

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

С.Н. Кислицына

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебно-методическое пособие
для выполнения курсовой работы
по направлению подготовки 35.03.02
«Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2016

УДК 674:628.477.6(075.8)
ББК 37.130.9я 73
К44

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – доктор технических наук, профессор В.И. Логанина

Кислицына С.Н.

К44 Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / С.Н. Кислицына. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 60 с.

Изложены последовательность выполнения курсовой работы и содержание расчетно-пояснительной записки, приведены необходимые сведения по технологическим расчетам.

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре «Технологии строительных материалов и деревообработки» и предназначено для использования студентами дневного отделения по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» при выполнении курсовой работы по дисциплине «Способы переработки отходов деревообрабатывающих производств».

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с учебным планом студенты выполняют по курсу «Способы переработки отходов деревообрабатывающих производств» курсовую работу по одной из тем:

- технология изготовления технологической щепы;
- технология изготовления изделий из арболита;
- технология изготовления цементно-стружечных плит;
- технология изготовления топливных брикетов;
- технология изготовления древесной муки.

Целью данного учебно-методического пособия является закрепление знаний, полученных студентами на лекционных занятиях, и ознакомление с технологиями изготовления материалов и изделий на основе древесных отходов.

В учебно-методическом пособии приведены необходимые справочные данные по основным эксплуатационным характеристикам наиболее распространенных видов продукции на основе древесных отходов, технологическим режимам их изготовления, применяемому оборудованию.

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 вырубki 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, щепы). 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.

Отходы, образующиеся в процессе обработки древесины, классифицируют:

в зависимости от их вида: твердые (или кусковые), мягкие (опилки, стружка) и кора;

в зависимости от последовательности получения: образуемые при заготовке леса; использовании древесины в круглом виде; первичной и вторичной обработке и переработке древесного сырья;

в зависимости от ассортимента выпускаемой продукции : отходы пиломатериалов, фанеры, древесноволокнистых плит и др.;

в зависимости от породы древесины : отходы хвойных, лиственных пород деревьев;

в зависимости от влажности: сухие – с влажностью до 15 %, полусухие – с влажностью 15-30 %, влажные – с влажностью выше 30 %) и другим признакам.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы производится на основе индивидуального задания. Тема курсовой работы и номер варианта выдается преподавателем. Исходные данные для технологических расчетов выбираются по прил. 3– , в зависимости от темы курсовой работы и выданного варианта. Пример оформления задания на курсовое проектирование и титульного листа курсового проекта приведены в прил. 1 и 2.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка проекта должна содержать следующие разделы:

1. Введение.
2. Характеристика выпускаемой продукции.
3. Схема и описание технологического процесса.
4. Технологические расчеты.
5. Список использованной литературы.

В графической части проекта приводится технологическая схема производства рассматриваемой продукции в масштабе 1:100 или 1:200.

Вопросы оформления текста, таблиц и чертежей изложены в [6].

2. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Введение. Во введении описывается состояние современного рынка рассматриваемой продукции и задачи промышленности по совершенствованию ее технологии.

Характеристика выпускаемой продукции. Характеризуя продукцию, студент должен описать ее внешний вид, требования к ней в соответствии с ГОСТ и области применения.

Схема и описание технологического процесса. Описание технологического процесса производится по порядку выполнения технологических операций, начиная с описания способа поставки сырья и заканчивая контролем качества, маркировкой и упаковкой готовой продукции.

Технологические расчеты. Технологические расчеты выполняются в зависимости от темы курсовой работы и номера варианта. Например:

1. Технологические расчеты стационарной рубильной машины.
2. Технологические расчеты передвижной рубильной машины.
3. Расчет состава арболита и т.д.

Список использованной литературы. В пояснительной записке обязательна ссылка на литературный источник с указанием страницы, номера таблицы или графика, используемого в расчетах.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

3.1. Технологические расчеты стационарной рубильной машины

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 3).

Расчетная схема приведена на рис. 1.

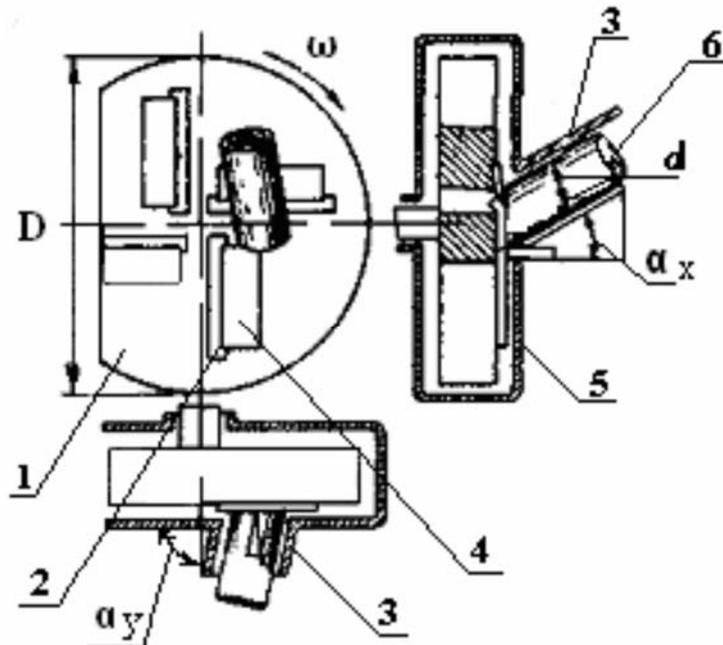


Рис. 1. Схема рубильной машины:

1 – ножевой диск; 2 – подножевая щель; 3 – загрузочный патрон; 4 – режущий нож; 5 – кожух машины; 6 – перерабатываемая древесина; D – диаметр ножевого диска; ω – угловая скорость вращения ножевого диска; d – диаметр перерабатываемой древесины; α_x – угол наклона патрона рубильной машины в вертикальной плоскости; α_y – угол наклона патрона рубильной машины в горизонтальной плоскости

Мощность привода дисковой рубильной машины в общем виде рассчитывается по формуле [7]

$$N = N_1 - N_2 + N_3, \quad (1)$$

где N – расчетная мощность двигателя привода рубильной машины, Вт;

N_1 – мощность, затрачиваемая на процесс измельчения лесоматериалов при рубке на щепу, Вт;

N_2 – мощность, развиваемая силами инерции вращающегося диска рубильной машины, Вт;

N_3 – мощность, расходуемая на выброс щепы по щепопроводу, Вт (в случае, если конструкция рубильной машины предусматривает нижний выброс щепы, то $N_3 = 0$).

Мощность, затрачиваемая на процесс измельчения лесоматериалов при рубке на щепу, рассчитывается по формуле

$$N_1 = \frac{P_p \cdot \vartheta_p}{\eta} \quad (2)$$

где P_p – усилие резания на ножах диска, Н;

ϑ_p – скорость резания, м/с;

η – КПД механизма передачи (0,9-0,95).

Усилие резания на ножах диска, P_p , рассчитывается по формуле

$$P_p = K \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot H \cdot \frac{\vartheta_n}{\vartheta_p}, \quad (3)$$

где K – удельное сопротивление резанию при рубке древесины на щепу, Н/мм², зависит от породы древесины (выбирается по табл.1);

K_1 – коэффициент одновременности участия ножей в процессе рубки древесины на щепу, зависит от количества ножей на диске машины (выбирается по табл. 2)

K_3 – коэффициент загрузки площади поперечного сечения патрона рубильной машины лесоматериалами; зависит от вида измельчаемого сырья (выбирается по табл. 3);

K_4 – коэффициент, учитывающий затупление режущих ножей, (см. задание);

K_5 – коэффициент, учитывающий состояние перерабатываемой древесины, (при положительной температуре древесного сырья $K_5 = 1,0$; при измельчении мерзлой древесины – 1,6);

B, H – соответственно высота и ширина загрузочного патрона рубильной машины, мм (берется из задания);

ϑ_n – скорость надвигания лесоматериала м/с (см. задание).

Т а б л и ц а 1

Удельное сопротивление резанию древесины в рубильной машине

Порода древесины	Состояние древесины	Значение K , Н/мм ²
Ель, сосна	свежесрубленная	2,0
	мерзлая	4,0
Осина	свежесрубленная	2,5
	мерзлая	4,5
Береза	свежесрубленная	3,0
	мерзлая	5,0
Лиственница	свежесрубленная	3,5
	мерзлая	5,0

Т а б л и ц а 2

Значение коэффициента одновременности работы K_1
в зависимости от числа ножей Z

K_1	2	4	6	8	10	12	14	16
Z	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Т а б л и ц а 3

Основные показатели по видам измельченного сырья

Вид сырья	Показатель			
	K_3	C_2	m , кг	L , м
Ветки	0,1	0,4	30	1,5
Вершинки	0,15	0,5	40	2,5
Тонкомерные деревья	0,2	0,5	50	4,0
Колотая древесина	0,25	0,8	80	1,0
Горбыль, рейки	0,2	0,85	70	4,0
Балансы	0,35	0,85	100	1,5

Скорость резания рассчитывают по формуле

$$\vartheta_p = \omega \cdot \frac{D_o}{2}, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость вращения диска, рад/с (см. задание);

D_o – диаметр окружности резания, проходящий через середину длины лезвия ножей, м, рассчитывается по формуле

$$D_o = D - l_n, \quad (5)$$

где D – диаметр диска, м (см. задание);

l_n – длина лезвия ножей рубильной машины, м (см. задание).

Количество ножей на диске рассчитывается по формуле

$$Z = \frac{U_n \cdot \pi \cdot D_o}{\vartheta_p \cdot h}, \quad (6)$$

где h – выпуск ножей относительно плоскости диска (толщина срезаемого слоя древесины), м, вычисляется по формуле

$$h = l_{щ} \cdot \cos \alpha_x \cdot \cos \alpha_y, \quad (7)$$

где $l_{щ}$ – длина щепы, м (см. задание);

α_x – угол наклона патрона рубильной машины в вертикальной плоскости, град (см. задание);

α_y – угол наклона патрона рубильной машины в горизонтальной плоскости, град (см. задание).

