окислением углерода (partial oxidation). В газогенераторе сырье проходит четыре этапа преобразования в газ (рис.3.).

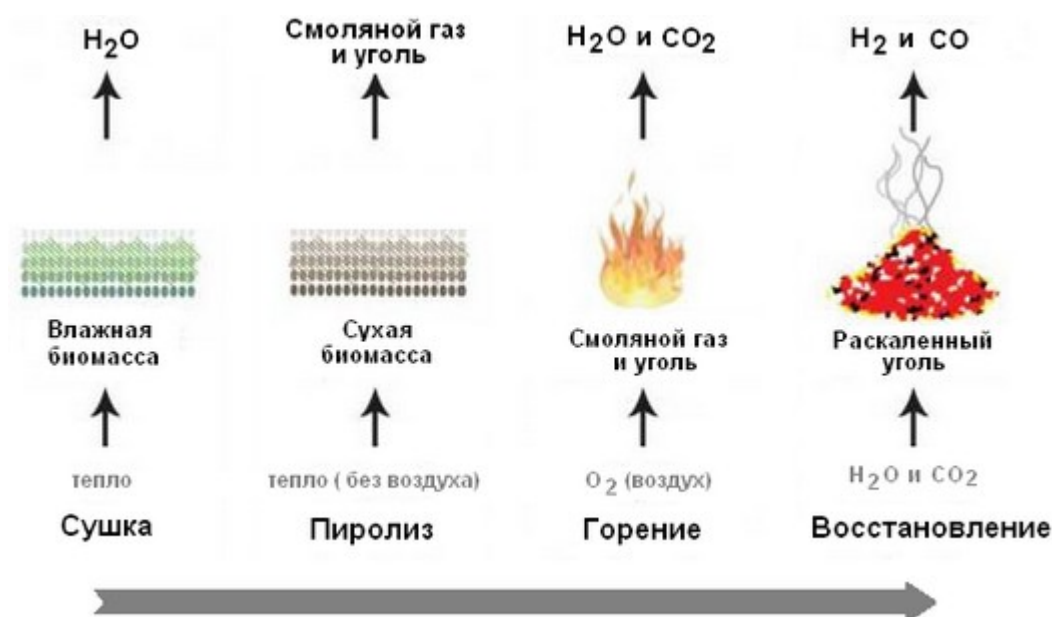


Рис.3. Этапы образования древесного газа

Первый этап – быстрое высыхание материала под действием высокой температуры; второй этап – термическое разложение (пиролиз) биомассы с образованием угля и дегтя, с последующим его испарением и преобразованием в смоляной газ; третий этап – сгорание органических соединений смоляного газа и части угля; и четвертый этап – восстановление на поверхности раскаленного угля двуокиси углерода CO_2 до ее монооксида CO , а воды H_2O – до водорода H_2 .

Большая часть реакций происходящих в газогенераторах является экзотермическими, т.е. происходят с выделением энергии. Основными химическими элементами, участвующими в процессе превращения биомассы в газ являются углерод, кислород воздуха и вода. Окислителями являются кислород, двуокись углерода и водяной пар.

Прямой продукт газификации твердых топлив (сырой газ) всегда содержит некоторые количества углекислого газа CO_2 , воды H_2O , метана CH_4 и, кроме того, иногда и высших углеводородов, а при использовании воздуха – еще и NO_2 . Вследствие наличия в биомассе небольшого количества серы образуется H_2S . Скорость газификации твердых топлив существенно зависит от температуры. С повышением давления увеличивается концентрация CH_4 .

Итоговый состав газа, а также его теплопроводная способность зависят от того, в каких условиях проходила газификация, какое топливо было использовано (состав и влажность), при помощи какого метода проходила газификация в конкретном генераторе.

Выходящий из газогенератора газ имеет высокую температуру и содержит большое количество примесей (золу и смолы), поэтому газогенераторные установки комплектуются специальными системами охлаждения и очистки газа.

В состав генераторного газа входят:

- горючие газы (метан, водород, оксид углерода);
- балластные газы (азот, углекислый газ);
- пиролизные примеси;
- пары воды;
- твердые примеси.

Модули газификации комплектуются газогенераторами, работающими на древесных отходах, измельченных в энергетическую щепу длиной от 10 до 150 мм и толщиной от 10 до 100 мм, к которой допускается добавление до 10-15% опилок. Имеются модули газификации, работающие полностью на опилках, а также на других видах биомассы – рисовой шелухе, лузге подсолнечника, жоме сахарной свеклы и др. При использовании опилок потребление топлива увеличивается на 20% по сравнению с твердыми древесными отходами. Топливо подается в газогенератор с помощью автоматического скипового подъемника.

Из 1 кг древесной щепы получают около $2,5 \text{ м}^3$ газа с теплотой сгорания $900\text{--}1200 \text{ Ккал/Нм}^3$. Эффективность газификации достигает 85-90%. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание.

Схема газогенератора, работающего на опилках приведена на рис.4.

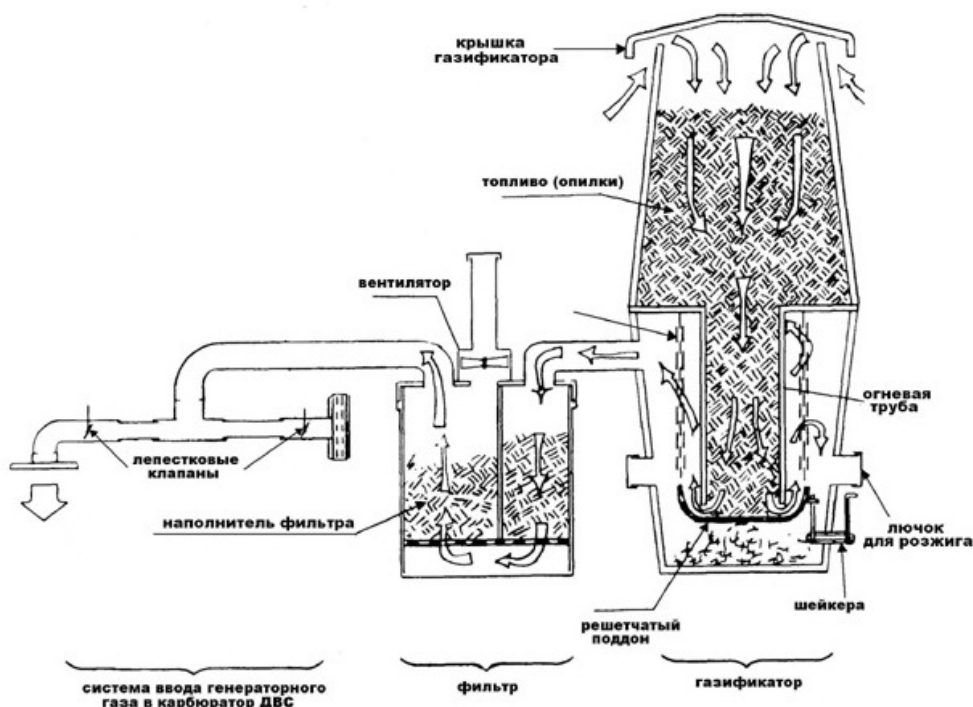


Рис.4. Схема газогенератора

Газогенераторные установки различаются по мощности: малой – до 100 кВт; средней – от 100 до 1000 кВт; большой мощности – свыше 1000 кВт. Существует много типов и десятки конструкций газогенераторов, используемых для газификации отходов древесины и др. видов биомассы. Наиболее популярные из них генераторы прямого и обратного горения, а также генераторы с кипящим слоем.

Газификационные установки могут успешно применяться как при организации новых лесных и деревообрабатывающих предприятий, так и для модернизации действующих, в том числе в районах, удаленных от электрических и газовых сетей. Они могут быть интересны также для муниципалитетов, зерноочистительных и сельскохозяйственных предприятий.

4. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Древесная зелень представляет собой хвою, листья, почки и неодревесневшие побеги толщиной до 8 мм.

Древесная зелень содержит эфирные масла, хлорофилл, различные витамины (В1 В2, В6, С, ЕД, Р и др.) провитамин А (каротин), белки, жиры, углеводы, микроэлементы и другие ценные вещества.

Такой состав древесной зелени дает возможность получать путем ее переработки эфирные масла, различные биологически активные препараты, а также витаминную муку. Для этих целей используется древесная зелень хвойных пород, преимущественно сосны и ели, но витаминную муку и некоторые другие продукты можно получать и из древесной зелени лиственных пород.

4.1. Технология выработки древесной зелени

Древесную зелень заготавливают со свежесрубленных и частично с растущих деревьев. Отделение древесной зелени производят на лесосеках, верхних или нижних складах лесозаготовительных предприятий сразу же после обрубки сучьев либо вручную специальным ножом, либо с помощью различных передвижных и стационарных хвоеотделителей.

В еловых и пихтовых насаждениях средней полноты можно получить до 100 кг древесной зелени (хвойной лапки) на 1 м³ заготовленной древесины (практически же, с учетом потерь, до 50 кг), а в сосновых насаждениях – вдвое меньше.

С растущих деревьев хвойную лапку срезают секатором; заготовка лапки может производиться только в насаждениях, назначенных в рубку. С 1 га пихтовых насаждений можно заготовить до 5 т лапки.

Для получения древесной зелени из лесосечных отходов применяют следующие технологии:

- сбор и вывозка отходов на нижние склады с последующим их измельчением и сортировкой на щепу и древесную зелень;
- сбор и измельчение отходов на лесосеке с вывозкой измельченной массы на нижний склад с последующей ее сортировкой;
- сбор отходов и отделение древесной зелени на лесосеке.

Первый вариант имеет ряд недостатков. Так, при перевозке отходов транспортное средство недогружено и отходы могут загрязняться, кроме того, при перевалочных операциях теряется часть зелени и древесины.

Второй вариант предусматривает измельчение отходов на лесосеке с использованием передвижных рубильных машин (МРГС-1, ПРУ-1, МРПГ-3, УРП-1) и специальных транспортных средств для вывоза зеленой щепы (автощеповозы ЛТ-7А, ЛТ-170, ЛТ-190, ТМ-12, ОНЩ-54). При везенную

зеленую щепу на нижнем складе сортируют на древесную зелень и щепу. Недостатком этого варианта является отсутствие специальной техники для сбора, измельчения и вывоза древесной массы.

Третий вариант предусматривает получение древесной зелени на лесосеке, но при этом сами древесные отходы, очищенные от зелени, как правило, остаются на лесосеке и как сырье не используются.

На лесосеках используются передвижные хвоеотделители: ОЗП-1, ОЗН-09, ОИЗ-1, ТДТ-40М ТТ-4.

Стационарные хвоеотделители устанавливают на нижнем складе поблизости от цеха переработки древесной зелени, несмотря на то, что в процессе вывозки деревьев с кронами на нижний склад до 70% всей хвои теряется (зимой больше, чем летом). Применяют установки ОДЗ-12А, ОДЗ-3, ОИЗ-1, ОЗУ. Из стационарных хвоеотделителей наиболее часто используют измельчитель-пневмосортировщик древесной зелени ИПС-1 (рис. 5).

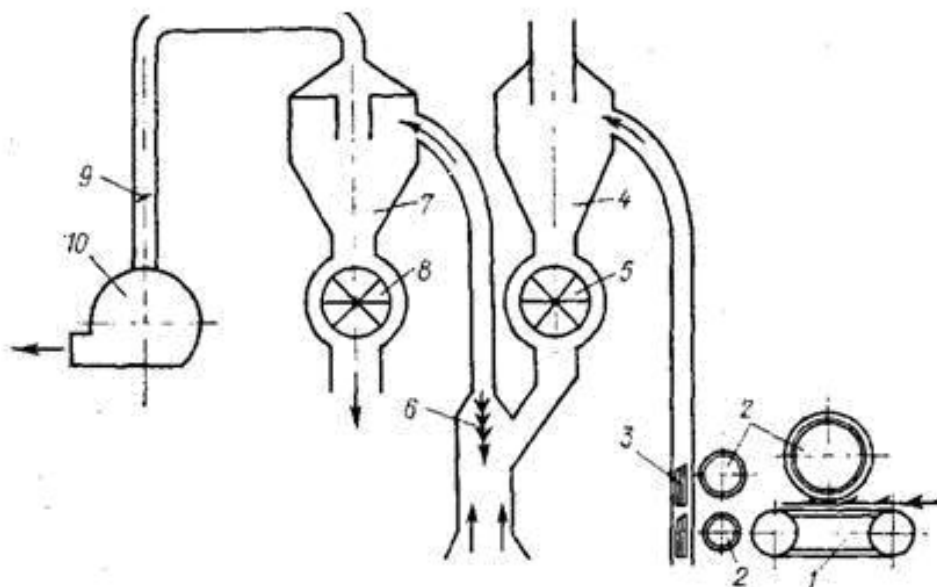


Рис. 5. Схема измельчителя-пневмосортировщика древесной зелени ИПС-1,0: 1 – конвейер; 2 – подающий механизм; 3 – ножи измельчителя; 4 – загрузочный циклон; 5 – загрузочный шлюзовой дозатор-питатель; 6 – сортирующая вертикальная колонна; 7 – разгрузочный циклон; 8 – разгрузочный шлюзовой дозатор-питатель; 9 – заслонка; 10 – вентилятор

Охвоенные ветви диаметром до 50 мм конвейером подаются в измельчитель типа КИК-1,4 и нарезаются на частицы длиной 15-60 мм. Измельченная более или менее однородная сыпучая масса подается воздушным потоком в циклон, а из него через шлюзовой дозатор-питатель по наклонному патрубку в вертикальную сортирующую колонну. Через колонну снизу вверх вентилятором просасывают воздух со скоростью 8-12 м/с, регулируя интенсивность воздушного потока заслонкой. Более легкая кондиционная древесная зелень выносится во второй циклон, откуда выгружается через шлюзовой дозатор-питатель. Более тяжелые древесные частицы до циклона не доходят, выгружаются из колонны через отдельный отвод и

используются преимущественно как топливо. Производительность ИПС-1,0 по кондиционной древесной зелени от 600 до 1000 кг/ч, в зависимости от породы. Применяются также стационарные измельчители ШИЗ-2 (типа мясорубки), «Волгарь-5» (типа молотковой дробилки) и др.

Древесная зелень хвойных пород обычно содержит 65–75 % хвои, 15–20% коры, 10–15% древесины, однако в древесной зелени лиственницы лишь около 50 % хвои. Чем тоньше побеги, тем больше доля хвои, поэтому наиболее ценными являются побеги диаметром до 0,6 см. В древесной зелени могут присутствовать органические примеси (мох, лишайник, травянистые растения) и минеральные (песок).

Согласно ГОСТ 21769–84 древесная зелень, предназначенная для выработки витаминной муки и продуктов лесобιοхимического производства, а также для использования в свежезаготовленном виде в качестве добавки в рационы сельскохозяйственных животных и птиц, представляет собой хвою, листья, почки и неодревесневшие побеги (т. е. побеги текущего года в течение не более 3 месяцев с начала вегетационного периода), без признаков плесени и загнивания. По содержанию указанных элементов древесная зелень подразделяется на 3 сорта (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Состав древесной зелени

Показатель	I сорт	II сорт	III сорт
Массовая доля хвои, листьев, почек и не одревесневших побегов, %, не менее	80	70	60
Массовая доля коры и древесины, %, не более	15	25	35
Массовая доля других органических примесей, %, не более	5	5	5
Массовая доля неорганических примесей, %, не более	0,2	0,2	0,2

Древесную зелень перевозят любым видом транспорта, исключаящего ее загрязнение минеральными примесями.

Условия хранения древесной зелени должны обеспечивать сохранность биологически активных веществ. Поскольку содержание витаминов и особенно каротина при хранении древесной зелени быстро падает, стандартом установлены жесткие предельно допустимые сроки ее хранения с момента заготовки и до запуска в установку для производства витаминной муки: при плюсовой температуре воздуха – не более 1 суток, при минусовой – не более 5 суток.

Одной из важных задач является комплексное использование всех отходов. Комплексное использование лесосечных отходов сдерживается по причине разнородности фракционного состава измельченной массы. Поэтому важной проблемой является получение из лесосечных отходов готовых продуктов, соответствующих требованиям стандартов (древесной зелени и древесной щепы).

На рис.6 приведена схема установки ПКТИ. В основу ее работы заложен принцип получения двух продуктов – технологической щепы и древесной зелени, соответствующих требованиям стандарта. Работает установка на пневмомеханическом принципе разделения измельченной древесной массы.

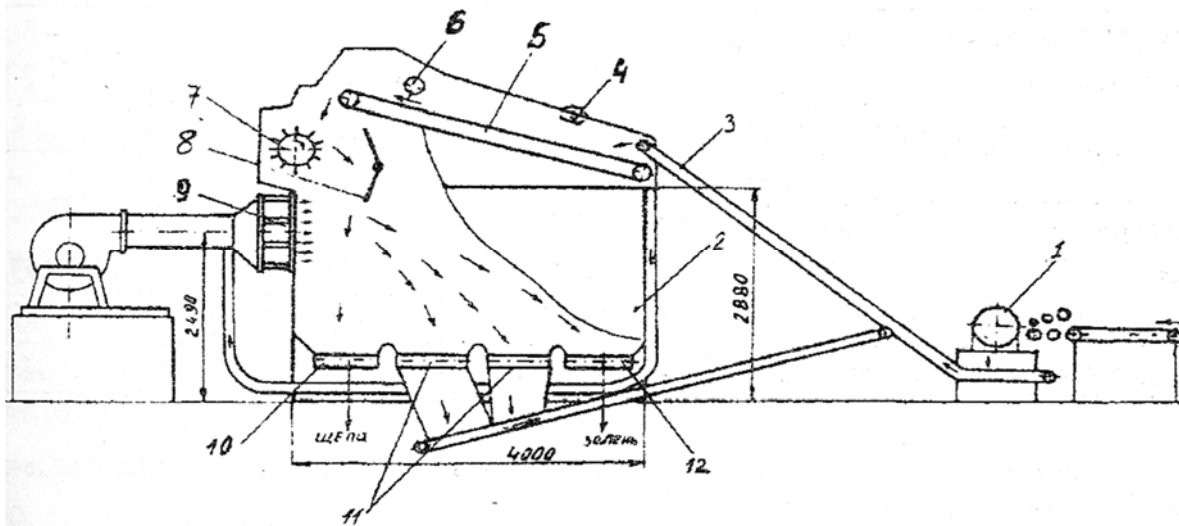


Рис.6. Схема установки для переработки кроны деревьев на технологическую щепу и древесную зелень ПКТИ:

- 1 – многорезцовая барабанная рубильная машина ДО-51 или УРМ-10 с подающим механизмом и загрузочным конвейером; 2 – сортировочная установка ДО-52; 3 – скребковый конвейер; 4 – датчик уровня; 5 – питатель ленточный; 6 – дозирующий ролик; 7 – разбрасывающий валец; 8 – отражательный экран; 9 – воздуходувная машина с коллектором; 10 – конвейер для выноса технологической щепы; 11 – конвейеры для сбора и подачи не отсортированной части зеленой щепы на повторную сортировку; 12 – конвейер выноса древесной зелени

Установка работает следующим образом. Измельченная с помощью барабанной рубильной машины 1 древесная масса (зеленая щепа) подается ленточным конвейером в питатель 5, который с помощью дозирующего ролика 6 производит разравнивание движущейся массы равномерно по всей ширине ленты и выдает ее слоем равной толщины. Для регулировки объема поступления зеленой щепы в питателе размещен датчик уровня 4. Слой зеленой щепы ссыпается на разбрасывающий валец 7, который направляет весь поток на отражательный экран 8. Древесные частицы, как более твердое тело, отскакивают от экрана и опускаются вниз на выносной конвейер 10. Зелень, как аморфное тело, скользит по стенкам экрана вниз. Проходящий через сыпаемый слой поток воздуха подхватывает легкие частицы и уносит их на разные расстояния в камере сепарации. Более легкие частицы, а это древесная зелень, уносятся вдаль камеры и оседают на выносной ленточный конвейер 12. Не разделившаяся в камере сепарации смесь попадает в центре камеры на ленточные конвейеры 11. Эта смесь подается на повторное разделение.

4.2. Использование древесной зелени

Древесная зелень – это универсальное сырье для многих отраслей промышленности. В зависимости от химического состава древесной зелени и определяется область ее использования.

4.2.1. Зеленый корм

При применении зелени в качестве корма важным являются такие показатели как содержание питательных веществ, потребление корма и его усваивание, наличие противопоказанных веществ.

По общей питательной ценности свежая древесная зелень в ряде случаев превосходит травянистые растения. Преимуществом этого вида корма является значительное содержание витаминов С, Д, Е, К, группы В, каротина, фитонцидов, бактериостатических и антигельминтных веществ неизвестной природы, танинов, а также относительная дешевизна.

В химический состав древесной зелени лиственных пород входит: 1,6-7,3% сырого протеина; 1,1-4,6% сырого жира; 8,6-29,4% сырой клетчатки; 14,5-28,3% безазотистого экстрактивного вещества и 1,1-5,5% сырой золы. Наибольшее количество протеина содержат ветви осины, березы, тополя, дуба, ивы. Энергетическая ценность лиственных веток весной достигает 6001-8209 кДж/кг сухого вещества. Перевариваемость органического вещества составляет 41,5-46,1% [3].

Химический состав хвойной древесной зелени (сосна, ель) включает: 3,5-3,9% сырого протеина; 2,3-4,6% сырого жира; 14,0-17,3% сырой клетчатки; 22,0-26,4% безазотистого экстрактивного вещества и 1,6-2,3% сырой золы. Перевариваемость органического вещества составляет 20,7-22,6%, а энергетическая ценность – 3302-3461 кДж/кг сухого вещества.

В зимнее время лиственные ветки имеют минимальное количество каротина и витамина С, а хвойные максимальное.

Различают следующие виды корма из фитомассы деревьев: древесная зелень, веточный корм (ветки диаметром до 15 мм), силос и веточные хлопья.

Зеленый корм можно заготавливать из следующих пород древесины: береза, клен, осина, липа, ясень, граб, тополь, ива, дуб, рябина, сосна, ель, пихта, лиственница, кедр.

4.2.2. Производство клеточного сока

Древесную зелень также используют для приготовления натурального сока и настоя. Натуральный сок из зеленой хвои и листьев является комплексной питательной и биологически активной кормовой добавкой. Он содержит простые и нерастворимые сахара, глюкозиды, дубильные вещества, аминокислоты, пектины, алкалоиды, соли, пигменты, витамины, макро- и микроэлементы, яблочную, лимонную, винную и другие органические

кислоты. Сок ценен витаминным комплексом, микроэлементами, протеином, углеводами.

Клеточный сок получают путем прессования или вальцевания древесной зелени как лиственных, так и хвойных пород. С целью увеличения выхода сока и улучшения его качества, древесную зелень вначале мгновенно пропаривают или подвергают ферментации.

Клеточный сок применяют в сельском хозяйстве (как кормовая добавка), медицине, пищевой промышленности.

Срок хранения сока без консервирования не более 2-3 суток. Для консервирования используют этиловый спирт, сахар, сорбиновую кислоту.

4.2.3. Производство витаминной муки

Витаминная мука, получают путем измельчения и высушивания древесной зелени. Она является эффективной белково-витаминной добавкой к корму для скота и птицы. По питательной ценности древесная зелень сходна с пшеничной и ржаной соломой.

Выработку витаминной муки производят как на передвижных установках, преимущественно типа СХБП-0,1, так и на стационарных, в основном АВМ-0,65.

Передвижная установка СХБП-0,1 устанавливается на тракторных санях. Ее производительность 0,1 т/ч готовой муки. Технологическая схема производства хвойно-витаминной муки на этой установке приведена на рис. 7.

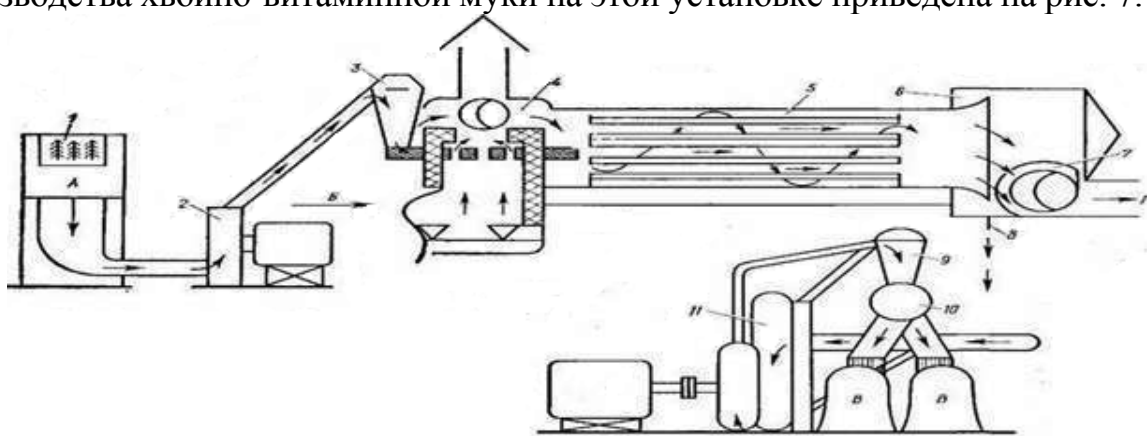


Рис.7. Схема передвижной установки СХБП-0,1:

- 1 – отделитель древесной зелени; 2 – дробилка-измельчитель ДКУ-М;
- 3 – бункер; 4 – задняя камера сушилки СЗПБ-2,0; 5 – барабан сушилки;
- 6 – передняя камера сушилки; 7 – вентилятор; 8 – выгрузочный люк;
- 9 – бункер-циклон; 10 – питатель-дозатор; 11 – дробилка-мельница для измельчения сухой хвои в муку; А – хвойная лапка;
- Б – топливо; В – готовая продукция; Г – отвод дымовых газов

Производство хвойно-витаминной муки на этой установке включает измельчение хвойной лапки, отделенной от ветвей на дробилке ДКУ-М, скоростную сушку в барабанной сушилке СЗПБ-2,0 и измельчение высушенной массы в дробилке ДКУ-1,0.

Подача измельченной лапки из дробилки в бункер сырой зелени и готовой муки в бункер-циклон производится в пневмоконвейерах потоком воздуха, а подача лапки из бункера в сушильный барабан – винтом, выгрузка высушенной зелени из сушилки также винтом. Из бункера-циклона мука выгружается через питатель-дозатор. Сушильный барабан имеет длину 4,6 м и диаметр 1 м, он вращается на роликах со скоростью не более 6 мин.

Сушка измельченной хвойной лапки производится дымовыми газами, подаваемыми из топki сушилki. Температура теплоносителя 250-300 °С (до 400 °С), продолжительность сушки определяется натурно, конечная влажность продукта – около 10%. Барабан необходимо полнее заполнять высушиваемой массой, частицы массы за время пребывания в барабане не должны нагреваться выше 60-70 °С, а температура отработанного теплоносителя должна быть в пределах 75-80 °С. Такие условия сушки позволяют максимально сохранить каротин в хвое.

Стационарные хвоеотделители устанавливают на нижнем складе поблизости от цеха переработки древесной зелени, несмотря на то, что в процессе вывозки деревьев с кронами на нижний склад до 70% всей хвои теряется (зимой больше, чем летом).

На рис.8 приведена схема работы стационарной установки АВМ-0,65, которая рассчитана на выработку 650 т/год витаминной травяной муки. При переработке хвойной лапки в муку производительность установки достигает 1000 т/год и более.

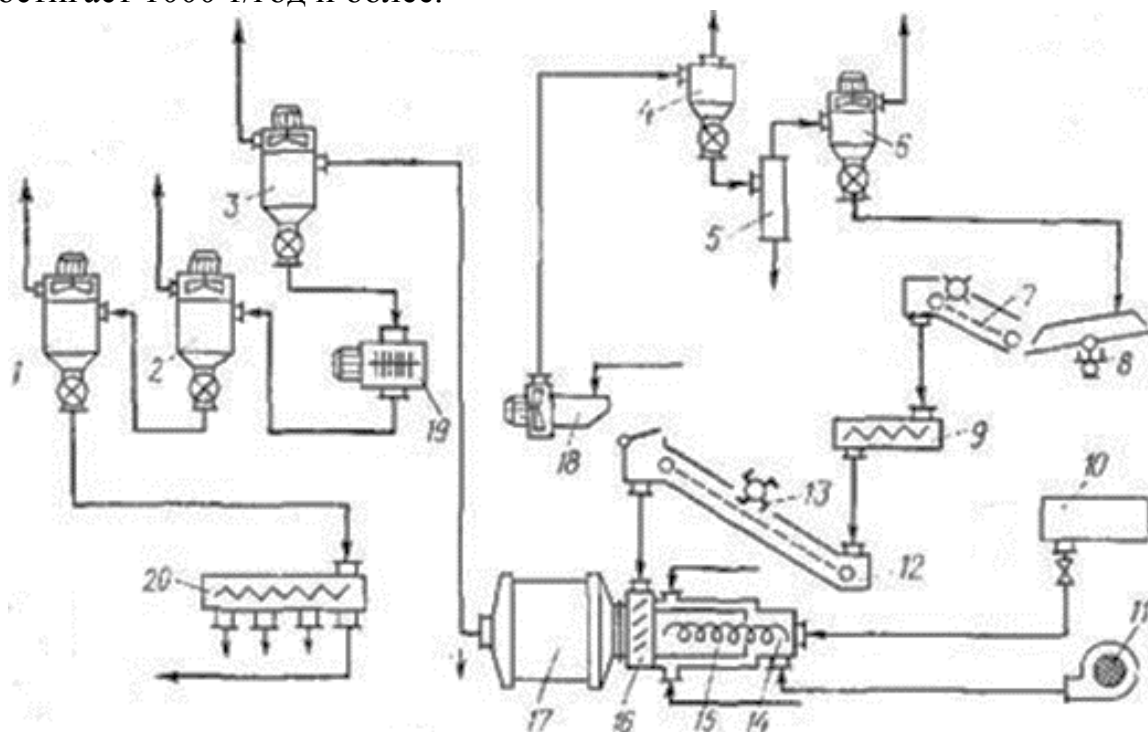


Рис.8. Схема работы стационарной установки АВМ-0,65:

- 1, 2, 3, 4, 5 – циклоны; 5 – пневмосортировщик; 7 – конвейер;
- 8 – гидроподъемник; 9 – винтовой конвейер; 10 – емкость для топлива;
- 11 – вентилятор; 12 – конвейер; 13 – бiter; 14 – камера газификации; 15 – топка;
- 16 – направляющий желоб; 17 – сушильный барабан; 18 – дисковый измельчитель; 19 – молотковая мельница; 20 – выгрузочный винт

Установка включает измельчитель древесной зелени (КИК-1,4, «Волгарь-5» или ИПС-1,0), агрегат АВМ-0,65, мешкозашивочную машину, весы, конвейеры и др.

Агрегат АВМ-0,65 состоит из подающего конвейера, аппаратуры для сжигания дизельного топлива, вращающейся сушиллки барабанного типа, молотковой дробилки, бункера-циклона сухой массы и винтового устройства для подачи готовой муки в мешки.

Температура теплоносителя (смесь продуктов сгорания топлива с воздухом) летом 350°С, а зимой 400 °С. Продолжительность сушки мелких частиц несколько секунд. Конечная влажность муки около 10 %. Расход лапки до 3 т на 1 т муки.

Согласно ГОСТ 13797–84 витаминная мука из древесной зелени подразделяется на 3 сорта. Требования, предъявляемые к витаминной муке приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Требования, предъявляемые к витаминной муке

Наименование показателя	Норма для сорта		
	высшего	первого	второго
Цвет и запах	Свойственные высушенной древесной зелени используемых пород, без признаков горелости, а также затхлого, гнилостного и других посторонних запахов		
Каротин в 1 кг, мг, не менее	90	75	60
Массовая доля сырой клетчатки, %, не более	30	33	35
Влажность, %:			
рассыпной муки	10-12	8-12	8-12
гранул	10-14	10-14	10-14
Крупность размола:			
остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм, %, не более	5	5	5
остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм	Не допускается		
Диаметр гранул, мм	10-14	10-14	10-14
Длина гранул, мм	15-25	15-25	15-25
Крошимость гранул, %, не более	10	12	12
Проход гранулированной муки через сито с отверстиями диаметром 2 мм, %, не более	10	10	10
Примеси:			
металломагнитная примесь размером до 2 мм включ. в 1 кг, мг, не более	8	10	10
массовая доля золы, нерастворимой в соляной кислоте, %, не более	0,7	1,0	1,0
Токсичность	Не допускается		

Мука из лапки осенне-зимней заготовки имеет более высокое качество, поскольку содержание каротина в хвое в этот период значительно выше, чем в летний. В муке из свежей лапки, содержание каротина выше, чем из отработанной (после отгонки эфирных масел).

Витаминную муку можно выпускать в гранулированном виде, что повышает удобство ее применения и предотвращает самовозгорание.

При хранении витаминной муки в тканевых мешках в течение месяца, а в бумажных или полиэтиленовых – в течение двух месяцев допускаются снижение содержания каротина не более чем на 20%. При более длительном хранении муки каротин не учитывается.

4.2.4. Производство хвойно-эфирных масел

Эфирные масла отгоняют от хвойной лапки диаметром до 0,8 см слегка перегретым водяным паром с температурой обычно 105-110 °С. Масло нерастворимо в воде и после конденсации паров образует верхний слой дистиллята, который отделяют во флорентине. Из пихтовой лапки получается 1,5-3 % масла, из кедровой – до 1,5%, из сосновой – до 0,5%, еще меньше из еловой. Деревья с хорошо развитой кроной дают более богатую маслом лапку, чем затененные деревья со слабой кроной. Существенное значение имеет возраст дерева (наилучшие выходы масла получают из лапки молодых и средневозрастных деревьев), а также время сбора лапки (летом лапка содержит больше масла, чем зимой). Потери эфирных масел при хранении лапки невелики.

Хвойно-эфирные масла используют как отдушки в мыловарении, парфюмерно-косметической промышленности и др. Наибольшую ценность представляет пихтовое масло, применяемое для выработки медицинской камфары.

Пихтовое масло получают в основном на периодически действующих установках западносибирского типа. Такие установки оборудованы одним или двумя деревянными перегонными чанами, вместимостью, как правило, 7,5 м³. Чаны снабжены приспособлениями для загрузки и выгрузки лапки, холодильниками, флорентинами, приемниками и отстойниками для масла. В каждый чан загружают до 2,5 т лапки. Для получения пара используют обычно котлы КВ-300. Годовая выработка пихтового масла на одночанной установке около 5 т, на двухчанной 7-8 т. Применяются также одночанные передвижные установки (ППУ-1), смонтированные на тракторных санях.

Продолжительность оборота чана на стационарных установках 19-22 ч, на передвижных 24-27 ч. Выход пихтового масла обычно в пределах 1,5-1,9%, причем летом несколько больше, чем зимой. Выход и качество масла можно немного повысить путем предварительного дробления лапки. Масло отгоняют также из пихтовой коры с выходом около 1 %.

В настоящее время используют также пихтоваренные установки непрерывного действия (УНП).

Пихтовое масло должно иметь плотность при 20 °С в пределах 0,895-0,915 г/см³ и показатель преломления 1,469-1,472. Содержание борнилацетата в масле высшего сорта не менее 33%, кислотное число не более 0,5, в масле первого сорта соответственно 30 % и 1. В масле из коры содержание борнилацетата не превышает 18 %.

При переработке сосновой (и еловой) лапки накапливающейся в перегонном чане конденсат применяют для получения жидкого или твердого хвойного экстракта для лечебных хвойных ванн. При получении жидкого экстракта конденсат упаривают до плотности около 1,2 г/см³ (содержание сухих веществ около 50%) и добавляют к нему 0,5-1 % соснового эфирного масла. Выход упаренного экстракта 10-15% от массы зеленой лапки. При получении твердого экстракта упаривание ведут дольше, продукт упаривания смешивают с поваренной солью, добавляют сосновое масло и формуют смесь в соляно-хвойные брикеты массой по 50 г (каждый на одну ванну).

4.2.5. Производство биологически активных препаратов

Для производства биологически активных препаратов применяют древесную зелень хвойных пород (сосны, ели и пихты). В хвое содержится 7-15% липидов. В состав липидов входят зеленые пигменты, каротиноиды, жирорастворимые витамины, эфирные масла, глицериды, эфиры стеринов, смоляные и жирные кислоты, воскообразные и другие вещества.

Производство комплекса биологически активных веществ из древесной зелени хвойных пород позволяет решить вопрос комплексного использования биомассы кроны хвойных пород.

Из хвойной древесной зелени возможно изготовление пасты хвойной хлорофилло-каротиновой, препарата хлорофиллина натрия, провитаминового концентрата, хвойного воска, пасты бальзамической и др.

Получаемые лесобιοхимические продукты находят применение в качестве лекарственных средств, кормовых добавок, добавок в косметической и парфюмерной промышленности.

Производство хвойно-хлорофилло-каротиновой пасты.

Хлорофилло-каротиновая паста представляет собой густую однородную массу желтовато- или буровато-зеленого цвета с характерным запахом хвои. Паста является поливитамино-фитонцидным препаратом, ее применяют в медицине и парфюмерной промышленности (добавляют в количестве 3–5% в мыло, зубную пасту и кремы). Паста служит сырьем для получения концентратов каротина, витамин Е, хлорофиллина натрия и других ценных препаратов.

Схема технологического процесса приведена на рис.9. Свежую хвойную лапку раздавливают на вальцах 1 и затем она поступает в экстрактор 3, где экстрагируется бензином. В перегонном кубе 8 от экстракта отгоняется бензин, а оставшиеся смолистые вещества в омылителе 9 обрабатывают водным раствором едкого натра.

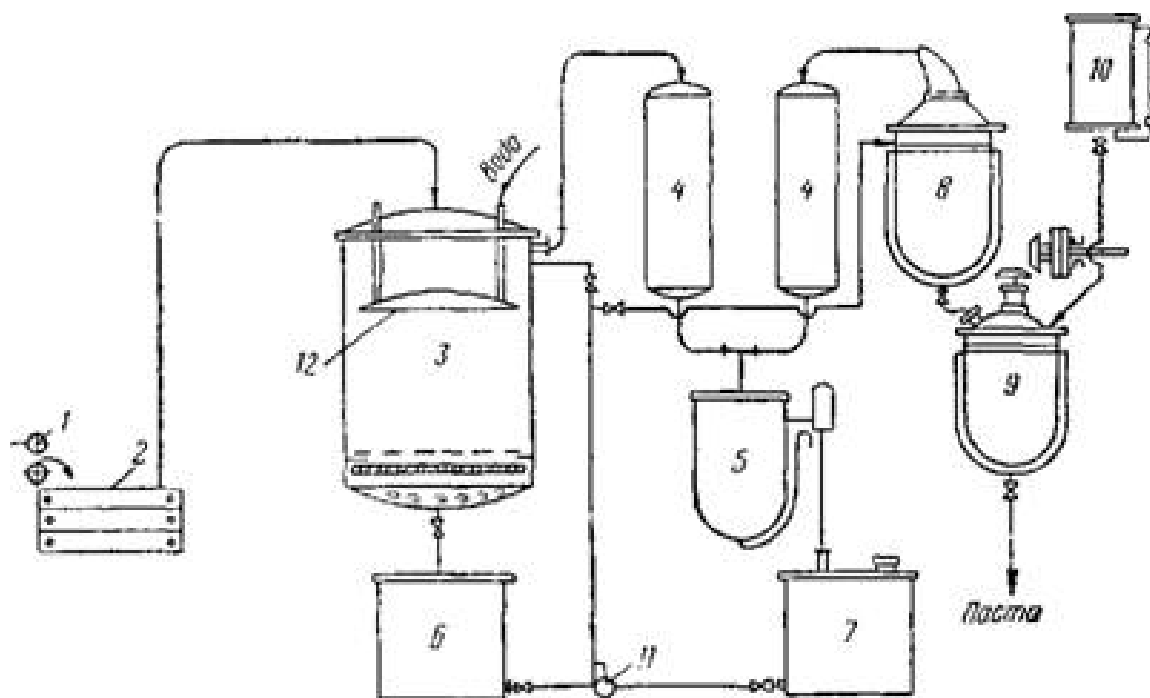


Рис. 9. Схема получения хлорофилло-каротинной пасты:
 1 – вальцы; 2 – ящик для дробленой хвои; 3 – экстрактор; 4 – холодильники;
 5 – флорентина; 6 – бак-фильтр; 7 – бензобак; 8 – перегонный куб; 9 – аппарат
 для омыления; 10 – мерник для щелочи; 11 – насос для перекачки растворов;
 12 – внутренний холодильник

На производство 1 тонны пасты расходуется 25-30 т хвойной древесной зелени, 1,6 т бензина и 32 кг щелочи.

При температуре 18 °С паста представляет собой густую однородную мазеобразную массу оливкового или темно-зеленого цвета с характерным хвойным запахом, при температуре выше 25 °С паста более жидкая.

На некоторых установках вместо бензина применяют негорючий трихлорэтилен. Однако этот растворитель более токсичен, а получаемая паста имеет несколько пониженную биологическую активность, что ограничивает ее применение. Одним из перспективных растворителей является изопропиловый спирт.

Согласно ГОСТ 21802–84 влажность пасты должна быть не более 40%, рН 1 %-го водного раствора пасты в пределах 8–9. В 100 г сухой пасты высшего сорта должно содержаться не менее 1000 мг производных хлорофилла и 45 мг каротина, соответственно в 100 г сухой пасты 1-го сорта – 700 и 30, 2-го сорта – 600 и 20. Нормируется также предельное содержание воскообразных веществ (5–10%) и нерастворимых в воде летучих веществ (1,5–4 %).

Паста является поливитаминно-фитонцидным препаратом, она используется главным образом в производстве парфюмерно-косметических изделий в качестве биологически активной добавки, например в мыло «Лесное» и зубную пасту «Лесная», в количестве 3–5%. Она может также применяться при лечении ожогов, вялозаживающих ран, в животноводстве, птицеводстве, пушном звероводстве и др.

5. ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Одним из путей комплексного использования древесины является производство технологической щепы из всех кусковых отходов, которая является сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, древесно-стружечных, древесноволокнистых плит и биотопливной промышленности.

Технологическая щепка – это размельченная древесина, имеющая определенные размеры частиц.

Для производства технологической щепы могут быть использованы три вида сырья: низкокачественная (дровяная) древесины, отходы лесопиления и шпалопиления (горбыльный обзол, рейки, вырезки) и отходы лесозаготовок. Они значительно отличаются друг от друга по размерам, содержанию коры и другим признакам, что важно при выборе технологических приемов их переработки и подборе оборудования.

5.1. Классификация и назначение щепы

Классификация щепы.

Щепка классифицируется по назначению, гранулометрическому (фракционному) составу, виду используемого древесного сырья и способу его измельчения.

По назначению щепка подразделяется на:

- технологическую;
- зеленую;
- топливную.

По гранулометрическому составу:

- щепка кондиционная;
- щепка мелкой фракции;
- щепка крупной фракции.

В зависимости от вида измельчаемого древесного сырья:

- щепка из пнево-корневой древесины;
- щепка из сучьев и целых тонкомерных деревьев (зеленая щепка);
- щепка из круглых и колотых лесоматериалов;
- из отходов раскряжевки;
- щепка из отходов лесопиления и шпалопиления.

По породному составу:

- щепка хвойных пород древесины;
- щепка лиственных пород древесины;
- щепка смешанных пород древесины.

В щепке хвойных пород отдельно выделяют щепку из древесины ели и пихты, щепку из древесины лиственницы.

В щепке из древесины лиственных пород выделяют щепку твердолиственных и щепку мягколиственных пород.

По способу переработки:

- щепы, полученная измельчением в дисковых или барабанных рубильных машинах;
- щепы, полученная фрезерованием древесины специальным инструментом.

Назначение щепы.

В зависимости от назначения технологическую щепу подразделяют на следующие группы (марки): Ц-1, Ц-2, Ц-3, ГП-1, ГП-2, ГП-3, ПВ, ПС [15].

Назначение или направления использования технологической щепы в производстве приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Марки и назначение технологической щепы

Марки технологической щепы	Назначение
В целлюлозно-бумажной промышленности	
Ц-1	для производства сульфатной целлюлозы и древесной массы, направляемой на изготовление бумаги с регламентируемой сортностью
Ц-2	для производства сульфитной целлюлозы и древесной массы, направляемой на изготовление бумаги и картона с не регламентируемой сортностью, а также сульфатной и бисульфатной целлюлозы, направляемой на изготовление бумаги и картона с регламентируемой сортностью
Ц-3	для производства сульфатной целлюлозы и различных видов полуцеллюлозы, предназначенных для изготовления бумаги и картона с не регламентируемой сортностью
Для использования в гидролизном производстве	
ГП-1	для производства спирта, дрожжей, глюкозы и фурфурола
ГП-2	для производства пищевого кристаллического ксилита
ГП-3	для производства фурфурола и дрожжей при двухфазном гидролизе
Для использования в плитном производстве	
ПВ	для производства древесноволокнистых плит
ПС	для производства древесностружечных плит

5.2. Основные требования, предъявляемые к щепе

Требования к щепе регламентируются ГОСТ 15815–83 «Щепа технологическая. Технические условия».

Качество технологической щепы оценивается по следующим показателям:

- содержанию примесей коры, гнили и минеральных частиц;
- фракционному составу;
- качеству поверхности и углу среза частиц;
- составу щепы по породам.

Содержание примесей

Наличие примесей в технологической щепе оказывает отрицательное влияние на качество конечной продукции. К таким примесям относят кору, гниль и минеральные частицы.

К содержанию примесей в технологической щепе предъявляются требования, приведенные в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Требования к технологической щепе по содержанию примесей

Марка щепы	Содержание примесей в щепе, % по массе, не более		
	коры	гнили	минеральных примесей
Ц-1	1,0	1,0	Не допускаются
Ц-2	1,5	3,0	0,3
Ц-3	3,0	7,0	0,3
ГП-1	11,0	2,5	0,5
ГП-2	3,0	1,0	Не допускаются
ГП-3	3,0	1,0	0,3
ПВ	15,0	5,0	1,0
ПС	15,0	5,0	0,5

В щепе не допускается наличие обугленных частиц и металлических включений

Фракционный состав

Фракционный состав щепы – это количественное соотношение древесных частиц определенных размеров в общей массе щепы.

Фракционный состав щепы оценивается линейными размерами частиц – их длиной и толщиной. Длина щепы – это ее размер по направлению волокон; ширина щепы определяется в направлении, перпендикулярном направлению волокон (рис. 10).

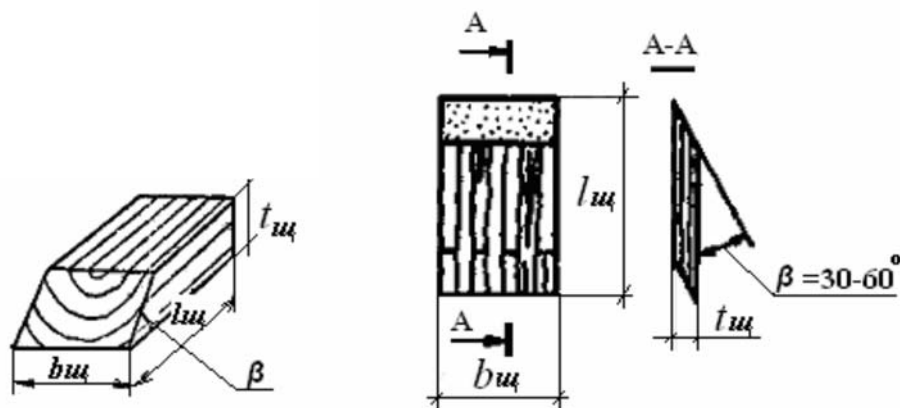


Рис.10. Геометрические характеристики щепы:

$l_{щ}$ – длина щепы; $b_{щ}$ – ширина щепы; $t_{щ}$ – толщина щепы; β – угол среза

Максимально допустимые размеры частиц в зависимости от назначения щепы приведены в табл.7.

Т а б л и ц а 7

Геометрические размеры щепы

Назначение щепы	Допускаемые размеры частиц щепы, мм	
	длина	толщина
Для выработки целлюлозы	15 – 25	5
Для гидролизного производства	5 – 35	5
Для древесноволокнистых плит	10 – 35	5
Для древесностружечных плит	10 – 60	30
Для котельных установок	До 100	20

П р и м е ч а н и я . 1. Ширина частиц технологической щепы для всех производств не регламентируется. 2. Для технологической щепы, приготовленной из тонкомерных деревьев и сучьев, необходимо использовать ТУ 13735-83.

Фракционный состав технологической щепы определяют ситовым анализом, просеивая подготовленную пробу через стандартный набор сит с размерами ячеек 5, 10, 20 и 30 мм.

Фракция – это совокупность древесных частиц, близких по своим геометрическим размерам.

Различают следующие фракции технологической щепы:

Кондиционная фракция – это совокупность древесных частиц, размеры которых соответствуют требованиям стандартов или технических условий.

Мелкая фракция – это совокупность древесных частиц, прошедших при просеивании через сита сортирующих устройств.

Крупная фракция – это совокупность древесных частиц (щепы), оставшихся после сортировки на сите с наибольшим размером ячейки (в соответствии с требованиями).

Требования к щепе по массовой доле остатков на ситах анализатора приведены в табл. 8. Количество щепы, не соответствующей этим требованиям, не должно превышать 30 % объема партии.

Т а б л и ц а 8

Требования к щепе по массовой доле остатков на ситах

Диаметр отверстий сит, мм	Нормативная массовая доля остатков на ситах, %, не более для щепы марок							
	Ц-1	Ц-2	Ц-3	ГП-1	ГП-2	ГП-3	ПВ	ПС
30	3,0	5,0	6,0	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0
20 и 10	86,0	84,0	81,0	90,0	90,0	94,0	79,0	85,0
5	10,0	10,0	10,0	90,0	90,0	94,0	10,0	85,0
поддон	1,0	1,0	3,0	5,0	5,0	1,0	1,0	10,0

Качество поверхности и угол среза частиц

Щепа для целлюлозного производства и производства древесноволокнистых плит должна быть без мятых кромок (мятыми кромками считают кромки, обмятые по всей ширине щепы). Угол среза, β , должен быть равен

30-60° (рис.9). Количество щепы, не соответствующей этим требованиям, не должно превышать 30 % от объема партии.

В щепе для производства древесностружечных плит и гидролиза качество кромок и угол среза не учитывают.

Состав щепы по породам

По своему строению, а также физическим, механическим и химическим свойствам древесные породы значительно отличаются друг от друга, поэтому состав технологической щепы по породам древесины оказывает существенное влияние на качество вырабатываемой из нее продукции.

В связи с этим стандарт регламентирует применение той или иной породы древесины для получения каждого из видов продукции (табл.9). Одновременно ограничивается соотношение хвойных и лиственных пород древесины при поставке смеси. По соглашению между поставщиком и потребителем щепы допускаются другие соотношения породного состава.

Т а б л и ц а 9

Породы древесины для изготовления технологической щепы

Назначение щепы	Массовая доля пород древесины в щепе, %			
	хвойных 100	лиственных 100	в смеси	
			хвойных	лиственных
1	2	3	4	5
Для целлюлозно-бумажной промышленности				
Производство сульфитной и бисульфитной целлюлозы	Ель, пихта	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Береза, осина, тополь, ольха, бук, граб	Не более 10	Не менее 90
Производство сульфатной целлюлозы	Все породы, лиственница отдельно	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Все породы	Не более 10	Не менее 90
Производство нейтрально-сульфитной целлюлозы	Не допускается	Все породы	Не допускается	
Производство полуцеллюлозы	Все породы	–	Не менее 90	Не более 10
	–	Все породы	Не более 10	Не менее 90
Производство древесной массы	Ель, пихта	Не допускается	Не допускается	
Для гидролизного производства				
Дрожжевое производство	Все породы	Все породы	Допускается в любом соотношении	
Спиртовое производство	Все породы	–	Не менее 70	Не более 30
	–	Все породы	Не более 30	Не менее 70
Глюкозное производство	Все породы	Не допускается	Не допускается	
Производство фурфурола	Не допускается	Все породы	Не более 5	Не менее 95
Производство ксилита	Не допускается	Береза, примесь осины не более 10	Не допускается	

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5
Производство фурфурола и дрожжей при двухфазном гидролизе	Не допускается	Береза, бук, клен, дуб, граб, примесь осины не более 10	Не допускается	
Для плитного производства				
Производство ДВП и ДСП	Все породы	Все породы	Допускается по согласованию с потребителем	

Влажность щепы, поставляемой для технологических целей, не нормируется.

5.3. Технология производства технологической щепы

Структуру производственного процесса определяют в зависимости от назначения технологической щепы.

Отличие технологических процессов состоит в том, что в одном случае древесное сырье окоривают, удаляют ядровую гниль, затем измельчают. В другом варианте древесное сырье поступает на измельчение без таковой обработки.

Древесину перерабатывают на щепу на отдельных участках на базе рубильной машины или создают для этого технологические потоки на базе установок УПЩ, которые представляют собой комплект оборудования по окорке и облагораживанию древесины, измельчению ее в щепу и сортированию щепы. При этом учитывают, что в одной рубильной машине должно перерабатываться разноразмерное древесное сырье.

Процесс производства технологической щепы состоит из следующих операций: подготовка древесного сырья; измельчение древесины на рубильных машинах; сортирование щепы по фракциям; удаление мелочи; доизмельчение крупных частиц и сортирование; отгрузка щепы.

5.3.1. Подготовка древесного сырья

До операции измельчения древесное сырье подвергается предварительной обработке, которая включает: окорку, раскряжевку, раскалывание и удаление гнили, удаление металлических включений.

В общем комплексе технологического процесса производства технологической щепы подготовительные операции занимают по трудоемкости 60-75% от всех трудозатрат.

Окорка.

Принцип работы окорочного оборудования основан на разрушении связей коры с древесиной. Окорка осуществляется на роторных и барабанных установках тупыми короснимателями, фрезами и зачистными ножами, струей воды под давлением, СВЧ-излучением и др. способами.

Наиболее распространен в промышленности механический способ окорки на роторных окорочных станках (ОК-35М, ОК-35К, ОК-40М, ОК-66М, ОК-40-1, ОК-63-1, ОК-80-1, ОК-100-1, 2ОК-63, 2ОК-80) и корообдирочных барабанах (КБ-3, КБ-6, КБ-60).

На роторных окорочных станках производят в основном окорку деловых лесоматериалов. В корообдирочных барабанах производят окорку колотых и круглых балансов, полученных из низкокачественной древесины. Барабаны входят в состав установок УПЩ.

Раскряжевка.

Раскряжевке (поперечному делению) подвергаются все длиномерные низкокачественные бревна путем разделявания их на мерные отрезки длиной 1-1,25 м с последующей их обработкой в корообдирочных барабанах и длиной до 2,2 м при непосредственном их измельчении.

Раскряжевку производят на круглопильных станках различной модификации (слешеры, триммеры, многопильные станки и др.), а также с помощью ручного инструмента (электропилы, бензопилы и др.).

Деление древесины по длине производится с целью обеспечения надежной работы приводного двигателя ножевой рубильной машины.

Раскалывание.

Раскалывание проводят с целью уменьшения поперечного сечения и удаления из них гнили. Продольное деление кряжей может производиться следующими способами: пилением, раскалыванием и делением в замкнутом пространстве (продавливание кряжей через ножевую решетку).

Пиление выполняется на круглопильных (ЦТД6-2, ЦТД6-4) и ленточнопильных (ЛБ-240, ЛБ-150, ЛБ 100-1) станках.

Раскалывание основано на свойстве древесины легко разделяться вдоль волокон. По сравнению с процессом пиления расход энергии при раскалывании в 10-15 раз ниже.

Раскалывание короткомерных кряжей на отдельные части выполняется с помощью клина или специальных рычагов-клиньев. Стальной клин (резец), внедряясь в древесину, сминая своими боковыми гранями ее торцовую часть и вызывает смещение древесных волокон в направлении, перпендикулярном его движению. Происходит смятие и поперечное сжатие волокон. С увеличением площади взаимодействия граней резца с древесиной, смятие прекращается, и дальнейшее внедрение сопровождается возникновением упругих деформаций. Накопленная потенциальная энергия упругости и концентрация напряжений вызывает появление продольной трещины, которая разделяет кряж на части.

Раскалывание производят на древокольных станках (КГУ-1, ГК-2А, КЦ-8, КГ-8А, ДО-20 и др.).

По способу надвигания древокольные станки подразделяются на механические и гидравлические.

5.3.2. Измельчение древесного сырья

Щепа вырабатывается на рубильных машинах различного типа.

Рубильные машины для производства технологической щепы классифицируются по следующим признакам:

В зависимости от типа рабочего органа (механизма резания):

– дисковые рубильные машины – рабочий орган выполнен в виде плоского или профильного (геликоидального) диска с ножами на нем;

– барабанные рубильные машины – рабочий орган выполнен в виде барабана с ножами на внешней поверхности:

– машины с рабочим органом в виде цилиндра;

– машины с рабочим органом в виде конуса;

– машины с рабочим органом в виде двух конусов, расположенных на одной оси и соединенных друг с другом вершинами.

По мобильности:

– передвижные (прицепные, полуприцепные, смонтированные на раме базового трактора);

– стационарные.

По способу загрузки древесины:

– рубильные машины с горизонтально расположенным питающим патроном, древесину в который подают цепным или ленточным транспортером, рольгангом или шнеками;

– рубильные машины с питающим патроном, наклоненным в вертикальной плоскости, древесина в котором перемещается за счет гравитационных сил;

– рубильные машины с комбинированной загрузкой, оснащенные двумя патронами.

По способу удаления щепы из машины:

– удаление щепы вверх по щепопроводу с помощью воздушного потока;

– удаление щепы вниз на транспортер;

– "безударное" удаление щепы, происходящее примерно по направлению подачи сырья в машину.

По виду резания рубильные машины бывают ножевые и резцовые.

В зависимости от соотношения длины режущей кромки ножа и максимальной ширины измельчаемого материала различают:

– *открытое резание* – режущая кромка полностью перекрывает ширину лесоматериала, $L_{рк} > B_m$ (рис.11, а);

– *полузакрытое резание* – режущая кромка частично перекрывает ширину измельчаемого материала, в этом случае в взаимодействии с древесиной, кроме передней и задней граней (как при открытом резании) находится и одна боковая грань, $L_{рк} < B_m$ (рис.11, б);

– *закрытое резание* длина режущей кромки значительно меньше ширины лесоматериала, во взаимодействии с древесиной находятся и две боковые грани, $L_{рк} \leq B_m$ (рис.11, в).

При открытом виде резания древесины на щепу сам процесс характеризуется большими силовыми нагрузками, а качество щепы не в полной мере соответствует требованиям стандарта [23, 24]. Полузакрытый вид резания позволяет регламентировать все размеры щепы и значительно снизить силовые параметры процесса резания [25].

Рубильные машины, в основе которых заложен открытый вид резания, классифицируются как ножевые, а машины с полузакрытым видом резания как резцовые.

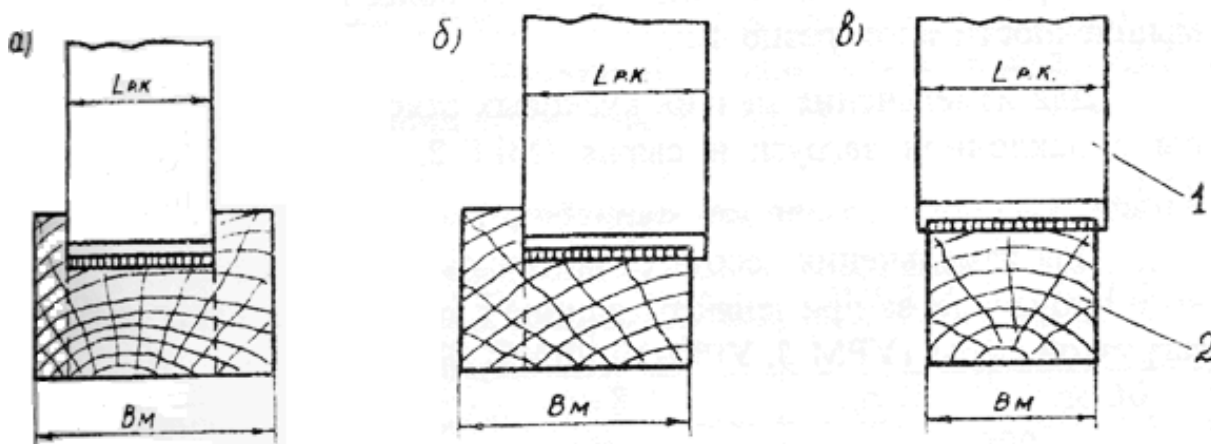


Рис.11. Виды резания древесины на щепу:
 а – закрытый; б – полузакрытый; в – открытый;
 1 – режущий инструмент; 2 – лесоматериал

Барабанные рубильные машины.

В рубильных машинах барабанного типа рабочим инструментом является ротор (барабан) с закрепленными на нем режущими ножами или резцами. Барабан может быть как цельным (тогда щепа поступает в подножевые впадины), так и полым (тогда щепа поступает в барабан). Загружаются машины такого типа в основном горизонтально с подающего транспортера и оснащаются вальцовым приводом подачи с механическим или гидравлическим прижимом, однако существуют и машины с гравитационной загрузкой (свободной засыпкой) сырья. Такая загрузка применяется для короткомерных материалов – до 1,5 м длиной. Выгрузка щепы в большинстве осуществляется вниз, на транспортер или в приемный патрубок пневмотранспортной системы.

Барабанные машины обычно имеют большое проходное сечение, что позволяет перерабатывать в щепу крупномерный материал, однако качество получаемых частиц ниже, чем в дисковых машинах.

Основное преимущество барабанных рубильных машин перед дисковыми это широкий ассортимент перерабатываемого древесного сырья – кругляк, отторцовка, горбыль, рейка, обрезки, кривоствольная и тонкомерная древесина, сучья, ветки, короткомерные отходы лесопиления и деревообработки, а также отходы плитных производств.

На рис. 12 приведены схемы переработки древесины в барабанных рубильных машинах: *a* – с рабочим органом в виде барабана с ножевыми впадинами; *б* – с подножевными прорезями (в этом случае барабан делают пустотелым).

Барабанная рубильная машина (рис.12а) состоит из массивного стального барабана 1 диаметром от 0,3 до 1 м, вращающегося с угловой скоростью 63–95 рад/с (600– 900 об/мин). На поверхности барабана по его образующим закреплено от 2 до 12 прямых ножей 2, выступающих над поверхностью барабана на величину h . Участки поверхности барабана между ножами очерчиваются кривой переменного радиуса или окружностью, центр которой смещен относительно оси вращения барабана, благодаря этому перед ножами образуются углубления. Подлежащий измельчению материал подается к барабану по патрону 3, имеющему упорные ножи 4 (контрнож). Положение патрона характеризуется величинами углов при смыкании: в вертикальной плоскости (α_1) и в горизонтальной плоскости (α_2).

Контрнож 4, закрепленный на дне патрона, стабилизирует процесс резания и предохраняет элементы конструкции машины от преждевременного износа и деформации. Отрубленная щепа поступает во впадины 5, расположенные на поверхности барабана перед ножами, и под действием центробежных сил выбрасывается из них в щепоотводящий патрубок 6.

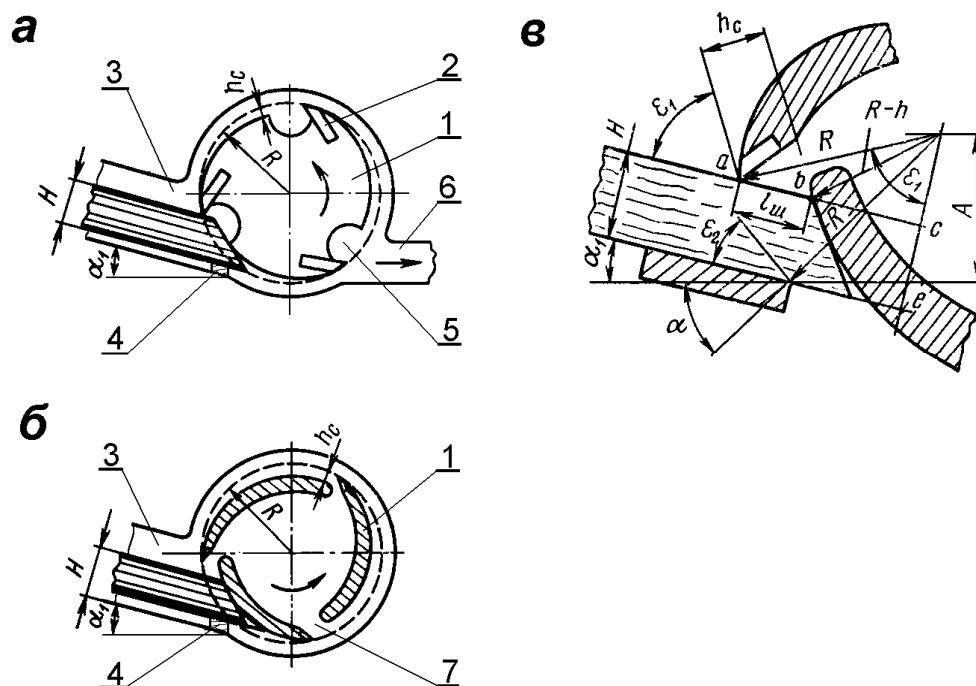


Рис. 12. Схемы переработки древесины в барабанных рубильных машинах:
a – щепа поступает в подножевые впадины; *б* – щепа поступает в барабан;
в – схема для расчета барабанной машины; 1 – барабан; 2 – нож;
 3 – загрузочный патрон; 4 – контрнож; 5 – подножевая впадина;
 6 – щепоотводящий патрубок; 7 – подножевая щель

Основные параметры барабанных рубильных машин некоторых производителей приведены в прил. 1.

Для измельчения мелких кусковых отходов предпочтительны машины с наклонной загрузкой сырья, такие как МРБ-2, БРБ-Агрокон, ДНР-2 и др.

Для измельчения лесозаготовительных отходов и отходов лесопиления применяют машины с горизонтальной принудительной загрузкой сырья – УРМ-5, УМР-10, ДО-51, БРП, ДРН-1.

Для измельчения отходов фанерного и спичечного производств – ДШ-3М, ДШ-4, ДРН-1 и ДРН-2.

Дисковые рубильные машины

Дисковые рубильные машины в основном предназначены для производства качественной щепы из круглых и колотых лесоматериалов, горбылей и реек.

В зависимости от длины загружаемого материала рубильные машины изготавливаются с вертикальным или наклонным рубильным диском.

По способу загрузки древесины подразделяются на машины с наклонной и горизонтальной подачей. В машинах с наклонной подачей, предназначенных для измельчения короткомера, подача древесины в зону резания производится под действием силы тяжести. Машины с горизонтальной подачей используются для измельчения длиномерного сырья, которое подается в зону резания конвейером или специальным механизмом подачи.

По способу удаления щепы машины бывают с верхним и нижним способом выброса. Машины с наклонной загрузкой преимущественно имеют верхний выброс, они экономичнее вписываются в технологию и наиболее пригодны для передвижного исполнения. Щепка при выбросе дополнительно измельчается, что отрицательно влияет на выход щепы, но в тоже время слой древесины не полностью разделившийся на щепу после резания, может разделиться при транспортировке его по щепопроводу.

При нижнем способе удаления щепы требуется специальная конструкция фундамента для размещения в нем механизма удаления щепы (конвейер или трубопровод).

По виду режущего инструмента машины бывают ножевые (открытое резание) и резцовые (полузакрытое резание) [3].

В дисковых рубильных машинах резание древесины происходит под углом к волокнам древесины и осуществляется между ножами, установленными на ножевом диске (роторе) и контрножом, установленным на приемном патроне (патрубке). Здесь длина щепы определяется величиной выступа ножей на ножевом диске – ее можно изменять в небольших пределах. Режущие ножи могут быть размещены радиально или под углом к радиусу диска; такие ножи называют геликоидальными. Геликоидальная форма ротора и задних граней рубильных ножей создает условия для получения щепы одинаковой длины, что повышает качество технологической щепы. При геликоидальной форме поверхности и достаточно большом числе ножей обеспечивается самоподача сырья в машину, отпадает необходимость в подающих механизмах.

Раскалывание древесины вдоль волокон происходит вследствие смещения срезанного слоя и удара о внутреннюю поверхность станины. Толщина щепы не регулируется, и доля плоских частиц, как правило, получается больше, чем в барабанных машинах.

Схема образования элементов щепы в дисковой рубильной машине приведена на рис.13.

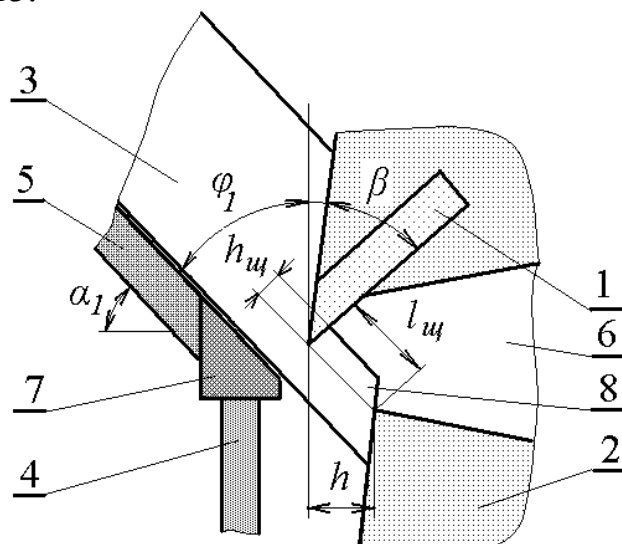


Рис. 13. Схема образования элементов щепы в рубильной машине: 1 – нож; 2 – ножевой диск; 3 – измельчаемый материал; 4 – кожух; 5 – загрузочный патрон; 6 – подножевая щель; 7 – контрнож; 8 – щепа

Рабочий орган этих машин выполнен в виде плоского (рис. 14 б) или профильного (геликоидального) (рис. 14 в) вращающегося в вертикальной плоскости диска 2, оснащенного ножами 1.

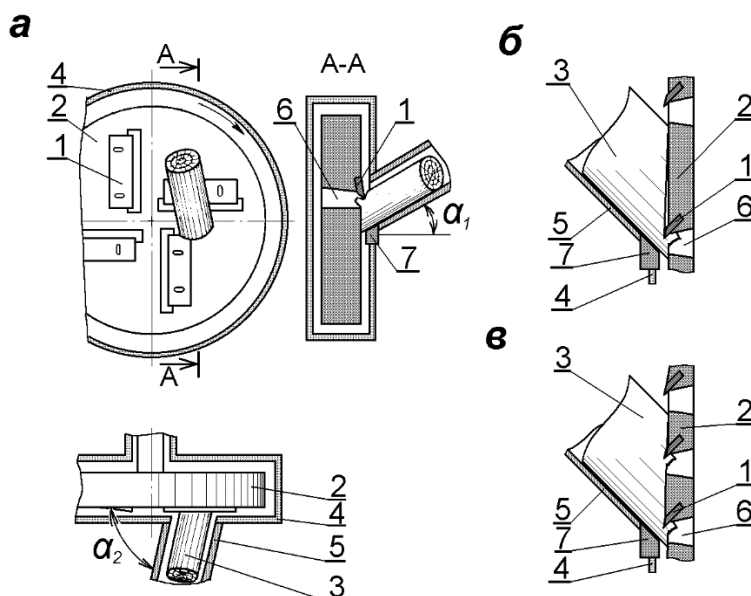


Рис. 14. Схема резания древесины в дисковых рубильных машинах: а – общая схема; б – схема взаимодействия измельчаемой древесины с плоским диском; в – схема взаимодействия измельчаемой древесины с геликоидальным диском; 1 – нож; 2 – ножевой диск; 3 – измельчаемый материал; 4 – кожух; 5 – загрузочный патрон; 6 – щель подножевая; 7 – контрнож

Диаметр ножевого диска в зависимости от производительности машины и сечения измельчаемых лесоматериалов составляет от 1 до 3 м, угловая скорость – от 16 до 52 с⁻¹, количество ножей на диске – от 3 до 16 штук. Угол заточки ножей обычно находится в пределах от 30 до 45°.

Основные параметры дисковых рубильных машин некоторых производителей приведены в прил. 2.

Щепа, произведенная на дисковых рубильных машинах, в сравнении со щепой, приготовленной на барабанных машинах, более однородна по длине, а доля крупной и опилочной фракции в ней меньше. Однако по размеру проходного сечения эти машины проигрывают барабанным.

Более перспективными дисковыми рубильными машинами являются **многорезцовые машины**. Они используются для измельчения, как стволовой древесины, так и крупных кусковых отходов. Многорезцовые машины делятся на стационарные и передвижные, с верхним и нижним выбросом щепы, с вертикальным и наклонным размещением диска. Многорезцовые машины выполняют с односпиральным или многоспиральным расположением резцов на рабочем органе или располагают резцы на диске в шахматном порядке или ступенчато.

Наиболее распространенные марки многорезцовых машин – МРР8-50ГН, МРР5-20ГН, МРГП-1000, МРД-3, МРМ-10, МРМ-20, машина Вальщикова (стационарные), ИТС -300, IBL-1004, Rp-80 и МРПМ-10, ИТСП-500 (передвижная).

Для рубки щепы используются машины, в которых режущий элемент движется по конусной поверхности (**конические рубильные машины**) или режущая кромка выполнена винтообразной формы (**шнековые машины**).

5.3.3. Сортирование щепы, доизмельчение крупных частиц и удаление мелочи

Сортированием отделяются от массы щепы крупные частицы и мелочь.

На предприятиях сортировку щепы производят на сортировочных машинах. Принцип работы этих машин основан на механическом колебании сит. К таким машинам относятся напольные или подвесные гирационные установки СЩ-1М, СЩМ-60, СЩ-120, СЩ-500-1, СЩ-70, СЩ-140, СЩ-200 и др.

Сортировочные машины, кроме отделения крупной и мелкой фракций из щепы, позволяют отделить гниль и кору.

В сортировочную машину щепа поступает непосредственно из рубильной машины или со склада. Отсортированные фракции щепы направляются на выносные конвейеры, причем крупные и мелкие фракции, как правило, поступают на один конвейер, а кондиционная щепа на другой.

Крупная щепа с верхнего сита ссыпается на конвейер и направляется на вторичное измельчение в дезинтегратор, далее в циклон и снова на конвейер и на сортировку.

Отсортированная мелочь удаляется конвейером в сборный бункер или в котельную предприятия.

5.3.4. Учет и отгрузка щепы

Для учета технологической щепы пользуются переводными коэффициентами насыпного объема в плотный (K_n). Величина коэффициента зависит от способа загрузки. Так при подаче щепы конвейером $K_n = 0,36$, при подаче пневмотранспортом – $K_n = 0,41$. При перевозке щепы величина коэффициента зависит от способа и расстояния перевозки. Так, при перевозке щепы автомобильным транспортом $K_n = 0,40$ при перевозке щепы на расстояние до 50 км и $K_n = 0,42$ – на расстояние более 50 км.

При перевозке щепы железнодорожным транспортом величина коэффициента принимается по табл.10.

Т а б л и ц а 1 0

Значения K_n щепы при перевозке железнодорожным транспортом.

Способ погрузки щепы	Расстояние перевозки щепы, км		
	до 200	200-650	свыше 650
Механическими устройствами	0,38	0,39	0,41
Пнеumoпогрузка	0,41	0,43	0,43

Учет щепы производится объемным или весовым способом. Наиболее распространен объемный способ учета. При этом используют, например, учетчик ЛВ-132 и учетчик с бункером, входящий в линию УПЩ-15. Для учета щепы весовым способом используют учетчики ВО-63 и ЛТМ-1 м.

При поставке щепы потребителю на нее составляют паспорт, в котором указывают все рассмотренные выше показатели, марку и породу щепы, объем партии и наименование предприятия-изготовителя.

5.3.5. Хранение щепы

Для накопления технологической щепы и кратковременного ее хранения используют бункерные галереи, представляющие собой емкости, в верхней части которых установлен ленточный или скребковый конвейер, подающий щепу в бункер. В нижней части емкости предусмотрено устройство для загрузки щепы в щеповоз. Бункерную галерею располагают на высоте, достаточной, чтобы под нее въехал щеповоз.

Для длительного хранения больших объемов щепы используют открытые склады сезонного хранения щепы (рис.15). К потребителю щепу транспортируют автощеповозами, железнодорожным транспортом в специальных вагонах, баржами по воде.

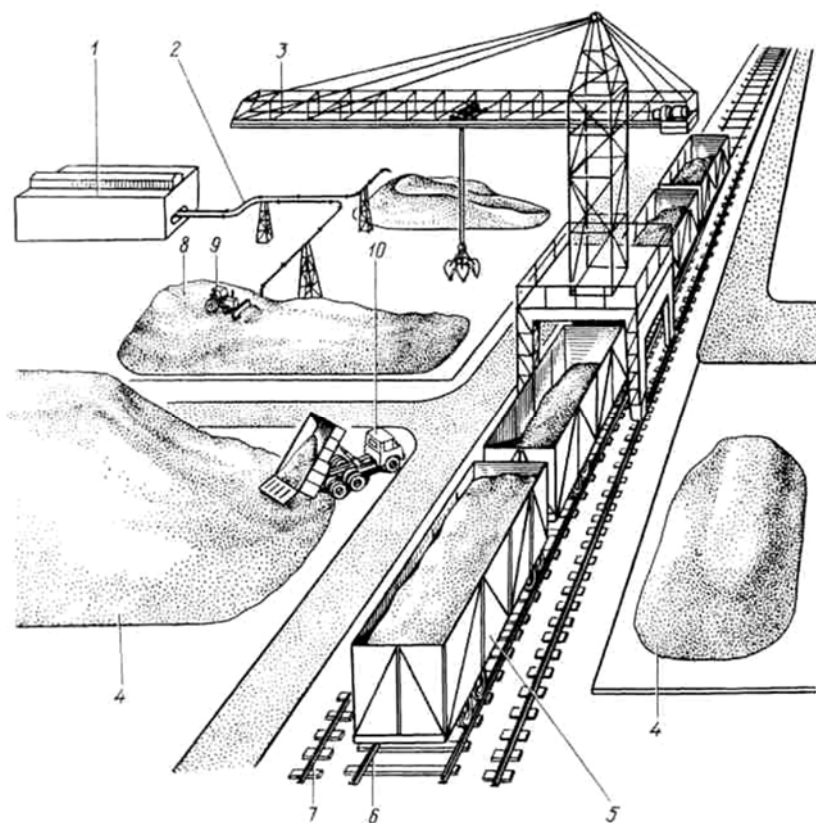


Рис.15. Открытый кучевой способ хранения щепы:
 1 – цех технологической щепы; 2 – трубопровод пневмотранспортной установки;
 3 – башенный кран с грейфером; 4 – открытые склады для привозной щепы;
 5 – вагон; 6 – погрузочный турик; 7 – крановый путь; 8 – склад открытого хранения щепы, получаемой в цехе; 9 – бульдозер; 10 – автощеповоз

5.4. Технологические схемы производства щепы

Структура линий по производству щепы определяется технологией основного производства предприятия. Технологические линии по переработки низкокачественной древесины и древесных отходов выстраивают с учетом назначения и объема вырабатываемой щепы.

Как показывает опыт организации технологических процессов по переработке древесины на щепу, разнотолщинную древесину необходимо измельчать в машинах разного типоразмера, т.к. при этом достигается наибольшая степень использования их по производительности.

Основным оборудованием технологического процесса является рубильная машина. Марку машины выбирают в зависимости от размерной характеристики древесного сырья и его объемов.

При выборе технологической схемы размещения цехов по производству щепы важнейшими условиями являются минимальные затраты труда при подаче древесного сырья к цехам.

В практике лесозаготовок наиболее известны две принципиальные схемы производства технологической щепы:

- а) на нижнем лесоскладе;
- б) на верхнем лесоскладе (лесосеке).

Технологические схемы производства щепы на нижнем складе

Одна из технологических линий по производству щепы на нижнем лесоскладе представлена на рис.16. Данная линия предназначена для переработки древесины любого диаметра, поставляемой как в хлыстах, так и в виде сортиментов.

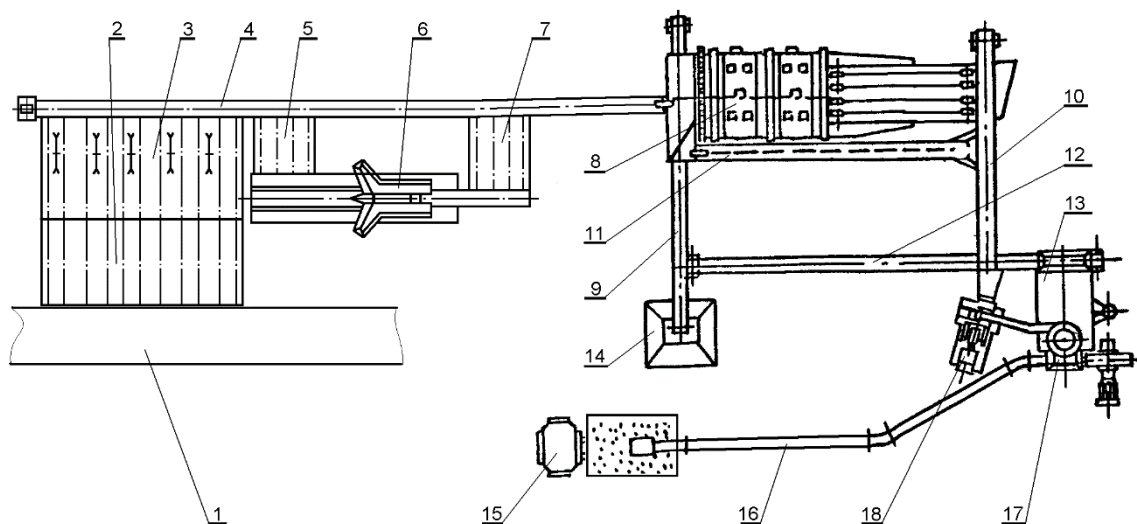


Рис. 16. Технологическая схема участка по производству щепы на нижнем лесоскладе:

- 1 – подъездная дорога; 2 – разгрузочная эстакада; 3 – раскряжевочная установка; 4 – конвейер подачи сырья; 5, 7 – поперечные транспортеры; 6 – гидроколун; 8 – окорочный барабан; 9, 12 – конвейеры для отходов; 10 – транспортер подачи древесины на рубку; 11 – транспортер возврата на доокорку; 13 – сортировка щепы; 14 – бункер для отходов; 15 – щеповоз; 16 – щепопровод; 17 – загрузочное устройство пневмотранспорта; 18 – рубильная машина

Древесное сырье доставляется автотранспортом по подъездной дороге 1 и разгружается на эстакаду 2. Перед загрузкой в окорочный барабан 8 древесина с помощью раскряжевочной установки 3 распиливается на мерные отрезки – балансы. В случае необходимости балансы большого диаметра подвергаются продольному делению на гидроколуне 6. Подготовленная для окорки древесина ленточным конвейером 4 подается в окорочный барабан 8. Из барабана окоренная древесина выгружается на транспортер 10, где визуальнo производится оценка качества ее окорки. Древесина, требующая доокорки, перегружается на транспортер 11. Этот транспортер разгружается на загрузочный лоток окорочного барабана, направляя тем самым древесину на доокорку.