В рубильных машинах с горизонтальной, подачей, когда $\alpha_x = 0$, выпуск ножей относительно плоскости диска рассчитывается по формуле

$$h = l_{\text{ш}} \cdot \cos \alpha_y. \quad (8)$$

Мощность, развиваемая силами инерции вращающегося диска рубильной машины, N_2 , рассчитывается по формуле

$$N_2 = \delta \cdot K_d \frac{m_d \cdot v_d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta_n}{L}, \quad (9)$$

где δ – коэффициент снижения частоты вращения ротора электродвигателя при рубке древесины, $\delta = 0,3-0,4$;

K_d – коэффициент, учитывающий момент инерции вращающегося ротора электродвигателя, муфты и т.д., $K_d = 1,1-1,2$;

m_d – масса диска, кг;

v_d – окружная скорость вращения диска, м/с;

L – путь надвигания (средняя длина измельчаемого лесоматериала), м (выбирается в зависимости от вида лесоматериала по табл. 3);

ϑ_n – скорость надвигания лесоматериала м/с (см. задание).

Масса диска, m_d , рассчитывается по формуле

$$m_d = 460 \cdot D^2 \cdot H_d, \quad (10)$$

где D – диаметр диска, м (см. задание);

H_d – толщина диска, м (см. задание).

Окружная скорость вращения диска, v_d , рассчитывается по формуле

$$v_d = \omega \cdot \frac{D}{2}. \quad (11)$$

Мощность, расходуемая на выброс щепы по щепопроводу (в случае выброса щепы вверх), N_3 , рассчитывается по формуле

$$N_3 = \frac{m_r \cdot v_d^2}{2} \cdot \frac{\vartheta_n}{L}, \quad (12)$$

где m_r – масса измельчаемых порций лесоматериалов, находящихся на лопастях диска и в щепопроводе, кг (табл. 3).

Производительность рубильной машины, Π_q , м³/час, рассчитывается по формуле

$$\Pi_q = \frac{3600 \cdot \omega \cdot Z \cdot l_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot K_3}{2\pi}, \quad (13)$$

где B_{cp} – средняя ширина измельчаемого материала (или ширина патрона при измельчении сучьев, B), м; для круглых лесоматериалов $B_{\text{cp}} = d_{\text{cp}}$, где d_{cp} – средний диаметр измельчаемых круглых лесоматериалов, м;

H_{cp} – средняя высота измельчаемого материала или высота патрона, м (для круглых лесоматериалов $H = L$, м);

φ_1 – коэффициент загрузки машины, $\varphi_1 = 0,5-0,6$. Если в формулу (22) вместо d_{cp} подставляется d_{max} (наибольший диаметр измельчаемых кряжей, определяемый размерами сечения загрузочного патрона), то коэффициент загрузки рубильной машины φ_1 может достигать 1,0.

φ_2 – коэффициент использования рубильной машины по времени, учитывающий замену и заточку ножей, летом $\varphi_2 = 0,75-0,8$; зимой $\varphi_2 = 0,60-0,70$;

K_3 – коэффициент загрузки патрона машины (табл. 3).

Пример расчета.

Исходные данные:

- длина щепы, $l_{\text{щ}}$, мм – 20;
- порода древесины – сосна;
- состояние древесины – древесина положительной температуры;
- направление выброса щепы – вверх;
- диаметр диска, D , м – 1,6;
- толщина диска, $H_{\text{д}}$, м – 0,16;
- угловая скорость вращения диска, ω , рад/с – 40;
- углы наклона загрузочного патрона в плоскости, град.: вертикальной, α_x – 0, горизонтальной, α_y – 40;
- размеры патрона, мм: высота, H – 400, ширина, B – 350;
- длина ножей, $l_{\text{л}}$, м – 0,5;
- коэффициент затупления режущих ножей, K_4 – 1,18;
- вид измельчаемого сырья – круглые лесоматериалы;
- скорость надвигания, ϑ_n , м/с – 0,8.

Рассчитываем диаметр окружности резания, проходящий через середину длины лезвия ножей

$$D_o = D - l_{\text{л}} = 1,6 - 0,5 = 1,1 \text{ м.}$$

Скорость резания составит

$$\vartheta_p = \omega \cdot \frac{D_o}{2} = 40 \cdot \frac{1,1}{2} = 22 \text{ , м/с.}$$

Вычисляем выпуск ножей относительно плоскости диска

$$h = l_{\text{ш}} \cdot \cos \alpha_y = 0,02 \cdot 0,766 = 0,015 \text{ м.}$$

Рассчитываем количество ножей на диске

$$Z = \frac{U_n \cdot \pi \cdot D_o}{\vartheta_p \cdot h} = \frac{0,8 \cdot 3,14 \cdot 1,1}{22 \cdot 0,015} = 8,18 \approx 8.$$

Рассчитываем усилие резания на ножах диска

$$P_p = K \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot H \cdot \frac{\vartheta_n}{\vartheta_p} =$$

$$2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,35 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 350 \cdot 400 \cdot \frac{0,8}{22} = 5046 \text{ Н.}$$

Рассчитываем мощность, затрачиваемую на процесс измельчения лесоматериалов при рубке на щепу

$$N_1 = \frac{P_p \cdot \vartheta_p}{\eta} = \frac{5046 \cdot 22}{0,95} = 116854,7 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем массу диска

$$m_d = 460 \cdot D^2 \cdot H_d = 460 \cdot 1,6^2 \cdot 0,16 = 188,42 \text{ кг.}$$

Рассчитываем окружную скорость вращения диска

$$v_d = \omega \cdot \frac{D}{2} = 40 \cdot \frac{1,6}{2} = 32 \text{ м/с.}$$

Рассчитываем мощность, развиваемую силами инерции вращающегося диска рубильной машины

$$N_2 = \delta \cdot K_d \cdot \frac{m_d \cdot v_d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta_n}{L} = 0,35 \cdot 1,15 \cdot \frac{188,42 \cdot 32^2}{4} \cdot \frac{0,8}{1,5} = 10348 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем мощность, расходуемую на выброс щепы по щепопроводу

$$N_3 = \frac{m_r \cdot v_d^2}{2} \cdot \frac{\vartheta_n}{L} = \frac{100 \cdot 32^2}{2} \cdot \frac{0,8}{1,5} = 27289,6 \text{ Вт.}$$

Мощность привода дисковой рубильной машины составит
 $N = N_1 - N_2 + N_3 = 116854,7 - 10348 + 27289,6 = 133796 \text{ Вт} = 133,8 \text{ кВт.}$

Рассчитываем производительность рубильной машины, $\Pi_{\text{ч}}$, м³/ч

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot \omega \cdot Z \cdot l_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}} \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot K_3}{2\pi} =$$

$$= \frac{3600 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 0,02 \cdot 0,35 \cdot 1,5 \cdot 0,55 \cdot 0,75 \cdot 0,35}{2 \cdot 3,14} = 278,08 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

3.2. Технологические расчеты передвижной рубильной машины

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 4).

Схема процесса измельчения древесины в рубильной машине приведена на рис. 2.

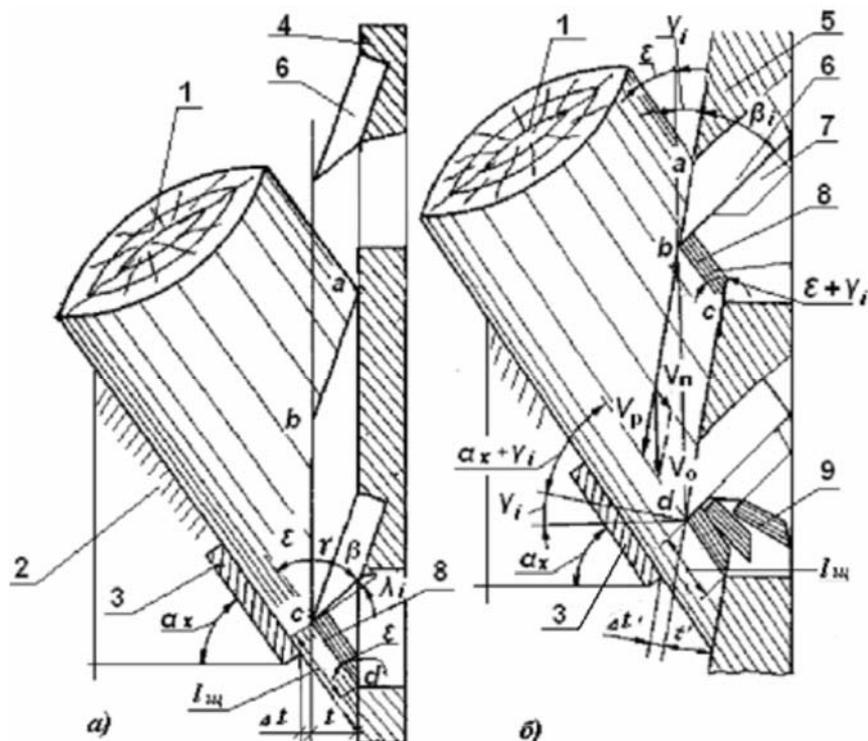


Рис. 2. Схема процесса измельчения древесины в рубильной машине с плоским (а) и геликоидальным (б) дисками:

1 – перерабатываемая древесина; 2 – загрузочный патрон; 3 – контрнож; 4 – плоский ножевой диск; 5 – геликоидальный ножевой диск; 6 – режущий нож; 7 – подножевая пластина; 8 – формируемый элемент щепы; 9 – отделённый элемент щепы; t – величина выступа режущей кромки ножа (толщина срезаемого слоя древесины); ϵ – угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины, рад; α_x – угол наклона (угол, лежащий между линией лезвия ножа и направлением волокон древесины), рад.

Геометрические параметры щепы (длину щепы $l_{щ}$ по направлению волокон $l_{ц}$ и толщину щепы, $t_{щ}$) рассчитывают по формулам

$$l_{щ} = \frac{h}{\cos \alpha_x \cdot \cos \alpha_y}, \quad (14)$$

$$t_{щ} = a \cdot l_{щ}, \quad (15)$$

где h – величина выпуска ножей (толщина срезаемого слоя древесного сырья), мм;

a – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства и породу древесины (для ели $a = 0,10$, для сосны $a = 0,13$).

Расчет мощности привода рубильной машины.

Номинальная мощность привода ножевого диска рубильной машины, N , кВт, рассчитывается по формуле

$$N = \frac{A_{\text{дв}}}{1000 \cdot t \cdot \eta \cdot k_n}, \quad (16)$$

где $A_{\text{дв}}$ – работа, которую должен совершить двигатель при переработке древесного сырья заданных размеров, Дж;

t – время переработки древесного сырья, с;

η – коэффициент полезного действия (механический) передачи (см. задание);

k_n – допустимый коэффициент перегрузки двигателя (см. задание).

Работа, которую должен совершить двигатель при переработке древесного сырья, $A_{\text{дв}}$, рассчитывается по формуле

$$A_{\text{дв}} = A - A_{\text{д}}, \quad (17)$$

где A – полная работа, необходимая для переработки древесного сырья, Дж;

$A_{\text{д}}$ – работа, совершаемая энергией вращающегося диска при снижении частоты вращения от номинальной до минимально допустимой, Дж.

Полная работа, необходимая непосредственно для измельчения древесного сырья и преодоления его трения о поверхность вращающегося диска, рассчитывается по формуле

$$A = P_u (1 + 0,3k_f) \cdot B_{\text{ср}} \cdot v \cdot t, \quad (18)$$

где P_u – удельная сила резания, Н/мм;

k_f – коэффициент трения древесины о поверхность диска (0,2-0,3);

$B_{\text{ср}}$ – средняя условная ширина резания, мм;

v – скорость резания, м/с;

t – время, необходимое для переработки древесного сырья заданной длины, с.

Удельная сила резания рассчитывается по формуле

$$P_u = P_{u(\varphi_1, \varphi_2)} \cdot a_p \cdot a_w \cdot a_t \cdot a_s, \quad (19)$$

где $P_{u(\varphi_1, \varphi_2)}$ – удельная касательная сила резания, зависящая от угла встречи

φ_1 и угла наклона φ_2 , Н/мм;

a_p – коэффициент затупления режущих ножей (см. задание);

a_w – коэффициент, учитывающий влажность древесины (для влажности 25-30 % $a_w = 1,1$; для влажности 50-57 % $a_w = 1,0$);

a_t – коэффициент, вводимый при переработке мороженой древесины, ($a_t = 1,6$);

a_s – коэффициент, учитывающий породу древесины (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Значения коэффициента a_s для различных пород древесины

Порода	Значение коэффициента a_s
Сосна	1,00
Ель	0,87
Пихта	0,87
Лиственница	1,07
Осина	0,85
Береза	1,25
Ясень, дуб	1,60
Бук	1,40

Удельная касательная сила резания для наиболее распространенных условий работы рубильных машин рассчитывается по формуле

$$P_{u(\varphi_1, \varphi_2)} = h \cdot \sin^2 \varphi_1 \cdot \sin^2 \varphi_2 - \cos^2 \varphi_2 + 2, \quad (20)$$

где φ_1 – угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины, град (см. задание);

φ_2 – угол наклона (угол, лежащий между линией лезвия ножа и направлением волокон древесины), град (см. задание);

h – толщина срезаемого слоя, мм.

В соответствии со схемой, приведенной на рис. 2

$$h = l_{\text{ш}} \cdot \cos \varphi_1. \quad (21)$$

Для определения полной работы, необходимой для переработки древесного сырья, A , рассчитывают среднюю условную ширину резания, скорость резания и время, затрачиваемое на переработку древесного сырья.

Среднюю условную ширину резания, $B_{\text{ср}}$, мм, определяют по формуле

$$B_{\text{ср}} = \frac{10^2 \cdot F_{\text{ср}}}{L \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}, \quad (22)$$

где $F_{\text{ср}}$ – средняя площадь поперечного сечения перерабатываемой древесины, см²;

L – расстояние между смежными режущими ножами по окружности резания, мм, рассчитывается по формуле

$$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{Z}, \quad (23)$$

где R – средний радиус резания, мм, $R = 0,3D$;

D – диаметр ножевого диска, мм (см. задание);

Z – количество режущих ножей на диске (см. задание).

Средняя площадь поперечного сечения перерабатываемого сырья рассчитывается по формуле

$$F_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n, \quad (24)$$

где d – средний диаметр перерабатываемого сырья, см (см. задание);

n – количество одновременно измельчаемых бревен.

Скорость резания можно определять по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n}{60}, \quad (25)$$

где D_p – диаметр резания, м ($D_p = 2R$);

n – частота вращения ножевого диска, мин⁻¹ (см. задание).

Время, необходимое для переработки древесного сырья заданной длины рассчитывают по формуле

$$t = \frac{l_{\text{дс}} \cdot 1000 \cdot 60}{n \cdot Z \cdot l_{\text{щ}}}, \quad (26)$$

где $l_{\text{дс}}$ – длина измельчаемого древесного сырья, м (см. задание);

$l_{\text{щ}}$ – длина щепы, мм, (см. задание).

Избыточную работу, погашаемую энергией вращающегося диска при снижении частоты его вращения от номинальной (Π_n) до минимально допустимой (Π_k), A_d , рассчитывают по формуле

$$A_d = \frac{\pi \cdot M_d \cdot r^2}{30^2 \cdot 2g} \cdot (\Pi_n^2 - \Pi_k^2), \quad (27)$$

где M_d – масса диска, кг;

r – радиус инерции диска, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

Π_n (n) – номинальная частота вращения ножевого диска (см. задание);

Π_k – минимально допустимая частота вращения ножевого диска (коэффициент снижения оборотов двигателя от номинальных значений до минимально допустимых принимают 0,7, следовательно $\Pi_k = 0,7 \cdot \Pi_n$).

Массу диска рассчитывают по формуле

$$M_d = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot k_{nc} \cdot \rho, \quad (28)$$

где H – толщина диска, м (см. задание);

k_{nc} – коэффициент, учитывающий пустоты диска в виде подножевых щелей, $k_{nc}=0,8$;

ρ – плотность материала диска (для стали $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$).

Для ножевого диска радиусом R радиус инерции определяется по формуле

$$r = \frac{R}{1,4}. \quad (29)$$

Проверка рубильной машины на производительность.

После определения мощности привода рубильной машины, в процессе которого принимают конкретные параметры (скорость вращения диска, количество ножей, длина щепы и т.п.), выполняют контрольный расчет ее производительности.

Часовую производительность рубильной машины рассчитывают по формуле

$$П_{ч} = \frac{h \cdot Z \cdot 60 \cdot n \cdot F_{cp} \cdot k_1 \cdot k_2}{1000 \cdot 10000}, \quad (30)$$

где h – толщина срезаемого слоя, мм;

Z – количество режущих ножей на диске;

n – частота вращения ножевого диска, мин^{-1} ;

F_{cp} – средняя площадь поперечного сечения перерабатываемой древесины, см^2 ;

k_1 – коэффициент использования машинного времени (для малоножевых машин – 0,5-0,8);

k_2 – коэффициент использования рабочего времени (0,7-0,8).

Скорость надвигания измельчаемого древесного сырья, v_n , находится в зависимости от производительности рубильной машины и рассчитывается по формуле

$$v_n = \frac{П_{ч}}{3600 \cdot F_{cp} \cdot C_1 \cdot C_2}, \quad (31)$$

где C_1 – коэффициент заполнения транспортера подачи, $C_1 = 0,6$;

C_2 – коэффициент использования рабочего времени смены, $C_2 = 0,6$.

Пример расчета.

Исходные данные:

– порода древесины – сосна;

– состояние древесины – древесина положительной температуры;

– влажность древесины – 24%;

– средний диаметр перерабатываемого сырья, d , см – 16;

– требуемая длина щепы, $l_{щ}$, мм – 18;

– длина измельчаемого древесного сырья, $l_{дс}$, м – 1,5;

– коэффициент перегрузки двигателя, $k_n = 1,3$;

- коэффициент полезного действия передачи, $\eta - 0,82$;
- коэффициент, учитывающий затупление режущих ножей, $a_p - 1,1$;
- угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины, φ_1 , град. – 45;
- угол наклона, φ_2 , град. – 25;
- количество режущих ножей на диске, Z , шт. – 2;
- диаметр ножевого диска, D , мм – 1000;
- толщина диска, H , м – 0,1;
- частота вращения ножевого диска, n , мин⁻¹ – 460.

Расчет мощности привода рубильной машины.

Расчет ведем в следующей последовательности.