Древесина, имеющая степень окорки, требуемую технологическим регламентом, транспортером 10 подается в рубильную машину 18. Выработанная машиной щепа выгружается на сортировку, производящую

разделение щепы на кондиционную и некондиционную. Некондиционная щепка по конвейерам 12 и 9 поступает в бункер для отходов 14. Туда же по конвейеру 9 поступают отходы процесса окорки в окорочном барабане. Кондиционная щепка через загрузочное устройство 17 подается в систему пневмотранспорта и по щепопроводу 16 загружается в щеповоз 15.

В прил. 3 приведены технологические схемы производства щепы на базе установок УПЩ-3А и УПЩ-6Б [27].

Часто нижние лесосклады комплектуются линиями по производству пиломатериалов. В этом случае бывает целесообразно устройство специальных участков по переработке кусковых отходов лесопиления на щепу. Возможные схемы таких участков представлены на рис. 17.

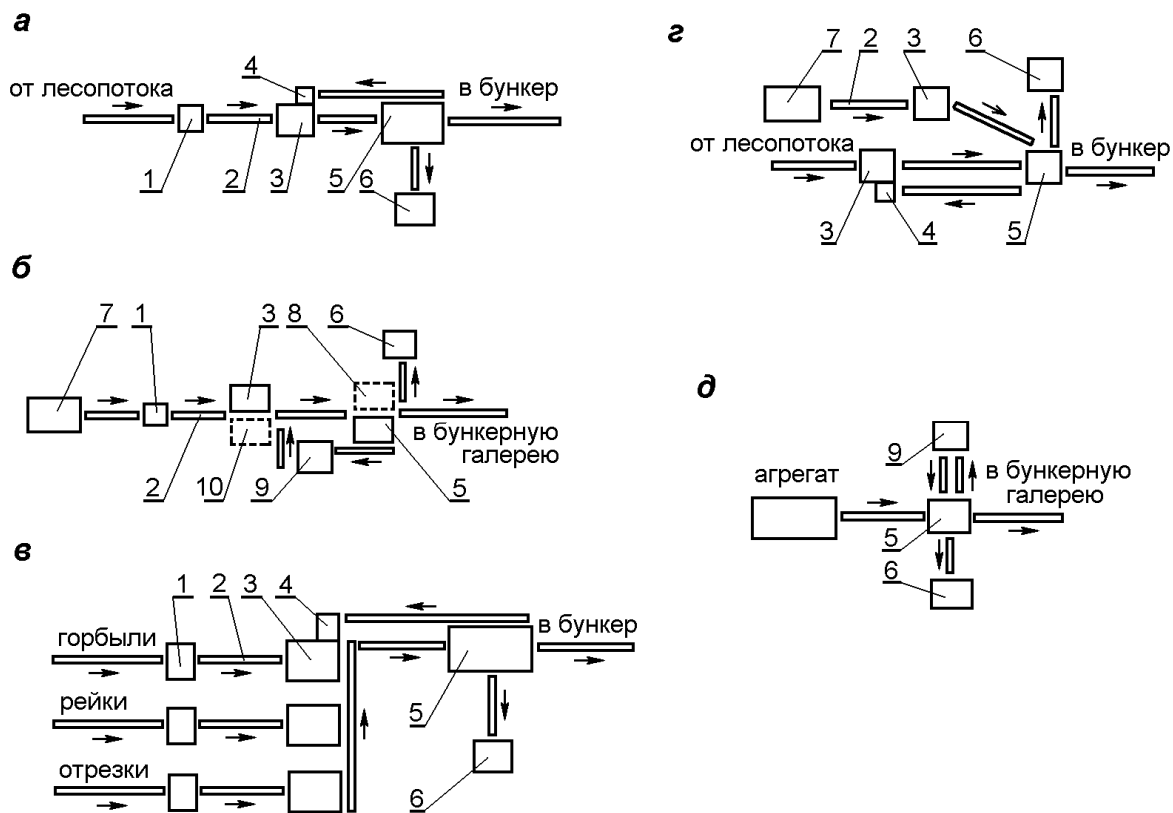


Рис. 17. Технологические схемы переработки отходов лесопиления на щепу: 1 – металлоискатель; 2 – конвейер ленточный; 3 – рубильная машина; 4 – лоток для загрузки крупной щепы на доизмельчение; 5 – сортировка щепы; 6 – бункер для сбора мелкой фракции и отсева; 7 – накопитель отходов; 8 – резервная сортировка щепы; 9 – дезинтегратор; 10 – резервная рубильная машина

При поточной схеме переработки отходов (рис. 17 а) рубильные машины устанавливаются в каждом лесопильном потоке.

Сортировка щепы в данном случае в зависимости от производительности сортировки и от объемов производимой щепы может быть одна на все потоки или в каждом потоке своя. Отсортированную крупную фракцию отправляют на доизмельчение либо в дезинтегратор, либо в ту же

рубильную машину, где производится щепа. В последнем случае машина оснащается дополнительным загрузочным лотком.

Во всех технологических схемах мелкую фракцию, выделенную на сортировках, подают в специальный бункер. Кондиционная щепа также может накапливаться в бункере или на складе щепы.

При централизованной переработке (рис. 17 б), отходы, образующиеся в нескольких потоках, поступают в одну машину. Крупная фракция в этом случае доизмельчается в рубильной машине. Такая схема делает целесообразной установку резервной рубильной машины и сортировки щепы.

Специализированная переработка отходов (рис. 17 в) по их видам, в том случае если она осуществляется на базе соответствующих типов рубильных машин, Применение такого вида переработки может повысить выход технологической щепы.

Комбинированная схема (рис. 17 г) сочетает в себе все преимущества предыдущих, однако она аккумулирует в себе также и все их недостатки.

Особое место занимают технологические схемы, разработанные на базе производства пилопродукции с использованием агрегатного оборудования. Такие линии позволяют получать пилопродукцию непосредственно из лесоматериалов с одновременной выработкой щепы. В этом случае участок комплектуется только сортировкой щепы и дезинтегратором для доизмельчения крупной фракции.

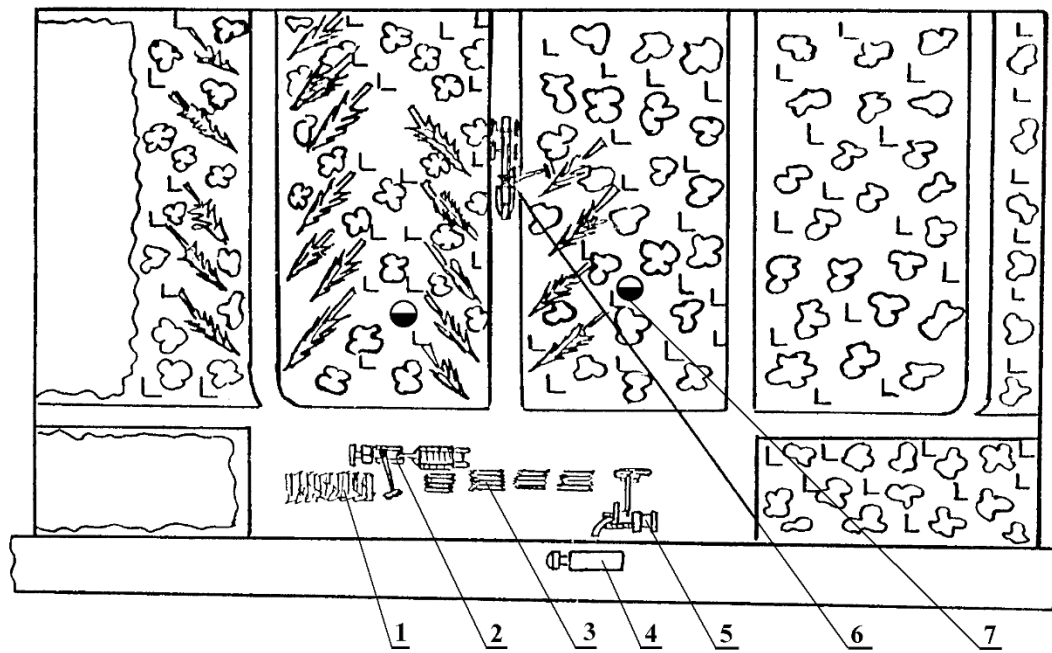
Технологические схемы производства щепы на лесосеке

Процесс производства щепы на лесосеке в зависимости от организации комплексного процесса лесозаготовок может осуществляться по схемам, представленным на рис. 18.

Эта схема предусматривает валку и раскряжевку деревьев на отрезки с помощью бензиномоторной пилы, подвозку форвардером отрезков деревьев с сучьями к передвижной рубильной машине, измельчение их рубильной машиной с получением щепы для плитных производств, ее загрузку в кузов автомобиля-щеповоза (или съемный контейнер автопоезда) и вывозку щепы потребителю.

По всем вариантам технологических процессов для полносменной загрузки передвижной рубильной машины на мастерском участке создается запас сырья на 5-7 смен работы машины. Передвижная рубительная машина поочередно перерабатывает тонкомерное древесное сырье на разных мастерских участках, при этом она работает в течение смены с полной загрузкой.

а



б

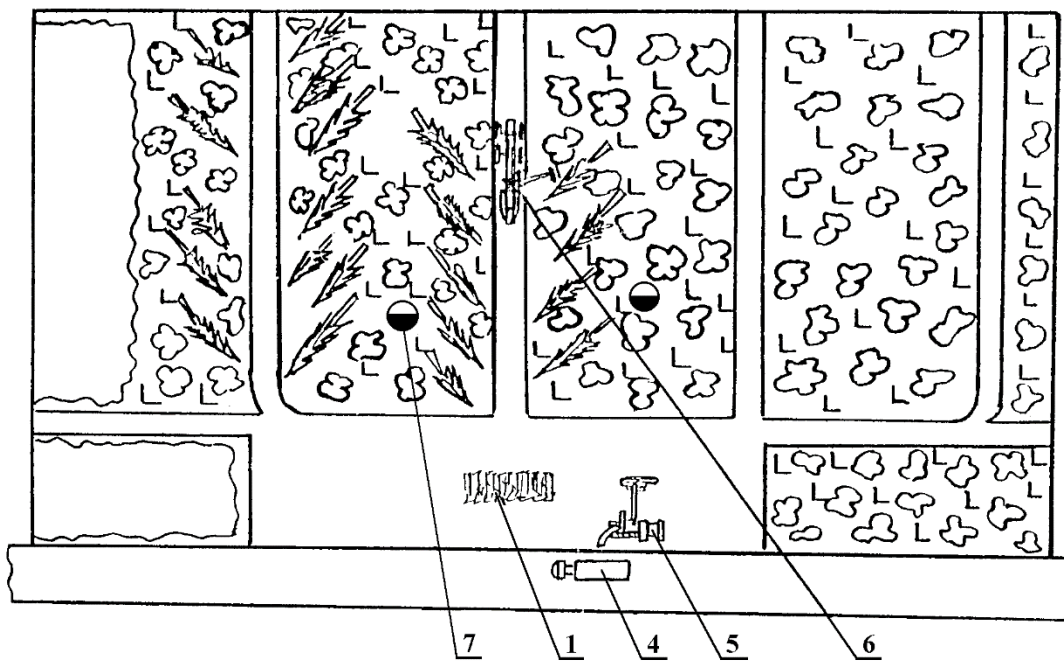


Рис. 18. Схемы технологических процессов производства щепы на лесосеке:
а – для целлюлозно-бумажных производств; б – для плитного производства;
1 – отрезки деревьев; 2 – сучкорезно-окорочная машина; 3 – окоренное сырье;
4 – щеповоз; 5 – рубильная машина; 6 – форвардер с ЗРУ; 7 – вальщик

6. ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

6.1. Сырьевые материалы

6.1.1. Целлюлозосодержащий наполнитель.

В качестве наполнителя для производства древесно-минеральных композиционных материалов (ДМКМ) применяют как древесный наполнитель (низкосортная и некондиционная древесина, тонкомер, неделовой горбыль, срезки, торцы, станочная стружка, щепа, опилки, одубина), так и отходы сельскохозяйственного производства (костра льна, конопли, джута, стебли хлопчатника, рисовой соломы, камыша и др.).

Все эти наполнители как целлюлозосодержащий растительный продукт характеризуются рядом общих специфических свойств, оказывающих существенное влияние на процессы структурообразования, физико-механические и эксплуатационные свойства композитов.

Древесный наполнитель, как и другие целлюлозосодержащие наполнители, обладает рядом ценных свойств: низкая средняя плотность, хорошая смачиваемость, легкость обработки, недефицитность.

Но древесина имеет и отрицательные качества, которые затрудняют получение материала высокой прочности из высокопрочных компонентов (цементный камень и древесина). К таким свойствам относят повышенную химическую активность, наличие объемно-влажностных деформаций, анизотропность, высокую проницаемость, низкую адгезию к цементному камню, значительную упругость при уплотнении.

На физико-механические показатели ДМКМ оказывают влияние многие факторы.

Порода древесины.

Для изготовления высококачественных ДМКМ предпочтительнее использовать хвойные породы (ель, сосну, кедр, пихту). Исключением является лиственница из-за высокого содержания в ней экстрактивных веществ. Кроме того, она обладает резко выраженной анизотропностью. Допускается использование березы, тополя, осины, а также их смеси после соответствующей обработки.

Средняя, насыпная плотность и пористость древесного наполнителя.

Средняя и истинная плотность древесного наполнителя в абсолютно сухом состоянии колеблется в очень широких пределах. Так средняя плотность находится в пределах 380-1000 кг/м³, а насыпная, например осинового дробленки составляет 55,5 кг/м³, а березовой – 247,2 кг/м³.

Очень важное свойство древесного наполнителя – его пористость. От пористости наполнителя зависит пористость ДМКМ. Древесина, как известно, пористый материал, кроме того, при укладке древесных частиц в процессе формования изделия образуются пустоты между частицами.

Пористость материала зависит как от пористости заполнителя, так и от крупности древесных частиц, от степени уплотнения и других факторов.

При средней плотности древесины 300, 500, 700 кг/м³ (в абсолютно сухом состоянии) ее пористость равна 81, 68 и 55%, поэтому для получения наиболее плотного ДМКМ необходимо подбирать частицы древесного заполнителя с минимальной пористостью.

Влажность древесного заполнителя.

Влажность древесного заполнителя оказывает существенное влияние на качество ДМКМ.

Влажность древесины показатель, зависящий от породы, местонахождения в стволе, времени года, температурно-влажностных условий хранения и т.д. При переработке сильно увлажненного сырья частицы древесины получают низкого качества.

Водопоглощение древесного заполнителя.

Поглощение влаги оболочками клеток древесных частиц сопровождается их разбуханием, что приводит к появлению в ДМКМ давления разбухания. Давление набухания находится в пределах 0,76...1,5 МПа для радиального направления и 0,86...3,1 МПа для тангенциального направления.

Древесный заполнитель в процессе твердения и сушки ДМКМ, а также и при эксплуатации конструкций на его основе подвержен объёмным деформациям, меняющимся в широких пределах в зависимости от влажности и температуры среды. К таким деформациям относятся усадка-усушка вдоль волокон (0,1...0,3%) в радиальном (от 3 до 5%) и тангенциальном (6...12%) направлениях, набухание, изменение формы (коробление). Это способствует возникновению внутренних напряжений и деструкции контактных зон, снижению прочности структуры композита.

Взаимосвязанное стеснение деформаций твердеющего минерального вяжущего – цементного камня и самих частиц древесного заполнителя может явиться основным источником, обуславливающим начальное напряжённое состояние твердеющего ДМКМ. Однако суммарное напряжённое состояние, возникающее в процессе структурообразования в композите типа арболит, не ограничивается действием только усадочных напряжений клеевой прослойки – цементного камня и древесного заполнителя. На определённых этапах на образование структуры арболита могут повлиять влажностные и температурные напряжения и напряжения от упругого действия органического заполнителя, особенно на стадии уплотнения и формирования изделий.

Наиболее значительными являются влажностные деформации (усушка, набухание), которые сильно отличаются по величине в различных направлениях из-за анизотропности древесины и могут достигать соотношения 1:120. При этом объёмная усушка древесного заполнителя может составить 15...20%, тогда как объёмная усадка цементного камня – всего 0,9...1,2%.

Таким образом, напряжённое состояние в структуре композита типа арболит зависит в большей мере от напряжений, возникающих в результате усушки и набухания древесного заполнителя, чем от усадки или набухания цементного камня (так как усадка древесного заполнителя в десятки раз больше, чем цементного камня).

Упругость древесного заполнителя

Арболитовая смесь представляет собой сыпучее тело, которое можно охарактеризовать как дискретную систему, включающую частицы древесины, связующее (цементное тесто), влагу (внутри заполнителя) и воздух. Древесина проявляет упруговязкопластичные свойства. Арболитовая смесь, состоящая на 80...90% по объёму из древесного заполнителя, в процессе формования и уплотнения также проявляет эти свойства. Сжимаемость ее при формовании зависит от доли свободного объёма. Древесно-цементные смеси до уплотнения содержат значительное количество воздуха между частицами заполнителя и внутри них, поэтому обладают очень высокой сжимаемостью, чему способствует эластичность тонких нежёстких частиц древесины.

Наибольшее влияние на процессы уплотнения и структурообразование арболита оказывает упругость древесного заполнителя. Упругость древесины зависит от морфологического строения и средней плотности породы. На такое свойство древесины, как пластичность (обратное упругости), существенно влияет влажность; пластичность при изгибе сильно возрастает при увлажнении и особенно резко – при вымачивании в горячей воде. Пластичность древесного заполнителя зависит также от его морфологического строения: хвойные породы обладают меньшей пластичностью, чем лиственные, причём более пластичными оказываются породы с пористым строением древесины. Древесный заполнитель, полученный из заболонной части древесины (отходы лесопиления – горбыль, срезки и др.), обладает более высокой пластичностью, чем из ядра (твёрдые и мягкие отходы деревообработки).

В связи с тем, что древесина проявляет упругопластические свойства, для древесно-цементной смеси характерны такие же свойства. Поэтому процесс её уплотнения сопровождается редуформацией (распрессовкой) отформованного изделия после снятия приложенной нагрузки. В зависимости от средней плотности формуемых изделий и фракции древесного заполнителя коэффициент уплотнения (для арболитовой смеси) варьируется от 1,2 до 1,8 и более, что также влияет на редуформацию. Поэтому для обеспечения восприятия упругой составляющей при уплотнении арболитовой смеси иногда применяют формы с фиксированными крышками.

Отрицательное влияние упругости арболитовой смеси на структурообразование и напряжённое состояние отформованного изделия из арболита наблюдается при всех способах формования изделий.

Анизотропность древесного заполнителя

Древесный заполнитель представляет собой анизотропный материал неоднородного строения в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях (поперечный, радиальный, тангенциальный срезы). Рыхлые клетки древесины образуются весной в период роста дерева, более плотные клетки поздней древесины – осенью. Высокая степень анизотропности механических свойств древесины (и другого органического целлюлозного сырья) является также следствием её морфологического строения.

В зависимости от породы древесины и направления нагрузки сопротивление сжатию поперёк волокон в 6...18 раз меньше, чем вдоль волокон. Предел прочности при разрыве поперёк волокон в радиальной плоскости у всех пород выше, чем при разрыве в тангенциальной плоскости. При работе на скалывание для древесины характерна хрупкость. Прочность на разрыв поздней и ранней древесины сильно различается: поздняя древесина ели почти в три раза прочнее на разрыв, чем ранняя. Физико-механические свойства ранней и поздней древесины различных пород дерева также неодинаковы. Например, поздняя древесина лиственницы более чем в два раза тяжелее ранней (плотность ранней древесины – 383 кг/м³, поздней – 863 кг/м³); для поздней древесины характерна почти вдвое большая усушка. Прочность поздней древесины по сопротивлению на статический изгиб в 3...5 раз выше, чем ранней (250 МПа и 48,3 МПа), сопротивление растяжению более чем в два раза выше (151,0 МПа и 44,2 МПа). Поверхностная пористость, наоборот, у ранней древесины более чем в три раза выше чем у поздней (66% и 21%), объёмная пористость первой почти в два раза больше чем у второй (75,3 и 46,7%).

Проводимость и проницаемость древесного заполнителя

Древесина, как и другое сырьё растительного происхождения, представляет собой капиллярно-пористоколлоидное тело, или ограниченно набухающий гель. Это позволяет вводить в неё инородную жидкость, т. е. возможна пропитка древесины растворами. Вода, проникая в волокна древесины, разрыхляет мицеллярные ряды, разрывает водородные связи между гидроксидами смежных молекул и таким образом разрыхляет структуру волокна. Присутствие сорбированной жидкости в древесине не только меняет её механические характеристики, но и обуславливает проводимость древесиной жидкостей.

Из-за неоднородности анатомического строения древесины ход и характер пропитки древесины химическими растворами различен. Вследствие этого наблюдается неодинаковая степень «минерализации» различными химическими растворами-добавками отдельных частиц древесного заполнителя.

Из-за сравнительно высокой проницаемости органический целлюлозный заполнитель обладает большим водопоглощением, чем любой минеральный пористый заполнитель. Чтобы предотвратить отбор воды из

приготовленной смеси и обезводить контактную зону, при приготовлении, например, арболитовой смеси приходится поддерживать высокие значения В/Ц (1...1,3), а это ведёт к значительным усадочным деформациям и снижению прочности материала. Наличие влаги в древесине и влажностные деформации отрицательно влияют на процессы структурообразования арболита, поэтому одним из путей получения арболита с постоянными физико-механическими показателями следует считать стабилизацию объёма древесного заполнителя.

Адгезия древесного заполнителя с цементным камнем

Крупнопористая структура арболита, как и других ДЦК с незаполненным межзерновым пространством (80...90% от объёма твёрдого тела занимает древесный заполнитель и только 10...20% приходится на цементный камень), характеризуется объёмом цементного камня, недостаточным для заполнения пустот между частицами органического заполнителя. Прочность и долговечность неплотной структуры ДМКМ в значительной степени обуславливается сцеплением древесного заполнителя с минеральным вяжущим, т. е. адгезией древесины с цементным камнем.

Было установлено, что сцепление древесины с цементным раствором и бетоном зависит от В/Ц смеси, условий хранения конструкций, влажности, шероховатости и формы древесного заполнителя. В зависимости от принятых условий величина сцепления колеблется от 0,05 до 1,25 МПа. На сцепление древесины с цементным камнем существенное влияние оказывают содержащиеся в ней водорастворимые сахара.

Химический состав древесного заполнителя

Из всех специфических особенностей целлюлозосодержащих заполнителей наиболее хорошо изучена их агрессивность по отношению к клинкерному цементу. Исследование свойств композиции «древесина – цементный камень» началось с 20-х годов прошлого века. Было выдвинуто предположение, что низкая прочность этой композиции связана с химическим составом древесины.

Древесина представляет собой сложный комплекс веществ, главным образом, органического происхождения (табл. 11). Она состоит из комплекса различных органических веществ, в состав которых входят 49,5% углерода, 44,1% кислорода, 6,3% водорода и 0,1% азота. Кроме органических веществ, в древесине есть минеральные соединения, дающие 0,2...1,7% золы, в состав которой входят соли щёлочноземельных металлов.

Т а б л и ц а 11

Химический состав некоторых пород древесины

Составные части, %	Ель	Сосна	Осина	Бук
Целлюлоза	58,3	55,6	54,1	47,9
Лигнин	28,3	26,5	20,1	22,5
Гемицеллюлоза	10,3	9,6	22,4	26,0
Вещества, растворимые в горячей воде	1,9	2,3	2,3	2,4

Основными органическими веществами древесины являются целлюлоза (примерно 50% от всей массы древесины), лигнин, гемицеллюлоза, небольшое количество экстрактивных веществ – таннины (дубильные и красящие вещества), жиры, эфирные масла, органические кислоты, водорастворимые сахара.

Целлюлоза и лигнин, составляющие основную массу клеточных оболочек растений и определяющие их механическую прочность, являются достаточно стойкими веществами и вредного влияния на процесс твердения клинкерных цементов не оказывают.

Целлюлоза представляет собой высокомолекулярное соединение, нерастворимое в воде и органических растворителях (спирте, эфире, ацетоне и др.). Экзотермический процесс разложения целлюлозы начинается при 275°C. При взаимодействии целлюлозы с водой в присутствии минеральных кислот, происходит реакция гидролиза с образованием моносахаридов.

Лигнин, входящий в состав клеточной оболочки, содержит значительно больше углерода, чем целлюлоза (60...66%). Он является коллоидным веществом и при определенных условиях лигнин может выполнять роль связующего вещества. Это имеет значение при производстве из опилок некоторых видов продукции, изготавливаемой с применением высокотемпературной обработки (прессмассы).

Гемицеллюлозная часть древесины представлена сложными органическими веществами (полисахаридами), способными в щелочной среде гидролизаться до моносахаридов и переходить в водорастворимые сахара, которые являются сильнейшими «цементными ядами».

Экстрактивные вещества – таннины – имеют большие размеры молекул, порядка 100 мкм. Они вымываются из древесины только горячей водой или горячим раствором «минерализатора» и хорошо осаждаются. Вследствие этого таннины не оказывают существенного влияния на процесс твердения цемента.

Простейшие водорастворимые сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза) содержатся в древесине в небольшом количестве (0,1...0,5% от её массы). Благодаря малому размеру молекул (порядка 1 мкм) водорастворимые сахара легко вымываются из неё раствором «минерализатора» и, попадая в цементное тесто, могут в значительной степени замедлить процесс его твердения.

Смолы подразделяются на нерастворимые и растворимые в воде. К нерастворимым относятся жидкие и твёрдые смолы, к растворимым – камедесмолы. Смолистые вещества, содержащиеся в древесине, не оказывают влияния на процесс твердения цемента. Смоляные кислоты, выделяющиеся из древесного заполнителя, при взаимодействии со щелочами, которые находятся в цементном тесте, образуют мыльные растворы. При значительном содержании смолистых веществ в древесине, прочность

ДМКМ может несколько снизиться вследствие уменьшения смачиваемости частиц древесины и ухудшения сцепления с цементным тестом (камнем).

Итак, было установлено, что наиболее вредное воздействие оказывают легкорастворимые простейшие сахара, а именно, сахароза, глюкоза и фруктоза, а также часть гемицеллюлозы, способной в определённых условиях перейти в форму таких сахаров. В меньшей степени опасны крахмал, таннины и смолы. Щелочная среда цементного теста способствует выделению «цементных ядов», количество которых изменяется в значительных пределах в зависимости от породы древесины, условий и сроков её хранения.

«Цементные яды», состоящие в основном из углеводных групп $\text{НО}-\text{СН}$, осаждаясь на поверхности частичек минералов цемента $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (трёхкальциевый силикат) и $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (трёхкальциевый алюминат), образуют тончайшие оболочки, которые изолируют частицы цемента от воды, соответственно, замедляют ход процессов гидролиза и гидратации цемента.

Для уменьшения отрицательного влияния водорастворимых экстрактивных и легкогидролизуемых веществ на прочность ДМКМ разработаны различные способы и технологические приёмы, сущность которых заключается в частичном удалении этих веществ из древесного заполнителя, в переводе простейших сахаров в нерастворимые или безвредные для цемента соединения, в ускорении твердения портландцемента (т.е. в сокращении времени воздействия сахаров на процессы твердения).

Эти способы можно разделить на физические, химические, механические и биологические.

Физические способы – это обработка водой и длительная выдержка на воздухе. Обработка водой или вымачивание в бассейне значительно сокращает содержание водорастворимых веществ. Поэтому для производства ДМКМ предпочтительнее древесина, доставленная на предприятие водным путем.

Более простой, но требующий больших площадей способ борьбы с «цементными ядами» – это длительная (в течение 3-6 месяцев) выдержка сырья на воздухе. При этом водорастворимые сахара в процессе брожения частично окисляются и кристаллизуются, переходя в нерастворимое состояние. Дубильные вещества при этом окисляются и впитываются в стенки клеток.

Биологический способ заключается в том, что для ускорения процессов брожения в древесину в процессе хранения вводят специальные дрожжи. Такая обработка значительно сокращает длительность выдержки.

Механический способ заключается в обработке древесного заполнителя суспензией тонко измельченных отходов от обрезки ЦСП с водой. Обработка такой суспензией создает на поверхности древесины слой, защищающий от попадания «цементных ядов» в цементное тесто.

Химический способ – это обработка растворами химических веществ. Наиболее распространенными являются хлорид кальция, нитрат кальция, жидкое стекло, известь, сернокислый алюминий и др.

Древесное сырье поступает на предприятие отдельно по породам, а также в смешанном состоянии в различном виде:

- технологическое сырье (ГОСТ 2140-81);
- дрова и кусковые отходы (ГОСТ 3243-88);
- технологическая щепа (ГОСТ 15815-83);
- дробленка (ГОСТ 19222-84);
- тонкомерная древесина хвойных пород (ГОСТ 9463-88);
- тонкомерная древесина лиственных пород (ГОСТ 9462-88);
- опилки и стружка.

В зависимости от вида сырья и требований, предъявляемых к заполнителю, древесное сырье подвергают различной физико-механической обработки.

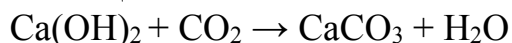
6.1.2. Минеральные вяжущие вещества

Минеральными вяжущими веществами называют порошкообразные вещества, которые при смешивании с водой образуют пластичное тесто, способное со временем отвердевать. В зависимости от условий твердения органические вяжущие вещества разделяют на воздушные и гидравлические.

Воздушные вяжущие вещества способны при смешивании с водой затвердевать и длительно сохранять свою прочность только на воздухе, поэтому их применяют в сооружениях, которые не подвергаются воздействию влаги. К таким вяжущим относятся строительная воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие, жидкое стекло.

Воздушная известь представляет собой вяжущее, получаемое путем обжига относительно чистых известняков, мела и подобных им пород. Известь бывает в виде негашеной комовой, негашеной молотой (кипелка), гашеной (пушонка) и известкового теста.

Растворы гашеной извести твердеют при положительной температуре на воздухе. Отвердевание происходит за счет двух одновременно происходящих процессов – кристаллизации гидроксида кальция, вызванной испарением воды и карбонизации.



При производстве ДМКМ известь является добавкой к основному вяжущему. Иногда используют известковое молоко.

Гипсовые вяжущие вещества известны с глубокой древности. Их получают тепловой обработкой природного гипсового камня ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) или отходов промышленности. В зависимости от температуры тепловой обработки различают низко- и высокообжиговые гипсовые вяжущие.

Низкообжиговые гипсовые вяжущие получают термической обработкой двухводного сульфата кальция при температуре в пределах 105-200 °С при атмосферном давлении. К низкообжиговым относятся строительный и высокопрочный гипс.

Высокообжиговые (ангидритовые) гипсовые вяжущие получают обжигом двухводного гипса при температуре 600-1000 °С. К высокообжиговым гипсовым вяжущим относятся ангидритовый цемент и эстрихгипс (высокообжиговый гипс).

При твердении строительного гипса происходит химическая реакция присоединения воды и образования двухводного сульфата кальция.



Схватывание (загустевание) гипсового теста начинается с образования рыхлой пространственной коагуляционной структуры, в которой кристаллики двуводрада связаны слабыми ван-дер-ваальсовыми силами молекулярного сцепления. После схватывания происходит твердение, обусловленное ростом кристаллов новой фазы, их срастанием и образованием кристаллизационной структуры. Свежеизготовленные гипсовые изделия сушат (при 60-70°С), что повышает прочность контактов срастания кристаллов и самих изделий вследствие удаления пленочной воды.

Основными характеристиками гипсовых вяжущих служат сроки схватывания, тонкость помола, прочность при сжатии и растяжении, водопотребность и др.

На основе гипсовых вяжущих изготавливают гипсостружечные, гипсоволокнистые плиты, гипсоопилочные блоки.

Магнезиальные вяжущие вещества – это каустический магнезит и каустический доломит. Их получают обжигом магнезита (MgCO_3) при температуре 750-800°С или доломита ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) при температуре 650-750°С.

Чаще в производстве ДМКМ применяется каустический магнезит. Для его затворения применяют растворы хлористого или серноокислого магния.

Магнезиальные вяжущие вещества характеризуются хорошим сцеплением с органическими материалами (древесными опилками, стружкой и т.п.) и предохраняют их от загнивания. На этом основано применение этих вяжущих для устройства ксилолитовых полов (заполнителем в которых служат древесные опилки), изготовления таких материалов как фибролит, арболит, стружечных плит и строительного бруса.

Жидкое стекло представляет собой растворимые соли кремниевой кислоты – $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, где n – модуль жидкого стекла, равный 2,3-3,5.

Жидкое стекло получают из кварцевого песка и кальцинированной соды путем расплавления при температуре 1350-1400°С. Образовавшуюся при этом силикат-глыбу размалывают, а затем растворяют в воде (в автоклавах).

Жидкое стекло (чаще натриевоe) входит в состав композиционных древесных материалов как химическая добавка и применяется в производстве арболита, ЦСП, опилкобетона и др.

Гидравлические вяжущие вещества – это вяжущие вещества, которые твердеют и длительно сохраняют свои свойства в воде. Они могут длительно эксплуатироваться в водной среде, потому что образуют гидратные соединения, которые устойчивы к водной среде. Водные или влажные условия твердения являются более благоприятными, а чаще и необходимыми для твердения гидравлических вяжущих.

Наибольшее распространение в производстве ДМКМ получил портландцемент (ПЦ) и его разновидности: пуццолановый портландцемент (ППЦ), быстротвердеющие цементы (БТЦ, ОБТЦ, СБТЦ), шлакопортландцемент (ШПЦ), сульфатостойкий портландцемент, белый и цветные портландцементы и др.

Гидравлические вяжущие вещества, применяемые для производства ДМКМ, должны удовлетворять требованиям следующих стандартов: портландцемент и шлакопортландцемент – ГОСТ 10178-85, цемент сульфатостойкий – ГОСТ 22266-2013; портландцемент белый – ГОСТ 965-89; портландцемент цветной – ГОСТ 15825-80.

Портландцемент представляет собой порошкообразное вещество, твердеющее в воде и на воздухе, состоящее главным образом из силикатов кальция. Получают ПЦ помолом цементного клинкера с гипсом (1,5-3,5%). Клинкер – это продукт обжига (до полного спекания) сырьевой смеси состоящей из 75% известняка и 25% глины.

Твердение портландцемента – это сложный физико-химический процесс. Твердение происходит за счет реакции гидратации основных клинкерных минералов (алита, белита, целлита, браунмиллерита).

К основным свойствам ПЦ относится тонкость помола, водопотребность, сроки схватывания, равномерность изменения объема и прочность цементного камня.

В зависимости от предела прочности при сжатии и с учетом предела прочности при изгибе стандартных образцов-балочек через 28 суток твердения во влажных условиях ($t_{\text{возд}}^0 = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, $W_{\text{возд}} = 90-100\%$) портландцемент разделяют на марки: 400, 500, 550 и 600. Фактическую прочность, полученную при испытании образцов, называют активностью цемента.

6.1.3. Химические добавки

При производстве ДМКМ и других композитов на основе древесного заполнителя широко применяются химические добавки. Основное их функциональное назначение – локализация действия цементных ядов, ускорение процесса твердения цемента, улучшения технологических свойств формовочной смеси (удобоукладываемости, однородности), повышения защитных свойств конструкций по отношению к стальной арматуре

(ингибиторы коррозии стали), придания особых свойств материалу (биостойкости, гидрофобности, огнестойкости) и т. д.

В табл. 12 приведены химические добавки, рекомендованные для приготовления древесно-композиционных смесей.

Т а б л и ц а 1 2

Химические добавки для ДМКМ

Группа добавок	Назначение добавки	Добавки
1	2	3
1	Ускорители твердения	Хлорид кальция CaCl_2 (ХК) Нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (НК) Нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК) Сернокислый глинозём (СГ) Жидкое стекло+хлорид алюминия ($\text{ЖС}+\text{AlCl}_3$) Хлорид кальция + оксид кальция (CaCl_2+CaO) Гидроксид кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
2	Образующие плёнку на поверхности заполнителя	Стекло натриево жидкое (ЖС) Жидкое стекло + хлорид кальция (ЖС+ К) Жидкое стекло + сернокислый глинозём (ЖС+СГ) Жидкое стекло + фуриловый спирт (ЖС+ФС)
3	Пенообразующие	Жидкостекольный пенообразователь ЖСПО (ЖС+канифоль+NaOH) Алкилсульфатная паста СП-1 Вещество жидкое моющее «Прогресс» СП-3
4	Воздухововлекающие	Смола древесная омыленная (СДО) Смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ) Омыленный древесный пек ЦНИПС-1
5	Гидрофобизирующие	Этилсиликонат натрия ГКЖ-10 Метилсиликонат натрия ГКЖ-11 Полигидросилоксан ГКЖ-94 Парафиновые эмульсии (парафин, петролатум, машинное или вазелиновое масло, олеиновая кислота, стеарин, церезин, 25%-ный аммиак, желатин)
6	Для повышения био- и грибостойкости (антисептики)	Кремнефтористый натрий Фторид натрия Кремнефтористый аммоний Кремнефтористый магний Кремнефтористый цинк Кремнефтористый натрий + фторид натрия Кремнефтористый натрий + хлорид цинка (4:1) Кремнефтористый натрий + сульфат меди (4:1) Кремнефтористый натрий + сульфат железа Трихлорфенолят меди $(\text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{O})_2\text{Cu}$ Оксидифенил $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ Анид салициловой кислоты Пентахлорфенолят натрия

1	2	3
7	Для повышения огнестойкости (антипирены)	1. Сульфат аммония + фосфат аммония + вода 2. Сульфат аммония + фосфат аммония + фторид натрия + вода 3. Бура + борная кислота + фосфат аммония + вода 4. Бура + фторид натрия + аммиак + керосиновый контакт + вода 5. Вермикулит + карбамидная смола 30%-ной концентрации Нефелиновый антипирен с добавкой асбеста

Химические добавки в ДМКМ вводят в виде водных растворов, заменяя воду затворения полностью или частично.

Растворы химических добавок готовят в специальных установках или ёмкостях с учётом коррозионной агрессивности этих растворов. Для ускорения растворения химических веществ при приготовлении растворов рекомендуется воду подогреть до 40...70°C и растворы перемешивать.

Введение химических веществ в смесь ДЦК можно осуществлять двумя способами. При первом способе химическую добавку применяют в виде водного раствора определённой концентрации и перемешивают с предварительно увлажнённым целлюлозосодержащим наполнителем. При втором способе химическую добавку предварительно растворяют в воде, предназначенной для замачивания наполнителя. В обоих случаях химическое вещество осаждается на поверхность наполнителя и частично заполняет его поры.

Механизм «минерализации» волокнистых материалов – целлюлозосодержащих наполнителей сводится к тому, что при их погружении в ванну для замочки (пропитки) с химическим раствором «минерализатора» его частички адсорбируются (поглощаются) внешней поверхностью наполнителя, а затем диффундируют (проникают) внутрь волокна. Количество адсорбированного вещества при равновесной адсорбции зависит от ряда технологических факторов и в первую очередь от концентрации раствора, продолжительности пропитки, температуры и средства химического раствора (адсорбента – «минерализатора») и частиц наполнителя. При низких температурах наблюдается высокая выбираемость, т.е. более высокое средство адсорбента волокну.

Глубина проникания раствора (вещества) в древесину в большей степени зависит от поверхностных явлений раствора – вязкости, поверхностного натяжения и смачивания.

Многие применяемые химические добавки, в том числе сульфат алюминия и хлорид кальция, агрессивны по отношению к арматурной стали, снижают надёжность сохранения незащищённой арматуры. Поэтому введение их в количестве более 2% по массе цемента не рекомендуется.

Кроме того, добавка хлорида кальция в количестве более 8 кг на 1 м³ изделий повышает гигроскопичность изделий.

Выбор химических добавок зависит от вида и качества целлюлозного заполнителя, плотности древесных композиций и степени армирования конструкций, а также от назначения изделий и конструкций.

6.2. Технология производства арболита

6.2.1. Общие сведения об арболите

Арболит (от греческих слов «арбо» – дерево и «литое»–камень) – разновидность лёгкого бетона на основе минерального вяжущего (обычно портландцемента), органических заполнителей (дробленных отходов деревообработки и отходов сельского хозяйства), химических добавок и воды.