Рассчитываем толщину срезаемого слоя древесины:

$$h = l_{\text{ш}} \cdot \cos \varphi_1 = 18 \cdot 0,707 = 12,7 \text{ мм.}$$

Определяем удельную касательную силу резания:

$$\begin{aligned} P_{u(\varphi_1, \varphi_2)} &= h \cdot \sin^2 \varphi_1 \cdot \sin^2 \varphi_2 - \cos^2 \varphi_2 + 2 = \\ &= 12,7 \cdot \sin^2 45 \cdot \sin^2 25 - \cos^2 25 + 2 = 2,26 \text{ Н/мм.} \end{aligned}$$

Рассчитываем удельную касательную силу резания с учетом конкретных условий работы машины:

$$P_u = P_{u(\varphi_1, \varphi_2)} \cdot a_p \cdot a_w \cdot a_t \cdot a_s = 2,26 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,73 \text{ Н/мм.}$$

Для определения полной работы рассчитываем среднюю условную ширину резания, скорость резания и время, затрачиваемое на переработку древесного сырья:

$$R = 0,3D = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм,}$$

$$L = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{Z} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 300}{2} = 942 \text{ мм,}$$

$$F_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} \cdot 1 = 201 \text{ см}^2,$$

$$B_{\text{ср}} = \frac{10^2 \cdot F_{\text{ср}}}{L \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2} = \frac{100 \cdot 201}{942 \cdot 0,707 \cdot 0,422} = 71,5 \text{ мм,}$$

$$D_p = 2R = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ м}$$

$$v = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,6 \cdot 460}{60} = 14,4 \text{ м/с,}$$

$$t = \frac{l_{\text{дс}} \cdot 1000 \cdot 60}{n \cdot Z \cdot l_{\text{ш}}} = \frac{1,5 \cdot 1000 \cdot 60}{460 \cdot 2 \cdot 18} = 5,4 \text{ с.}$$

Рассчитываем полную работу, необходимую непосредственно для измельчения древесного сырья:

$$A = P_u (1 + 0,3k_f) \cdot B_{cp} \cdot v \cdot t = \\ = 2,73 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,25) \cdot 71,5 \cdot 14,4 \cdot 5,4 = 16316,74 \text{ Дж}.$$

Рассчитываем массу и радиус инерции ножевого диска:

$$M_d = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot k_{nc} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 7800 = 489,84 \text{ кг}, \\ r = \frac{R}{1,4} = \frac{0,5 \cdot 1,0}{1,4} = 0,36 \text{ м}.$$

Рассчитываем минимально допустимую частоту вращения ножевого диска:

$$\Pi_k = 0,7 \cdot \Pi_n = 0,7 \cdot 460 = 322 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем избыточную работу, погашаемую энергией вращающегося диска при снижении частоты его вращения от номинальной (Π_n) до минимально допустимой (Π_k):

$$A_d = \frac{\pi \cdot M_d \cdot r^2}{30^2 \cdot 2g} \cdot (\Pi_n^2 - \Pi_k^2) = \frac{3,14 \cdot 490 \cdot 0,36^2}{30^2 \cdot 2 \cdot 9,8} \cdot (460^2 - 322^2) = 1219,9 \text{ Дж}.$$

Рассчитываем работу, которую должен совершить двигатель при переработке древесного сырья:

$$A_{дв} = A - A_d = 16316,74 - 1219,9 = 15096,8 \text{ Дж}.$$

Рассчитываем номинальную мощность привода ножевого диска рубильной машины:

$$N = \frac{A_{дв}}{1000 \cdot t \cdot \eta \cdot k_n} = \frac{15096,8}{1000 \cdot 5,4 \cdot 0,82 \cdot 1,3} = 2,62 \text{ кВт}.$$

Проверка рубильной машины на производительность.

Рассчитываем часовую производительность рубильной машины:

$$\Pi_{ч} = \frac{h \cdot Z \cdot 60 \cdot n \cdot F_{cp} \cdot k_1 \cdot k_2}{1000 \cdot 10000} = \\ = \frac{12,7 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 460 \cdot 201 \cdot 0,7 \cdot 0,75}{1000 \cdot 10000} = 7,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитываем скорость надвигания измельчаемого древесного сырья:

$$v_n = \frac{\Pi_{ч}}{3600 \cdot F_{cp} \cdot C_1 \cdot C_2} = \frac{7,4}{3600 \cdot 0,0201 \cdot 0,6 \cdot 0,6} = 0,28 \text{ м/с}.$$

3.3. Расчет состава арболитовой смеси

Подбор состава арболита производится расчетно-экспериментальным методом, который включает в себя:

- расчет состава арболитовой смеси,
- проверку и корректировку рассчитанного состава на пробных замесах.

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 5).

Подбор состава арболита.

По табл. 5-9 [9] определяют ориентировочный расход всех компонентов арболитовой смеси в зависимости от проектного класса (марки) арболита по прочности и вида древесного заполнителя.

Т а б л и ц а 5

Ориентировочный расход сухого древесного заполнителя на 1 м³ арболита, кг, при портландцементе марки М 400

Вид заполнителя	Класс арболита (марка)					
	В0,35 (5)	В0,75 (10)	В1,0 (15)	В1,5 –	В2,0 (25)	В2,5 (35)
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород	140	160	180	200	220	240
Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	150	170	190	210	230	250
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	180	180	200	220	240	250
Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	140	160	180	200	220	240
Одубина	160	180	200	220	275	290

Т а б л и ц а 6

Ориентировочный расход портландцемента марки 400 на 1 м³ арболита, кг, в зависимости от его класса

Вид заполнителя	Класс арболита (марка)					
	В0,35 (5)	В0,75 (10)	В1,0 (15)	В1,5 –	В2,0 (25)	В2,5 (35)
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород	240	250	280	300	330	360
Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	260	280	300	320	350	380
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	270	290	310	330	360	390
Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	290	310	330	350	380	–
Одубина	280	300	320	340	370	400

Т а б л и ц а 7

Максимальный расход химической добавки на 1 м³ арболита, кг,
в зависимости от вида заполнителей (в пересчете на сухое вещество)

Химическая добавка	Расход, кг/м ³	
	древесная дробленка	одубина
Хлорид кальция технологический	8	8-9
Стекло натриевое жидкое	8	–
Комплексная добавка: сернокислый алюминий	25	–
известь-пушонка	20	–
Нитрат кальция	8	8-9

Т а б л и ц а 8

Ориентировочный расход воды на 1 м³ арболита, л,
в зависимости от его класса

Вид заполнителя	Класс арболита (марка)					
	B0,35 (5)	B0,75 (10)	B1,0 (15)	B1,5	B2,0 (25)	B2,5 (35)
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород	260	280	300	330	380	400
Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	280	300	330	360	400	440
Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	310	330	360	390	430	460
Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	310	330	360	390	430	460
Одубина	210	230	250	270	300	370

Т а б л и ц а 9

Коэффициент изменения нормативных расходов цемента в арболите
при изменении марки цемента

Марка цемента	Класс арболита (марка)				
	B0,35 (5)	B0,75 (10)	B1,0 (15)	B2,0 (25)	B2,5 (35)
M300	1,05	1,05	1,05	1,10	1,15
M400	1	1	1	1	1
M500	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94
M600	0,93	0,93	0,92	0,92	0,9

Расчет состава арболитовой смеси проводят в следующей последовательности.

1. Рассчитывают расход древесного заполнителя с учетом его влажности, Z^w , кг/м³, по формуле

$$Z^w = \frac{Z^{\text{сух}} (100 + W_3)}{100}, \quad (32)$$

где $Z^{сух}$ – расход сухого древесного заполнителя, кг/м³ (табл.5);

W_3 – влажность древесного заполнителя, %.

2. Рассчитывают расход портландцемента с учетом заданной марки, Π_m , кг/м³ по формуле

$$\Pi_m = \Pi \cdot K_m, \quad (33)$$

где Π – расход портландцемента марки М400, кг/м³ (табл.6);

K_m – коэффициент изменения нормативных расходов цемента с учетом его марки (табл.9).

3. Рассчитывают содержание воды в древесном заполнителе, B_3 , кг/м³ по формуле

$$B_3 = Z^w - Z^{сух}. \quad (34)$$

где $Z^{сух}$ – расход сухого древесного заполнителя, кг/м³;

Z^w – расход древесного заполнителя с учетом его влажности, кг/м³.

4. Рассчитывают содержание воды в химических добавках, $B_{хд}$, кг/м³ по формуле

$$B_{хд} = V \cdot \rho_{хд} - XD_{сух}, \quad (35)$$

где $XD_{сух}$ – расход сухого вещества для приготовления раствора химической добавки, кг/м³ (табл.7);

$\rho_{хд}$ – плотность раствора при 20°C в зависимости от заданной химической добавки и ее концентрации, кг/м³ (прил. 7-10);

V – объем раствора химической добавки в зависимости от его концентрации, л, рассчитывается по формуле

$$V = \frac{XD_{сух}}{C_{хд}}, \quad (36)$$

где $C_{хд}$ – содержание химической добавки в 1 л раствора в зависимости от ее концентрации, кг (прил. 7-10).

5. Рассчитывают расход водного раствора химических добавок, $V_{хд}$, кг/м³ по формуле

$$V_{хд} = XD_{сух} + B_{хд}. \quad (37)$$

6. Рассчитывают расход воды с учетом содержания воды в заполнителе и растворе химических добавок, кг/м³ по формуле

$$B_p = B_n - B_3 - B_{хд}, \quad (38)$$

где B_n – норма расхода воды для арболитовой смеси, кг/м³ (табл. 12);

B_3 – содержание воды в древесном заполнителе;

$V_{\text{хд}}$ – содержание воды в химических добавках.

7. Рассчитывают плотность арболита в сухом состоянии, $\rho_{\text{арб}}^c$, кг/м³ по формуле

$$\rho_{\text{арб}}^c = 1,15Ц_{\text{м}} + 3^{\text{сух}} + \text{ХД}_{\text{сух}}, \quad (39)$$

где $1,15Ц_{\text{м}}$ – масса цементного камня с учетом химически связанной воды, кг;

$Ц_{\text{м}}$ – расход портландцемента с учетом заданной марки, кг/м³;

$3^{\text{сух}}$ – расход сухого древесного заполнителя, кг/м³;

$\text{ХД}_{\text{сух}}$ – расход сухого вещества для приготовления раствора химической добавки, кг/м³.

8. Рассчитывают общий расход всех компонентов арболитовой смеси опытного замеса, кг/м³ по формуле

$$\sum P_n = 3^w + Ц_{\text{м}} + \text{ХД}_{\text{сух}} + V_p + V_{\text{хд}}. \quad (40)$$

Результаты расчета сводят в итоговую табл. 10.

Т а б л и ц а 1 0

Расход компонентов арболитовой смеси

№ п/п	Наименование компонента	Расход, кг/м ³
1	Древесный заполнитель	3^w
2	Цемент	$Ц_{\text{м}}$
3	Химическая добавка	$\text{ХД}_{\text{сух}}$
4	Водный раствор химической добавки	$\text{ХД}_{\text{сух}} + V_{\text{хд}}$
5	Вода	V_p
Общий расход всех компонентов		$\sum P_n$

Рассчитанный состав бетона проверяют и при необходимости корректируют в лаборатории на пробных замесах. Корректировка проводится по *удобокладываемости арболитовой смеси и прочности арболита*.

Нормативная призмная прочность арболита при его средней естественной влажности по массе 15-20 % принимается равной [10]

$$R_{\text{сж}} = 0,78 \cdot B, \quad (41)$$

где B – класс арболита по прочности, МПа.

Пример расчета состава арболитовой смеси.

Задание. Подобрать состав конструкционного арболита класса В2,0 плотностью не более 650 кг/м³ (в высушенном состоянии) для панелей наружных стен.

В качестве древесного заполнителя используется дробленка из отходов деревообработки хвойных пород зернового состава, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 19222-73. Насыпная плотность дробленки в сухом состоя-

нии -120 кг/м^3 , влажность по массе равна 50%. В качестве вяжущего – портландцемент марки 500. В качестве химической добавки хлорид кальция 10%-й концентрации.

Расчет состава арболита на 1 м^3 .

По табл. 10-14 определяется ориентировочный расход составляющих за-меса.

Расход компонентов составляет:

сухого древесного заполнителя – 230 кг (табл.5);

цемента М 400 – 350 кг (табл.6);

химической добавки (CaCl_2) – 8 кг (табл.7);

воды – 400 л (табл.8).

Расход древесного заполнителя с учетом его влажности составит

$$Z^w = \frac{Z^{\text{сух}} (100 + W_3)}{100} = \frac{230 \cdot (100 + 50)}{100} = 345 \text{ кг} .$$

Расход портландцемента с учетом заданной марки составит

$$Ц_M = Ц \cdot K_M = 350 \cdot 0,95 = 332,5 \text{ кг} .$$

Содержание воды в древесном заполнителе составит

$$B_3 = Z^w - Z^{\text{сух}} = 345 - 230 = 115 \text{ кг} .$$

В качестве химической добавки используется хлорид кальция 10%-ной концентрации. Содержание соли в 1 л 10% раствора плотностью 1,084 составляет 0,108 кг (прил. 7). Следовательно, для введения в арболит необходимого количества соли в виде 10%-го раствора на 1 м^3 смеси его потребу-ется

$$V = \frac{XD_{\text{сух}}}{C_{\text{хд}}} = \frac{8}{0,108} = 74 \text{ л} .$$

Содержание воды в химической добавке составит

$$B_{\text{хд}} = V \cdot \rho_{\text{хд}} - XD_{\text{сух}} = 74 \cdot 1,084 - 8 = 72,216 \text{ кг} .$$

Расход водного раствора химической добавки составит

$$V_{\text{хд}} = XD_{\text{сух}} + B_{\text{хд}} = 8 + 72,2 = 80,2 \text{ кг} .$$

Расход воды с учетом содержания воды в заполнителе и растворе хими-ческой добавки составит

$$B_p = B_n - B_3 - B_{\text{хд}} = 400 - 115 - 72,2 = 212,8 \text{ кг} .$$

Плотность арболита в сухом состоянии при данном расходе материалов составит

$$\rho_{\text{арб}}^c = 1,15Ц_M + Z^{\text{сух}} + XD_{\text{сух}} = 1,15 \cdot 332,5 + 230 + 8 = 620,4 \text{ кг/м}^3 .$$

Общий расход всех компонентов арболитовой смеси опытного замеса составит

$$\sum P_{и} = Z^w + Ц_{м} + ХД_{сух} + В_{р} + В_{хл} = \\ = 345 + 332,5 + 8 + 212,8 + 72,2 = 970,5 \text{ кг/м}^3.$$

Расход компонентов арболитовой смеси

№ п/п	Наименование компонента	Расход, кг/м ³
1	Древесный наполнитель	345
2	Цемент	332,5
3	Химическая добавка	8
4	Водный раствор химической добавки	80,2
5	Вода	212,8
Общий расход всех компонентов		970,5

3.4. Расчет состава цементно-стружечной смеси

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 6).

Расчет состава цементно-стружечной смеси проводят в следующей последовательности.

1. Рассчитывают расход древесного наполнителя с учетом его влажности, Z^w , кг/м³.

$$Z^w = \frac{Z^{сух} (100 - W_3)}{100}, \quad (42)$$

где $Z^{сух}$ – расход сухого древесного наполнителя, кг/м³ (табл.11);

W_3 – влажность древесного наполнителя, %.

Расход древесного наполнителя на трехслойную плиту рассчитывают по формуле

$$Z_{трех} = Z_{нар} + Z_{вн}, \quad (43)$$

где $Z_{нар}$ – расход древесного наполнителя на наружные слои, кг/м³, доля наружных слоев $i_{нар} = (0,3 - 0,4)a_{пл}$;

$Z_{вн}$ – расход древесного наполнителя на внутренний слой, кг/м³, доля внутреннего слоя $i_{нар} = (0,7 - 0,6)a_{пл}$;

$a_{пл}$ – толщина плиты, мм.

Таблица 16

Нормативный расход компонентов цементно-стружечных плит, кг/м³

Древесное сырье	Абсолютно сухая древесина	Портландцемент марки М500	Известь негашеная	Хлористый кальций	Жидкое стекло	Сернокислый алюминий	Вода
Сосна окоренная	280	770	–	–	27	7,7	460
Ель неокоренная	280	770	–	–	27	7,7	460
Береза выдержанная	308	770	–	–	35	7,7	460
Ель (50%), береза (50%)	30	750	–	–	60	40	400
Осина выдержанная, неокоренная	300	620	156	80	–	–	420
Осина выдержанная	300	620	150	80	–	–	400
Береза выдержанная	320	620	150	80	–	–	420

2. Рассчитывают расход древесного сырья с учетом потерь на различных технологических операциях, $Z_{\text{п}}$, кг/м³.

$$Z_{\text{п}} = Z^w \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8, \quad (44)$$

где $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8$ – коэффициенты потерь древесного сырья при (соответственно):

окорке $k_1=1,01$;

приготовлении стружки $k_2=1,08$;

сортировке $k_3=1,01$;

смешивании компонентов $k_4=1,01$;

прессовании $k_5=1,015$;

формовании плиты $k_6=1,01$;

форматной обрезке плиты $k_7=1,02$;

шлифовании плит $k_8=1,001$.

3. Рассчитывают содержание воды в заполнителе, V_3 , кг/м³.

$$V_3 = Z_{\text{п}} - Z^{\text{сух}}. \quad (45)$$

4. Рассчитывают расход вяжущего (портландцемента) с учетом заданной марки и его потерь, $\Pi_{\text{п}}$, кг/м³.

$$\Pi_{\text{п}} = \Pi \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{тр}}, \quad (46)$$

где Π – нормативный расход портландцемента марки М500 (см. табл. 11);

$k_{\text{м}}$ – коэффициент изменения нормативного расхода цемента с учетом его марки (для М500 – $k_{\text{м}}=1,0$; М400 – $k_{\text{м}}=1,05$; М600 – $k_{\text{м}}=0,95$);

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент потери цемента при его транспортировке и разгрузке, $k_{\text{тр}} = 1,07$.

5. Рассчитывают расход химических добавок с учетом потерь, Q_i , кг/м³.

$$Q_i = \text{ХД} \cdot k_{\text{п}}^{\text{хд}}, \quad (47)$$

где ХД – нормативный расход химической добавки (см. табл.11);

$k_{\text{п}}^{\text{хд}}$ – коэффициент потери сырья (химикатов) при приготовлении растворов химических добавок, $k_{\text{п}}^{\text{хд}} = 1,025$.

6. Рассчитывают расход воды для приготовления растворов химических добавок, V_i , кг/м³.

$$V_i = \frac{Q_i(100 - c)}{c}, \quad (48)$$

где Q_i – количество i -й химической добавки, кг ;

c – требуемая концентрация растворов, % (см. задание).

7. Рассчитывают количество рабочего раствора i -й химической добавки, вводимого в цементно-стружечную смесь, $Q_{\text{рд}}$ или $Q_{\text{рд}}^*$, кг или л

$$Q_{\text{рд}} = Q_i + V_i \text{ или } Q_{\text{рд}}^* = \frac{Q_i + V_i}{\rho_i}, \quad (49)$$

где Q_i – количество i -й химической добавки, кг (табл.11);

ρ_i – плотность i -й химической добавки, г/см³ (прил. 7-10).

Если в качестве химической добавки используют жидкое стекло, которое имеет заданную концентрацию $c_{\text{жс}}$, то количество воды, уже имеющееся в растворе, $V_{\text{жс}}^*$, кг, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{жс}}^* = Q_{\text{жс}} - \text{ЖС}, \quad (50)$$

где $Q_{\text{жс}}$ – нормативный расход жидкого стекла, кг;

ЖС – количество жидкого стекла с учетом его концентрации, кг, рассчитывается по формуле

$$\text{ЖС} = Q_{\text{жс}} \cdot k_{\text{жс}}, \quad (51)$$

где $k_{\text{жс}}$ – коэффициент концентрации жидкого стекла, $k_{\text{жс}} = c_{\text{жс}}/100$.