Изделия из арболита, имея сравнительно невысокую среднюю плотность (400...850 кг/м³), характеризуются отличными строительными, физико-техническими и гигиеническими свойствами, поддаются сверлению, обработке режущим инструментом и оштукатуриванию. В них можно забивать гвозди и ввинчивать шурупы. Они трудносгораемы, не разрушаются в воде, морозо- и биостойки, негигроскопичны и малотеплозвукпроводны.

Конструкции и изделия из арболита в зависимости от средней плотности разделяют: по назначению – на теплоизоляционные (плотность 400-500 кг/м³) и конструкционные (плотность 500-850 кг/м³); по структуре – обычный и поризованный; по армированию – на армированные и неармированные; по количеству слоёв – на однослойные и многослойные (конструкции с наружным и внутренним отделочными слоями из цементно-песчаного раствора толщиной до 2 см относятся к однослойным).

Арболит в зависимости от прочности на сжатие образцов-кубов подразделяют на классы: теплоизоляционный арболит – классы В035, В075, В1; конструкционный арболит – классы В1,5, В2, В2,5, В3,5. Для изделий и конструкций, спроектированных без учёта требований СТ СЭВ 1406-78, показатель прочности при сжатии характеризуют марками: М5, М10, М15 – для теплоизоляционного арболита; М25, М35, М50 – для конструкционного арболита.

Основные технические характеристики арболита приведены в табл. 13.

Арболитовые изделия используют в строительстве в виде панелей и блоков, плит покрытия для совмещенных кровель и плит перекрытия, усиленных железобетонными брусками или несущей основой, перегородочных плит, плит пола, тепло- и звукоизоляционных плит, объемно-пространственных конструкций, монолитов и т.п. Арболит показал себя отличным стеновым материалом. Благодаря крупнопористой структуре этот бетон обладает ценными, особенно для сельскохозяйственных построек,

качествами: высокой теплоизоляцией, способностью поддерживать осушающий режим в помещениях, поскольку на его поверхности не конденсируется влага и не повышается содержание влаги в стенах.

Т а б л и ц а 13

Технические характеристики арболита

Наименование показателей	Заполнитель – дроблёнка их отходов	
	лесопиления	лесозаготовок
Средняя плотность, кг/м ³	400...800	500...850
Прочность при сжатии, МПа	0,5...5,0	
Прочность при изгибе, МПа	0,7...1,0	
Модуль упругости, МПа	250...2300	
Морозостойкость, не менее, циклы	25...50	
Водопоглощение, %	40...85	
Усадка, %	0,4...0,5	
Сорбционное увлажнение (при относительной влажности 40...90%)	4...8	4,5...12
Биостойкость	Биостойкий (V группа)	
Огнестойкость	Трудногораемый (огнестойкость 0,75...1,5 ч)	
Коэффициент звукопоглощения (при частотах звука от 25...2000 Гц)	0,17...0,6	

6.2.2. Сырьевые материалы для арболита и требования к ним

Минеральные вяжущие

Вяжущие вещества для изготовления арболита должны удовлетворять требованиям следующих стандартов: портландцемент и быстротвердеющий портландцемент – ГОСТ 10178-85; цемент сульфатостойкий – ГОСТ 22266-94. Марка цемента должна быть не ниже М 300 для теплоизоляционного арболита и М 400 – для конструкционного.

Расход цемента для различных конструкций и изделий из арболита в каждом отдельном случае зависит от марки цемента, марки арболита, вида заполнителя, его характеристики и т.д.

Качество вяжущего и заполнителя должно обеспечивать значение коэффициента пригодности (удельный расход цемента на единицу прочности при сжатии) не более 15.

Заполнители для арболита

В качестве органических заполнителей для приготовления арболитовой смеси применяют отходы деревообработки, преимущественно хвойных (ель, сосна, пихта) и твердолиственных (береза, осина, бук, тополь) пород, и отходы сельского хозяйства (костра льна и конопли, дроблёная рисовая солома, дроблёные стебли хлопчатника и т.п.).

Применяют частицы измельченной древесины в виде щепы, дробленки, шерсти, опилок, древесной крошки, измельченной коры и отходов окорки.

Размеры древесных частиц не должны превышать по длине 40, по ширине 10, а по толщине 5 мм; содержание коры в измельченной древесине

не более 10%; а хвои и листьев не более 5% по массе. Содержание водорастворимых редуцирующих веществ не более 2%. Древесные частицы не должны иметь видимых признаков гнили, а также примесей инородных включений (кусков глины, растительного слоя почвы, камней, песка и пр.), а в зимнее время примесей льда и снега.

Кусковые отходы древесины должны измельчаться в щепу и выдерживаться в кучах под навесом не менее 1 месяца при положительной температуре. Применение свежесрубленной древесины всех пород допускается при соблюдении правил: содержание водорастворимых редуцирующих веществ не более 2 %, коэффициент пригодности должен быть не более 15.

Наиболее распространенным является древесный наполнитель: древесная дроблёнка, древесные опилки со стружкой (соотношение 1:1 или 1:2), стружка, щепа, опилки со стружкой и щепой (соотношение 1:1:1 по объему).

Фракционный состав целлюлозосодержащего наполнителя должен находиться в следующих пределах (табл.14):

Т а б л и ц а 1 4

Фракционный состав древесного наполнителя.

Размеры отверстий контрольных сит, мм	20	10	5	2,5	Менее 2,5
Полные остатки на контрольных ситах, % по массе	До 5	20...40	40...75	90...100	До 10

Химические добавки

Основной недостаток древесного наполнителя – его химическая активность. В составе всех органических отходов растительного происхождения много растворимых водой веществ, из которых самыми вредными для цемента являются сахара. Чтобы устранить сахара, древесное сырье выдерживают три и более месяцев на открытом воздухе или же обрабатывают органический наполнитель растворами химических добавок.

Химическими добавками могут быть: хлористый кальций, жидкое стекло, известь гашеная, серноокислый алюминий, нитрат кальция и др. Лучшими добавками считаются хлористый кальций и серноокислый алюминий. Возрастание прочности арболита с введением серноокислого алюминия объясняется тем, что он, соединяясь с сахарами, переводит их в безвредное состояние.

При изготовлении арболита общее количество добавок достигает 2–4% от веса цемента или 6–12 кг на 1 м³ арболита. Химические добавки можно применять как отдельно, так и в сочетаниях. Например: хлористый кальций и серноокислый алюминий в соотношении 1:1, растворимое стекло и известь гашеная (1:1). Перед применением химические добавки предварительно растворяют в воде и после этого вводят в арболитовую смесь.

Потребное количество добавок зависит от марки арболита.

6.2.3. Технология производства арболита

Технология производства арболита в основном включает те же операции, что и технология обычного бетона на пористых заполнителях. Однако, органический целлюлозный заполнитель как специфический материал вносит свои коррективы во все технологические операции.

Технологический процесс изготовления изделий из арболита состоит из следующих операций:

- подготовка заполнителя;
- замачивание древесной щепы в воде и приготовление растворов химических добавок;
- дозировка компонентов;
- приготовление арболитовой смеси;
- укладка смеси в формы и ее уплотнение;
- термообработка сформованных изделий;
- выдержка изделий при положительных температурах;
- транспортирование изделий на склад.

Подготовка древесного заполнителя

Подготовка древесного заполнителя сводится к измельчению древесины до получения оптимального фракционного состава.

Чаще всего в качестве древесного заполнителя в производстве арболита применяется древесная дробленка. Она имеет игольчатую форму с коэффициентом формы 5-8 (отношение наибольшего размера к наименьшему) и толщину 3-5 мм. Такая форма обладает более близкими по абсолютному значению влажностными деформациями вдоль и поперек волокон, что снижает отрицательное воздействие влажностных деформаций заполнителя на структурообразование и прочность арболита.

Выбор оборудования, обеспечивающего получение частиц заданной формы и размера, зависит от вида сырья, производственной мощности предприятия и местных условий.

Выдержанные отходы древесины превращают в щепу на рубительных дисковых и барабанных машинах (производство щепы см.гл.5), а затем измельчают в дроблѐнку на молотковых мельницах (типа ДМ) с последующей сортировкой на виброгрохотах. Также используют модернизированные молотковые дробилки типа ДМ-1М, ДМ-7, ДМ-8, а также барабанные стружечные станки ДС-3, ДС-5 [1].

Для сортировки щепы и древесной дробленки, а также мягких отходов (станочной стружки, опилок) используют механические сортировки следующих типов: качающиеся, вибрационные и гирационные. Древесный заполнитель нужных параметров получают с помощью установленных на сортировках сит с определённым сечением ячеек. Наиболее распространенными являются горизонтально-гирационные установки типа СЩ-02, СЩ-1, СЩ-120.

Замачивание древесной щепы в воде, приготовление раствора хлорида кальция.

Полученную древесную щепу направляют в емкость для замачивания в воде. Замачивание длится около 6 часов при гидромодуле не ниже 1:10, температура воды 20 °С.

Предварительная гидротермическая обработка целлюлозосодержащего и заполнителя с целью его облагораживания способствует существенному улучшению физико-механических свойств арболита. Набухание в воде продолжается только до точки насыщения волокна, т.е. до влажности, составляющей 30%. Процесс этот сопровождается явлением разбухания, что выражается в увеличении размеров отдельных элементов и объема древесины в целом.

Химические добавки направляют в емкость с водой для растворения.

При отсутствии процесса замачивания дробленка из бункера и растворы химических добавок направляются в соответствующие дозаторы.

Дозировка компонентов.

Для обеспечения высокой стабильности состава и однородности приготовляемой арболитовой смеси большое значение имеет точность дозирования компонентов и качество их перемешивания. Точность дозирования компонентов арболита приведена в табл.15.

Т а б л и ц а 1 5

Точность дозирования компонентов арболита

Цемент по массе, %	±2
Древесной дробленки:	
– по объёму, %	±5
– по массе, %	±3
Воды по массе или объёму, %	±2
Раствора химической добавки по массе и объёму, %	±2

Древесную дробленку для арболитовой смеси дозируют в объёмно-весовых дозаторах, обеспечивающих периодическую или непрерывную подачу материала, при этом следует корректировать дозу с учётом насыпной плотности. Применяются дозаторы типа ПС-1200, 2ДБПК-800, 2ДБПК-1600. Применяются и объёмные дозаторы дробленки, представляющие собой мерные емкости, снабженные устройством для загрузки и выгрузки материала, а также для регулирования размеры порции.

Древесный заполнитель можно дозировать с помощью сетчатых объёмных контейнеров с открывающимся дном, а также могут быть приспособлены весовые дозаторы АВДИ-425 и АВДИ-1200М.

Цемент дозируют с помощью автоматических весовых дозаторов типов АДЦ-425 и АДЦ-1200М.

Добавки вводятся в состав арболитовой смеси исключительно в виде водных растворов, т. е. после предварительного замачивания и растворения в воде.

Растворы химических добавок и вода могут дозироваться мерным бачком, работающим по принципу перелива при дозировании постоянного объема жидкости. Для дозирования переменного объема жидкости применяют автоматические объёмные или весовые дозаторы. Так в цехах большой производительности применяют автоматические жидкостные дозаторы партерного типа ДЖ-100 и ДЖ-2000.

Растворы химических добавок можно дозировать плунжерными насосами-дозаторами типа НД, СБ-32.

При назначении дозировки воды и заполнителей следует учитывать влажность дроблёнки и вносить соответствующие поправки на расход воды и заполнителя.

Приготовление арболитовой смеси

Арболитовую смесь приготавливают в смесителях принудительного действия типа СБ-35 (С-773), СБ-62 (С-951), СБ-138 или лопастных растворосмесителях С-209, СМ-290 и др. [1].

Необходимо соблюдать следующую последовательность загрузки смесителей составляющими арболитовой смеси:

– при предварительной замачивании дроблёнки – древесная дроблёнка, цемент (раствор химических добавок подаётся в течение всей загрузки);

– при применении дроблёнки с равновесной влажностью ($W=30\%$) – древесная дроблёнка, растворы химических добавок, цемент, вода (вода может заменяться водным раствором химической добавки и должна подаваться по трубопроводу с регулируемой подачей через расходомер).

Продолжительность перемешивания арболитовой смеси, считая с момента загрузки всех материалов в смеситель циклического действия и до начала её выгрузки, определяется опытным путём и должна быть не менее 3 мин.

Производительность смесителей периодического действия зависит от фактического объема одной порции замеса и числа замесов в час.

Степень уменьшения объёма арболитовой смеси по сравнению с объёмом исходных материалов характеризуется коэффициентом выхода β :

$$\beta = 1 / (V_d + V_c) \text{ или } \beta = V_3 / V_6, \quad (1)$$

где V_d , V_c – расход древесного заполнителя и цемента на 1 м^3 арболитовой смеси, м^3 ;

V_6 – вместимость барабана смесителя, л;

V_3 – объем готового замеса, л.

Для бетонных смесей значение $\beta=0,65-0,7$, для растворных смесей – $0,85-0,95$, для арболитовых смесей – $0,35-0,45$.

Количество замесов, n , в 1 час рассчитывается по формуле

$$n = 3600 / t_y, \quad (2)$$

где t_y – суммарное время, затрачиваемое на загрузку, перемешивание и выгрузку одной порции смеси, с.

Продолжительность загрузки принимают 10-20 с, выгрузки – 30-50 с, перемешивают арболитовую смесь в зависимости от вида заполнителя 180-360 с.

Производительность смесителей периодического действия рассчитывают по формуле

$$\Pi = V_0 \cdot \beta \cdot n / 1000. \quad (3)$$

Приготовленная смесь считается качественной, если частицы заполнителя полностью покрыты цементным тестом и цементное «молоко» не стекает при формовании изделий.

Готовую арболитовую смесь выгружают из смесителя в арболитоукладчик. В зависимости от принятого способа формования рекомендуется применять типовые бетоноукладчики. При транспортировке к месту формования перегружать смесь не следует во избежание расслоения. Время с момента окончания приготовления арболитовой смеси до начала ее укладки в формы должно быть по возможности минимальным.

Укладка смеси в формы и ее уплотнение

Важнейшим из технологических факторов, влияющих на физико-механические свойства арболита и экономические показатели его производства, является способ формования и уплотнения. От него, прежде всего, зависит макро- и микроструктура материала, средняя плотность, тепло- и звукопроводность, влагостойкость и т.д. Известно, что капиталовложения в оборудование формовочного поста составляют 70% общей стоимости всего технологического оборудования.

В настоящее время применяются следующие технологические способы формования: прессование в горизонтальных и вертикальных формах, трамбование, послонная укатка роликами, вибрация с пригрузом, вибропрессование, силовой вибропрокат. Каждый из этих способов имеет как преимущества, так и недостатки.

Схема технологической линии формования изделий из арболита методом прессования приведена на рис. 19.

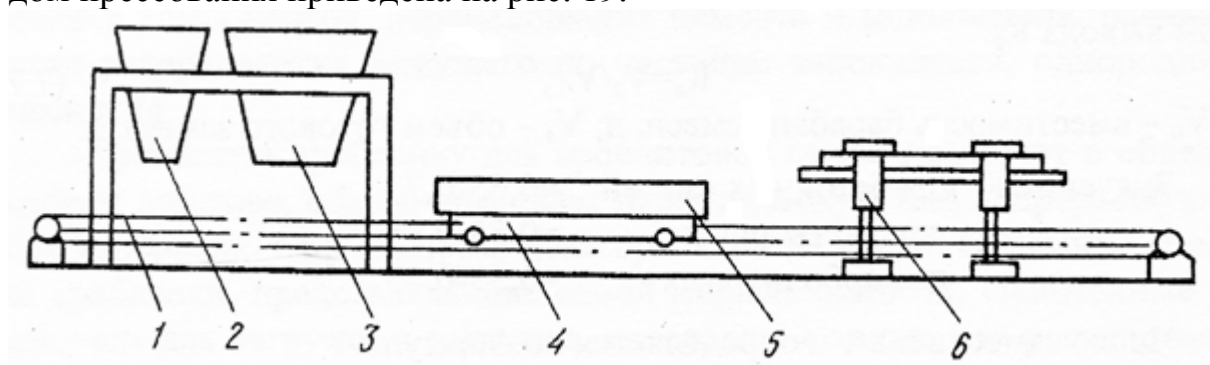


Рис.19. Схема технологической линии для производства изделий из арболита методом прессования:

1 – привод тележки; 2, 3 – бункеры соответственно для раствора и арболитовой смеси; 4 – тележка; 5 – форма; 6 – пресс

Тележка с находящейся на ней формой с помощью привода устанавливается под бункером для раствора или для арболитовой смеси. Последовательно укладывают нижний слой фактурного раствора, арболитовую смесь и вновь фактурный слой раствора. Затем тележка с формой перемещается в прессовую установку. Прессование осуществляется до достижения арболитовым изделием номинальной толщины, которая фиксируется съемной крышкой. Форму с изделием снимают и перемещают на пост выдержки. Такое формование обеспечивает получение изделий требуемой толщины высокого качества, однако значительно усложняется конструкция форм, удлиняется цикл формования изделий, что снижает производительность предприятия.

Формование арболитовых изделий ударной нагрузкой (трамбованием) позволяет создать плотную структуру арболита и снизить упругую деформацию без фиксации толщины изделия, однако этот способ трудоемок и малопроизводителен, требует мощного прессового оборудования.

Способ послойного уплотнения арболитовой смеси предполагает наличие комплекта оборудования, включающего поддоны, подвижную опалубку и установку, имеющую укатывающий и заглаживающие ролики. Такая линия не производительна и металлоемка.

При формовании вибропрессованием вибрацию смеси во время ее укладки осуществляют в форме, закрепленной на виброплощадке (амплитуда 0,15-0,6 мм и частота 2000-3000 колебаний в минуту). Продолжительность вибрации 30-40 с. Окончательное ее уплотнение происходит под действием прессового усилия при фиксации достигнутого уплотнения запирающими крышками. Этот способ предназначен для изделий с максимальными размерами 3,6×1,5×0,3 м и классов В 2,0 и В 2,5.

Наиболее совершенный способ формования арболитовых изделий – это силовой вибропрокат. Он реализуется в горизонтальных подвижных формах по конвейерной технологии, когда уложенная смесь уплотняется последовательно на нескольких формовочных агрегатах. На рис. 20 приведена схема технологической линии силового вибропроката.

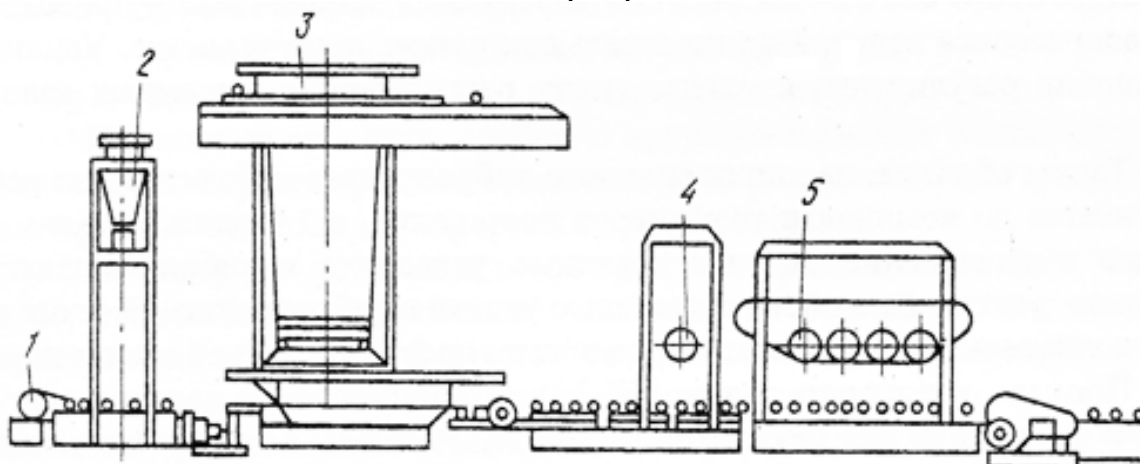


Рис.20. Схема технологической линии силового вибропроката:
1 – приводной конвейер; 2 – бункер для раствора; 3 – арболитоукладчик;
4 – укатывающий ролик; 5 – прокатная секция.

Подготовленная форма подается кран-балкой на приемный конвейер и направляется к установке для укладки нижнего фактурного слоя из цементно-песчаного раствора. Затем направляется на виброплощадку под арболитоукладчик. В выходное отверстие арболитоукладчика вмонтировано разравнивающее устройство, которое при движении над формой разравнивает смесь. После укладки форма устанавливается и закрепляется электромагнитами на виброплощадке, где происходит вибрация в течение 30 с. Затем форма поступает в вибропрокатную секцию, оснащенную вибровалком, который вибрирует в вертикальной плоскости.

Следующая стадия уплотнения смеси происходит в прокатной секции, оснащенной гусеничной лентой, которая входит внутрь формы и производит плавное и постепенное сжатие и окончательное уплотнение арболитовой смеси под давлением не менее 0,15 МПа в течение 2,5-4 мин.

Таким образом, на линии силового вибропроката уплотнение происходит в 3 стадии:

- с помощью укладчика и виброплощадки;
- с помощью укатки в вибропрокатной секции;
- с помощью упрессовки в гусеничном прессе прокатной станции.

Выбор способа формования осуществляют по следующим критериям:

- возможность выпуска высококачественных арболитовых изделий;
- метало и энергоемкость формовочной линии;
- производительность формовочной линии.

Термообработка сформованных изделий.

Важной технологической операцией, от которой зависит качество получаемой продукции является твердение арболита.

Нормальными условиями для твердения арболита считаются: температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительная влажность окружающего воздуха $70 \pm 10\%$. Твердение арболита при температуре ниже 15°C замедляется, а при температуре ниже 5°C практически прекращается.

При повышенной температуре и достаточной относительной влажности твердение идет значительно быстрее, чем в нормальных условиях. Установлено, что наиболее эффективна тепловая обработка арболита при 40°C и относительной влажности воздуха 50-60%. Увеличение температуры прогрева свыше 40°C приводит к снижению конечной прочности материала из-за деформативных свойств древесины и других целлюлозосодержащих наполнителей.

Согласно действующим нормативным документам твердение арболитовых изделий можно осуществлять:

- в естественных условиях при температуре воздуха не ниже 15°C с относительной влажностью 60-80%;
- в камерах при температуре не более 40°C и относительной влажности воздуха 50-60%;
- при помощи электронагрева при температуре не более 50°C .

Установлено, что прочность цементного арболита при нормальных условиях твердения пропорционально логарифму времени (формула Б.Г. Скрамтаева):

$$R_n = R_{28} \cdot \lg n / \lg 28, \quad (4)$$

где R_n – прочность арболита при сжатии в возрасте n-суток;

R_{28} – прочность арболита при сжатии в возрасте 28 суток;

$\lg n$ – десятичный логарифм возраста арболита в сут.

Выдержка и хранение изделий.

После приобретения арболитом прочности при сжатии, равной 50% проектной, но не менее 0,5 МПа, изделия распалубливаются и выдерживаются в цехе при температуре не ниже 15°C в течение 5...6 суток, после чего их хранят на крытом складе готовой продукции. В зимних условиях изделия из арболита после распалубки следует хранить в закрытом помещении при температуре не ниже 15°C до приобретения ими проектной прочности.

Изделия из арболита хранят на специально оборудованных складах, рассортированными по видам, типоразмерам и маркам в условиях, не допускающих их увлажнения. Способы укладки изделий при хранении и транспортировании регламентируются стандартами или техническими условиями в зависимости от размеров, формы и назначения. При укладке изделий должна обеспечиваться их сохранность, а также возможность свободного доступа к каждому изделию для погрузки или монтажа.

Теплоизоляционные изделия из арболита хранят в пакетах или штабелях. Каждое упаковочное место должно содержать изделия одной марки и одного размера. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного арболита хранят в рабочем положении в специальных кассетах-стеллажах или в штабелях высотой не более 2 м, установленными или уложенными на подкладках толщиной не менее 30 мм и шириной не менее 180 мм или на других опорах, обеспечивающих сохранность изделий.

Конструкции и изделия из теплоизоляционного арболита транспортируют в упакованном виде, преимущественно в контейнерах. Изделия из конструкционно-теплоизоляционного арболита перевозят в рабочем положении на панелевозах, железнодорожных платформах и других транспортных средствах, оборудованных специальными крепёжными и опорными устройствами, обеспечивающими неподвижность и сохранность изделий.

Подъём, погрузку и разгрузку изделий обычно производят за монтажные петли с применением специальных захватных устройств, предусмотренных проектом.

Отделка изделий из арболита.

Арболит имеет крупнопористую структуру и высокое сорбционное увлажнение, поэтому конструкции из этого материала отделывают защитно-отделочными покрытиями. Тип покрытия определяют в зависимости от

назначения здания, его месторасположения, технологии изготовления и экономической целесообразности.

В качестве отделочных покрытий применяют:

- цементно-песчаные растворы;
- бетоны;
- плитные облицовки;
- лакокрасочные покрытия.

Контроль качества арболита и изделий из него.

Контроль должен проводиться по всему технологическому циклу производства изделия. Контролируется качество исходных сырьевых материалов, а также точность выполнения всех технологических режимов: точность дозирования компонентов арболитовой смеси, качество ее приготовления, равномерность укладки арболитовой смеси, равномерность и интенсивность ее уплотнения, режимы тепловой обработки и твердения, физико-механические свойства готового изделия (ГОСТ 19222-84).

Принципиальная технологическая схема производства арболита приведена на рис.21.

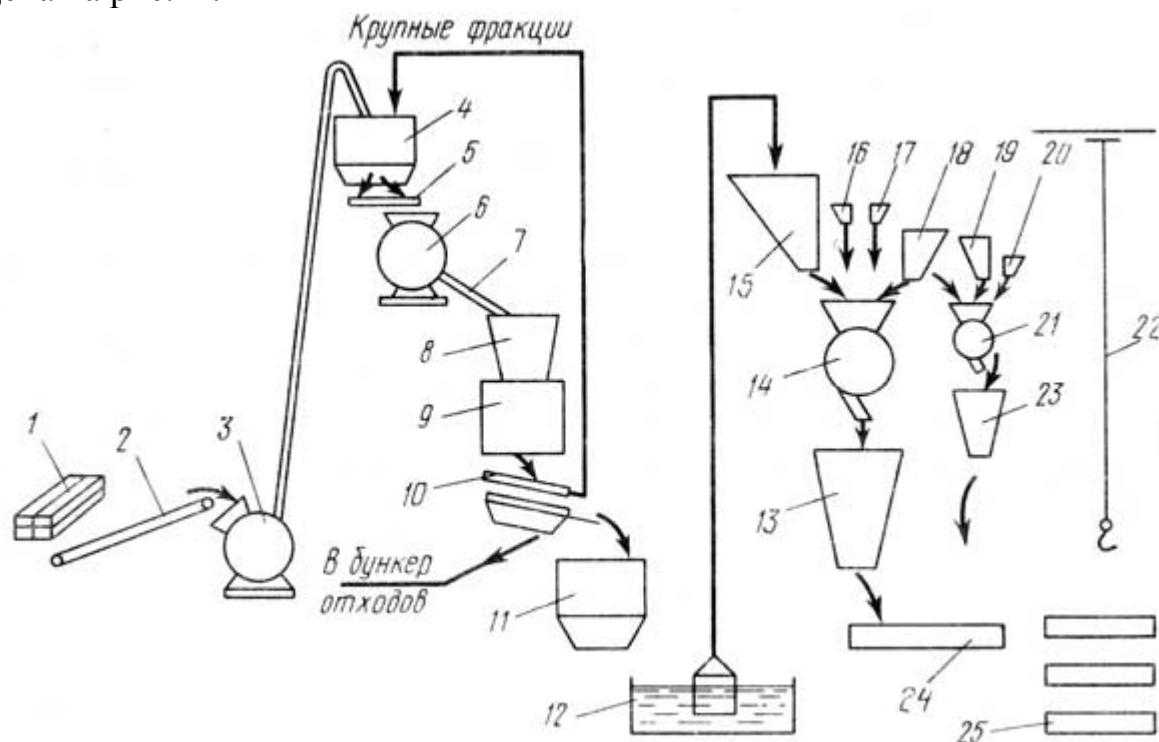


Рис.21. Принципиальная технологическая схема производства арболита

Отходы древесины (лесосечные, лесопиления и деревообработки) складывают на приемной площадке 1, затем транспортером 2 подают в приемную воронку рубительной машины 3. Полученная щепа через циклон 4 направляется на ленточный транспортер 5 и далее для измельчения в молотковую дробилку 6. Измельченная древесина в виде дробленки пневмотранспортером 7 перемещается в циклон 8 и промежуточный бункер

9, откуда поступает на вибрационный грохот 10. На грохоте установлены два сита – верхнее с ячейками 10 мм, которое задерживает крупную дробленку, и нижнее – с ячейками 2 мм, предназначенное для отделения мелкой дробленки и пыли.

Крупная дробленка возвращается на повторное дробление, а мелкая дробленка и пыль поступают в бункер отходов. Фракционированная таким образом дробленая древесина засыпается в бункер 11, из которого в сетчатых контейнерах поступает в ванну 12 для замачивания. По необходимости в бункере дробленку подогревают. При отсутствии процесса замачивания данная операция исключается и дробленка из бункера 11 направляется в дозатор 13, откуда подается в смеситель 14. При наличии процесса замачивания насыщенной водой дробленка из ванны 12 подается в дозатор 15, откуда поступает в смеситель 14, сюда же из дозатора 18 подается цемент, а из дозаторов 16 и 17 – вода и химические добавки в виде водного раствора. Готовая арболитовая смесь из растворосмесителя 14 поступает в арболитоукладчик 13, с помощью которого на формовочных постах 24 формы заполняются арболитовой смесью и уплотняются. Массу уплотняют гидравлическими прессами и вибропрессовальными установками.

Раствор или мелкозернистый бетон для фактурного слоя приготавливают в специальном бетонорастворном узле, оборудованном смесителем 12, бункером для заполнителей (песка и мелкого щебня) 19, дозатором для воды 20 и раствороукладчиком 23. Формы с изделиями перемещаются краном 22 на пост тепловой обработки и сушки изделий 25, где они находятся до приобретения необходимой для транспортировки прочности.

Приемку арболита и изделий из него следует производить в соответствии с действующим ГОСТ. Приемочный контроль осуществляется по средней плотности, классу или марке по прочности на сжатие и отпускной влажности. Кроме того, проверяют линейные размеры изделий. Поставку изделий потребителю производят по достижении арболитом прочности не менее 80 % проектной.

Схемы производства арболитовых изделий приведены в прил.6 и 7.

6.3. Технология производства цементно-стружечных плит

6.3.1. Общие сведения о цементно-стружечных плитах

Цементно-стружечная плита (англ. cement bonded particle board) – композиционный листовой строительный материал, изготавливаемый из тонкой древесной стружки, портландцемента и химических добавок, снижающих вредное воздействие экстрактов древесины на цемент. Выпускаются под разными названиями – дюрипанель, фамапанель, элтен и др. Способ производства цементно-стружечных плит (ЦСП) был разработан в США в 30-х годах прошлого века, а практическую реализацию получил

благодаря разработкам таких фирм как «Бизон-Верке» (Германия), «Элтен» (Нидерланды), «Фама» (Австрия) и др.

В настоящее время производство ЦСП имеет широкое распространение по всему земному шару. В России выпуск этих плит начат с конца 1980-х годов.

Согласно ГОСТ 26816-86 цементно-стружечные плиты по физико-механическим показателям делятся на 2 марки ЦСП-1 и ЦСП-2, по структуре на однослойные и многослойные. Требования ГОСТ к физико-механическим свойствам приведены в табл.16.

Т а б л и ц а 1 6

Требования ГОСТ 26816-86 к физико-механическим свойствам ЦСП

Показатель	Норма для марки	
	ЦСП-1	ЦСП-2
1	2	3
Плотность, кг/м ³	1100-1400	1100-1400
Влажность, %	9±3	9±3
Разбухание по толщине за 24 часа, % не более	2,0	2,0
Водопоглощение за 24 часа, % не более	16	16
Прочность при изгибе, МПа, не менее, для толщин, мм: от 8 до 16 включительно от 18 до 24 включительно от 26 до 40 включительно	12,0 10,0 9,0	9,0 8,0 7,0
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти, МПа, не менее	0,4	0,35
Шероховатость пласти, R_m , мкм, не более: для нешлифованных плит для шлифованных плит	320 80	320 100
Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее	3500	3000
Твердость, МПа, не менее	45-65	45-65
Ударная вязкость, Дж/м ² , не менее	1800	1800
Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласти, Н/м ² , не менее	4-7	4-7
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,26	0,26
Класс биостойкости по ГОСТ 17612-83	4	4
Снижение прочности при изгибе после 20 циклов температурно-влажностных воздействий, %, не более	30	30
Разбухание по толщине после 20 циклов температурно-влажностных воздействий, %, не более	5	5
Снижение прочности при изгибе после 50 циклов испытания на морозостойкость, % не более	10	10

ЦСП относятся к группе трудносгораемых материалов (группа Г-1), индекс распространения пламени у них нулевой (пламя по поверхности не распространяется), предел огнестойкости 50 минут, группа дымообразующей способности Д (токсичные газы и пары не выделяются).

Плиты ЦСП обладают высокой водо– и атмосферостойкостью, хорошей звукоизоляцией, экологической безвредностью.

Гарантийный срок эксплуатации в строительных конструкциях – 50 лет.

Однако ЦСП имеют и свои недостатки – высокая плотность (до 1,4 т/м³), материал примерно в 2 раза тяжелее по сравнению с обычными ДСП, имеют невысокую прочность при изгибе. Детали из ЦСП ни в коем случае не должны подвергаться изгибу, зато они могут выдерживать большие нагрузки на сжатие перпендикулярно пласти плиты.

Используются ЦСП для наружной и внутренней обшивки стен (например, при изготовлении вентилируемых фасадов, в каркасном строительстве и производстве сэндвич-панелей), в качестве несъёмной опалубки, как настил под кровлю или основа для пола, в виде подоконников. Конкурирует с ДСП, фанерой, плоским шифером, гипсокартоном, гипсоволокнистым листом, OSB.

6.3.2. Сырьевые материалы и требования к ним

Минеральные вяжущие.

В качестве вяжущего вещества применяется портландцемент марки М500 (ГОСТ 10178-85). К нему предъявляются дополнительные требования: не допускается наличие пластификатора и содержание шлаковых добавок более 5%.

Древесный наполнитель.

Для изготовления ЦСП предпочтительнее применять хвойные породы древесины (пихта, ель, сосна), которые заготавливают в зимне-осенний период. Возможно использование и лиственных пород древесины, однако при прочих равных условиях прочностные показатели плит снижаются на 10-15%.

Древесина (тонкомерная деловая древесина, кусковые отходы деревообработки и лесопиления) должна быть окорена, не иметь гнили и выдержана при положительной температуре на складе в течение не менее 3 мес. Содержание водорастворимых сахаров должно быть не выше 0,5% для хвойных пород и 0,2% – для лиственных. Содержание дубильных веществ не должно превышать 0,4%, а масел, жиров и смол – не выше 1,5%.

Древесина перерабатывается в стружку, средняя длина которой должна быть по меньшей мере в 3 раза больше средней ширины. Оптимальные размеры стружки (наружный/внутренний слой): толщина – 0,2/0,4 мм; ширина – 1,0/10 мм; длина – 5/40 мм.

Химические добавки.

В качестве химических добавок для нейтрализации действия цементных ядов чаще всего применяют композиции из жидкого стекла и сернокислого алюминия. Применяют и другие добавки – сернокислое окисное железо Fe₂(SO₄)₃ с известковым молоком и хлоридом кальция и др.

6.3.3. Технология производства цементно-стружечных плит

Технологический процесс производства цементно-стружечных плит состоит из следующих операций:

- сортировка сырья;
- складирование сырья;
- окорка сырья;
- разделка сырья на заготовки;
- хранение (выдержка) сырья;
- изготовление древесных частиц;
- сортировка частиц;
- доизмельчение частиц;
- раздельное хранение стружки для различных слоев;
- дозирование стружки;
- приготовление растворов химических добавок;
- послойное смешивание компонентов;
- формирование ковра;
- формирование пакетов;
- прессование пакетов;
- тепловая обработка;
- распалубка пакетов;
- укладка плит в штабель;
- твердение плит;
- кондиционирование плит;
- обрезка кромок плит;
- сортировка плит;
- шлифование плит (по необходимости);
- контроль качества;
- складирование.

В зависимости от вида и состояния сырья, а также от применяемого оборудования некоторые операции могут быть исключены, а другие введены дополнительно.

Подготовка древесного сырья.

К древесному сырью в производстве ЦСП предъявляются достаточно жесткие требования: оно должно быть выдержано, рассортировано по породам, не содержать гнили и коры более 5 %.

Разгрузка древесного сырья на лесобирже осуществляется башенным краном, оснащенного грейферным захватом.

Технологическим процессом предусмотрена окорка сырья, которая выполняется на окорочных станках роторного типа – ОК-63-1, ОК-40-1, ОК-40М и др. Удаление гнили выполняется на станке типа Н-10.

Разделку сырья на мерные заготовки производят в случае, если сырье поставляется в виде долготья и получение стружки осуществляется на

станках типа ДС-6, ДС-8. Разделку древесного сырья можно осуществлять на многопильных станках ДЦ-10 и др.

В тех случаях, когда перерабатывается сырье больших диаметров, его раскалывают на древокольных агрегатах с механическим или гидравлическим приводом.

Окоренную древесину сортируют по породам и качеству и направляют в карманы накопителя для выдержки. Сырье, в зависимости от времени заготовки, выдерживают от 2 до 6 месяцев с целью выравнивания влажности и уменьшения содержания в древесине активных легкогидролизующих веществ за счёт биологических преобразований. Рекомендуется использовать древесину зимней заготовки (ноябрь-февраль).

Изготовление древесных частиц.

Наиболее качественные плиты получаются при применении специально нарезанной стружки, оптимальные размеры которой, приведены в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

Оптимальные размеры стружки для ЦСП.

Показатель	Размер для:	
	наружного слоя	внутреннего слоя
Толщина, мм	0,2	0,4
Ширина, мм	1,0	10
Длина, мм	5,0	40

Для производства стружки применяются станки с ножевыми валами (фирма «Хомбак» – У 6, У 74, У 150). Предусмотрена возможность использования технологической щепы, которая перерабатывается на центробежных станках, но такая стружка более низкого качества.

Часовая производительность станков фирмы «Хомбак» рассчитывают по формуле [1]:

$$P = \frac{3600 \cdot V \cdot K_3 \cdot \rho_{\text{усл}} \cdot K_{\text{и}}}{\tau_{\text{ц}}}, \quad (5)$$

где V – объем рабочей части подающего желоба, м³;

K_3 – коэффициент заполнения желоба (55);

$\rho_{\text{усл}}$ – условная плотность древесины, кг/м³;

$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования рабочего времени;

$\tau_{\text{ц}}$ – время одного цикла строгания, сек.

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{пс}} + \tau_{\text{рх}} + \tau_{\text{хх}}, \quad (6)$$

где $\tau_{\text{пс}}$ – время подачи и зажима сырья, с (7);

$\tau_{\text{рх}}$ – время рабочего хода, с (8);

$\tau_{\text{хх}}$ – время холостого хода, с (6).

Сортировка, доизмельчение и хранение частиц.

После первичного измельчения стружка пневмотранспортом подается на сортировку, имеющую сита с отверстиями следующих размеров: для внутреннего слоя 25×25, 20×20, 15×15 мм, для наружных слоев 10×10, 5×5 и 2×2 мм. Стружка для наружных слоев доизмельчается на молотковых дробилках типа ДМ-7, после чего поступает на сортировку. Готовая стружка хранится в бункерах. Запас стружки должен быть на 1-2 часа работы, чтобы исключить ферментизацию древесины.

Из бункера стружка поступает в молотковую мельницу, которая измельчает стружку по ширине. Далее стружка направляется на сортировку, имеющую 2 ряда сит. На верхнем сите остается стружка с размером более 0,5 мм, которая доизмельчается на молотковых мельницах, на нижнем сите остаются частицы, имеющие размер более 0,2 мм, которые направляются в бункер стружки внутреннего слоя. Сход со 2-го сита идет в бункер для наружного слоя.

Для сортировки стружки применяют механические ситовые сортировщики типа ДРС-2 и качающиеся сортировщики.

Дозирование стружки.

Дозирование компонентов цементно-стружечной смеси может осуществляться как весовым, так и методом объемного дозирования.

По первому варианту стружку дозируют с помощью разгрузочного устройства бункера запаса и ленточного конвейера. Стружка поступает в весовую емкость, которая заблокирована с инфракрасным влагомером, сигнал о текущей влажности сырья передается на ЭВМ, которая корректирует массу дозируемой стружки и воды.

Система объемного дозирования стружки и воды основана на принципе постоянства объемной массы древесного сырья независимо от ее влажности.

Цемент подается пневматической установкой высокого давления из бункера цемента в выравнивающий бункер, который обеспечивает непрерывную подачу к весам. Заполнение цементных весов и их разгрузка осуществляется по мере накопления заданной массы. Затем по винтовому конвейеру цемент подается в смеситель.