Количество воды, необходимое для доведения раствора жидкого стекла до рабочей концентрации, $V_{\text{жс}}$, л, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{жс}} = \frac{\text{ЖС}(100 - c)}{c}. \quad (52)$$

Количество воды, необходимое для приготовления рабочего раствора жидкого стекла, $V_{p.p}$, л, рассчитывают по формуле

$$V_{p.p} = V_{жс} - V_{жс}^* \quad (53)$$

8. Рассчитывают количество воды с учетом воды, содержащейся в заполнителе и растворе химических добавок, V_p , кг (л).

$$V_p = V_n - V_3 - \sum V_i \quad (54)$$

Результаты расчета сводят в итоговую табл. 12.

Т а б л и ц а 1 2

Компоненты	Наименование	Расход компонентов	
		нормативный	расчетный
Заполнитель			
Вяжущее			
Химические добавки			
Вода, содержащаяся в растворах химических добавках			
Вода, содержащаяся в заполнителе			
Вода			

Пример расчета состава цементно-стружечной смеси.

Исходные данные:

- заполнитель – сосна окоренная;
- влажность, % – 58;
- вяжущее – портландцемент марки М400;
- химические добавки:
- жидкое стекло концентрацией 38%, необходимая концентрация – 20%;
- сернокислый алюминий, необходимая концентрация – 21%.

Нормативный расход компонентов на 1 м³ цементно-стружечной смеси определяем по табл. 11:

расход сухого древесного заполнителя, $Z^{сух}$, кг – 280;

расход портландцемента марки М500, Ц, кг – 770;

расход жидкого стекла, $Q_{жс}$, кг – 27;

расход сернокислого алюминия, Q_i ($Q_{са}$), кг – 7,7;

расход воды, V_n , кг (л) – 460.

Рассчитываем расход древесного заполнителя с учетом его влажности, Z^w

$$Z^w = \frac{Z^{сух} (100 + W_3)}{100} = \frac{280(100 + 58)}{100} = 442,4 \text{ кг}.$$

Рассчитываем расход древесного сырья с учетом потерь на различных технологических операциях, Z_n

$$Z_n = Z^w \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot k_8 = \\ = 442,4 \cdot 1,01 \cdot 1,08 \cdot 1,01 \cdot 1,01 \cdot 1,015 \cdot 1,01 \cdot 1,02 \cdot 1,001 = 515,3 \text{ кг}.$$

Рассчитываем содержание воды в заполнителе, B_3

$$B_3 = Z_{\text{п}} - Z^{\text{сyx}} = 515,3 - 280 = 235,3 \text{ кг(л)}.$$

Рассчитываем расход вяжущего (портландцемента) с учетом заданной марки и его потерь, $\Pi_{\text{п}}$

$$\Pi_{\text{п}} = \Pi \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{тр}} = 770 \cdot 1,05 \cdot 1,07 = 865,1 \text{ кг}.$$

Рассчитываем расход химических добавок с учетом потерь:

– сернокислого алюминия

$$Q_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \text{ХД} \cdot k_{\text{п}}^{\text{хд}} = 7,7 \cdot 1,025 = 7,9 \text{ кг},$$

расход воды для приготовления раствора при этом составит

$$B_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{Q_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} (100 - c)}{c} = \frac{7,9(100 - 21)}{21} = 29,7 \text{ кг(л)},$$

количество рабочего раствора сернокислого алюминия, вводимого в цементно-стружечную смесь составит

$$Q_{\text{рд}} = Q_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} + B_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 7,9 + 29,7 = 37,6 \text{ кг}$$

или

$$Q_{\text{рд}}^* = \frac{Q_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} + B_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}}{\rho_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}} = \frac{37,6}{1,265} = 29,7 \text{ л};$$

– жидкого стекла

количество жидкого стекла с учетом его концентрации составит

$$k_{\text{жс}} = \frac{c_{\text{жс}}}{100} = \frac{38}{100} = 0,38,$$

$$\text{ЖС} = Q_{\text{жс}} \cdot k_{\text{жс}} = 27 \cdot 0,38 = 10,26 \text{ кг};$$

количество воды, уже имеющееся в растворе составит

$$B_{\text{жс}}^* = Q_{\text{жс}} - \text{ЖС} = 27 - 10,26 = 16,74 \text{ кг};$$

количество воды, необходимое для доведения раствора жидкого стекла до рабочей концентрации составит

$$B_{\text{жс}} = \frac{\text{ЖС}(100 - c)}{c} = \frac{10,26(100 - 20)}{20} = 41,04 \text{ л};$$

количество воды, необходимое для приготовления рабочего раствора составит

$$B_{\text{р.р}} = B_{\text{жс}} - B_{\text{жс}}^* = 41,04 - 16,74 = 24,3 \text{ л};$$

количество водного раствора жидкого стекла составит

$$Q_{\text{рд}} = Q_{\text{жс}} + B_{\text{жс}} = 10,26 + 41,04 = 51,3 \text{ кг}$$

или

$$Q_{рд}^* = \frac{Q_{жс} + B_{жс}}{\rho_{жс}} = \frac{51,3}{1,2} = 42,75 \text{ л.}$$

Рассчитываем количество воды с учетом воды, содержащейся в заполнителе и растворе химических добавок

$$B_p = B_n - B_3 - \sum B_i = 460 - 235,3 - 29 - 24,3 = 171,4 \text{ л.}$$

Результаты расчета сводят в итоговую табл. 13.

Т а б л и ц а 13

Компоненты	Наименование	Расход компонентов	
		нормативный	расчетный
Заполнитель	сосна окоренная	280	515,3
Вязущее	портландцемент М400	770	865,1
Химические добавки:	жидкое стекло концентрации 38%	27	10,26
	серноокислый алюминий	7,7	7,9
Вода содержащаяся в растворах химических добавках	жидкое стекло концентрации 38%	–	29,7
	серноокислый алюминий	–	24,3
Вода содержащаяся в заполнителе	–	–	235,3
Вода	–	460	170,7

3.5. Расчет производительности шнекового пресса и теплоты сгорания топливных брикетов

3.5.1. Расчет производительности шнекового пресса [4]

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 11).

Производительность шнекового пресса может быть рассчитана по формуле

$$P = 15 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot k_k \cdot t \cdot n \cdot \rho_n \cdot \Psi \cdot 10^3, \quad (55)$$

где D – диаметр конусного шнека в большем основании, м;

k_k – коэффициент конусности шнека, равен 0,6-0,65;

n – число оборотов шнека, мин⁻¹;

t – шаг витков шнека, м;

ρ_n – насыпная плотность прессуемого материала, т/м³ (г/см³), для древесных сухих опилок;

Ψ – коэффициент наполнения межвитковых впадин шнека, рассчитывается по формуле

$$\Psi = V_o / V_{вт}, \quad (56)$$

где V_0 – объем пространства, занимаемого опилками, см^3 ;

$V_{\text{вт}}$ – объем конусной втулки, см^3 .

Объем конусной втулки, $V_{\text{вт}}$, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{вт}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot L \cdot (R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2), \quad (57)$$

где R_1, R_2 – радиусы, соответственно большого и малого основания конусной втулки, см ;

L – длина втулки, см .

Объем пространства, занимаемого опилками, V_0 , рассчитывается по формуле

$$V_0 = V_{\text{вт}} - V_{\text{шн}}, \quad (58)$$

где $V_{\text{шн}}$ – объем шнека, см^3 .

Объем шнека, $V_{\text{шн}}$, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{шн}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot L \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) + V_{\text{витка}} \cdot z, \quad (59)$$

где r_1, r_2 – радиус, соответственно большого и малого основания конусного шнека, см ;

z – количество витков в шнеке, $z = L / t$;

$V_{\text{витка}}$ – объем одного витка, см^3 .

Среднее значение объема одного витка определяется по формуле

$$V_{\text{витка}} = B \cdot S = B \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2), \quad (60)$$

где B – толщина витка (0,8-1,0 см);

R, r – внешний и внутренний радиус витка, см (обычно разница радиусов составляет 1,0-1,3 см).

Пример расчета производительности шнекового пресса [4].

Исходные данные:

число оборотов шнека, n , мин^{-1} – 600;

шаг витков, t , см – 4,0;

толщина витка, B , см – 1,0;

насыпная плотность прессуемого материала, ρ_n , т/м^3 (г/см^3) – 0,16,

длина втулки и шнека, L , см – 23,5;

диаметр большого основания конусной втулки, см – 9,7;

диаметр малого основания конусной втулки, см – 6,7;

диаметр большого основания конусного шнека, см – 7,8;

диаметр малого основания конусного шнека, см – 5,0;

внешний радиус витка, см – 4,2;

внутренний радиус витка, см – 3,2.

Рассчитываем объем конусной втулки:

$$V_{\text{вт}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot L \cdot (R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2) = \\ = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 23,5 \cdot (4,85^2 + 4,85 \cdot 3,3 + 3,3^2) = 1239,58 \text{ см}^3.$$

Среднее значение объема одного витка составит:

$$V_{\text{витка}} = B \cdot S = B \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) = 1,0 \cdot 3,14 \cdot (4,2^2 - 3,2^2) = 23,24 \text{ см}^3.$$

Количество витков на шнеке составит:

$$z = \frac{L}{t} = \frac{23,5}{4,0} = 5,88 \approx 6.$$

Рассчитываем объем шнека:

$$V_{\text{шн}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot L \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) + V_{\text{витка}} \cdot z = \\ = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 23,5 \cdot (3,9^2 + 3,9 \cdot 2,5 + 2,5^2) + 23,24 \cdot 6 = 907,2 \text{ см}^3.$$

Рассчитываем объем пространства, занимаемого опилками:

$$V_o = V_{\text{вт}} - V_{\text{шн}} = 1239,58 - 907,2 = 332,38 \text{ см}^3.$$

Коэффициент заполнения шнекового пространства составит:

$$\Psi = \frac{V_o}{V_{\text{вт}}} = \frac{332,38}{1239,58} = 0,268.$$

Рассчитываем производительность пресса:

$$\Pi = 15 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot k_k \cdot t \cdot n \cdot \rho_n \cdot \Psi \cdot 10^3 = \\ = 15 \cdot 3,14 \cdot 0,078^2 \cdot 0,63 \cdot 0,04 \cdot 600 \cdot 0,16 \cdot 0,268 \cdot 10^3 = 185,8 \text{ кг/ч}.$$

3.5.2. Расчет теплоты сгорания топливных брикетов

Задание.