Растворы химических добавок дозируют с помощью электронного взвешивающего устройства.

Приготовление растворов химических добавок.

Для приготовления растворов химических добавок используют гуммированные емкости с пропеллерными мешалками. Сухую добавку (или в жидком виде) загружают в емкость, заливают водой и перемешивают до заданной плотности. Открытие и закрытие емкостей осуществляется автоматически.

Смешивание компонентов.

Смешивание компонентов цементно-стружечной смеси происходит в смесительных агрегатах периодического действия, работающих на внешний

и внутренний слой. В тех случаях, когда послойное распределение происходит в формирующей машине, перемешивание компонентов происходит в одной установке.

Смесители представляют собой емкости объемом 3 и 6 м³, снабженные лопастными мешалками и устройством для загрузки и выгрузки.

Компоненты поступают в смеситель в следующей последовательности – стружка, отходы обрезки, вода, растворы химических добавок, цемент. Продолжительность цикла перемешивания не должна превышать 10 минут. После перемешивания готовая смесь должна иметь влажность 40-43%. Влажность формовочной массы контролируется путем отбора проб.

Формирование ковра и пакетов.

Качество формирования значительным образом влияет на точность толщины готовых плит.

Формирование ковра осуществляется с помощью формирующих машин (ДФ-6) или формирующих станций. Распределение внутреннего слоя происходит через вращающийся валик с дисковыми ножами. Наружные слои формируются методом воздушной сепарации.

Настил ковра осуществляется на транспортных стальных листах, располагаемых на конвейере, скорость которого изменяется в зависимости от толщины плит. Нормальное соотношение толщины ковра и толщины плит 3:1. Стальные поддоны для предотвращения сцепления цементно-стружечной массы с металлом, предварительно смазывают.

После насыпки непрерывного ковра поддоны подаются на ускоренный конвейер, где их разделяют по длине на заготовки, затем они поступают на конвейер весового устройства для контроля массы.

Прессование пакетов.

Заготовки плит после формирования при помощи штабелирующего устройства в зажимных каркасах (силовая тележка) составляют пакеты. Затем пакет плит уплотняется на зажимный размер и в таком положении фиксируется благодаря устройству каркаса.

Время загрузки не должно превышать 1 час. Давление прессования составляет 2,8-3,3 МПа в зависимости от проектной плотности плит. Уплотнение проводят на прессовых установках (Д-2245, фирмы «Bison» и др.).

Годовая производительность прессы рассчитывается по формуле

$$П = \frac{60 \cdot T \cdot n \cdot L \cdot B \cdot S \cdot K_{и}}{\tau_{ц} \cdot 1000}, \quad (7)$$

где T – годовой фонд рабочего времени, ч;

n – число одновременно прессуемых плит;

L, B – длина и ширина обрезной плиты, м;

S – толщина готовой плиты, мм;

$K_{и}$ – коэффициент использования рабочего времени (0,875);

$\tau_{ц}$ – время одной запрессовки.

Количество одновременно прессуемых плит зависит от толщины плиты и поддона, а также от максимально возможной высоты прессуемого штабеля и рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{H}{S + S_n}, \quad (8)$$

где H – максимально возможная высота штабеля, мм;

S – толщина готовой плиты, мм;

S_n – толщина поддона, мм.

Тепловая обработка.

Термообработку проводят в силовой тележке. Упрессованные плиты поступают в камеру термообработки для приобретения прочности, достаточной для распалубки.

Температура в камере (50-80°C) зависит от марки цемента, породного состава древесины и количества в ней водорастворимых сахаров, а также от состава химических добавок и др. факторов. Влажность в камере поддерживается 50-60%, продолжительность выдержки зависит от рецептуры цементно-стружечной смеси и качества плит и составляет 6-8 часов.

Распалубка пакетов и укладка плит в штабель.

После термообработки силовые тележки из камеры направляются на размыкание в прессовую установку. Размыкание происходит при давлении 3,0-3,5 МПа. Открытая зажимная тележка с помощью траверсной тележки через роликовый конвейер перемещается в расштабелер, который разбирает пакет. Расштабелировку производят поочередно: поддон, плита.

Поддоны поступают на очистительную установку, очищаются, покрываются разделительной эмульсией и направляются обратно на формовочную линию.

Плиты направляются на станцию для предварительной обрезки, затем расштабелируются на подступные стеллажи. Срезки (отходы) плит дробятся и подаются в смеситель для повторного перемешивания, полученная масса используется для среднего слоя ЦСП.

Твердение и кондиционирование плит.

Твердение плит происходит в помещении цеха при температуре не ниже 16°C. Штабеля готовых плит укрывают полиэтиленовой пленкой для предотвращения их высушивания. Длительность твердения составляет от 7 до 14 суток в зависимости рецептуры и других технологических факторов. После выдержки влажность плит достигает 40%. Для достижения стандартной влажности (9±3%) плиты высушивают.

Кондиционирование (сушку) плит проводят в сушильной камере проходного типа при температуре 80-100°C. Плиты сушат в вертикальном положении, что гарантирует стабильность формы.

Обрезка кромок, сортировка, шлифование, контроль качества и складирование плит.

Форматная обрезка плит осуществляется по выходе из сушильной камеры. Для этого используют 3-пильные обрезные станки с алмазными дисками или пилы с твердосплавными напайками.

После обрезки плиты сортируют по качеству, при необходимости шлифуют, укладывают в штабеля и электропогрузчиком отвозят на склад готовой продукции.

Технологическая схема производства цементно-стружечных плит приведена на рис.22.

Подготовленная древесина поступает по ленточному конвейеру в стружечное отделение.

Стружка, изготовленная в стружечном станке 1, доизмельчается в мельницах 3 и 4, сортируется в грохоте 6 и хранится в бункерах 8 (для наружных слоёв), 9 и 10 (для среднего слоя плит).

Цемент со склада 5 поступает в бункер-дозатор 16. Смешивание компонентов происходит в двух смесителях 12, отдельно для наружных и внутренних слоёв ЦСП. На формирующей станции 14 на поддоны насыпается трёхслойный цементно-стружечный ковёр, который примерно втрое толще, чем получаемая из пресса цементно-стружечная плита.

С формирующего конвейера поддоны поступают на контрольные весы 18. Если они фиксируют отклонение веса от заданного на величину более допустимой, поддон автоматически сбрасывается на возвратный транспортёр 17 и смесь передаётся в бункер для среднего слоя. Остальные поддоны передаются к штабелирующим устройствам 19 или 20.

Образованный из поддонов штабель загружается в одноэтажный холодный пресс 21, обжимается до нужной высоты и заключается «в замок», так чтобы заданное давление сохранялось вплоть до открывания пресса. Нужная толщина ЦСП обеспечивается дистанционными прокладками, которыми оснащены поддоны. Фиксированный «в замок» штабель поддонов, называемый также пресс-форма, из пресса транспортируется в обогреваемую зону 22, где выдерживаются не менее 8 часов.

Затем штабеля возвращаются в пресс для раскрытия и снятия давления (для этого может использоваться и второй пресс). Открытые пресс-формы перемещаются к установке для отделения поддонов от цементно-стружечных плит. Освобождающиеся поддоны тщательно очищаются в специальной установке 15 и покрываются смазкой с обеих сторон. В целях равномерного износа обеих поверхностей поддонов, перед каждой загрузкой обеспечивается их переворачивание в кантователе 11. Поддоны возвращаются к формирующей станции 14, а цементно-стружечные плиты, пройдя обрезку кромок на станке 25, поступают на буферный склад 23, где выдерживаются в течение одной-двух недель. Окончательно ЦСП «дозревают» в канале кондиционирования 24 при обдувке воздухом при температуре 70-100 °С. Готовые плиты обрезаются по формату, сортируются по качеству, укладываются в штабеля и передаются на склад продукции.

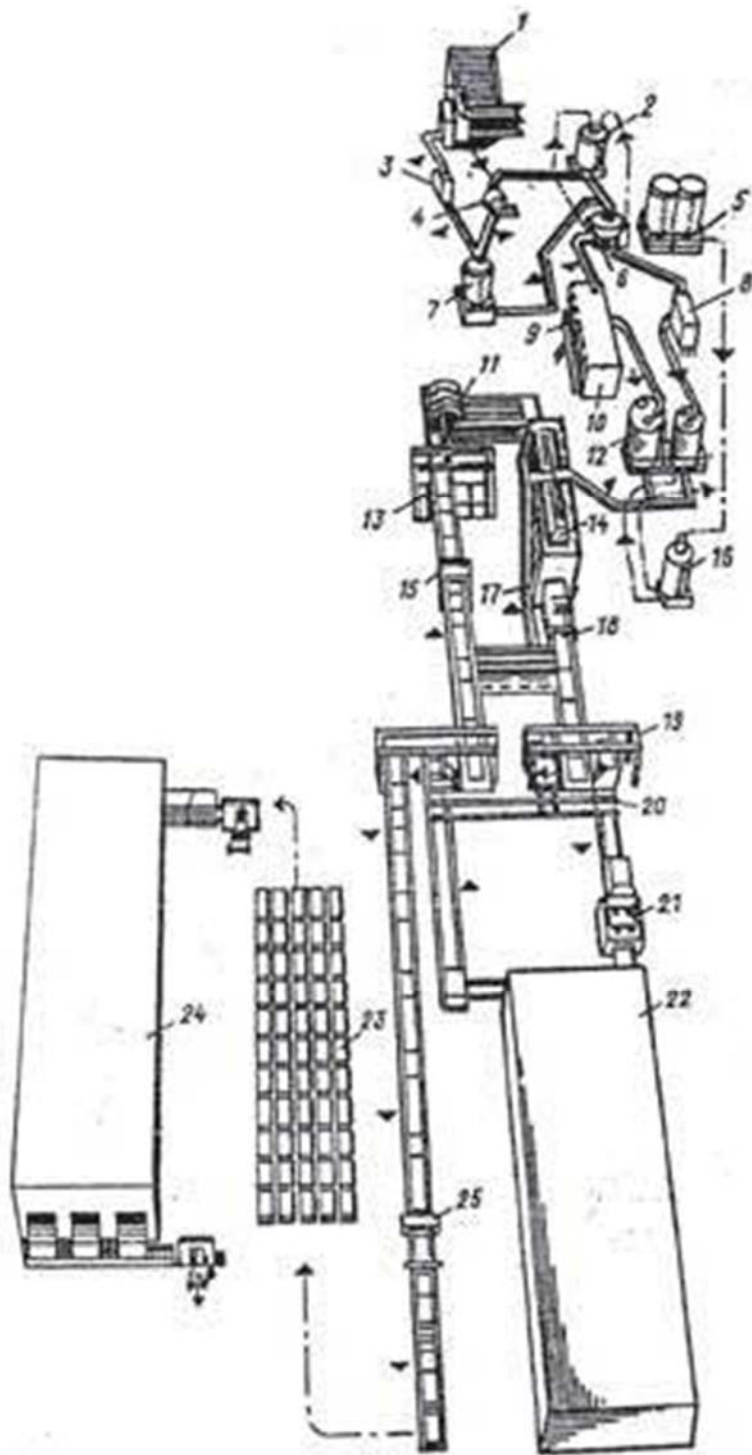


Рис.22. Технологическая схема производства цементно-стружечных плит:
 1 – стружечный станок; 2 – бункер для стружки; 3, 4 – мельницы для доизмельчения стружки; 5 – склад цемента; 6 – сортировка стружки (грохот); 7 – бункер для несортированной стружки; 8 – бункер для мелкой фракции стружки; 9, 10 – бункеры для стружки среднего слоя; 11 – кантователь поддонов; 12 – смесители; 13 – склад поддонов; 14 – формирующая станция; 15 – устройство для очистки и смазки поддонов; 16 – бункер-дозатор для цемента и других добавок; 17 – возвратный транспортёр; 18 – контрольно-весовое устройство; 19, 20 – штабелирующие устройства; 21 – пресс; 22 – зона отверждения плит; 23 – промежуточный склад; 24 – зона кондиционирования плит; 25 – кромкообрезная пила

6.4. Технология производства других видов древесно-цементных композитов

6.4.1. Технология производства королита

Королит – это разновидность арболита и представляет собой смесь окорки древесины, обработанной химическими веществами, цемента и воды.

В королите древесная дробленка заменяется более материалом – корой. Исследования различных научно-исследовательских лабораторий показали, что королит имеет физико-механические свойства близкие к свойствам арболита и может применяться в строительстве вместо него. За счет снижения стоимости заполнителя себестоимость 1 м² королита по сравнению с себестоимостью арболита снизится на 28,4%.

Основные свойства.

Прочность королита при сжатии соответствует его марке и составляет 0,5-3,5 МПа при плотности в сухом состоянии 550-800 кг/м³. Предел прочности королита на растяжение при изгибе материала марки В2 составляет 0,5-0,7 МПа.

Теплотехнические характеристики королита в зависимости от его плотности приведены в табл. 18.

Т а б л и ц а 1 8

Теплотехнические свойства королита

Показатели	Марка королита				
	теплоизоляционного			конструкционного	
	В0,5	В1,0	В1,5	В2,5	В3,5
Плотность, кг/м ³	550	600	700	750	800
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	–	–	0,12	–	0,15

Максимальное водопоглощение королита в зависимости от средней плотности колеблется в пределах 70-110%, его морозостойкость – не менее 25 циклов.

При строительстве зданий с применением королита необходимо защищать конструкции от увлажнения, применяя защитные фактурные растворы или водоотталкивающие покрытия. При увлажнении на 1 % увеличение теплопроводности королита доходит до 20% и составляет 0,0043 Вт/(м·°С).

Сырьевые материалы.

Существенное влияние на качество королита оказывает породный состав заполнителя из коры. Так, королит на основе сосны и лиственницы более прочен, чем на основе коры ели, так как кора ели содержит больше легкорастворимых сахаров.

При производстве королита также большое значение имеют время выдержки древесины с момента заготовки, способ доставки (сухопутный или сплавом). Эти факторы оказывают большое влияние на прочность

королита потому, что от них зависит количество водорастворимых веществ, в основном сахаров, являющихся "цементными ядами".

Кора несколько отличается от древесины, особенно содержанием водорастворимых веществ: в коре ели содержится всего 10-13% водорастворимых веществ (в том числе сахаров 0,2-0,4%), а в коре сосны – 10-12% (в том числе сахаров 0,2-0,3%). Среди этих веществ в коре большую долю занимают таниды. Таниды не оказывают отрицательного воздействия на прочность цементных систем. Это происходит потому, что конденсированные таниды не растворяются в воде и слабых щелочах, а гидролизующие таниды содержат галловые кислоты, обладающие вяжущими свойствами. «Отравляющее» действие на цемент оказывают легко растворимые сахара. Во время сплава древесины, хранения её с корой, а в дальнейшем при хранении коры отдельно от древесины часть сахаров вымывается или окисляется на воздухе, что играет положительную роль при использовании отходов окорки в качестве заполнителя.

При длительном хранении во влажных условиях кора поражается плесневыми грибами, и материал получается непрочным, имеет гнилостный запах. В целях повышения биостойкости королита заполнитель обрабатывают 2%-м раствором оксифенолята натрия, что снижает прочность королита только на 5-8%.

Значительное влияние на свойства королита оказывает фракционный состав заполнителя. Лучшие результаты по прочности и средней плотности получены у королита, изготовленного на заполнителе фракций 15/3, 10/2.

Для нейтрализации действия сахаров на цемент в королит, как и в арболит, вводится «минерализатор» – чаще всего хлорид кальция (4-5%).

Технология производства.

Технология производства королита сходна с технологией изготовления арболита. Для изготовления королита может применяться оборудование, используемое в цехах по производству арболита.

Технологический процесс изготовления изделий из королита состоит из следующих основных операций: приготовления материалов; приготовления смеси; формования изделий, уплотнения смеси; выдержки изделий в формах, распалубки, твердения, отделки, хранения изделий.

Технологический процесс изготовления изделий из королита приведен на рис. 23.

Кора из бункера окорочной станции поступает на приемный склад линии 1, откуда транспортными системами подается на узел измельчения 2 и сепарации 3. Нормальная фракция заполнителя направляется на участок предварительной обработки 4. Предварительная обработка заполнителя может включать в себя антисептирование заполнителя (в случае длительного хранения). Обработанный заполнитель направляется на промежуточный склад 5 и затем в бункер запаса заполнителя участка 6, где хранится до

подачи в смеситель. Подготовленную заранее, вычищенную и смазанную форму 7 подают на пост укладки фактурного слоя 8.

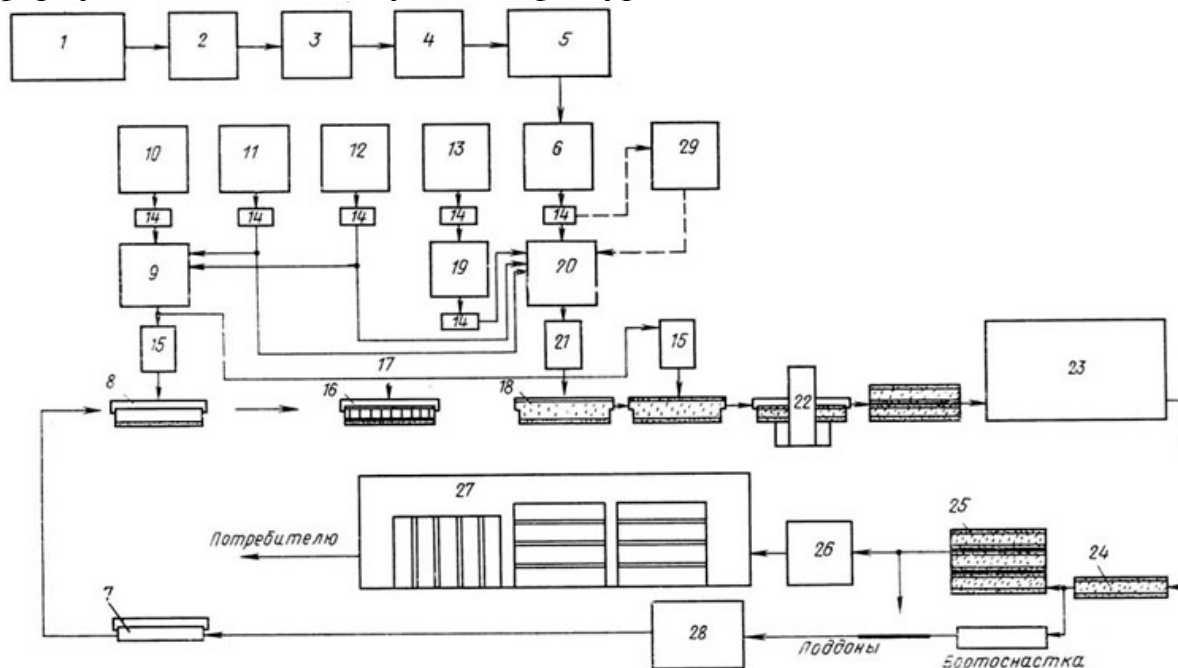


Рис. 23. Технологическая схема линии по производству изделий из королита мощностью 5-8 тыс. мг в год:

- 1 – приемный склад заполнителя; 2 – узел измельчения; 3 – узел сепарации;
- 4 – участок предварительной обработки; 5 – промежуточный склад; 6 – бункер готового заполнителя; 7 – форма; 8 – пост укладки фактурного слоя;
- 9 – растворосмеситель; 10 – бункер инертных материалов; 11 – бункер воды; 12 – бункер вяжущего; 13 – бункер минерализатора; 14 – дозаторы;
- 15 – раствороукладчик; 16 – пост установки арматуры и закладных деталей; 17 – арматурный участок; 18 – пост формования; 19 – мешалка раствора минерализатора; 20 – бетоносмеситель; 21 – бетоноукладчик; 22 – узел уплотнения; 23 – узел термообработки; 24 – пост распалубки; 25 – участок выдержки в цехе; 26 – участок отделки; 27 – склад готовой продукции; 28 – участок подготовки форм; 29 – узел замачивания заполнителя

Цементно-песчаный раствор нижнего (наружного) фактурного слоя готовится в растворосмесителе 9, куда из бункеров 10, 11, 12 поступает определенное количество песка, цемента и воды через дозаторы 14. Раствор укладчиком 15 укладывается в форму 7, и форма подается на пост 16 установки арматуры и закладных деталей, поступающих в готовом виде с арматурного участка 17. Форма с фактурным слоем и арматурой передается на пост формования 18 для заполнения королитовой смесью.

Последовательность приготовления королитовой смеси следующая: заполнитель из бункера 6 через дозатор 14 подается на узел замачивания 29, где загружается в смеситель 20. Минерализатор из бункера 13 через дозатор подается в мешалку 19, где готовится водный раствор определенной концентрации. Через дозатор этот раствор заливается в смеситель 20 и перемешивается с заполнителем в течение 2-3 мин. Затем из бункеров 11, 12 через дозаторы загружается требуемое количество цемента, воды, и смесь

перемешивается еще в течение 5-7 мин. Готовая смесь выгружается в укладчик 21 и укладывается в форму, здесь же укладывается второй фактурный слой.

Форма с уложенной смесью направляется на узел уплотнения 22, где происходит уплотнение смеси до требуемой величины. Формы с уплотненной смесью подаются на узел термообработки, где выдерживаются в течение 18-24 ч, затем поступают на пост распалубки 24, где изделия освобождаются от бортоснастки и выдерживаются на поддонах 25 в цехе при температуре 20° С до достижения транспортной прочности (3-5 суток). Затвердевшие изделия снимаются с поддонов, устанавливаются в рабочее положение и направляются на участок отделки 26, где их окрашивают, устраняют мелкие дефекты. Отделанные изделия направляются на склад 27 для хранения до отгрузки потребителю.

6.4.2. Технология производства фибролита

Фибролит – (от лат. fibra – волокно и греч. lithos – камень), строительный материал, представляющий собой спрессованную и затвердевшую смесь специально приготовленной древесной стружки (древесной шерсти), минерального вяжущего, химической добавки и воды.

Основные свойства.

Фибролит выпускается в виде плит толщиной 30, 50, 100 и 150 мм, шириной 500-1200 мм, длиной 2400 и 3000 мм.

Основной характеристикой фибролита является средняя плотность. От средней плотности зависят прочность, теплопроводность, стораемость, звукопоглощение и др. свойства фибролита. С увеличением плотности повышается прочность материала, снижается горючесть, но ухудшаются теплозащитные свойства. По этому показателю фибролит делится на три марки: Ф-300, Ф-400 и Ф-500.

Фибролит является достаточно долговечным материалом, если он конструктивно защищен от непосредственных климатических воздействий. Фибролитовые плиты относятся к трудностораемым и биостойким материалам.

Физико-механические свойства фибролитовых плит приведены в табл. 19.

Структура фибролита и его свойства в основном зависят от состава фибролитовой массы и могут регулироваться в сравнительно широких пределах при принятой технологии изготовления.

Сырьевые материалы.

Древесную шерсть получают из неделовой древесины хвойных (ель, пихта, сосна), реже лиственных пород. Возможно также использование круглых сортиментов, кусковых отходов лесопильного производства, деревообработки, фанерного и спичечного производства.

Таблица 19

Свойства фибролитовых плит (ГОСТ 8928-81)

Наименование показателей	Ф-300	Ф-400	Ф-500
Средняя плотность плит в сухом состоянии, кг/м ³	250...350	351...450	451...500
То же, аттестованных по высшей категории качества, кг/м ³	250...350	351...375	451...475
Влажность по массе, не более, %	20	20	20
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее, для толщины плиты, мм:			
30	–	1,1	1,3
50	0,6	0,9	1,2
75	0,4	0,7	1,1
100	0,35	0,6	1,0
Модуль упругости плит при изгибе, МПа, не менее	–	300	500
Теплопроводность плит в сухом состоянии при температуре (20±2)°С, Вт/(м·°С), не более	0,8	0,09	0,1
То же, аттестованных по высшей категории качества, Вт/(м·°С), не более	0,07	0,08	0,09
Водопоглощение, % по массе, не более	35	40	45

Древесина должна быть здоровой, без гнили, не иметь сучков диаметром более 40 мм, допускается косослой с отклонением волокон от прямого направления на 1 м длины не более 0,2 диаметра верхнего торца. Древесина может иметь кривизну в одной плоскости со стрелой прогиба на 1 м длины не выше 5% при диаметре верхнего торца до 22 см и не выше 10% при диаметре 22 см и более. Перезрелая и сухостойная древесина не применяются.

Древесина, используемая для изготовления цементного фибролита, должна быть выдержана в штабелях в весенне-летний период перед употреблением в производство. Преимущество имеет сплавная древесина и древесина зимней рубки, так как в ней содержится значительно меньше водорастворимых веществ, чем в свежесрубленной. Применение свежесрубленной древесины для производства фибролитовых плит не рекомендуется.

Требуемые размеры древесной шерсти: длина ленты не менее 350 мм, ширина – 5-10 мм, толщина – 0,2-1,0 мм.

В качестве минерального вяжущего вещества применяют портландцемент, магнезиальное вяжущее, белитошламовый цемент.

Наиболее часто применяемые химические добавки – хлорид кальция, жидкое стекло, известь, сульфат алюминия

Технология производства фибролита.

Цеха по производству цементного фибролита строятся в основном в районах лесозаготовок, при домостроительных или деревообрабатывающих комбинатах.

Производство фибролитовых плит может быть организовано по мокрому и сухому способам.

При мокром способе древесную шерсть для фибролита погружают в ванну с водным раствором цемента и минерализатора с последующим удалением излишнего раствора на виброгрохоте. Этот способ требует постоянного перемешивания цементного раствора во избежание его расслоения, введения в формовочную массу большого количества воды, что отрицательно сказывается на качестве плит. Кроме того, цемент часто отверждается в ванне, что приводит к существенным его потерям и требует дополнительных затрат труда по очистке ванны.

Наибольшее распространение получил сухой способ производства фибролита, включающий подготовку сырья, получение древесной шерсти, приготовление формовочной смеси, формование плит прессованием и их тепловую обработку.

1. Подготовка сырья.

Поступающую на завод древесину окоривают и отправляют на выдержку, чтобы устранить вредное воздействие "цементных ядов". Древесину выдерживают на открытом воздухе не менее 4-6 весенне-летних месяцев. В этот период под действием солнечных лучей и тепла происходит окисление экстрактивных веществ и перевод простейших водорастворимых сахаров и гемицеллюлозы древесины в менее растворимые формы. После выдержки древесину распиливают на чураки, удаляют гниль и другие пороки, затем чураки подают к древесношерстным станкам. Влажность древесины должна быть 20–22 % (чем суше древесная шерсть, тем глубже раствор минерализатора проникает в поры и капилляры древесины, тем эффективнее минерализация).

2. Минерализация древесной шерсти.

Минерализацию древесной шерсти для фибролита осуществляют путем ее погружения или обрызгивания водным раствором минерализатора. Для этого применяют различные устройства: шерстетрясы, конвейеры с перфорированной лентой, барабанные смесители. На шерстетрясах из древесной шерсти отсеивается мелочь и стряхивается излишек раствора минерализатора. Влажность минерализованной шерсти составляет 140-160 %. Если в качестве вяжущего применяют белитовый цемент, содержащий незначительное количество C_3S (трехкальциевого силиката), то обработка древесной шерсти минерализатором не нужна.

3. Приготовление формовочной смеси.

Соотношение между древесной шерстью и цементом зависит от марки выпускаемых плит и вида древесной шерсти. Для каждого вида древесной шерсти существует рациональный расход цемента, соответствующий оптимальной толщине слоя цементного камня на поверхности ее элементов. Дальнейшее увеличение расхода цемента не приводит к эффективному росту прочности цементного фибролита, а лишь повышает его среднюю плотность. Уменьшение же расхода цемента ухудшает скрепление лент древесной шерсти, снижает био- и огнестойкость готовых изделий.

Влажность формовочной смеси для получения плит хорошего качества должна поддерживаться в пределах 45-50 %.

Смешивание компонентов проводят в смесителях принудительного действия либо в смесителях свободного падения (гравитационных), обеспечивающих перемешивание шерсти без уплотнения и навивания ее на вал.

4. Формование плит фибролита.

Приготовленная формовочная масса загрузочным конвейером, оборудованным специальным валковым разделителем и разрыхляющим устройством, распределяется по формам и разравнивается валками или вручную. Формы устанавливают на многополочный пресс в виде пакета, при этом одновременно прессуют 15-20 плит. Для прессования применяют механические, пневматические или гидравлические прессы. Удельное давление прессования для теплоизоляционного фибролита составляет 0,06-0,1 МПа, более тяжелые плиты прессуют при удельном давлении 0,25-0,4 МПа.

После достижения заданной степени уплотнения формы сжимают струбцинами (фиксируют толщину уплотненной массы). В обжатом состоянии формы с уплотненной массой подают на тепловую обработку.

5. Тепловая обработка.

Тепловую обработку фибролита проводят в два этапа. Первый этап – обработка в формах в обжатом состоянии с целью закрепления структуры, полученной при формовании. На этом этапе пакеты форм загружают в камеру твердения, где их выдерживают при влажности среды 60-70 % и температуре 30-35 °С в течение 8 ч при использовании быстротвердеющего цемента и до 24 ч при применении обычного портландцемента. Затем плиты фибролита распалубливают, обрезают боковые и торцевые кромки. Второй этап – выдерживание под навесом на открытом воздухе (в летнее время) в течение 5-7 сут или в специальных сушилках при температуре 50-60 °С и относительной влажности 60-70 % в течение 1-2 сут. Влажность высушенных плит фибролита не должна превышать 20 %.

Готовые плиты отправляют на склад.

В нашей стране фибролит выпускают в цехах трех типов, технологические схемы которых примерно одинаковы:

- цеха малой производительности (до 20 тыс. м³ плит в год);
- цеха с полуавтоматизированными поточными линиями (производительностью 79 тыс. м³ плит в год);
- цеха, работающие на финском оборудовании (с производительностью до 85 тыс. м³ плит в год).

Технологическая схема производства фибролита на полуавтоматизированных поточных линиях приведена в прил.8.

Применение.

По плотности фибролит делят на марки Ф-300 (теплоизоляционный фибролит) и Ф-400, Ф-500 (теплоизоляционно-конструктивный фибролит).

Теплоизоляционные цементно-фибrolитовые плиты марок Ф-300 используют для утепления стен, совмещённых кровель, карнизных панелей, вентиляционных каналов, а также в целях утепления и звукоизоляции кирпичной кладки.

Теплоизоляционно-конструктивный фибролит средней плотностью 400 и 500 кг/м³ (марки фибrolита Ф-400 и Ф-500) применяется для устройства перегородок, в качестве заполнителя древесного каркаса стен. Фибролит, применяемый в качестве стенового материала, во избежание намокания и продувания необходимо оштукатуривать. В частях зданий, находящихся в условиях повышенной влажности применять его не следует.

В настоящее время основное применение фибrolита – установка несъемной опалубки в строительстве. Фибrolитовые плиты не удаляются, как некоторые другие виды опалубки, а остаются конструктивной частью или стены, или любого перекрытия.

6.4.3. Технология производства ксилолита

Ксилолит (xylolith) – искусственный строительный материал, состоящий из смеси магнезиального вяжущего, органического целлюлозного заполнителя (древесные опилки или другие измельчённые целлюлозосодержащие частицы растительного происхождения) с добавлением тонкодисперсионных минеральных веществ (талька, асбеста, мраморной муки) и щелочестойких пигментов.

Основные свойства.

Ксилолит обладает следующими свойствами:

- не загорается в самом сильном пламени, а лишь медленно обугливается;
- мало теплопроводен;
- не размокает в воде даже при продолжительном кипячении, впитывая при этом только незначительное количество влаги;
- в твердости не уступает камню, но обладает значительной упругостью;
- не подвергается заметному действию мороза, сырости и жары;
- стоек к плесени;
- хорошо обрабатывается (можно пилить, стругать, обтачивать, сверлить и т.п.);
- не требует окраски, но по желанию может быть окрашен;
- щелоче- и кислотостоек;
- по величине сопротивления истиранию ксилолит не уступает таким прочным материалам, как порфир, базальт, гранит.

В зависимости от практической необходимости и технических возможностей он может быть как монолитным (свободного формования), так и плиточным материалом (прессованным при значительном удельном давлении).

Физико-механические показатели монолитного и прессованного ксилолитов приведены в табл. 20.

Т а б л и ц а 2 0

Физико-механические свойства ксилолита

Показатели	Ксилолит прессованный	Ксилолит свободно-формованный монолитный
Средняя плотность, кг/м ³	1550	1000-1200
Соппротивление, МПа:		
– сжатию	85,4	20-35
– растяжению	25,4	3-5
– изгибу	48,9	–
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,24-0,26	0,08-0,21
Водопоглощение через 12 ч, %	2,1	–
Водопоглощение через 9 суток, %	3,8	–

Сырьевые материалы.

Для производства ксилолита используются, главным образом, опилки лесопиления как наиболее однородные по форме (структуре) и крупности, не содержащие примесей в виде коры и щепы. Опилки, направляемые на производство ксилолита, должны быть просеяны на виброгрохотах через сито с ячейками 5 мм. Предпочтительнее использовать опилки из бедных смолой лиственных пород древесины, а не богатые смолой хвойные, лучше применять опилки твердых пород. Но допускается использование опилок любых пород древесины.

В качестве минерального вяжущего при производстве ксилолита применяют каустический магнезит и каустический доломит. Использование магнезиально-каустических цементов для получения ксилолита вызвано тем, что цементы, содержащие в своём составе едкую известь, при длительном воздействии на органические вещества (древесные опилки) постепенно разрушают их. Образующиеся при этом продукты распада (легкогидролизуемые вещества и гемицеллюлоза), в свою очередь, отрицательно воздействуют на вяжущие вещества (известь, портланд-цемент). Разрушение органических целлюлозных заполнителей, а затем и вяжущего вещества усугубляется развитием в щелочной среде бактерий.

Очень низкая растворимость и слабо выраженные основные свойства Mg(OH)₂ по сравнению с известью, а также присутствие в затвердевшем растворе оксидов и хлоридов магния обуславливают нейтральный характер магнезиально-каустического цемента. Органические целлюлозные заполнители совершенно не разрушаются в изделиях на нём, цемент препятствует развитию микроорганизмов и мицелия.

При затворении каустического магнезита водой процессы гидратации протекают чрезвычайно медленно, поэтому его затворяют водными растворами солей (MgCl₂, MgSO₄, MgCl₂·6H₂O и др.) увеличивающих растворимость оксида магния. Для затворения магнезиального цемента могут

применяться также отходы производства травильных цехов в смеси с серной кислотой, дисульфат натрия, хлорид цинка, нитрат магния, карнолит, или магнезиальная рапа солевых озёр.

Каустический магнезит хорошо твердеет только при положительных температурах (не ниже 12°C). Это очень гигроскопичный материал (может гидратироваться за счёт поглощения влаги из воздуха), поэтому его доставляют на строительство в запаянных металлических барабанах или в особой бумажной таре.

Магнезиальные вяжущие материалы характеризуются хорошим сцеплением с органическими заполнителями (древесные опилки, стружка), причём последние не подвергаются разложению и загниванию.

Применение в качестве отвердителей магнезиально-каустических цементов, растворов хлористых солей, являющихся хорошей огнестойкой пропиткой, делает ксилолит с древесным заполнителем огнестойким материалом. Поэтому такой цемент имеет значительное преимущество перед другими минеральными вяжущими для производства материала, где в качестве органического заполнителя используются древесные опилки.

Ксилолит, полученный на основе каустического магнезита, обладает большей прочностью, чем ксилолит на основе каустического доломита.

В качестве добавок, улучшающих свойства ксилолита, применяются асбест (повышает сопротивление покрытия ударным нагрузкам), трепел (понижает теплопроводность), измельчённый кварцевый песок или камень (повышает прочность и сопротивление поверхности к истиранию) и тальк (повышает водостойкость).

Для придания ксилолиту требуемой окраски используют различные красители – пигменты. Наибольшее применение получили следующие пигменты: железный сурик, мумия (красный цвет), охра, сиена (жёлтый цвет), кобальт (синий цвет). В ксилолитовую массу краска добавляется в количестве 5% от общей массы сухих компонентов. Минеральные пигменты-красители для ксилолита должны быть тонкомолотыми, однородными по составу, без посторонних включений, стойкими к действию света, щелочей и соляной кислоты.

Технология производства.

Технология производства прессованного ксилолита сводится к следующим процессам. Исходные компоненты для изготовления материала хранятся в складах: магнезиально-каустический цемент – в силосах, опилки – под навесом, хлорид магния поставляется в металлических барабанах, краски и добавки поступают на крытые склады.

Древесные опилки, высушенные до влажности 8%, просеивают через сита с размерами ячеек 25×25 мм и 5×5 мм (для отсева некондиционных примесей)

Со складов сырья компоненты, обработанные соответствующим образом, поступают в дозировочно-смесительное отделение. Магнезиальное

вяжущее подаётся пневмотранспортом после тонкого измельчения; подсушку опилок совмещают с процессом пневмотранспортирования при пневматической подаче их со склада, используя в качестве теплоносителя нагретый воздух. Раствор $MgCl_2$ готовят плотностью 1,21 в металлических баках, покрытых изнутри асфальтовым лаком, во избежание коррозии используется трубопровод из оцинкованных труб.

Для обеспечения ритмичного поступления в производство исходных материалов в дозировочно-смесительном отделении устраиваются соответствующие расходные бункеры, оборудуемые автоматическими весами.

Средний расход материалов для изготовления 1 м³ прессованного ксилолитового изделия составляет, кг:

магнезиально-каустический цемент	640
древесные опилки крупностью 2-5 мм (при влажности 15%)	560
раствор $MgCl_2$ плотностью 1,21, кг/м ³	640
пигменты	56

Наиболее ответственным процессом в технологии производства ксилолита является приготовление формовочной массы. Приготовление формовочной массы обычно осуществляется в растворомешалках принудительного действия. Сначала в растворомешалку загружают и в ней перемешивают магнезиально-каустический цемент и пигменты, в полученную массу добавляются и замешиваются опилки. Приготовленная таким образом сухая смесь затворяется раствором $MgCl_2$ и снова тщательно перемешивается. Продолжительность перемешивания сухих компонентов составляет 30-40 с и после затворения раствором $MgCl_2$ еще 60-90 с. Общая продолжительность цикла с учётом времени, затрачиваемого на загрузку и выгрузку растворомешалки, равняется 3,5 мин.

Готовая смесь может быть использована в виде раствора или для изготовления ксилолитовых плит.

В последнем случае смесь подается винтовым конвейером в бункер формовочной машины. Формируют плиты в специальных пресс-формах в гидравлическом прессе при удельном давлении прессования 2,5-10 МПа. Из гидравлического пресса пресс-формы на вагонетках подаются в камеру отверждения, выдерживаются там при температуре 90-95°C в течение 21 ч, после чего охлаждаются до 25-35°C и подвергаются распалубке. Далее плиты укладывают в штабеля и выдерживают в течение 14 суток..

Заключительной операцией процесса производства ксилолитовых плит является их механическая обработка для придания изделиям точных размеров, правильной формы и хорошего внешнего вида (фрезеровка, шлифовка, полировка воском и маслом). При необходимости плиты нарезаются на станках карборундовыми дисками или алмазными пилами толщиной 3 мм. От размеров плит существенно зависит трудоёмкость их изготовления и устройство пола.

Применение.

Благодаря высокой прочности и совершенно незначительному истиранию ксилолитовые полы с успехом могут применяться в промышленном, жилищном и культурно-бытовом строительстве: на текстильных и прядельных фабриках, на пищевых, винодельческих и консервных производствах; в помещениях с интенсивным движением – в вестибюлях клубов, кинотеатров, столовых, в коридорах школ, детских садов, больниц и т.д. Особо эффективно применение ксилолитовых полов во взрывоопасных помещениях там, где необходимо иметь неискрящие полы.

Основание под ксилолитовый пол должно быть жестким (деревянным, каменным или бетонным). Укладка ксилолита в плитках или монолите допускается только после окончания отделочных работ. Плиты укладывают на холодную битумную или магнезиальную мастику. Монолитный ксилолит укладывают в 2 слоя. Нижний слой толщиной 10-12 см пористый, а верхний слой толщиной 8-10 см – более плотный. В смесь для верхнего слоя добавляют песок.

6.4.4. Технология производства опилкобетона

Опилкобетон – это конструктивно-теплоизоляционный легкий бетон, где в качестве заполнителя используются опилки и песок, а в качестве вяжущего – цемент и известь.

Основные свойства.

По санитарно-гигиеническим показателям опилкобетон считается самым лучшим строительным материалом из всех «бетонных изделий», а по теплозащитным качествам он даже эффективнее керамического кирпича. Множество воздушных пор, образующихся в опилкобетоне, и входящие в его состав деревянные опилки позволяют стенам из опилкобетона надежно сохранять тепло в доме, обеспечивая при этом естественную вентиляцию помещения и поддерживая тем самым в помещении нормальную влажность.

Основные показатели свойств опилкобетонных блоков приведены в табл.21.