1. Рассчитать низшую теплоту сгорания брусковых брикетов из древесины заданной влажности и плотности (см. задание) и построить график зависимости теплоты сгорания от плотности топливных брикетов.
2. Сравнить низшую теплоту сгорания древесины заданной породы и влажности и брусковых брикетов из этой древесины.
3. Рассчитать количество тепла, выделяемого при полном сгорании заданной массы топливных брикетов.

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 13).

Теплота сгорания – это количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании единицы массы топлива. Теплота сгорания, отнесённая к единице массы или объёма топлива, называется удельной теплотой сгорания в кДж/кг (ккал/кг), 1 ккал = 4,1868 кДж.

Теплота сгорания определяется химическим составом горючего вещества.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания. Под *высшей теплотой сгорания* понимают то количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании вещества, включая теплоту конденсации водяных паров при охлаждении продуктов сгорания. *Низшая теплота сгорания* соответствует тому количеству теплоты, которое выделяется при полном сгорании, без учёта теплоты конденсации водяного пара. Теплоту конденсации водяных паров также называют скрытой теплотой сгорания.

Низшая и высшая теплота сгорания связаны соотношением

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}} + k(W + 9H), \quad (61)$$

где k – коэффициент, равный 25 кДж/кг (6 ккал/кг);

W – количество воды в горючем веществе, % (по массе);

H – количество водорода в горючем веществе, % (по массе);

9 – коэффициент, показывающий, что при сгорании 1 кг водорода в соединении с кислородом образуется 9 кг воды.

Низшую удельную теплоту сгорания, $Q_{\text{н}}$, кДж/кг, можно рассчитать по формуле Д.И. Менделеева.

$$Q_{\text{н}} = 339 \cdot C + 1031 \cdot H - 109 \cdot O - 25 \cdot W, \quad (62)$$

где C , k , O – содержание в древесине углерода, водорода и кислорода, % ($C=50\%$, $H=6\%$, O);

W – относительная влажность древесины, % (по массе).

Удельная теплота сгорания слабо зависит от породы древесины, т.к. элементный химический состав различных пород примерно одинаковый. Теплота сгорания древесины хвойных пород является более высокой. Теплота сгорания абсолютно сухой древесины – 19,6-23,0 МДж/кг.

Основным фактором, определяющим теплоту сгорания древесины, является ее влажность. Теплота сгорания снижается с повышением влажности древесины.

В основном теплота сгорания древесной коры и древесины разных пород (кроме березы) примерно одинаковые.

Удельную низшую теплоту сгорания коры, $Q_{\text{н}}^{\text{к}}$, кДж/кг, можно рассчитать по эмпирической формуле

$$Q_{\text{н}}^{\text{к}} = 19000 - 230 \cdot W. \quad (63)$$

При определении удельной низшей теплоты сгорания прессованного древесного топлива, $Q_H^{д.т}$, кДж/кг, пользуются формулой, учитывающей плотность прессуемого материала

$$Q_H^{д.т} = Q_H \cdot \rho_{др}, \quad (64)$$

где Q_H – удельная низшая теплота сгорания материала, из которого изготовлен брикет, кДж/кг;

$\rho_{др}$ – плотность материала, кг/м³.

Как видно из формулы при постоянной удельной теплоте сгорания древесины, Q_H , величина теплоты зависит от плотности сгораемого материала.

Плотность некоторых пород древесины при стандартной 12 %-й влажности, приведена в табл.14.

Т а б л и ц а 14

Плотность древесины различных пород при 12% влажности

Порода древесины	Средняя плотность, кг/м ³
Сосна	520
Кора сосны	680
Ель	450
Кора ели	730
Береза	630
Липа	530
Дуб	690
Бук	650
Осина	510
Ольха	520
Клен	650
Лиственница	660
Ясень	750

Зная удельную теплоту сгорания материала можно рассчитать количество тепла, Q , ккал, выделяемого при полном сгорании топлива любой массы по формуле

$$Q = Q_H^{д.т} \cdot m, \quad (65)$$

где $Q_H^{д.т}$ – удельная теплота сгорания, ккал/кг;

m – масса материала, кг.

Пример расчета теплоты сгорания.

Задание. Рассчитать низшую теплоту сгорания брусковых брикетов из древесины осины влажностью 10 % различной плотности (1000, 1100, 1200, 1300, 1400 кг/м³) и построить график зависимости теплоты сгорания от плотности топливных брикетов.

Сравнить низшую теплоту сгорания древесины осины влажностью 10% и брусковых брикетов из этой древесины.

Рассчитать количество тепла, выделяемого при полном сгорании 1 т топливных брикетов плотностью 1000 кг/м³.

Решение.

Определяем низшую температуру сгорания древесины влажностью 10% по формуле (56).

$$Q_H = 339 \cdot C + 1031 \cdot H - 109 \cdot O - 25 \cdot W = \\ = 339 \cdot 50 + 1031 \cdot 6 - 109 \cdot 43 - 25 \cdot 10 = 18199 \text{ кДж/кг (4346,7 ккал/кг)}.$$

Выражаем эту величину теплоты через объем (для древесины осины):

$$Q_H^{oc} = Q_H \cdot \rho_{oc} = 4346,7 \cdot 510 = 2216817 \text{ ккал/м}^3.$$

Рассчитываем низшую теплоту сгорания топливных брикетов из осины различной плотности:

$$Q_{H1}^{д.т} = 4346,7 \text{ ккал/кг} \times 1000 \text{ кг/м}^3 = 4346700 \text{ ккал/м}^3,$$

$$Q_{H2}^{д.т} = 4346,7 \text{ ккал/кг} \times 1100 \text{ кг/м}^3 = 4781370 \text{ ккал/м}^3,$$

$$Q_{H3}^{д.т} = 4346,7 \text{ ккал/кг} \times 1200 \text{ кг/м}^3 = 5216040 \text{ ккал/м}^3,$$

$$Q_{H4}^{д.т} = 4346,7 \text{ ккал/кг} \times 1300 \text{ кг/м}^3 = 5650710 \text{ ккал/м}^3,$$

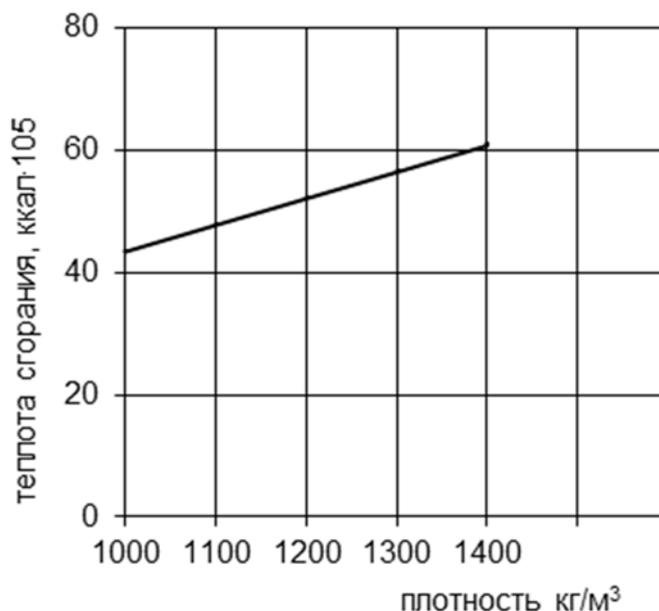
$$Q_{H5}^{д.т} = 4346,7 \text{ ккал/кг} \times 1400 \text{ кг/м}^3 = 6085380 \text{ ккал/м}^3.$$

Сравнивая полученные данные видно, что у брикетов из осины плотность 1000 кг/м³ теплота сгорания в 2 раза выше, чем у древесины осины (4346700/2216817), а у брикетов плотность 1400 кг/м³ в 2,7 раза.

Рассчитываем количество тепла, выделяемого при полном сгорании 1 тонны топливных брикетов плотностью 1000 кг/м³:

$$Q = Q_H^{д.т} \cdot m = 4346700 \cdot 1000 = 4346700000 \text{ ккал} = 4346700 \text{ Мкал}.$$

Строим график зависимости теплоты сгорания от плотности топливных брикетов.



Как видно из полученных данных с повышением плотности топливных брикетов теплота сгорания увеличивается.

3.6. Выбор оборудования для производства древесной муки

Исходные данные для расчета выбираются в зависимости от выданного варианта (прил. 14).

Проектирование линии по производству древесной муки начинается с определения необходимой производительности. Она в первую очередь зависит от количества и вида исходного сырья (древесных отходов).

Расчет необходимой производительности измельчающего оборудования проводят в следующей последовательности.

Рассчитывают годовой эффективный фонд времени работы оборудования, в днях, по формуле

$$\Phi_{\text{д}} = D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{п}} - D_{\text{кр}} \quad (66)$$

где $D_{\text{к}}$ – число календарных дней в году;

$D_{\text{в}}$ – число выходных дней в году;

$D_{\text{п}}$ – число праздничных дней в году;

$D_{\text{кр}}$ – дни на капитальный ремонт оборудования, принимаем 10 дней.

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования, ч, рассчитывают по формуле

$$\Phi_{\text{ч}} = 0,7 \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot n, \quad (67)$$

где $\Phi_{\text{д}}$ – годовой эффективный фонд времени работы оборудования, в днях;

$T_{\text{ср}}$ – средняя продолжительность смены, ч;

n – количество смен в рабочем дне;

0,7 – коэффициент использования оборудования.

Средняя продолжительность смены составит:

$$T_{\text{ср}} = 24/3 = 8 \text{ ч.} \quad (68)$$

Определяют массу имеющегося сырья.