Т а б л и ц а 2 1

Свойства опилкобетонных блоков

Наименование показателя	Показатель
Средняя плотность, кг/м ³	500-850
Прочность при сжатии, МПа	0,5-3,5
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,08-0,17
Прочность при изгибе, МПа	0,7-1
Модуль упругости, МПа	250-2300
Морозостойкость, цикл	25-50
Водопоглощение, %	40-85
Усадка, %	0,4-0,5
Биостойкость	V группа
Огнестойкость, ч	0,75-1,5
Звукопоглощение, 126-2000 Гц	0,17-0,6

Одним из недостатков опилкобетона и, в конечном счете, стен из него, является его повышенная гигроскопичность, т.е. способность материала впитывать атмосферную и грунтовую влагу. Поэтому при возведении строений из опилкобетона обязательно принимают защитные меры, которые позволяют сохранить стены всегда сухими. Для этого при возведении фундамента и цоколя особо тщательно выполняют горизонтальную и вертикальную гидроизоляцию, предусматривают широкие отмостки вокруг строения и достаточные свесы кровель. Наружные стены и цоколь строения оштукатуривают цементно-известковым раствором или облицовывают лицевым кирпичом или плиткой, а стены внутри здания оштукатуривают или оббивают досками, древесноволокнистыми плитами или листами сухой штукатурки.

Сырьевые материалы.

В опилкобетоне в качестве заполнителя желательно использовать опилки только хвойных пород деревьев (сосна, ель, лиственница), которые в меньшей степени подвержены биологическому разрушению. Опилки, применяемые в качестве заполнителя, должны быть предварительно выдержаны в течение 3-4 месяца на улице, а также выветрены и высушены. Это делается для того, чтобы в результате подобных мер опилки потеряли свою химическую активность. Технология производства опилкобетона во многом зависит именно от степени физической активности его компонентов.

Опилки хвойных пород сначала просеивают через сито с отверстиями 10-20 мм для отсева коры, щепы и других примесей, а затем через сито с отверстиями до 5 мм. К кондиционным опилкам для увеличения прочности бетона на 10–15% можно добавить до 30% древесной стружки, просеянной сквозь сито с отверстиями 10 мм.

В качестве минерализатора чаще применяется известь. Могут использоваться и другие минерализаторы. Один из способов минерализации опилок – насыщение их известковым молоком с последующим высушиванием и вымачиванием в растворе жидкого стекла (1:7 – жидкое стекло: вода).

В качестве минерального вяжущего вещества применяется портландцемент и его разновидности.

Песок для приготовления опилкобетона должен быть чистым и не иметь примесей ила и других загрязняющих веществ.

Технология производства.

Технология производства изделий из опилкобетона следующая: в смесителе принудительного действия засыпают отмеренное количество песка и вяжущего и перемешивается, затем к сухой смеси добавляется необходимое количество подготовленных опилок и масса перемешивается вновь с последующим и постепенным введением в нее воды.

Готовая опилкобетонная смесь отправляется на формовку.

Схема производства опилкобетонной смеси приведена на рис.24.

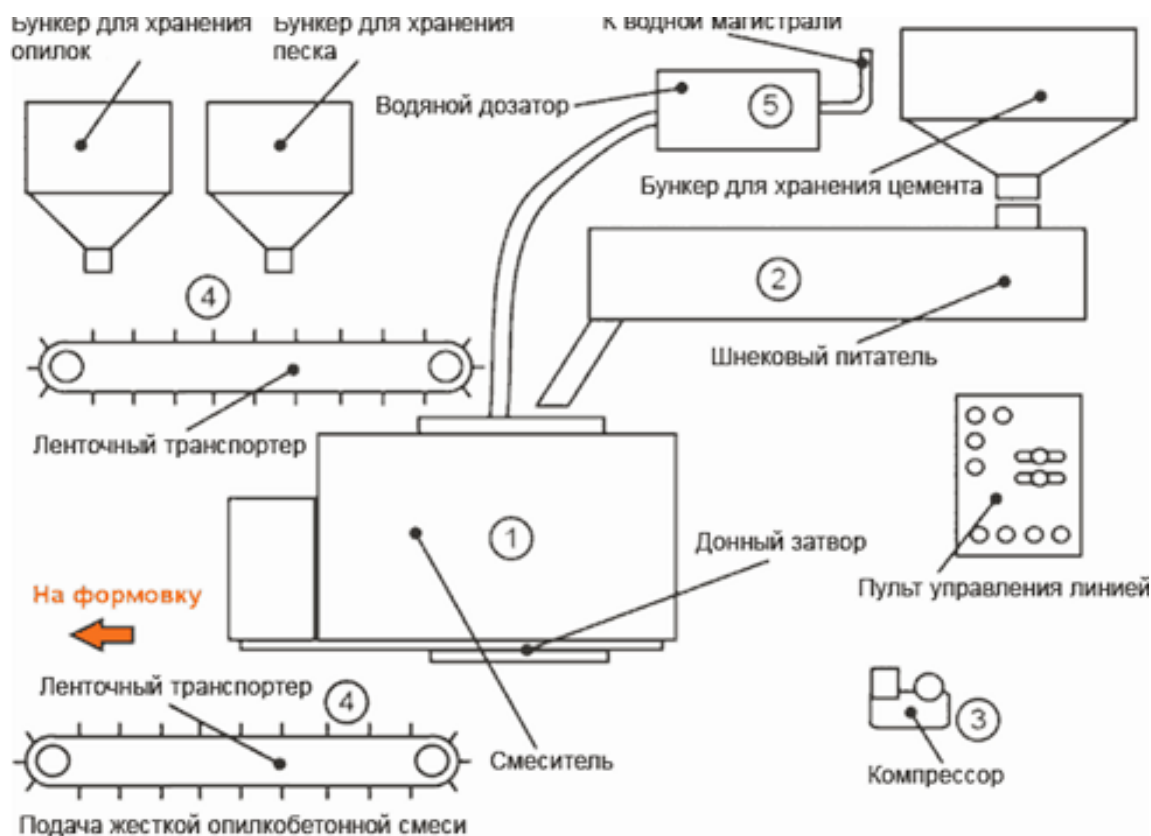


Рис.24. Схема линии производства опилкобетонной смеси производительностью 4,5 м³/час

Применение.

Из опилкобетона изготавливают полы, стеновые блоки и панели. Блоки вполне подходят для возведения одно- и двухэтажных зданий (дачных домов, гаражей и других строений).

Разновидностью опилкобетона является деревобетон, в котором в качестве заполнителя использованы древесные опилки и мелкозернистый гравий. Деревобетон прочностью 6-8 кгс/см² используют в качестве заполнителя в каркасных зданиях, прочностью 10-12 кгс/см² – для несущих конструкций в одноэтажных бескаркасных зданиях, прочностью 15 кгс/см² и выше – при строительстве животноводческих, а также двухэтажных жилых зданий.

6.4.5. Технология производства строительного бруса [1]

Основные свойства.

Строительный брус как правило имеет поперечное сечение 150×250 мм, при этом его плотность составляет 1000-1200 кг/м³, предел прочности при изгибе – 2,0-2,6 МПа предел прочности при сжатии – 10-19 МПа, теплопроводность – 0,32 Вт/м·°С. Этот материал обладает рядом положительных свойств: экологически чистый, трудносгораемый, биостойкий, легко обрабатывается инструментом, не имеет усадки, хорошо сохраняет тепло, водо- и морозостоек.

Сырьевые материалы.

В качестве сырья используют кору, опилки, стружку, сучья, ветви, а также другие растительные отходы.

В качестве вяжущего вещества применяется каустический магнезит.

Для затворения каустического магнезита применяют водные растворы солей ($MgCl_2$, $MgSO_4$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ и др.).

В качестве химической добавки, улучшающей водостойкость готового бруса и ускоряющей процесс твердения смеси, применяют вместе с хлористым магнием железный купорос.

Технология производства.

Схема производства строительного бруса приведена на рис. 25.

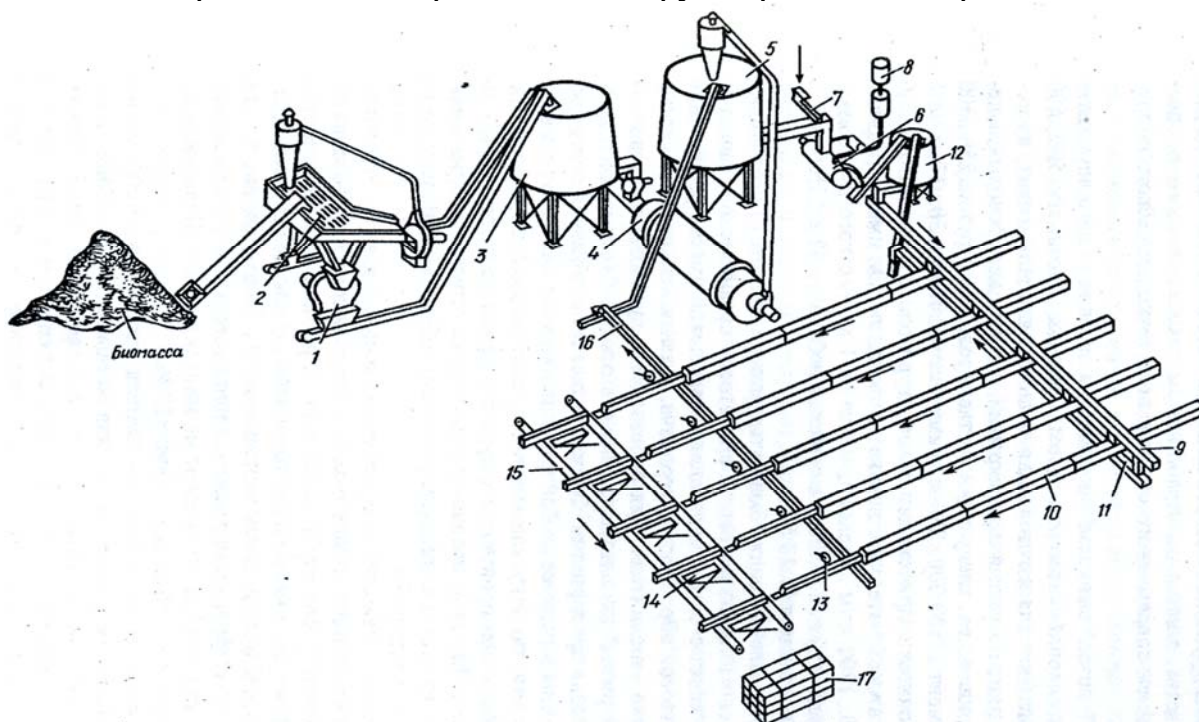


Рис.25. Схема производства прессованного бруса:

- 1 – дробилки; 2 – сортировка щепы; 3 – бункер запаса биомассы; 4 – сушилка;
5 – бункер сухой биомассы; 6 – смеситель; 7, 8 – питатели минерального
вяжущего; 9 – загрузочный скребковый конвейер; 10 – прессовая установка;
11 – конвейер возврата; 12 – бункер для пресс-массы; 13 – круглопильный
станок; 14 – подъемный стол; 15 – конвейер сбора брусьев;
16 – конвейер для опилок; 17 – пакетирующее устройство

Сырьевые материалы, обработанные на рубильных машинах корорубках, дробилках 1 сортируют на сортирующих устройствах 2 с диаметром сит 6-10 мм. Крупную фракцию отправляют на доизмельчение в дробилку. Кондиционная фракция направляется в бункер запаса биомассы 3, а затем в сушилку 4, где ее высушивают до влажности 15%. Затем через бункер 5 древесная масса направляется в смеситель 6. Сюда же подается водный раствор солей и вяжущее. Компоненты перемешивают в течение 6 минут. Приготовленная смесь выгружается в бункер 12 и далее загрузочным

конвейером 9 подается в прессовую установку 10. Прессование осуществляется в экструзионном прессе.

По заполнении приемной камеры прессовой установки подающий конвейер автоматически отключается, одновременно включается гидропривод, продвигающий пресс-массу в камеру формования бруса. Прессование происходит при давлении 9,0 МПа. Пресс-масса спрессовывается в брус, продвигается в камеру обогрева для отвердевания вяжущего, а затем в камеру выдержки. Температура камеры на входе – 180°С, на выходе – 120°С. Полученный брус по выходе из канала раскраивают на круглопильном станке 13. Затем заготовки маркируют, пакетируют и выдерживают в стопах в течение 72 часов при температуре 16°С до полного отверждения вяжущего.

Применение.

Из прессованного строительного бруса могут быть изготовлены наружные и внутренние стены, пол, оконные и дверные коробки.

6.4.6. Технология производства гипсоопилочных блоков

Основные свойства.

Гипсоопилочные блоки (ГОб) изготавливают размером 490×290×250 мм. Плотность гоб от 850 до 650 кг/м³, предел прочности при сжатии составляет 3,5-2,0 МПа, теплопроводность – 0,279-0,233 Вт/м·°С.

Сырьевые материалы.

В качестве сырья используют опилки различных пород древесины..

В качестве вяжущего вещества применяется строительный гипс.

Технология производства.

В состав установки по производству ГОб входит виброгрохот, элеватор, бункер для древесных частиц, раздаточный бункер для гипса, специальные рыхлители, смеситель и комплект металлических форм с вибропригрузом.

Опилки со склада сырья поступают на виброгрохот, где просеиваются через сита с размером ячеек 10 мм. Кондиционная фракция опилок поступает в бункер запаса сырья. Одновременно в раздаточный бункер поступает гипс. Смешивание гипса с опилками и водой производится в специальном смесителе, оборудованном валом с лопатками.

Готовая гипсостружечная смесь выгружается в металлические формы таким образом, чтобы формовочная масса превышала высоту бортов на 4-5 см. Технологический цикл от затворения смеси до ее уплотнения не должен превышать 2 мин.

Формы откатываются к месту складирования и через 15-20 минут их распалубливают. После распалубки производят сушку в специальных сушильных камерах или в атмосферных условиях в течение 2-3 суток.

Применение.

Гипсоопилочные блоки применяются при устройстве несущих и самонесущих стен в жилых и общественных зданиях с влажностью не более 60%.

6.4.7. Технология производства гипсоволокнистых плит

Основные свойства.

Гипсоволокнистые плиты (ГВП) изготавливают размером 1000×1500 мм и 2500×6000 мм. Плотность плит не более 1200 кг/м³, предел прочности при изгибе – 6-8 МПа, предел прочности при сжатии – 22-28 МПа, разбухание по толщине при выдержке в воде в течение 2 часов не более 0,6 %, в течение 24 часов – не более 1,8%.

Сырьевые материалы.

В качестве сырья для производства ГВП используют гипс строительный, древесину лиственных и хвойных пород, а также макулатуру. Для получения древесного волокна могут быть использованы круглые лесоматериалы, горбыли, рейки, фанерные обрезки, карандаши, комли и другие отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Технология производства.

Схема производства ГВП приведена на рис.26.

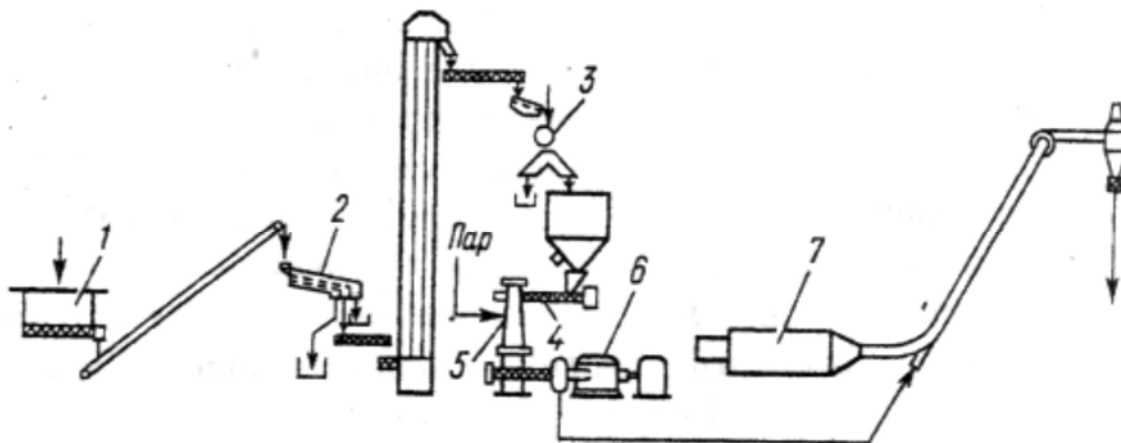


Рис.26. Схема технологического процесса изготовления ГВП:
1 – сборник щепы; 2 – сортировка; 3 – магнит; 4 – дозирующее устройство;
5 – пропарочная установка; 6 – рафинатор; 7, 10, 13 – сушилки;
8 – штабелеукладчик; 9 – форматно-обрезной станок; 11 – установка
для нанесения покрытий; 12 – шлифовальный станок; 14 – ленточный
конвейер; 15 – передвижной одноэтажный пресс;
16 – пресс для подпрессовки; 17 – настилочная машина

Древесные отходы перерабатываются на щепу. Затем щепу фракционируют 2 и через позирующее устройство подают в рафинатор 6. Здесь производится расщепление древесных частиц на волокна, имеющие длину от 0,09 до 2 мм и влажность около 60 %. Полученные волокна сушат в трубе-сушилке 7. Подготовленные волокна подаются на линию изготовления ГВП.

Гипс загружают в быстроходный смеситель непрерывного действия, туда же поступает заданное количество волокнистой массы. После перемешивания гипсоволокнистую массу подают в буккер настилочной машины с помощью винтового конвейера, обеспечивающего равномерное распределение смеси по длине и ширине. Ковер формируется на

настилочном конвейере, который снабжен регулятором для выравнивания его толщины и обрезки кромок. Сформированный ковер поступает на водопроницаемую тканевую ленту подпрессовывается в прижимном устройстве и увлажняется. В этой зоне под увлажнительным устройством расположены вакуум-отсасывающие ящики, обеспечивающие отвод воды из материала.

Сформированный ковер на сетчатой ленте направляется в передвижной одноэтажный пресс. Прессование осуществляется между сетчатой и верхней лентами. Вода, отжатая в процессе прессования, стекает в приемок пресса. Затем пресс размыкается и возвращается в исходное положение. После размыкания пресса верхняя лента отделяется от ковра, а нижняя продвигает ковер на ленточный конвейер 14, где с помощью струи воды осуществляется его разделка на пакеты. Затем пакеты направляются на ленточный конвейер, где происходит твердение ГПП. После твердения плиты поступают в многоэтажную газовую сушилку 13. Температура в первой зоне сушилки – 210-180°C, во второй – 110-80°C. Начальная влажность плит составляет около 27%, после сушки – 05%.

На линии окончательной обработки плиты калибруют, шлифуют, при необходимости покрывают покрытием и обрезают на форматно-обрезном станке. В качестве покрытия наибольшее распространение получила силиконовая эмульсия (для повышения водостойкости плит).

Готовые плиты упаковывают, обвязывают стальной лентой и отправляют на склад.

Применение.

Гипсоволокнистые плиты применяют для внутренней отделки зданий, в качестве сухой штукатурки, для устройства перегородок с высокими звукоизоляционными показателями, для устройства пола.

7. ПРОИЗВОДСТВО ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Одним из наиболее эффективных направлений утилизации мелких древесных отходов и коры является производство топливных и технологических брикетов и гранул. Технологические брикеты и гранулы могут быть использованы в качестве сырья при химической и энергохимической переработке древесины, например, для гидролизной промышленности, для производства дубильных веществ и т.д. Топливные брикеты и гранулы используются в качестве бытового и промышленного топлива. Брикетирование сыпучих отходов увеличивает теплотворную способность опилок и стружки. Теплотворная способность брикетов по сравнению с древесными отходами возрастает в 2-3 раза и приближается к теплотворности каменного угля.

Технология изготовления прессованного древесного топлива позволяет решить ряд вопросов:

- утилизировать различные древесные отходы;
- получить экологически чистое высококалорийное биотопливо;
- обеспечить основному производству статус малоотходного и экологически чистого;
- снизить затраты на хранение и перевозку топлива по сравнению с топливными дровами (или кусковыми отходами);
- повысить культуру производства;
- получить дополнительную прибыль от реализации топлива.

7.1. Характеристика брикетов и гранул

Брикеты – это плотные куски, полученные из сыпучей древесины путем ее прессования со связующими веществами или без них. Наиболее распространена технология брикетирования без применения связующих веществ, т.к. при этом получается экологически чистый брикет.

Топливные брикеты производят из сухих древесных остатков (опилки, щепа, стружка), спрессованных под большим давлением при высокой температуре без химических добавок и склеивающих веществ. Связующим веществом является лигнин, который содержится в самой древесине. В процессе термического спекания опилок уничтожается вся бактериальная флора и получается "мертвый" продукт для паразитов (жучков, грибов, плесени и микробов). Температура, возникающая при прессовании, способствует заплыванию поверхности брикетов, которая благодаря этому становится водонепроницаемой и препятствует гниению, поэтому топливные брикеты могут храниться довольно долго.

При сжигании брикеты не оказывают негативного воздействия на окружающую среду и атмосферу отапливаемого помещения. При горении не выделяют дыма, копоти, угарного газа и других вредных веществ, в отличие от дров или угля.

В зависимости от конструктивных особенностей прессового оборудования брикеты могут иметь различные размеры и форму.

Различают три основных типа брикетов:

– шашечные, прямоугольные по форме брикеты со скругленными ребрами (они же RUF-брикеты, Nestro), изготавливаются на гидравлических прессах (рис.27 а);

– цилиндрические брикеты (с центральным отверстием или без него), изготавливаются на гидравлических или ударно-механических прессах (Nielsen) (рис.27 б);

– брусковые – это четырех- или шести-гранные брикеты с радиальным отверстием (Pini-kau), изготавливаются на механических (шнековых) прессах посредством сочетания очень высокого давления – 1000-1100 бар – и термической обработки (рис.27 в).

Брикеты цилиндрической или сферической формы с небольшими размерами называют гранулами или пеллетами (рис.27 г).

Топливные гранулы удобнее брикетов, т.к. сыпучи и позволяют организовать автоматическую загрузку теплогенератора.

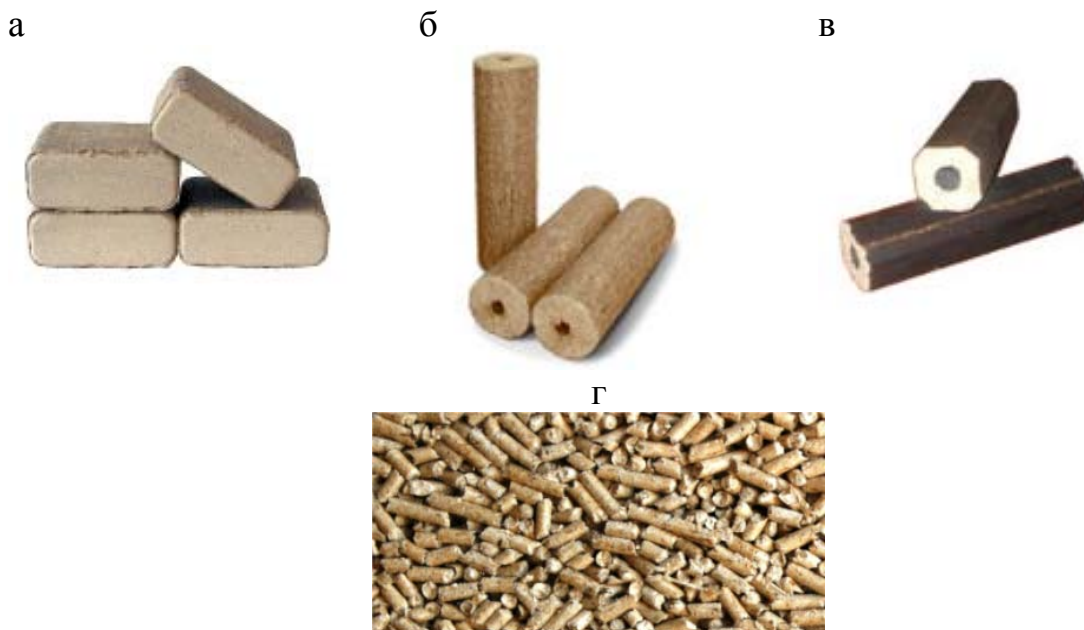


Рис. 27. Основные типы топливных брикетов:
а – шашечный; б – цилиндрический; в – брусковый; г – гранулы (пеллеты)

Выпускаются брикеты в виде топливных шайб – цилиндрический тип брикетов (рис. 28).



Рис. 28. Топливные шайбы

Основные характеристики различных типов брикетов приведены в табл.22.

Т а б л и ц а 2 2

Характеристика брикетов и гранул различных типов

Тип брикета	Форма брикета	Размеры сечения, мм	Длина брикета, мм	Плотность, кг/м ³
1	2	3	4	5
Шашечный	Призматическая, прямоугольного сечения со скругленными ребрами	120-160×50-70	25-40	950-1100
Брусковые	Брусек квадратного или шестиугольного сечения с центральным отверстием или без него	50-70×50-70	30-400	800-1300
Цилиндрический	Цилиндр с центральным отверстием или без него	Ø 25-100	30-400	800-1300
Гранулы	Цилиндр или эллипсоид	Ø 3-16	6-25	900-1500

По назначению брикеты и гранулы бывают технологическими или топливными. Технологические брикеты используют гидролизной и лесохимической и биохимической промышленности, для получения дубильных экстрактов. Технологические брикеты не должны обладать большой прочностью и влагостойкостью, должны легко распадаться и размельчатся. Топливные брикеты должны иметь повышенную прочность и влагостойкость.

В настоящее время только в нескольких европейских странах – Австрии, Швеции и Германии официально существуют стандарты, разработанные специально для уплотненного топлива из биомассы (топливные брикеты и гранулы pellets).

В подавляющем же большинстве европейских стран нет стандартов, предназначенных специально для топливных брикетов и гранул. Их отсутствие объясняется тем, что внутренний рынок слишком молод и объемы внутреннего потребления слишком незначительны.

В настоящее время еще не установлена не только единая методика испытаний брикетов, но и номенклатура обязательных видов механических испытаний.

Главными показателями качества топливных брикетов являются: теплотворная способность (калорийность, теплота сгорания), зольность (массовая доля золы), плотность, истираемость (массовая доля мелкой фракции – пыли и опилок), размеры (диаметр, длина).

Плотность топливных брикетов – 950-1500 кг/м³, гранул – 900-1500 кг/м³ (насыпная плотность составляет 550-650 кг/м³. Чем плотнее брикет, тем выше показатели его качества.

Зольность зависит от вида исходного сырья. Так для топлива из отходов древесины – 1%, для топлива из дробленой коры и опилок – 0,5-2%.

Теплотворная способность зависит от содержания в его составе древесины, коры, натуральных смол. Так теплотворная способность брикетов из лиственных пород 18,6-19,8 МДж/кг, из коры лиственных пород 17,2-22,8 МДж/кг, для топлива из древесины хвойных пород – 20,0-22,5, для коры 20,4-25,1 МДж/кг.

К топливным брикетам предъявляются следующие технические требования:

- влажность до 5 % (высший сорт) и до 18% (II-й сорт);
- зольность не более 5%;
- низшая удельная теплота сгорания:
для высшего сорта – 16-23 МДж/кг;
для I и II сортов – 13-16 МДж/кг;
- плотность:
для высшего сорта – не менее 1000 кг/м³;
для I и II сортов – не менее 900 кг/м³;
- массовая доля частиц размером по волокну 5 мм не более 25%;
- временное сопротивление на изгиб брикетов из опилок достигает до 20 кГс/см².

Одна тонна уплотненного древесного топлива при сжигании заменяет 753 кг каменного угля; 443 кг мазута; 843 кг природного газа.

7.2. Сырьевые материалы и требования к ним

Сырьем для производства топливных брикетов и гранул являются любые древесные отходы (лесозаготовок, лесопиления, деревообработки) и отходы сельского хозяйства (солома, камыш, шелуха риса и подсолнечника и т.п.).

Брикеты получают методом прессования измельченной, подготовленной по влажности и крупности, древесной массы. Предполагается, что в качестве связующего элемента при брикетировании выступает лигнин,

который выделяется из клеток древесины под действием давления и температуры. Поэтому основным требованием к сырью для прессования является наличие в его химическом составе лигнина.

Содержание лигнина в хвойных породах древесины составляет 28-34%, в лиственных – 17-27%, в древесной коре – 17-44% (табл.23, 24).

Т а б л и ц а 23

Химический состав древесины, %
(по данным Богомолова Б.Д. и Никитина Н.И.)

Порода	Целлюлоза	Лигнин	Гемицеллюлоза		Зола	Экстрактивные вещества растворимые	
			пентоза	гексозаны		в воде	в эфире
Сосна	51,9	28,2	11,2	9,3	0,2	0,6	1,6
Ель	58,3	29,0	10,1	9,8	0,2	1,8	1,1
Лиственница	45,8	29,5	9,3	–	1,0	5,1	1,8
Пихта	48,0	29,9	5,3	17,8	0,7	1,4	0,9
Кедр	50,0	30,1	8,6	11,8	0,1	1,5	2,4
Дуб	38,9	23,8	28,8	–	0,3	1,8	0,6
Бук	42,2	20,8	29,3	7,6	0,5	0,6	0,5
Береза	46,8	21,2	32,9	–	0,4	1,5	3,0
Клен	41,5	23,1	25,6	7,7	0,3	0,5	0,3
Осина	52,4	20,3	22,6	0,5	0,2	2,2	1,6

Т а б л и ц а 24

Химический состав древесной коры, %
(по данным Шаркова В.И. и Енсена В.)

Компоненты	Порода древесины					
	сосна		ель		береза	
	луб	корка	луб	корка	луб	корка
Целлюлоза	18,2	16,4	23,2	14,3	18,5	3,4
Лигнин	17,1	43,6	15,6	27,4	20,3	1,3
Пентозаны	12,1	6,8	9,7	7,1	20,2	1,1
Гексозаны	16,3	6,0	9,3	7,7	–	–
Экстрактивные вещества	24,7	17,7	34,8	30,5	15,4	43,7

При изготовлении брикетов и гранул большое значение имеет влажность прессуемых частиц и их крупность.

Различают оптимальную и критическую влажности древесных частиц. При оптимальной влажности достигаются наилучшие механические характеристики брикетов, она составляет 6-12 %.

Критической называют влажность, при которой возможно образование брикетов, но брикеты рассыпаются сразу же после выхода из пресса. Критическая влажность находится в пределах 15-20%.

Основным сырьем для прессования, как показывает практика, являются опилки. Кусковые отходы, щепу, стружку (или другие виды древесных отходов) необходимо доизмельчать до мелкой (опилочной) фракции. Крупность частиц древесного сырья для прессования должна быть не более 1,0 мм (объем частиц крупностью 1-5 мм не более 25%).

Таким образом, к древесному сырью для брикетирования предъявляются следующие основные требования:

- влажность в пределах 6-12 % (критическая влажность 15-20%);
- содержание гнили не более 5 %;
- крупность частиц – 0,5-1,0 мм (объем частиц крупностью 1-5 мм не более 25%).

Древесные отходы учитываются в плотных м³, т.е. с учетом коэффициента полндревесности, K_n .

7.3. Технология производства топливных брикетов и гранул

Выбор технологии производства топливных брикетов зависит от ряда факторов, а именно:

- а) планируемого объема брикетов;
- б) имеющегося объема древесных отходов;
- в) вида и размера древесных отходов;
- г) влажности древесных отходов.

Технологический процесс брикетирования древесных отходов состоит из следующих операций:

- транспортировка сырья к технологической линии;
- удаление металлических включений, камней, пыли из поступающего сырья;
- измельчение крупных древесных отходов;
- сортировка отходов;
- измельчение сырья в молотковых дробилках до получения частиц одинакового размера;
- сушка отходов;
- прессование;
- охлаждение брикетов (гранул);
- упаковка, хранение и транспортировка готовой продукции.

Перечисленные технологические операции применяются не во всех технологических процессах. Линии брикетирования древесных отходов и коры комплектуются вспомогательным оборудованием в зависимости от вида и физических свойств исходного сырья. Эти линии можно разделить на три группы:

- 1 – для брикетирования однородных сухих отходов влажностью 18% (опилки, стружка, древесная пыль);

2 – для брикетирования влажных древесных отходов с предварительным измельчением и сушкой (кусковые древесные отходы, кора, обрезки плит, шпона, сучьев и др.);

3 – для брикетирования неоднородного материала разного физического состояния (использованная тара, поддоны и др.). Для получения однородного материала такие линии оснащают дополнительным оборудованием: измельчителями, мельницами, рафинерами.

Технологические схемы процесса брикетирования древесных отходов различной влажности приведены в прил. 9.

Линии брикетирования могут быть с последовательным размещением оборудования, параллельным или смешанным.

Наибольшей простотой обладают линии с последовательным размещением оборудования (производительность машин и механизмов должна быть примерно одинаковой) с расположением между агрегатами буферных устройств (различные бункера или циклоны).

Транспортировка сырья к технологической линии.

Транспортировка сырья к технологической линии включается во все технологические процессы. В зависимости от конкретных условий доставка сырья может осуществляться различными способами. Чаще используют пневмотранспорт или конвейеры различных конструкций (ленточные, скребковые и др.).

Измельчение сырья.

Измельчение применяется в тех случаях, когда брикетируют крупные отходы. В зависимости от объема кусковых отходов и планируемой производительности по выпуску брикетов, технология измельчения может быть:

- одностадийная – измельчение кусковых отходов в мелкую древесную массу пригодную для прессования;
- двухстадийная – вначале кусковые отходы измельчают в щепу или дробленку, а затем доизмельчают в опилки.

Одностадийная технология может быть применена на предприятиях с годовым выпуском до 3000 тонн брикетов, где имеются в основном опилки и небольшие объемы кусковых отходов.

Двухстадийная технология позволяет организовывать производство брикетов в более крупных масштабах. В этом случае кусковые отходы измельчают на щепу (дробленку), а затем доизмельчают в опилки.

Для измельчения кусковых древесных отходов на щепу используют рубильные машины барабанного и дискового типа. Тип рубильной машины выбирается в зависимости от вида и размера отходов, а также с учетом необходимой производительности.

Для измельчения короткомерных древесных отходов используются рубильные машины с наклонной загрузкой. Длинномерные отходы измельчают в машинах с горизонтальной загрузкой.

Специального оборудования для доизмельчения щепы, дробленки, стружки в промышленности нет. Используют существующие модели дробилок (мельница молотковая ММ-03А-С, молотковые дробилки ДМ-4 и ДМ-7, лопастная дробилка ДМ-8, машина для измельчения МРБМ-2 и др.).

Сортировка древесных отходов.

Сортировка древесных отходов желательна во всех технологических линиях брикетирования. Она позволяет обеспечить безопасную работу оборудования и улучшить качество брикетов. В производстве гранул сортировка обязательна.

По способу приведения материалов в движение при сортировке сортирующие машины можно разделить на четыре группы: механические, пневматические, гидравлические и магнитные.

Магнитные сортировки служат для отделения от материала металлических примесей.

Для сортировки измельченной древесины применяются, в основном, механические сортировки, которые подразделяются на следующие типы: плоские, вибрационные, гирационные и барабанные.

Принцип работы сортировочных установок основан на механическом колебании каскада сит. Наиболее распространены напольные или подвесные гирационные установки СЩ-1М, СЩ-60, СЩ-120, СЩ500-1, СЩ-70 и др.

Сушка древесных отходов.

Сушка необходима в тех случаях, когда брикетированию подлежат отходы, имеющие влажность более 18%. В качестве сушильных агрегатов могут быть использованы аэрофонтанные, шнековые, барабанные сушилки и др.

Термообработка древесного сырья.

Под термообработкой понимают нагрев древесного сырья до температуры 100°C, удаление влаги, дальнейший нагрев до более высокой температуры (в зависимости от назначения брикетов), выдержку при заданной температуре и охлаждение до 70-80°C.

Прессование.

Прессование – это уплотнение древесной массы до заданной плотности и формирование брикета (гранул). Для прессования применяют прессы различной конструкции:

- 1) матричные;
- 2) поршневые или штемпельные;
- 3) винтовые (шнековые);
- 4) вальцовые.

В прессах первой группы брикет формируется в сплошной матрице возвратно-поступательным движением поршня – брикет приобретает форму матрицы (рис.29).

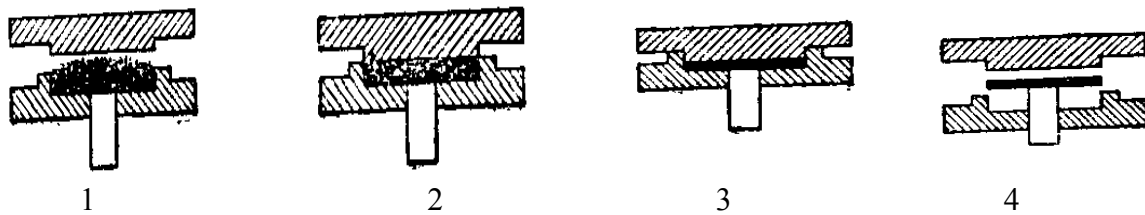


Рис. 29. Схема прессования в матричном прессе:
 1 – загрузка прессовочной массы; 2 – замыкание формы; 3 – формование под давлением и при повышенной температуре; 4 – разъем пресс-формы и извлечение готового изделия

Ко второй группе относятся прессы штемпельного типа. В штемпельных прессах (рис.30) материал поступает через загрузочное окно 1 и при движении поршня (штемпеля) 3 проталкивается в прессовальный канал (матрицу) 2, затем поршень возвращается назад и проталкивает следующую порцию материала и так далее, пока пространство в матрице полностью не заполнится. После этого начинается процесс прессования. Давление от поршня передается на исходную массу и происходит выталкивание брикета. Толщина брикета зависит от объема камеры. По длине матричный канал сужается и за счет этого происходит поперечное уплотнение брикетов. Давление прессования зависит от сил сопротивления трению в матричном канале и не является постоянным. Удельное давления прессования достигает 1000-1300 кг/см². Поверхность брикетов под влиянием температуры покрывается блестящей глянцевой коркой.

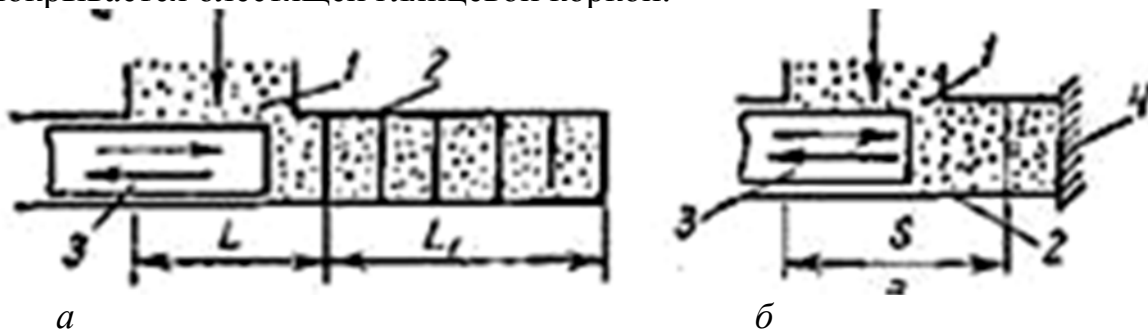


Рис.30. Схема штемпельного прессы:
 а – штемпельный с открытой прессовальной камерой; б – штемпельный с закрытой прессовальной камерой; 1 – загрузочное окно; 2 – прессовальный канал; 3 – штемпель; 4 – упор

Для получения прочного брикета штемпельные прессы, кроме водяного охлаждения, оснащаются специальными охлаждающими желобами. Охлаждение брикетов при продвижении по желобу приводит к снятию внутренних напряжений, а механическая прочность брикета при этом увеличивается.

В прессах третьей группы брикет формируется способом непрерывного прессования винтовым рабочим органом (коническим шнеком) в обогреваемой матрице (температура нагрева 200-350°С). Производительность определяется диаметром матрицы, числом оборотов и шагом витков шнека.

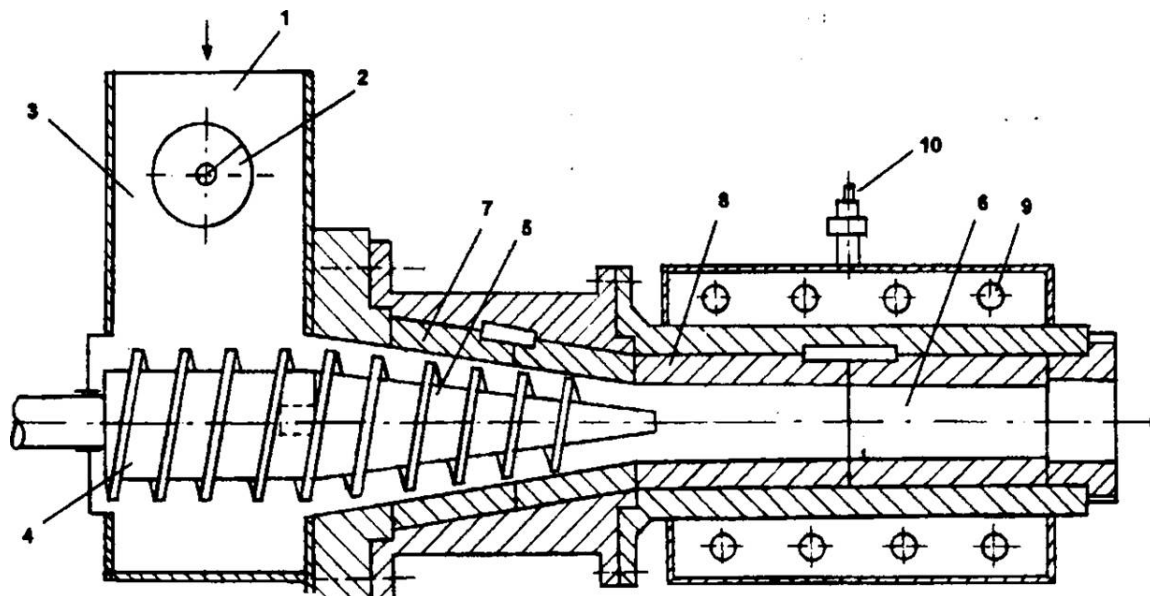


Рис. 31. Схема шнекового пресса:

1 – загрузочное окно; 2 – ворошитель; 3 – камера; 4 – шнек цилиндрический; 5 – шнек конический; 6 – канал матрицы; 7 – коническая втулка; 8 – втулка; 9 – нагревательные элементы; 10 – терморпара

В шнековых прессах (рис. 31) исходная смесь проходит в загрузочном окне 1 через ворошитель 2 и сыпается в камеру 5. В камере 3 расположен вращающийся подающий шнек 4 цилиндрической формы. К этому шнеку примыкает конический прессующий шнек 5, свободный конец которого входит в канал матрицы. Рабочий канал матрицы 6 состоит из конической части 7 (на входе), плавно переходящей в цилиндрическую или квадратную часть 8 (на выходе).

По мере заполнения камеры 3 шнек 4 подает древесную массу в коническую часть канала матрицы, где происходит ее прессование, и выдавливание в цилиндрическую часть канала.

В конической части канала матрицы происходит формирование плотности брикета. Давление достигает $1500-2100 \text{ кг/см}^2$. Температура нагрева матрицы устанавливается для каждого режима прессования, который зависит от породы древесины, крупности и влажности частиц, наличия коры и пр. Величина этой температуры находится в пределах $200-350^\circ\text{C}$. Поэтому наружная поверхность брикета приобретает блестящий коричневый цвет. На поверхности образуется защитный гидрофобный слой (поверхность обуглена). Науглероженный (обугленный) слой является своего рода смазкой и способствует более легкому проталкиванию брикета внутри матрицы.

Под действием высокого давления и температуры в камере прессования выделяются газы (испаряется часть влаги, происходит выделение лигнина и пр.). Выделяемые газы удаляют с помощью вытяжки.

Из матрицы брикет выходит непрерывной лентой и поступает на делительное устройство, где формируется длина брикета. Если в технологии предусмотрена распиловка и обрезка торцов брикетов, то лента может иметь длину до 1200 мм.

Полученные брикеты или ленты складывают для остывания ряд через ряд на 2 часа. Затем брикеты расфасовывают в отдельные пакеты весом 6-8 кг и отправляют на склад (ленты предварительно подаются к торцовочному станку, где их распиливают на мерные отрезки).

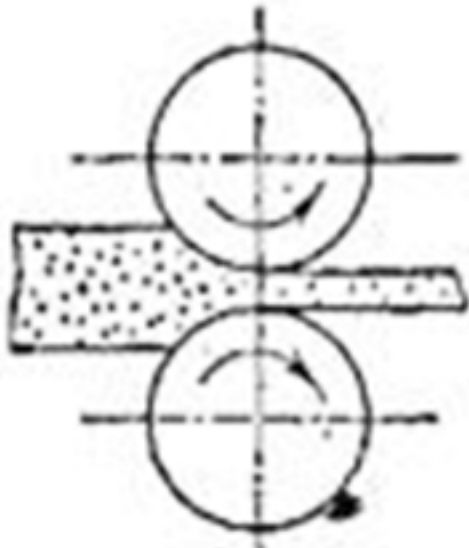


Рис.32. Схема вальцового пресса

Прочность брикета зависит от влажности и крупности частиц, температуры материала и матрицы, усилия прессования, интенсивности подачи исходной смеси в камеру пресса, величины конусности канала матрицы и прессующего шнека.

К четвертой группе относятся прессы, где древесное сырье уплотняется между вращающимися вальцами со специальным углублением, придающим брикету форму (рис.32).

Для производства топливных гранул (пеллет) применяют следующие виды прессов: прессы с круглой матрицей и прессы с плоской матрицей (рис.33).

Для производства топливных гранул (пеллет) применяют следующие виды прессов: прессы с круглой матрицей и прессы с плоской матрицей (рис.33).

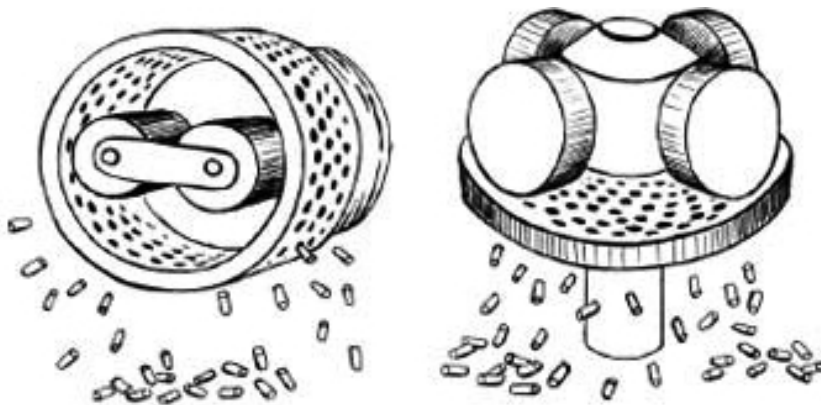


Рис.33. Схема прессов для производства пеллет:
а – цилиндрический матричный пресс; б – плоскоматричный пресс

Принцип работы в обоих прессах одинаков – сырье попадает на барабан, изготовленный из высокопрочных металлов. Затем происходит непосредственное прессование через отверстия в корпусе пресса (рис.34).

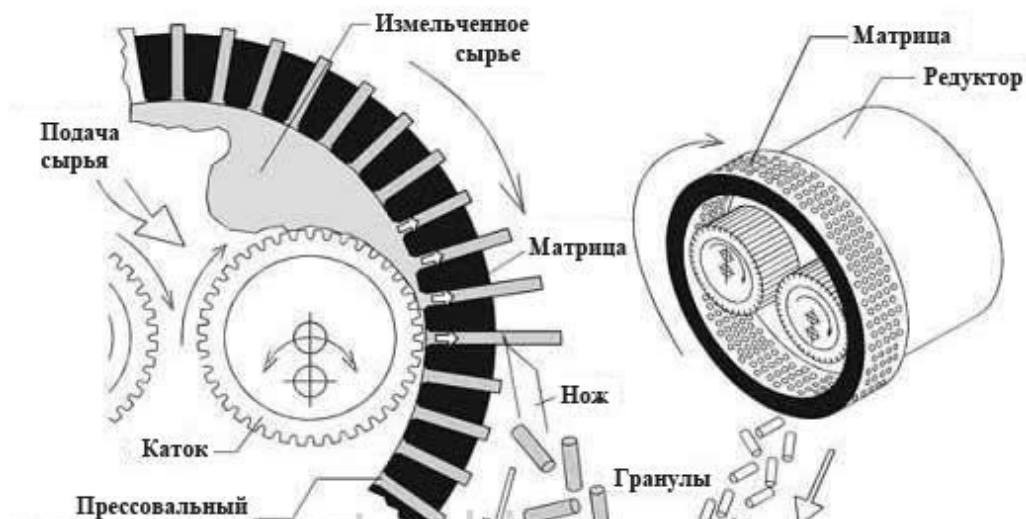


Рис.34. Принцип работы пресса-гранулятора

Охлаждение брикетов.

Охлаждение брикетов после прессования проводят для устранения внутренних напряжений. Эту операцию желательно предусматривать во всех технологических процессах.

На рис. 35 приведена схема линии брикетирования опилок ЛБО-2, предназначенная для получения топливных брикетов из опилок.

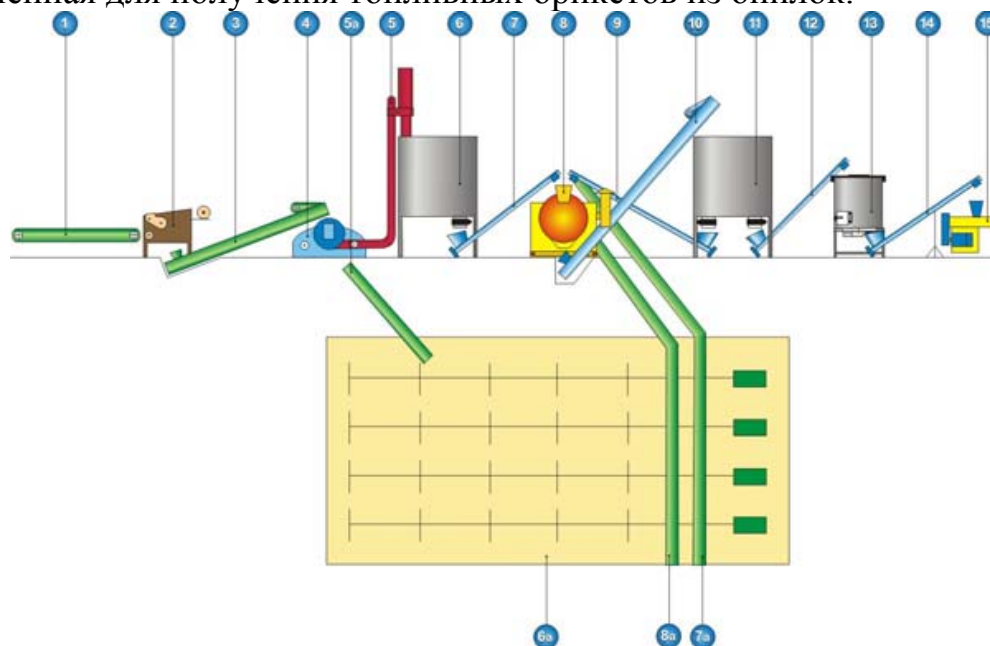


Рис.35. Схема линии брикетирования опилок ЛБО-2:

- 1 – ленточный транспортер; 2 – машина рубильная МР-2/22; 3 – ленточно-скребковый транспортер; 4 – установка переработки щепы УП-401;
- 5 – пневмотранспортер; 5а – ленточно-скребковый транспортер; 6 – бункер механизированный БМ-10; 6а – склад механизированный «Живое дно»;
- 7 – шнековый транспортер; 7а – ленточно-скребковый транспортер с изломом;
- 8 – сушилка барабанная СБУ-2,2-12 или СБУ-2,0-7; 8а – ленточно-скребковый транспортер теплогенератора; 9 – шнековый транспортер; 10 – ленточно-скребковый транспортер; 11 – бункер механизированный БМ-10; 12 – шнековый транспортер; 13 – бункер механизированный БМ-2,3; 14 – шнековый транспортер с частотным регулятором; 15 – установка брикетирования

Отходы лесозаготовки и деревообработки ленточным транспортером (1) подаются в машину рубильную (2), где происходит измельчение в технологическую щепу. Из рубильной машины полученная щепа ленточно-скребковым транспортером (3) подается в установку переработки щепы (4). Полученная мелкая стружка пневмотранспортером (5) направляется в бункер механизированный (6) или ленточно-скребковым транспортером (5а) на склад опилок механизированный «Живое дно» (6а). Опилки и мелкая стружка могут подаваться в бункер или на склад «Живое дно» сразу, минуя рубильную машину и установку переработки щепы.

Из бункера измельченные отходы шнековым транспортером (7) или ленточно-скребковым транспортером (7а) со склада «Живое дно» перемещаются в сушилку барабанную (8). Продвигаясь по барабану, измельченные отходы продуваются горячим воздухом, нагреваемым твердотопливным теплогенератором. Подача отходов лесозаготовки и деревопереработки в теплогенератор может производиться транспортером (8а) со склада «Живое дно». Высушенное сырье ленточно-скребковым транспортером (10) подается в бункер механизированный (11), где происходит измерение влажности полученного сырья. В случае несоответствия влажности требуемой для установки брикетирования сырье шнековым транспортером (9) возвращается в сушилку на досушку.

Измельченное сырье требуемой влажности шнековым транспортером (12) подается в оперативный механизированный бункер (13) откуда шнековым транспортером с частотным регулятором (14) подается в установку брикетирования УБО-2 (15). Брикететы, выходящие из УБО-2 в виде непрерывной штанги, распиливаются на требуемую длину и с помощью термоусадочного упаковочного аппарата упаковываются в полиэтиленовую пленку.

7.4. Влияние технологических факторов на свойства брикетов

Качество брикетов зависит от множества факторов, основными из которых являются:

- химический состав прессуемого материала;
- насыпная масса сырья;
- влажность прессуемого материала;
- фракционный состав сырья;
- температура и давление прессования;
- продолжительность выдержки под давлением.

Влияние влажности прессуемого материала

При изготовлении брикетов и гранул большое значение имеет влажность прессуемых древесных частиц. Влажность измельченной древесины и коры – один из наиболее важных факторов, воздействующих как на свойства брикетов, так и на сам процесс брикетирования.

Как показывает практика и научные исследования наиболее прочные брикеты получаются при влажности сырья от 6 до 12 % (в зависимости от вида сырья). При увеличении влажности их прочность уменьшается, особенно при влажности более 20 %. Брикеты с влажностью более 30 % разрушаются при выходе из матрицы.

Экспериментальные исследования и практика работы линий по брикетированию и гранулированию древесных отходов позволяют рекомендовать оптимальную влажность прессуемого материала 6–12 %. Использование отходов с меньшей влажностью нецелесообразно из-за затруднений при сушке, хранении и прессовании. Кроме того, прочность и влагостойкость таких брикетов низки.

Критической влажностью, выше которой невозможно прессование брикетов, является влажность 15-20 %.

Влияние фракционного состава сырья

На качество и свойства топливных брикетов существенное влияние оказывает фракционный состав сырья.

Практика и экспериментальные исследования показывают, что с уменьшением размеров частиц плотность и прочность брикетов увеличиваются. При прессовании брикетов из древесных отходов фракции более 5 мм наблюдается существенное снижение этих показателей. На основании этих данных можно сделать вывод о нецелесообразности брикетирования древесных отходов с размером частиц, превышающим 5 мм. Рекомендованная крупность частиц древесного сырья для прессования должна быть не более 1,0 мм (объем частиц крупность. 1-5 мм не более 25%).

Влияние давления, продолжительности и температуры прессования

Важнейшим технологическим фактором, влияющим на качество и свойства брикетов, является давление прессования. С увеличением давления прессования закономерно повышается плотность и прочность брикетов. Наиболее интенсивное изменение прочности наблюдается при давлении до 10 МПа. Повышение давления прессования выше 12,5 МПа нецелесообразно, т.к. повышение прочности уже незначительно.

Известно, что давление прессования и продолжительность прессования тесно связаны между собой. Изменение одного из параметров позволяет получить желаемый результат путем соответствующего изменения второго параметра [29].

На свойства брикетов влияет и продолжительность выдержки под давлением. В процессе прессования горячей массы в закрытых пресс-формах внутри самой массы скапливается много водяного пара. Если сразу снять давление и освободить брикет из формы, то под действием внутреннего давления пара и упругих сил частиц объем брикета увеличивается, на нем появляются трещины, брикет может разрушиться. Выдержка брикетов под давлением в течение некоторого времени является необходимой.

Оптимальная выдержка – 20–30 с. Дальнейшее же увеличение продолжительности прессования может привести к некоторому снижению прочности брикетов.

На прочность брикетов влияет и температурный режим. Брикетирование возможно при любой начальной температуре отходов, но с повышением температуры возрастает прочность брикетов.

Чем выше температура прессуемого материала, тем меньшее усилие необходимо при его прессовании, т.к. повышение температуры сопровождается пластификацией компонентов древесины. Под действием повышенной температуры на поверхности брикета образуется прочная пленка, удаляется часть влаги, и формируются физико-механические связи между частицами.

Рекомендуемая температура, при которой получается прочный брикет – 150-250°C. Ограничением верхнего предела температуры является обугливание верхних слоев брикета – происходит частичное разложение брикета (пиролиз).

Предварительный прогрев древесных частиц также оказывает положительное влияние на свойства брикетов и позволяет снизить давление прессования. Термическая обработка опилок при температуре 250–300°C позволяет получать достаточно прочные брикеты уже при удельном давлении прессования 15 МПа.

8. ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОЙ МУКИ

8.1. Общие сведения

Древесная мука (англ. – Wood flour, нем. – "Holzmehl") представляет собой мелкие частицы древесины произвольных форм, получаемые специально в процессе размола древесины твердых и мягких лиственных и хвойных пород. К древесной муке, как правило, относят измельченную древесину с размером частиц менее 1,2 мм.

Частицы древесной муки имеют случайные нерегулярные формы. С одной стороны это связано с особенностями структуры древесины, а с другой – с тем, что дробление частиц в рабочих органах мельниц происходит в результате случайных многосторонних воздействий – сдавливаний, смещений, ударов, соударений и т.д.

В зависимости от назначения древесная мука делится на марки 120, 140, 160, 180, 200, 250, Т, 560, 1250 (табл.25).

Т а б л и ц а 25

Марки древесной муки (ГОСТ 16361-87).

Марка муки	Основное назначение
120, 160	Производство фенопластов светлых тонов
140, 180	Производство фенопластов, промышленных взрывчатых веществ, полимерных композиционных и строительных материалов
200	Производство алкидного линолеума, строительных материалов, крахмалопаточное производство
250	Производство промышленных взрывчатых веществ
Т	Производство пигментной двуокиси титана
560, 1250	Производство фильтрующих элементов и катализаторов

Номер марки древесной муки – это цифра помола, равная (в микрометрах) размеру ячейки сита, сквозь которое при расसेве проходит древесная мука. Древесная мука, в зависимости от присутствия в ней примеси коры, делится на два сорта.

Древесина в процессе производства древесной муки практически не подвергается химическим превращениям, поэтому, химический состав древесной муки соответствует составу исходной древесины, а древесную муку можно считать полностью натуральным природным материалом.

Древесная мука обладает выраженными сорбирующими свойствами, а также тиксотропными качествами (мажется, но не течет).

Древесная мука возгорается на воздухе при температурах выше 200°C. Температура самовоспламенения аэрозоля 430°C. Нижний концентрационный предел взрываемости аэрозоля древесной муки 11,2 г/м³. Он в значительной мере зависит от ее дисперсии, зольности и влажности. Влажная или промасленная древесная мука подобно опилкам, зерну и т.п. способна к самовозгоранию.

Качество древесной муки должно соответствовать значениям, указанным в табл. 26.

Таблица 26

Показатели качества древесной муки

Наименование показателя	Значение
Влажность, %, не более	8,0
Массовая доля золы, %, не более, в муке марок: 120, 160 140, 180, 250, Т 200, 560, 1250	0,6 0,8 1,0
Массовая доля окрашенных примесей, %, не более, в муке марок: 120, 160 140, 180, Т 200, 250, 560, 1250	0,1 0,2 4,0
Массовая доля металломагнитных примесей, %, не более, в муке марок: 120, 160 140, 180, 250, Т 200, 560, 1250	0,0005 0,0010 0,0016
Насыпная плотность, кг/м ³ , в муке марок: 120, 140, 160, 180 200, 250, Т, 560, 1250	От 100 до 140 Не нормируется
Массовая доля остатка, %, в муке марок: 120 – на сетке 01, 160 – на сетке 0125, не более на сетке 014, на сетке 018, не более на сетке 02, на сетке 025, не более 140 – на сетке 01, 180 – на сетке 0125, не более на сетке 014, на сетке 018, не более на сетке 02, на сетке 025, не более 200 – на сетке 018, не более на сетке 025, не более 250 – на сетке 025, не более на сетке 0355, не более Т – на сетке 0063, не менее на сетке 018 на сетке 025, не более 560 – на сетке 025, не менее на сетке 056, не более 1250 – на сетке 063, не менее на сетке 1,25, не более	11,0 1,0 0,0 18,0 2,0 0,0 5,0 0,4 3,5 0,2 60,0 От 5,0 до 18,0 5,0 45,0 5,0 50,0 5,0
Массовая доля древесины лиственных пород, %, не более, в муке марок: 120, 160 140, 180, Т 200, 250, 560, 1250	0,0 5,0 Не нормируется
Массовая доля кислот, %, не более, в муке марок: 120, 160 140, 180, 250, Т 200, 560, 1250	0,07 0,08 Не нормируется
Массовая доля смол и масел, %, не более, в муке марок: 120, 140, 160, 180, 250, Т 200, 560, 1250	4,0 5,0

8.2. Сырьевые материалы и требования к ним

В качестве сырья для получения древесной муки используются, как правило, кусковые отходы лесо- и деревообрабатывающих производств, опилки и технологическая щепка, получаемая из дровяной древесины. В последние годы в качестве сырья для производства муки начинают применять и другие виды растительного сырья – различные виды соломы и стеблей, зерновую шелуху, оболочки орехов, отходы картона и т.д.

Слишком влажную щепку нельзя размолоть в муку, т.к. в мельнице она будет не крошиться, а мяться, махриться и т.п. Для облегчения размолки лучше использовать щепку не крупную, т.к. ее легче сушить.

Хвойная древесная мука должна изготавливаться из древесины сосны, ели, пихты, кедра и лиственницы, а также смеси этих пород; лиственная – из древесины березы, бука, липы, осины, ясеня, тополя, клена, граба и смеси этих пород; смешанная – из смеси древесины любых указанных выше хвойных и лиственных пород.

Древесная мука марок 120, 140, 160, 180 и Т изготавливается из древесины хвойных пород; марок 140 и 180, 200, 250, 560, 1250 – из древесины хвойных, лиственных пород или их смеси.

8.3. Технология производства древесной муки

Производство древесной муки – один из наиболее простых способов утилизации древесных отходов.

На рис.38 приведена схема технологического процесса производства древесной муки [16].

Технологический процесс производства древесной муки состоит из следующих основных операций:

- *подготовки сырья для производства древесной муки.* На этой стадии осуществляется приемка и хранение сырья (опилок, стружек, дробленки), сортирование его для удаления коры и крупных включений, измельчение кусковых отходов;

- *механического измельчения сырья в сырой продукт* с целью относительного выравнивания размера частиц;

- *сушки сырого продукта* для получения требуемой влажности муки и обеспечения наиболее выгодных режимов измельчения;

- *измельчения сухого материала* с целью получения продукта требуемой дисперсности;

- *сортирования продукта измельчения* – извлечение древесной муки необходимых марок;

- *упаковки древесной муки*, включающей затаривание муки в мешки, их зашивку и хранение.

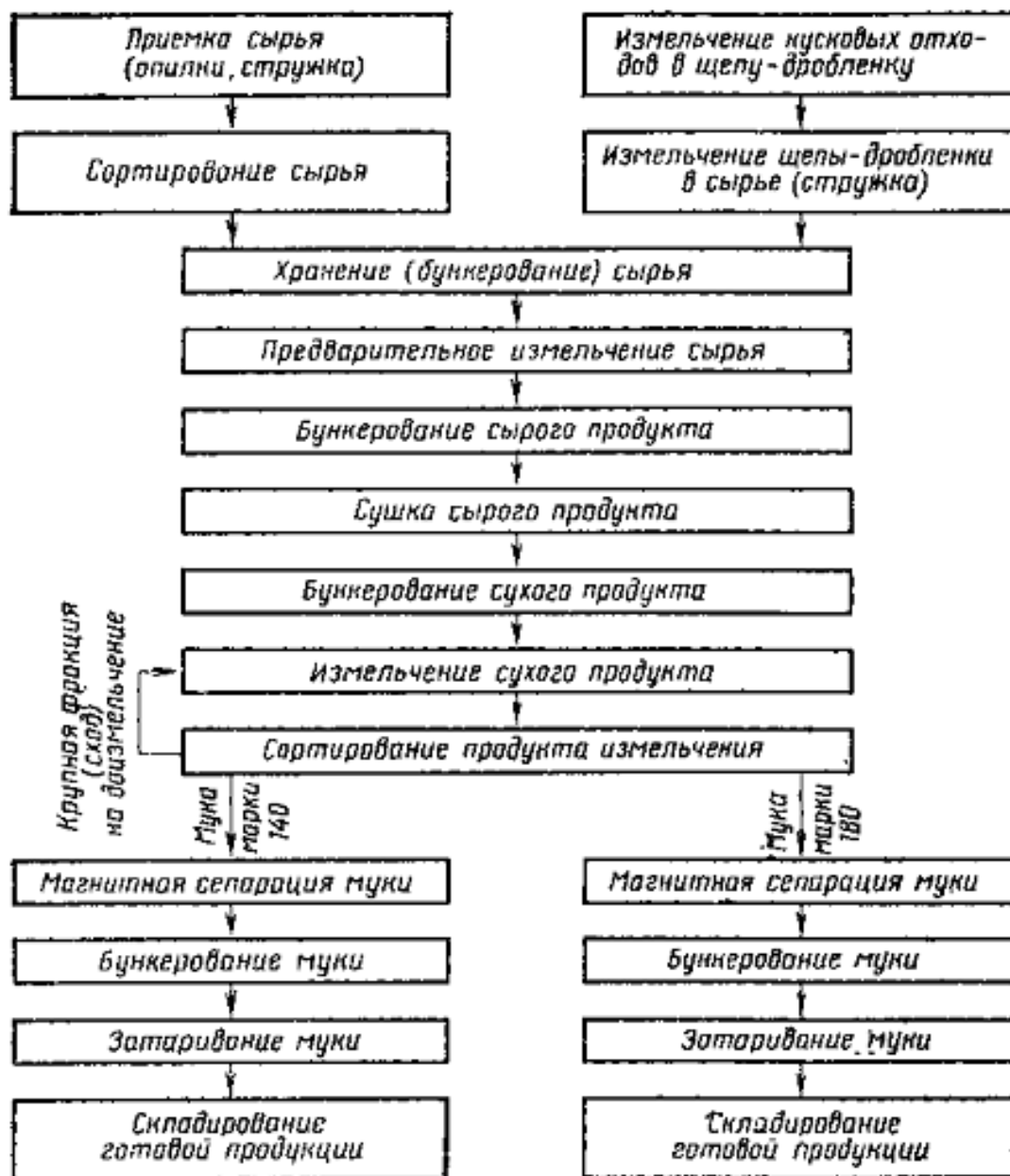


Рис.38. Схема технологического процесса производства древесной муки

Сушка щепы осуществляется в различных типах сушильных установок (ленточные, сетчатые, шахтные, сушилки кипящего слоя, вакуумные, СВЧ и т.п.).

Если позволяют производственные площади, то сырье в неразмолотом виде и щепу в буртах можно подвергнуть предварительной естественной сушке. Щепу можно подсушивать в буртах с ворошением.

Учитывая, что сейчас становится популярной солнечная энергетика, то целесообразно для этой цели изучить возможности солнечной предварительной сушки щепы (прозрачные навесы, подогрев воды в простейших гелиоустановках, светоотражающие экраны и т.п.). Представляет интерес

исследование возможностей использования для предварительной подсушки щепы теплой воды от системы охлаждения экструдера.

В деревообработке наиболее широко распространены сушилки барабанного типа (рис.39).



Рис.39. Схема сушилки барабанного типа

Через загрузочный бункер влажный материал подается в барабан и поступает на внутреннюю насадку, расположенную по всей длине барабана. Насадка обеспечивает равномерное распределение и хорошее перемешивание материала по сечению барабана, а также его тесный контакт с сушильным агентом при пересыпании. Непрерывно перемешиваясь, материал перемещается к выходу из барабана. Высушенный материал удаляется через разгрузочную камеру.

Измельчение древесного сырья.

Измельчение древесного сырья может осуществляться на самых разнообразных типах мельниц. При этом классификация частиц муки может происходить как внутри агрегата, так и на внешних классификаторах (ситовых, воздушных и т.д.). Размол может производиться в одну или в несколько стадий.

Эффективность размола (энергозатраты, производительность, равномерность фракционного состава и т.д.) может различаться не только в зависимости от типа мельницы, но и от совершенства конструкции, т.е. опыта ее изготовителя в переработке именно древесной муки.

Современное размольное оборудование для получения древесной муки имеет компактную конструкцию и не требует больших площадей.

Мельничные комплексы и агрегаты для производства древесной муки могут иметь единичную производительность от нескольких килограммов до нескольких тонн в час.

Основными критериями для определения технического уровня конкретной мельничной установки являются:

- стабильность размеров размолотого материала в заданном диапазоне, т.е. полезный выход кондиционной муки;
- отношение энергозатрат к производительности установки;
- габариты и масса;
- герметичность;
- пожаровзрывобезопасность.

Желательно, что бы мельничная установка ни была бы слишком критична к размерам и влажности измельчаемого материала.

Для изготовления древесной муки используются мельничные машины самого различного типа, в которых древесина подвергается воздействию различных динамических нагрузок: сжатию, изгибу, разрыву и сдвигу (рис.40).

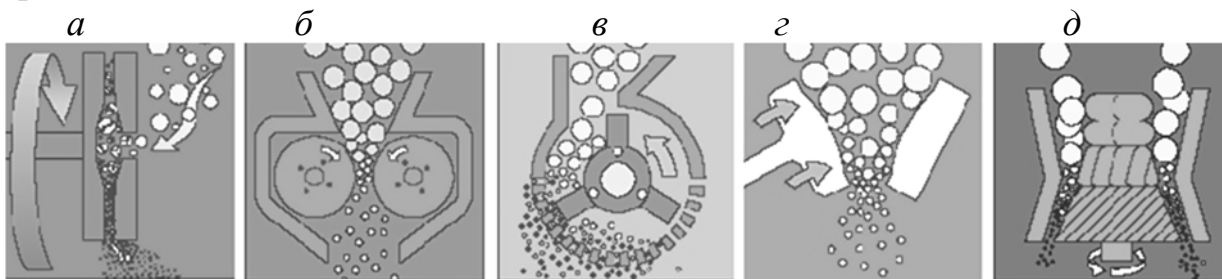


Рис.40. Типы мельничных машин:

а – дисковая; *б* – валковая; *в* – молотковая; *г* – челюстная; *д* – роторная

В одной мельнице может осуществляться несколько разных видов воздействия на раздробляемый материал.

В производстве древесной муки наибольшее распространение получили мельницы роторного и молоткового типа. Мельничные машины выпускаются в широком диапазоне мощностей и производительностей: от нескольких десятков килограммов до нескольких тонн в час.

Как правило, в мельницах такого типа решается две задачи – измельчение материала с одновременной его классификацией. То есть, пока материал не будет измельчен до нужного размера, он не сможет покинуть мельницу. Эта сепарация осуществляется либо ситовым методом, либо при помощи центробежных сил.

На рис.41 приведена схема устройства роторной мельницы ударного типа.

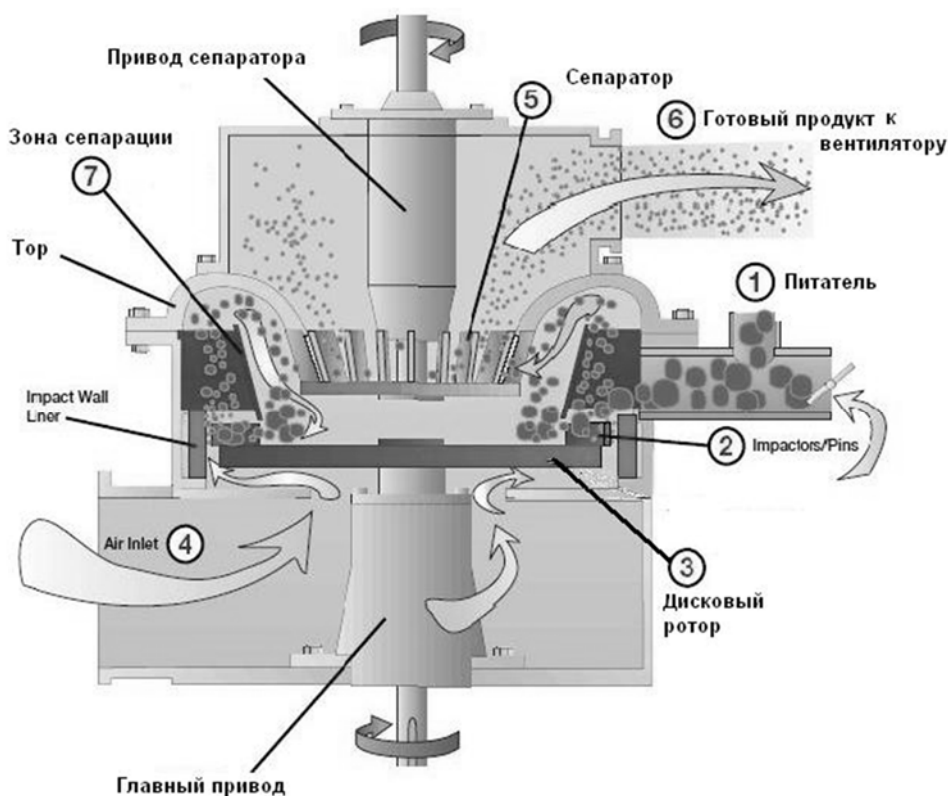


Рис. 41. Устройство роторной мельницы ударного типа

Щепа подается в измельчительную камеру по трубопроводу 1 и разрушается молотками-импакторами 2, прикрепленными к вращающемуся с высокой скоростью роторному диску 3. Измельченный продукт потоком всасываемого воздуха 4 поднимается в колонну и разделяется вращающимся колесом сепаратора 5 с независимым приводом. Затем воздушный поток, создаваемый вентилятором эксгаузера 6, протаскивает отобранные частицы сквозь вращающийся сепаратор, а более крупные частицы, не принятые сепаратором, возвращаются в зону сепарации 7 и направляются к импакторам для повторного измельчения.

Транспортные связи между устройствами и машинами в мельничных установках могут осуществляться при помощи различных транспортеров, например – скребковых, ленточных, шнековых, вибрационных и пневматических, в т.ч. с регулируемой производительностью.

Хранение муки осуществляется, как правило, в специальных сухих помещениях навалом или в накопителях (силосах, бункерах), оборудованных загрузочными и разгрузочными устройствами.

Древесная мука гигроскопична и довольно быстро принимает влагу из окружающего воздуха. Поэтому, перед подачей в экструдер (или гранулятор) она может быть, при необходимости, подсушена еще раз.

Древесную муку упаковывают в мешки ёмкостью 10 кг при помощи набивочных аппаратов.

Древесная мука не токсична, но ее производство требует определенных мер безопасности, в частности, защиты органов дыхания. Подобно пшеничной муке, крахмалу и т.п. древесная мука пожаровзрывоопасна, поэтому должны быть соблюдены соответствующие меры ее безопасного производства, хранения и использования.

Из нескольких отечественных изготовителей мельничного оборудования позиционирует свою технику, как пригодную для производства древесной муки, только завод "Пензмаш". Схема мельничного комплекса этого производителя приведена на рис. 42.

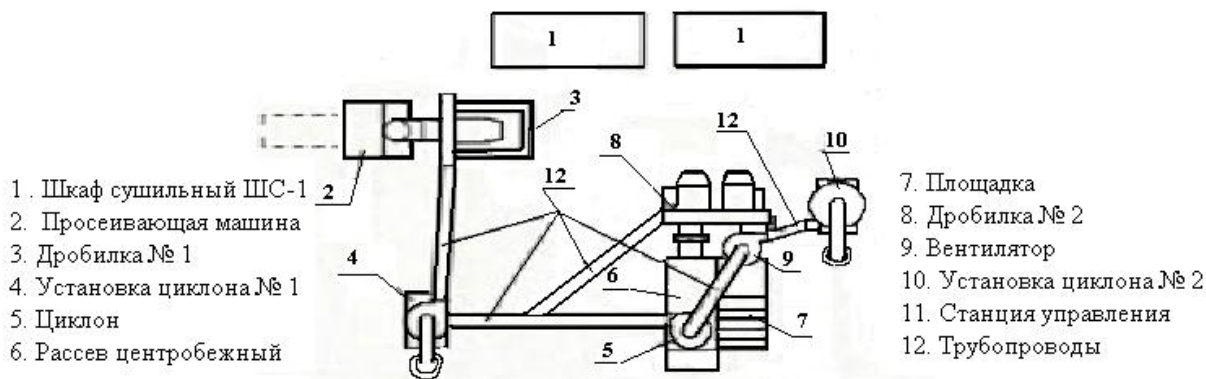


Рис.42. Схема мельничного комплекса завода "Пензмаш"

8.4. Применение древесной муки

Древесная мука (англ. – Wood flour, нем. – "Holzmehl") может использоваться как:

- компонент в производстве пигментной двуокиси титана;
- добавка для покрытия сварочных электродов (целлюлоза электродная);
- добавка для обжиговой керамики и кирпича;
- добавка в штукатурные и отделочные строительные смеси;
- добавка в бетоны и гипсокартон, бетонные и композиционные дорожные покрытия;
- добавка в клеевые составы на основе натуральных и синтетических клеев;
- наполнитель для натуральных и синтетических линолеумов и линкруста;
- основа для пресспорошков и прессмасс и компаундов на базе термореактивных смол (фенопластов и т.п.),
- наполнитель для ксилолита;
- составная часть и сырье для получения различных взрывчатых веществ;
- основа для фильтров и фильтрующих материалов;
- добавка при изготовлении сталей и ферросплавов;
- добавка в формовочные смеси для изготовления литейных форм;

- сырье для производства сорбентов в т.ч. для удаления нефтяных загрязнений с дорог, водоемов и т.п.;
- сырье для получения активированных углей;
- чистящее средство в производстве кож и мехов;
- мягкое шлифующее, полирующее и чистящее средство в металлообработке, например, в производстве метизов и подшипников, фурнитуры и т.п.;
- разрыхлитель для улучшения структуры тяжелых бедных почв в растениеводстве (вместе с мелом и др. известняками);
- основа субстратов для промышленного выращивания грибов;
- основа для изготовления средств для содержания домашних животных (сорбирующие подстилки);
- добавка в некоторые комбикорма;
- средство для копчения рыбы и мяса;
- сырье для получения активных древесных экстрактов и вытяжек (дуб, пихта, можжевельник) и т.д.

В настоящее время интерес к производству древесной муке стимулируется развитием нового направления ее применения – производства термопластичных древесно-полимерных композиционных материалов (ДПК), в которых она занимает (по весу) до 80 и более процентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мельникова, Л.В. Технология композиционных материалов из древесины. [Текст]: учебник / Л.В. Мельникова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007.– 235 с.
2. Шитова, И.Ю. Использование отходов деревообработки в промышленности [Текст]: учеб. пособие / И.Ю.Шитова. – Пенза: ПГУАС, 2009. –140 с.
3. Гомонай, М.В. Технология переработки древесины [Текст]: учеб. пособие / М.В. Гомонай. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008.– 231 с.
4. Гомонай, М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы. [Текст]: моногр. / М.В. Гомонай. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006.– 68 с.
5. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесноцементной композиции [Текст]: научное издание / И.Х. Наназашвили. – Л. Стройиздат, 1990. – 415 с.
6. Карпова, О.В. Курсовое и дипломное проектирование. Руководство по текстовому и графическому оформлению [Текст] / О.В. Карпова, Т.И. Королева, Н.В. Аржаева, А.М. Исаева. – Пенза: ПГУАС. 2005. – с.
7. Цыгарова М.В. Комплексное использовании древесины [Текст]: метод. указания / М.В. Цыгарова. – Ухта: УГТУ, 2007. – 55 с.
8. Конаков С.И. Комплексное использовании древесины [Электронный ресурс]: метод. указания / С.И. Конаков. – Сыктывкар: СЛИ, 2010. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>.
9. СН 549-82 Инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита древесины [Электронный ресурс]: http://www.znaytovar.ru/gost/2/SN_54982_Instrukciya_po_proekt.html
10. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
11. ГОСТ 16361-87. Мука древесная. Технические условия [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
12. ГОСТ 16362-86. Мука древесная. Методы испытания [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
13. ГОСТ 23246-78. Древесина измельченная. Термины и определения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1978.
14. ГОСТ 18110-72. Плиты древесностружечные. Технология. Термины и определения [Текст].
15. ГОСТ 15815-83. Щепя технологическая. Технические условия [Текст]. – М.: Переиздание (июнь 1992 г.).
16. Цывин, М.М. Производство древесной муки [Текст] / М.М. Цывин, С.Г. Котцов, И.В. Шмаков. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 106 с.
17. Методические указания по определению объемов вторичных древесных ресурсов. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988. – 40с.

18. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности. Справочник [Текст] / под ред. Г.М. Михайлова. – М.: Лесная промышленность, 1990. -224с.

19. Перспективы использования древесных отходов. <http://ztbo.ru/ztbo/lit/problemi-rekultivacii-otxodov/perspektivi-ispolzovaniya-drevesnix-otxodov>.

20. Батенин, В.М. Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях [Текст] / В.М. Батенин, А.В. Бессмертных, В.М. Зайченко // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 36-42.

21. Левин, Э.Д. Переработка древесной зелени [Текст] / Э.Д. Левин, С.М. Репях. – М.: Лесн. пром-сть, 1984.– 120 с.

22. Производство технологической щепы в леспромхозах [Электронный ресурс] / под ред. Ф.И. Коперина. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 272с. Режим доступа: <http://www.booksite.ru/fulltext/rusles/shepa/text.pdf>

23. Рушнов, Н.П. Рубительные машины [Текст] / Н.П. Рушнов, Е.П. Лицман, Е.А. Пряхин. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 208 с.

24. Руководящие технические материалы по производству технологической щепы из отходов лесопиления [Текст]. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1984. – 88 с.

25. Гомонай, М.В. Многолезцовые рубильные машины [Текст] /М.В. Гомонай: – М.: Лесная промышленность, 1990.– 144 с.

26. Машины для измельчения древесины. [Электронный ресурс] Леспроминформ №2 (68), 2010 – Режим доступа: lesprominform.ru/uploads/storage/lesprominform_68.pdf#page=49

27. Ширшин, Ю.А. Технология и оборудования лесозаготовительного производства [Текст]: учеб. пособие по курсовому проектированию / Ю.А. Ширшин, А.Н. Чемоданов, А.Ю. Ширнин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 95 с.

28. <http://forest.petrso.ru/courses/chip/page8.htm>.

29. Коробов, В.В. Переработка низкокачественного древесного сырья. (проблемы безотходной технологии) [Текст]/ В.В. Коробов. – М.: Экология 1991. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Основные параметры дисковых рубильных машин некоторых производителей [26]

Модель	Назначение	Загрузка	Выброс щепы	Производительность, м ³ /ч (в плотной мере)	Проходное сечение загрузки-ного патрона, мм	Диаметр барабана/число ножей	Скорость вращения барабана, об/мин	Длина щепы, мм	Массовая доля крупной фракции, %	Массовая доля опилочной фракции, %	Мощность приводных двигателей, кВт	Вес, т
ПетрозаводскМаш МРБ4-30Г	Измельчение круглых лесоматериалов и отходов лесозаготовки, лесосопиления и деревообработки, отходов плитных и фанерных производств на технологическую щепу для ЦБП, плитных производств, микрощепу для производства пеллет и топливную щепу	Горизонтальная с вальцовым приводом	Нижний, на транспортер или в приемник пневмотранспортной системы	25-30	900 x 400	1270/4	368	25	8-12	4-7	178	17,5
Maier HRL				10-350	150 x 500-1000x1700	450-2400/1-7	160-1250	4-160	3-5	2-5	30-2000	2-100
Bruks BK-DH				2-650	60 x 140-1200x1500	450-2800/нд	-	3-45	10	20	30-2500	2,8-100
Pallmann PHT				6-300	120 x 430-1050x1650	400-2400/2-6	-	5-90	-	-	37-1600	3-110
Hombak MT				16-200	185 x 700-825 x 1310	650-2300/2-8	-	-	-	-	55-1200	4,35-65
Vescorplan VTH				7-300	80 x 350-850 x 1250	300-2000/2-8	100-300	5-30	-	-	18,5-1500	0,89-36
HEINOLA				10-200	250 x 500-750 x 1000	500-1300/2-6	400-800	10-30	-	-	45-750	1-15,5
БРП 3402К «Агро-кон»				5	90 x 380	350/4	620	-	-	-	-	1,6
БРП 5422К «Агро-кон»				10	180 x 380	500/4	620	-	-	-	-	1,9

Приложение 2

Основные параметры дисковых рубительных машин некоторых производителей [26]

Модель	Тип машины	Загрузка	Выброс щепы	Назначение	Производительность, м ³ /ч (в плотной мере)	Проходное сечение загрузочного патрона, мм	Диаметр ножевого диска	Длина щепы, мм	Массовая доля крупной фракции, %	Массовая доля опилочной фракции, %	Мощность приводных двигателей, кВт	Вес, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
MP40 (Петрозаводск-Маш)	Дисковая ножевая	Горизонтальная или наклонная	Верхний/нижний	Измельчение древесины, отходов лесопиления на технологическую щепу для ЦБП, плитного и гидролизного производства, топливную щепу на лесозаготовительных, лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях	40-50	(420), 350 x 500	1700	210	4-6	2-3	160	15
MPР	Дисковая резцовая наклонным диском	Горизонтальная с приводом	Нижний	Измельчение древесины в хлыстах и сортиентах на технологическую щепу для ЦБП, плитного и гидролизного производства и топливную щепу	10-100	500-1180	2500-3000	20	3-7	2-4	80-200	10,8-56
MP(5/7)	Дисковая ножевая	Горизонтальная или наклонная	Верхний/нижний	Измельчение древесины на технологическую щепу для ЦБП, плитного и гидролизного производства в цехах по производству щепы.	150-350	625-750	2500-3000	18-25	4-7	2-3	630-1600	45-77

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
HEINOLA	Дисковая ножевая наклон- ным диском	Гори- зонталь- ная с приво- дом	Верхний /нижний	Измельчение длинномер- ной (от 1,5 м) круглой дре- весины, отходов лесопиле- ния на технологическую щепу для ЦП, плитного и гидролизного производ- ства, топливную щепу	40–150	510 x 680	2250	20-30	–	–	200– 400	14,5
Pallmann PHS	Дисковая ножевая с верти- кальным или на- клонным диском	Гори- зонталь- ная или наклон- ная	Верхний /нижний	Измельчение круглой дре- весины, отходов лесопи- ления на технологическую щепу для ЦП, плитного и гидролизного производ- ства, топливную щепу	40–300	515 x 370... 800 x 650	1500– 3000	15-30	–	–	200– 1000	5–60
BRUKS BK-RG	Диско- вая ножевая	Наклон- ная	Верхний /нижний	Измельчение короткомер- ной круглой древесины, на отходов лесопиления на технологическую щепу для ЦП, плитного и гидро- лизного производства, топ- ливную щепу на лесоза- готовительных, лесопиль- ных и деревообрабаты- вающих предприятиях	40–300	330–650	1500– 2500	11-35	–	–	–	–
BRUKS BK-RH	Диско- вая ножевая	Гори- зонталь- ная с приво- дом	Верхний /нижний	Измельчение длинномер- ной (от 1,5 м) круглой древесины, отходов лесо- пиления на технологи- ческую щепу для ЦП, плитного и гидролизного производства, топливную щепу на лесозаготови- тельных, лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях	40–300	330–650	1500– 2500	11-35	–	–	–	–

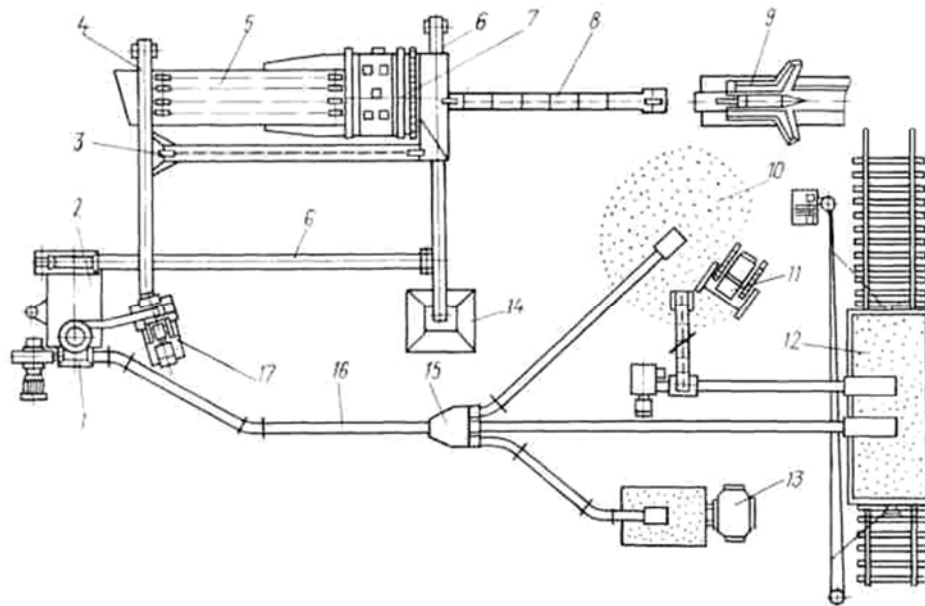


Схема установки УЩ-3А:

1 – пневмотранспортно-погрузочная установка; 2 – щепосортировочная установка; 3 – цепной конвейер для возврата на доокорку; 4 – ленточный конвейер; 5 – лесотранспортер-растаскиватель; 6 – ленточный конвейер для отходов; 7 – окорочный барабан КБ-3А; 8 – цепной конвейер для подачи сырья; 9 – гидроколун КГ-8А; 10 – склад открытого хранения щепы; 11 – бульдозер; 12 – вагон; 13 – автощеповоз; 14 – бункер для отходов; 15 – трехпозиционный переключатель трубопроводов; 16 – транспортный трубопровод; 17 – рубильная машина МРПП-10

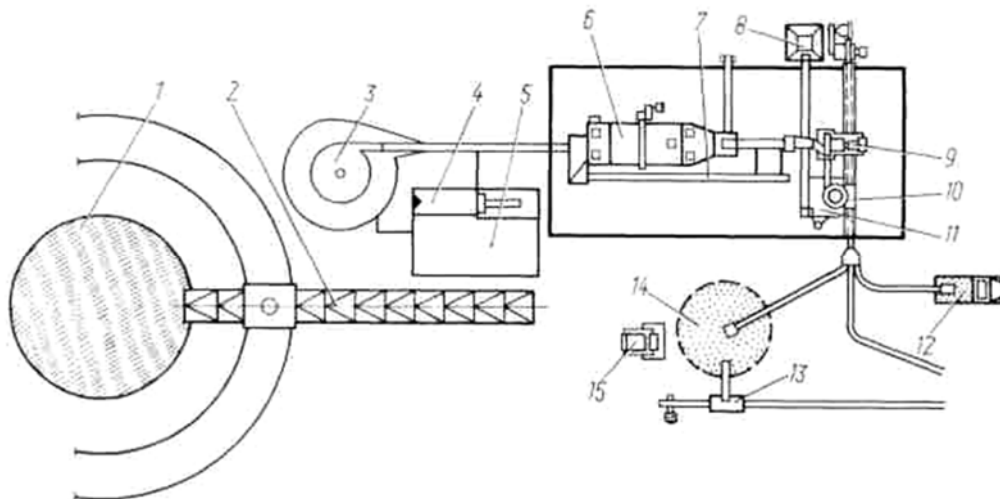
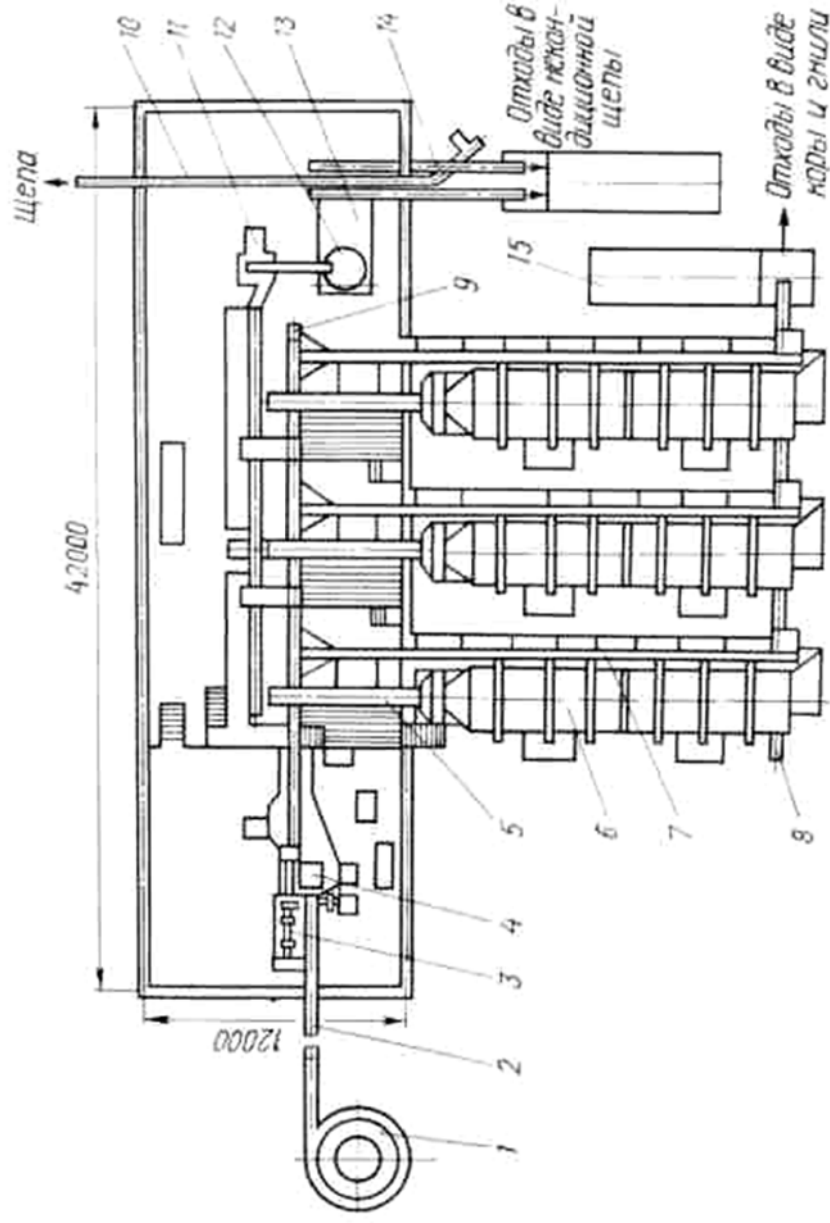


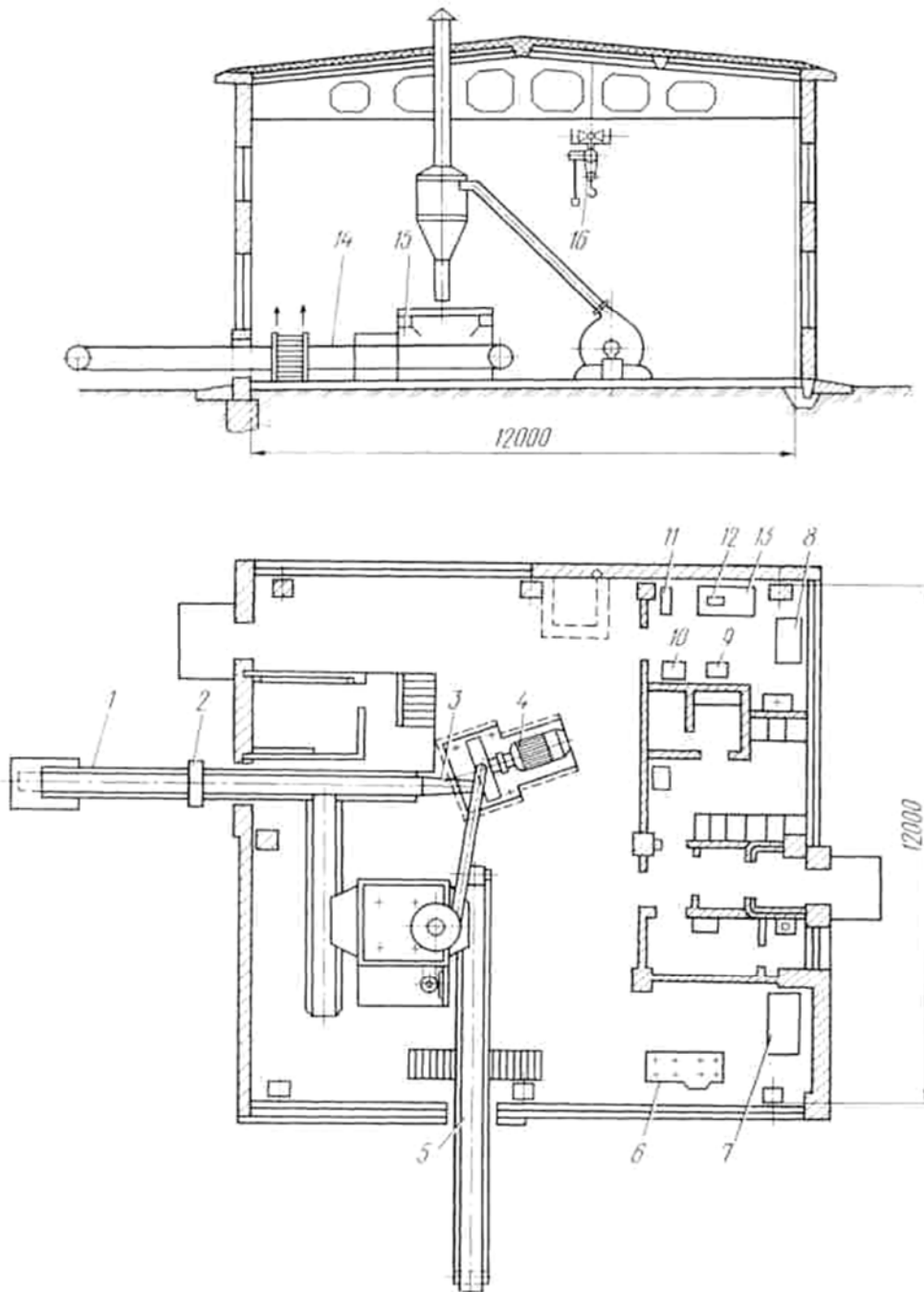
Схема установки УЩ-6Б:

1 – склад короткомерной древесины; 2 – кран лесопогрузчик БКСМ-ИМП2; 3 – тарельчатый питатель; 4 – гидроколун; 5 – площадка для толстомерной древесины; 6 – окорочный барабан КБ-6; 7 – лесотранспортер для возврата лесоматериалов на доокорку; 8 – бункер для отходов; 9 – рубильная машина МРПП-30; 10 – учетчик щепы ЛВ-132; 11 – сортировка щепы СЩ-1М; 12 – автощеповоз; 13 – пневмопогрузчик щепы ВО-59; 14 – склад открытого хранения щепы; 15 – бульдозер



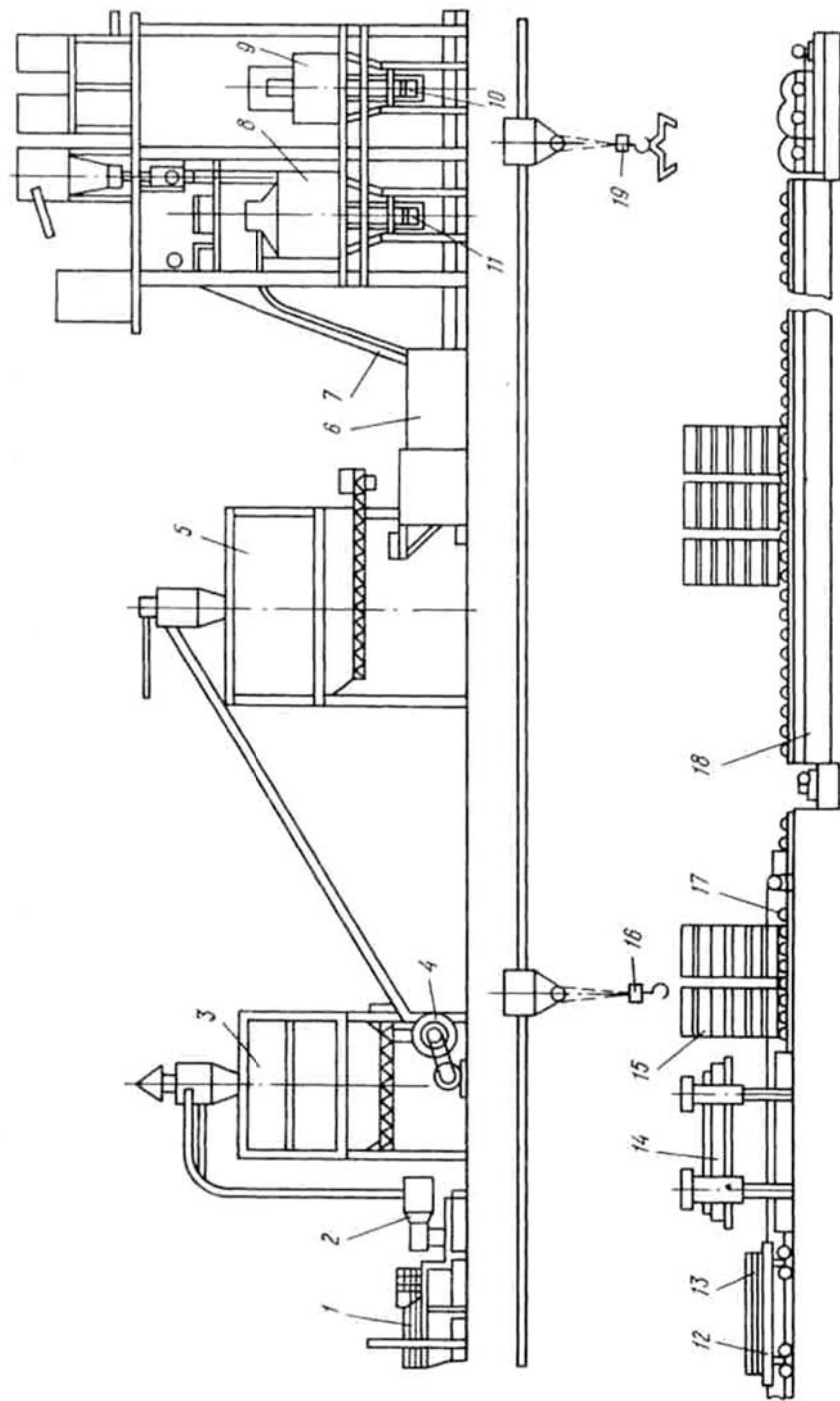
Технологическая схема трехпоточного завода по производству щепы:

1 – тарельчатый питатель; 2 – конвейер подачи сырья; 3 – гидроколун; 4 – стол-загрузчик; 5 – выгрузочный конвейер для окоренного сырья; 6 – окорочный барабан; 7 – загрузочный конвейер; 8 – лесотранспортер отходов; 9 – конвейер-распределитель; 10 – пневмотранспорт щепы; 11 – рубильная машина; 12 – циклон; 13 – сортировка щепы; 14 – лесотранспортер для мелкой и крупной некондиционной щепы; 15 – конвейер для отходов



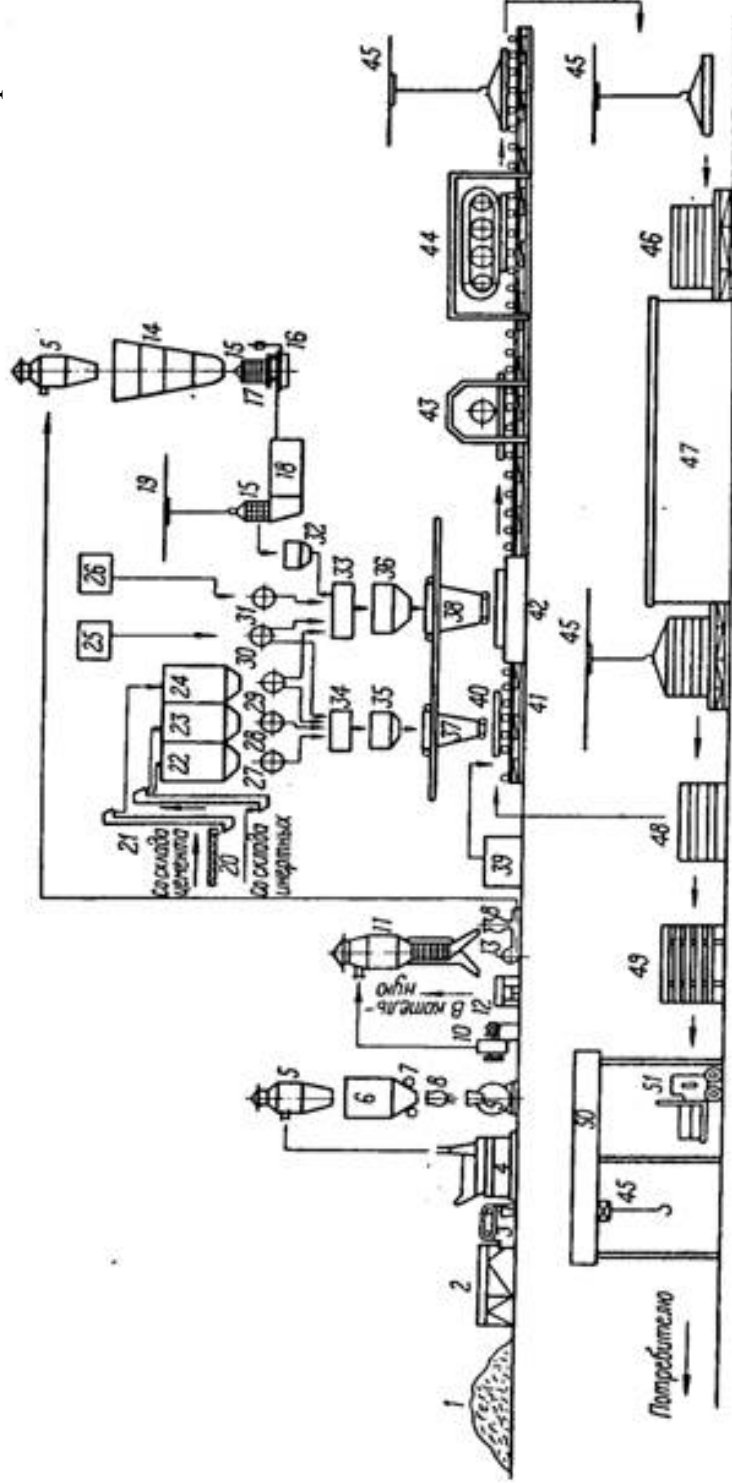
**Технологическая схема цеха производства
технологической щепы объемом 20 тыс. м³ в год:**

- 1 – ленточный конвейер; 2 – металлоискатель; 3 – загрузочный лоток;
4 – машина рубильная МРП-10; 5 – конвейер ленточный для кондиционной щепы; 6 – полуавтомат заточный; 7 – верстак слесарный; 8 – стол для химических анализов; 9 – анализатор щепы; 10 – сушильный шкаф; 11 – шкаф лабораторный; 12 – технические весы; 13 – стол для анализа фракционного состава щепы; 14 – конвейер ленточный для крупной фракции; 15 – сортировка щепы СЩ-1М; 16 – таль электрическая



Технологическая схема производства арболитовых изделий:

- 1 – падающий лесотранспортер; 2 – рубительная машина ДУ-2А; 3 – накопительный бункер; 4 – молотковая дробилка; 5 – расходный бункер; 6 – устройство для замачивания дробленок; 7 – скиповый подъемник; 8, 9 – смесители; 10, 11 – укладчики-дозаторы; 12 – форма с арматурой и закладными деталями; 14 – пресс; 15 – столы изделий; 16, 19 – кран-балки; 17, 18 – конвейеры



Технологическая схема производства изделий способом силового вибропроката:

- 1 – древесные отходы; 2 – ленточный транспортер; 3 – магнитный улавливатель; 4 – рубильная машина; 5 – циклон;
- 6 – бункер запаса щепы; 7 – вибраторы; 8 – шлюзовая питатель; 9 – молотковая мельница; 10 – вентилятор; 11 – циклон-сепаратор; 12 – скребковый транспортер; 13 – ванная для замачивания; 14 – бункер запаса дробленки; 15 – сетчатый контейнер;
- 16 – товарные весы; 17 – тележка; 18 – ванная для замачивания; 19 – тельфер; 20 – шнековый транспортер; 21 – элеватор;
- 22 – бункер для щебня; 23 – бункер для песка; 24 – бункер для цемента; 25 – бак для воды; 26 – бак для раствора химической добавки; 27, 28, 29, 30, 31 – дозаторы для щебня, песка, цемента, воды, хим.добавки; 32 – пересыпной бункер;
- 33 – бетономешалка; 34 – смеситель; 35 – бункер для раствора; 36 – бункер для арболитовой массы; 37 – раствороукладчик; 38 – бетоноукладчик; 39 – арматурное отделение; 40 – металлическая форма; 41 – рольганг прокатного стана;
- 42 – бункер для щебня; 43 – виброщит; 44 – прокатная секция; 45 – кран-балка; 46 – стопа арболитовых изделий;
- 47 – камера термообработки; 48 – пост распалубки; 49 – цех доводки арболитовых изделий;
- 50 – склад готовой продукции; 51 – автопогрузчик

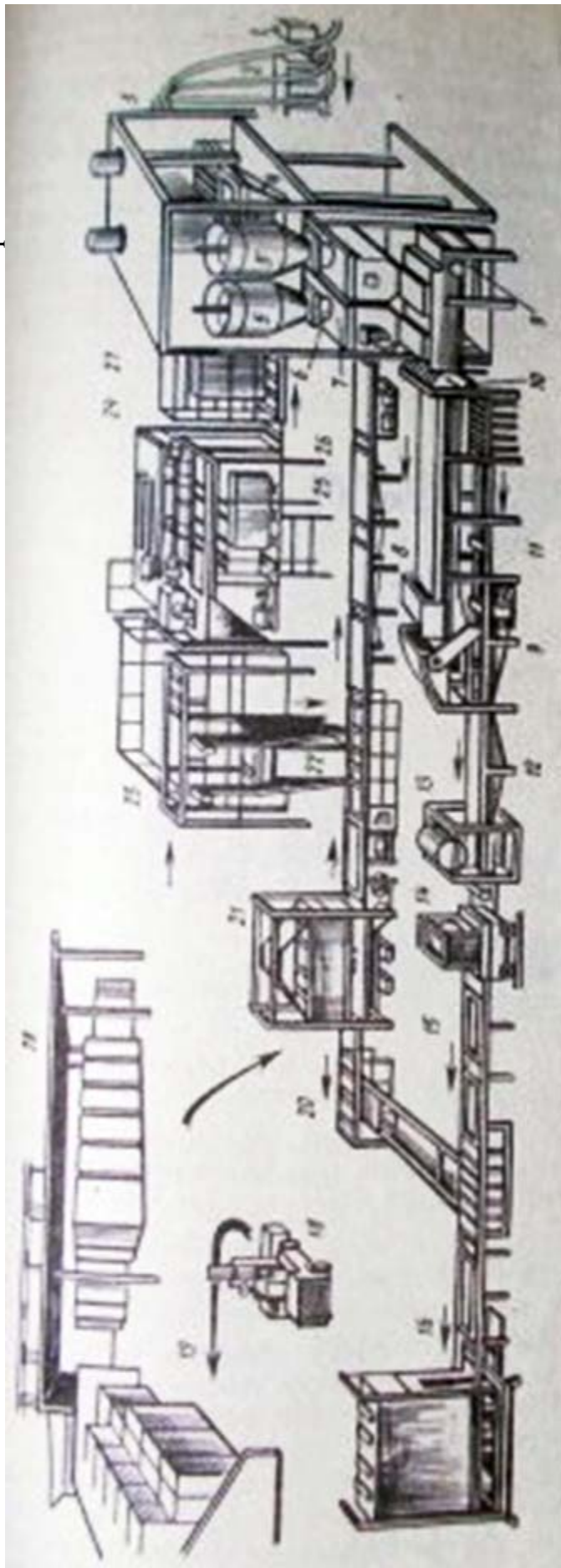
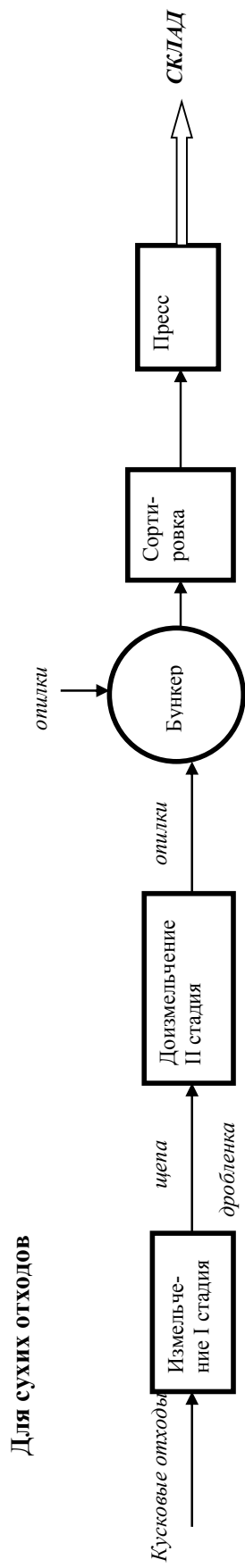
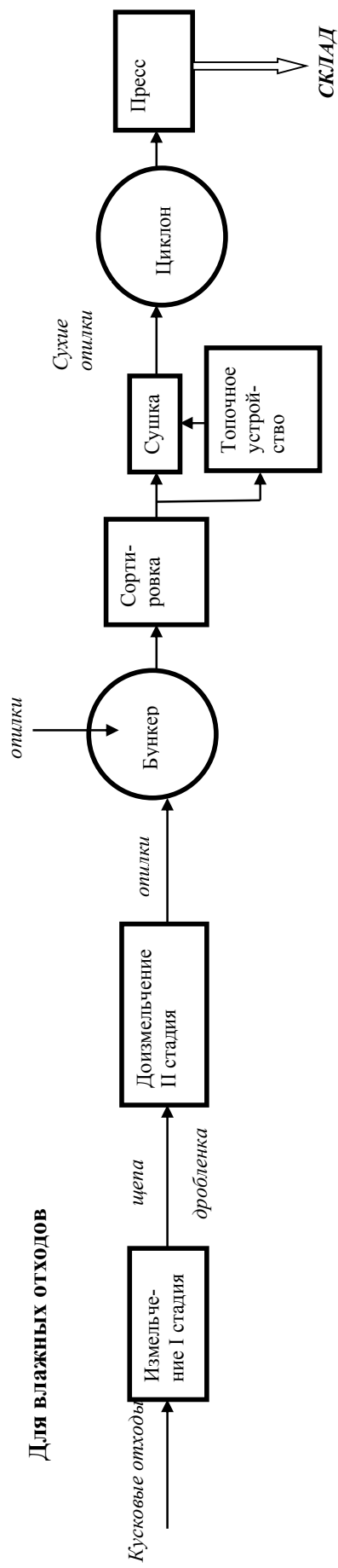


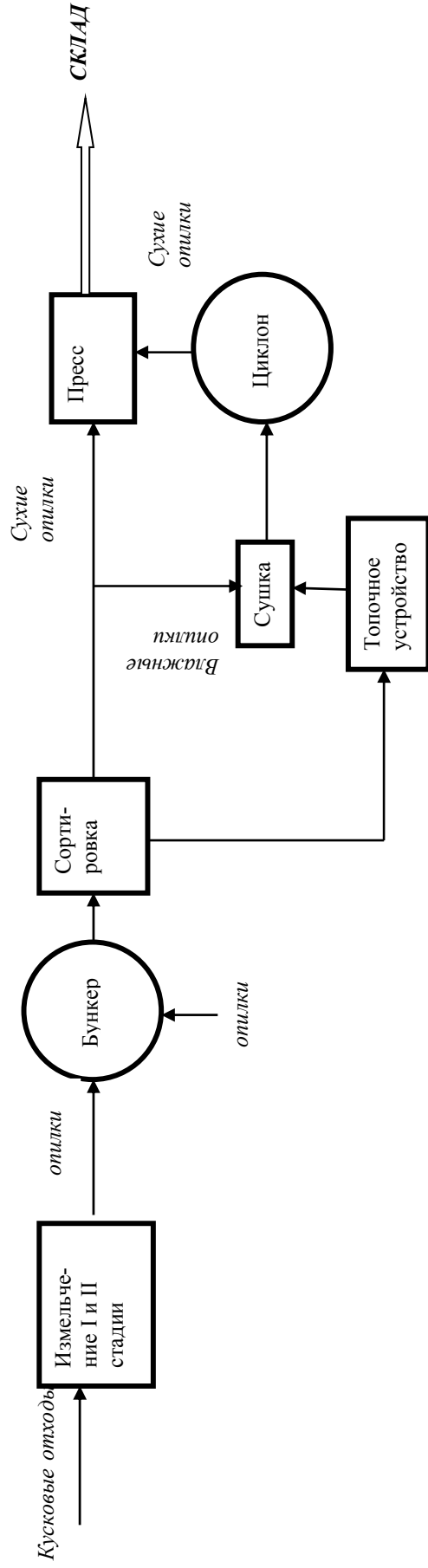
Схема производства цементного фибролита на полуавтоматизированных поточных линиях:

- 1 – древошерстные станки; 2 – древошерстное отделение; 3 – пневмотранспорт древесной шерсти; 4 – вибростол для минерализации древесной шерсти; 5 – бункера с цементом; 6-дозаторы цемента; 7 – смесительный барабан;
- 8 – транспортер для подачи шихты; 9 – разравнивающий барабан; 10, 15 – роликовый транспортер;
- 11 – пресс-формы; 12 – формы с шихтой; 13 – подпрессовывающий барабан; 14 – круглопильный станок; 16 – пресс;
- 17 – пригрузочная плита; 18 – погрузчик с плитами; 19 – камера твердения; 20 – поперечный транспортер; 21 – сепаратор;
- 22 – распалубочное устройство; 23 – транспортер для подачи плит на обрезку кромок; 24 – обрезной станок; 25 – элеватор для укладки плит в штабель; 26 – роликовый транспортер; 27 – штабель обрезных плит; 28 – навес для сушки плит

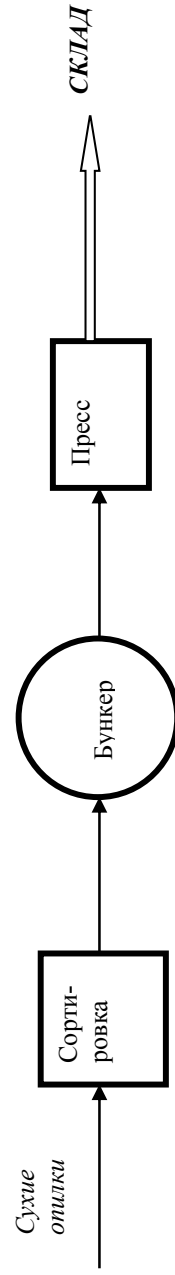
Технологические схемы процесса брикетирования древесных отходов различной влажности



Для небольших объемов влажных опилок



Для сухих опилок



ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ.....	7
1.1. Основные термины и понятия.....	7
1.2. Номенклатура древесных отходов [18].....	9
1.3. Классификация древесных отходов.....	10
1.4. Виды ресурсов древесных отходов [18].....	13
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ.....	15
3. ПРОИЗВОДСТВО ГЕНЕРАТОРНОГО (ДРЕВЕСНОГО) ГАЗА.....	18
4. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ.....	21
4.1. Технология выработки древесной зелени.....	21
4.2. Использование древесной зелени.....	25
4.2.1. Зеленый корм.....	25
4.2.2. Производство клеточного сока.....	25
4.2.3. Производство витаминной муки.....	26
4.2.4. Производство хвойно-эфирных масел.....	29
4.2.5. Производство биологически активных препаратов.....	30
5. ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ.....	32
5.1. Классификация и назначение щепы.....	32
5.2. Основные требования, предъявляемые к щепе.....	33
5.3. Технология производства технологической щепы.....	37
5.3.1. Подготовка древесного сырья.....	37
5.3.2. Измельчение древесного сырья.....	39
5.3.3. Сортирование щепы, доизмельчение крупных частиц и удаление мелочи.....	44
5.3.4. Учет и отгрузка щепы.....	45
5.3.5. Хранение щепы.....	45
5.4. Технологические схемы производства щепы.....	46
6. ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ.....	51
6.1. Сырьевые материалы.....	51
6.1.1. Целлюлозосодержащий наполнитель.....	51
6.1.2. Минеральные вяжущие вещества.....	58
6.1.3. Химические добавки.....	60
6.2. Технология производства арболита.....	63
6.2.1. Общие сведения об арболите.....	63
6.2.2. Сырьевые материалы для арболита и требования к ним.....	64
6.2.3. Технология производства арболита.....	66
6.3. Технология производства цементно-стружечных плит.....	74
6.3.1. Общие сведения о цементно-стружечных плитах.....	74
6.3.2. Сырьевые материалы и требования к ним.....	76
6.3.3. Технология производства цементно-стружечных плит.....	77
6.4. Технология производства других видов древесно-цементных композитов.....	84
6.4.1. Технология производства королита.....	84
6.4.2. Технология производства фибролита.....	87
6.4.3. Технология производства ксилолита.....	91
6.4.4. Технология производства опилкобетона.....	95
6.4.5. Технология производства строительного бруса [1].....	97
6.4.6. Технология производства гипсоопилочных блоков.....	99

6.4.7. Технология производства гипсоволокнистых плит	100
7. ПРОИЗВОДСТВО ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ.....	102
7.1. Характеристика брикетов и гранул	102
7.2. Сырьевые материалы и требования к ним	105
7.3. Технология производства топливных брикетов и гранул	107
7.4. Влияние технологических факторов на свойства брикетов	114
8. ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОЙ МУКИ	117
8.1. Общие сведения.....	117
8.2. Сырьевые материалы и требования к ним	119
8.3. Технология производства древесной муки	119
8.4. Применение древесной муки.....	124
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	126
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	128

Учебное издание

Кислицына Светлана Николаевна
Шитова Инна Юрьевна

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебное пособие
по направлению подготовки 35.03.02
«Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

В авторской редакции
Вёрстка Н.В. Кучина



Подписано в печать 14.06.16. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 8,75. Тираж 80 экз.
Заказ № 401.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.