В разрыхленном состоянии опилки занимают больший объем, чем объем плотной древесины. Плотность разрыхленных мягких отходов определяют по формуле

$$\rho_{\text{отх}} = k_{\text{пд}} \cdot \rho_{\text{др}}, \quad (69)$$

где $\rho_{\text{отх}}$ – плотность (масса) 1 м³ древесных отходов, кг/м³;

$k_{\text{пд}}$ – коэффициент полнодревесности (табл.15);

$\rho_{\text{др}}$ – средняя плотность массивной древесины, кг/м³.

Коэффициенты полнодревесности для некоторых типов частиц приведены в табл. 15.

Средняя плотность древесины при стандартной 12% влажности приведена в прил. 15.

Среднюю плотность древесины при заданной влажности рассчитывают по формуле

$$\rho_m^w = \frac{\rho_m^{12}}{[1 + 0,01 \cdot (1 - K_o) \cdot (12 - W)]}, \quad (70)$$

где K_o – коэффициент объёмной усушки, %;

W – влажность образца, %.

Т а б л и ц а 15

Коэффициенты полндревесности

Тип древесных ча- стиц	Щепа всех классов	Щепа-дроб- ленка	Стружка лиственная	Стружка хвойная	Опилки не слежавшиеся
Коэффициент пол- нодревесности $k_{пд}$	0,338	0,375	0,110	0,130	0,250

Коэффициент объёмной усушки принимают равным: для берёзы, бука и лиственницы $K_o = 0,6$, для прочих пород $K_o = 0,5$.

Среднюю плотность древесины при заданной влажности можно также рассчитать по формуле

$$\rho_m^w = \rho_m^{12} \cdot K_{12}, \quad (71)$$

где K_{12} – коэффициент пересчета, принимаемый из табл. 16.

Т а б л и ц а 16

Коэффициент пересчета, K_{12}

Влажность древесины W , %	Коэффициент K_{12} для пород		Влажность древесины W , %	Коэффициент K_{12} для пород	
	береза, бук граб, лиственница	осталь- ные		береза, бук, граб, лиственница	остальные
5	0,980	0,972	18	1,013	1,020
6	0,983	0,977	19	1,014	1,023
7	0,986	0,981	20	1,016	1,026
8	0,989	0,985	21	1,018	1,029
9	0,992	0,989	22	1,019	1,031
10	0,995	0,993	23	1,020	1,034
11	0,997	0,996	24	1,021	1,036
12	1,000	1,000	25	1,022	1,039
13	1,002	1,004	26	1,023	1,041
14	1,005	1,007	27	1,024	1,043
15	1,007	1,010	28	1,025	1,046
16	1,009	1,014	29	1,025	1,048
17	1,011	1,014	30	1,026	1,050

Если влажность древесины более 30%, коэффициент вычисляется по формулам:

для бука, граба и лиственницы

$$K_{12}^w = \frac{100 + W}{127}, \quad (72)$$

для остальных пород

$$K_{12}^w = \frac{100 + W}{124}, \quad (73)$$

где W – влажность образца в момент испытания, %.

Количество (массу) имеющегося древесного сырья рассчитываем по формуле

$$m_{\text{отх}} = \rho_{\text{отх}} \cdot V_{\text{отх}}, \quad (74)$$

где $V_{\text{отх}}$ – объем имеющихся древесных отходов (см. задание).

Определив годовой эффективный фонд времени работы оборудования (в часах) и количество (масса) имеющихся древесных отходов, рассчитывают ориентировочную производительность измельчающего оборудования по формуле

$$\Pi = \frac{m_{\text{отх}}}{\Phi_{\text{ч}}}. \quad (88)$$

По ориентировочной производительности подбирают оборудование (прил. 12).

Пример расчета ориентировочной производительности измельчающего оборудования.

Исходные данные:

тип древесных частиц – стружка лиственничная;

порода древесины – береза;

влажность древесных отходов, % – 28;

количество рабочих смен – 1;

объем имеющихся древесных отходов, м³/год – 6000.

Рассчитываем годовой эффективный фонд времени работы оборудования, в днях:

$$\Phi_{\text{д}} = D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{п}} - D_{\text{кр}} = 365 - 104 - 12 - 10 = 239 \text{ дн.}$$

Годовой эффективный фонд времени работы оборудования (в часах) составит:

$$\Phi_{\text{ч}} = 0,7 \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot n = 0,7 \cdot 239 \cdot 8 \cdot 1 = 1338,4 \text{ ч}$$

Рассчитываем среднюю плотность древесины березы при 28%-й влажности.

Средняя плотность березы при стандартной 12%-й влажности составляет 0,65 г/см³ (650 кг/м³) (прил.15).

Средняя плотность древесины березы при 28%-й влажности, составит:

$$\rho_m^w = \rho_m^{12} \cdot K_{12} = 650 \cdot 1,025 = 666,25 \text{ кг/м}^3$$

Рассчитываем плотность разрыхленных мягких отходов:

$$\rho_{\text{отх}} = k_{\text{пд}} \cdot \rho_{\text{др}} = 0,11 \cdot 666,25 = 73,28 \text{ кг/м}^3$$

Рассчитываем количество (массу) имеющегося древесного сырья:

$$m_{\text{отх}} = \rho_{\text{отх}} \cdot V_{\text{отх}} = 73,28 \cdot 6000 = 439680 \text{ кг}$$

Рассчитываем ориентировочную производительность измельчающего оборудования:

$$\Pi = \frac{m_{\text{отх}}}{\Phi_{\text{ч}}} = \frac{439680}{1338,4} = 328 \text{ кг/ч.}$$

По ориентировочной производительности подбираем оборудование (прил. 12).

Например: молотковую мельницу для изготовления древесной муки марки WA-MHW45/300 (Китай).

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 использование древесины [Текст]: метод. указания / М.В. Цыгарова. – Ухта: УГТУ, 2007. – 55 с.
8. Конаков С.И. Комплексное использование 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.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ФГОБУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАДАНИЕ

На курсовую работу по дисциплине «Способы переработки отходов деревообрабатывающих производств»

Студенту группы _____

Дата выдачи _____ срок сдачи _____

ТЕМА РАБОТЫ

(технология изготовления)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные для технологических расчетов выбираются в зависимости от номера варианта (приложение № ____).

Вариант № _____

СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка объемом 15...20 с. должна включать следующие разделы:

1. Введение.
2. Характеристика выпускаемой продукции по стандарту.
3. Схема и описание технологического процесса.
4. Технологические расчеты.
5. Список использованной литературы.

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологическая схема производства (формат А1)

Руководитель работы _____

(ФИО преподавателя)

Задание принял к исполнению _____

подпись

дата

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГОБУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра «Технологии строительных материалов и деревообработки»

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовой работе по дисциплине
«Способы переработки отходов деревообрабатывающих производств»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА _____
(технологической щепы или топливных брикетов и т.п.)

Выполнил: студент гр. ТЛДП-31
(Ф.И.О.)

Проверил:
(Ф.И.О.)

Оценка:

Дата:

Пенза 20 ____ г.

Исходные данные для выполнения технологического расчета стационарной рубильной машины [7]

Показатели	Значение исходных данных в зависимости от варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина щепы $l_{щ}$, мм	35	15	25	12	18	35	25	15	18	20
Порода древесины	С	Е	Б	Ос	Лц	С	Е	Б	Ос	Лц
Состояние древесины	древесина положительной температуры									
Направление выброса щепы	вверх					вниз				
Диаметр диска D , м	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,2	2,5	1,0	1,4	1,6
Толщина диска H_d , м	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,12	0,22	0,12	0,15	0,16
Угловая скорость вращения диска ω , рад/с	50	60	55	50	60	45	30	45	20	40
Углы наклона загрузочного патрона в плоскости, град.: вертикальной α_x горизонтальной α_y	0 40	0 40	45 45	45 50	0 40	45 45	0 40	45 45	45 50	0 40
Размеры патрона, мм: высота H ширина B	200 250	300 300	400 400	250 250	400 350	200 250	300 300	400 400	250 250	400 350
Длина ножей l_n , м	0,3	0,35	0,40	0,50	0,50	0,35	0,70	0,30	0,35	0,50
Коэффициент затупления режущих ножей K_4	1,20	1,25	1,16	1,12	1,15	1,0	1,1	1,05	1,15	1,18
Вид измельчаемого сырья	вершинная часть					кологая древесина				
Скорость надвигания U_n , м/с	1,0	0,6	0,8	1,0	0,7	0,6	1,0	0,8	0,6	0,8
						горбыль, рейки				
						круглые лесоматериалы				
						ветки				

П р и м е ч а н и е : С – сосна, Е – ель, Б – береза, Ос – осина, Лц – лиственница.

Приложение 4
Исходные данные для выполнения технологического расчета передвижной рубильной машины [7]

Показатели	Значение исходных данных в зависимости от варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Порода древесины	сосна					ель				
Состояние древесины	древесина положительной температуры					древесина положительной температуры				
Влажность древесины	25	28	30	35	40	45	50	55	57	30
Средний диаметр перерабатываемого сырья d , см	25	30	28	16	12	20	32	28	18	16
Требуемая длина щелы $l_{щ}$, мм	7	10	14	5	20	11	25	28	30	32
Длина измельчаемого древесного сырья $l_{дс}$, м	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	2,2	2,8	3,6	4,0
Коэффициент перегрузки двигателя k_n	1,1	1,2	1,3	1,15	1,25	1,1	1,2	1,3	1,15	1,25
Коэффициент полезного действия передачи η	0,75	0,85	0,90	0,88	0,78	0,92	0,86	0,79	0,85	0,70
Коэффициент, учитывающий затупление режущих ножей a_p	1,0	1,1	1,05	1,15	1,18	1,2	1,25	1,16	1,12	1,15
Угол встречи вектора скорости резания с направлением волокон древесины φ_1 , град.	45	46	47	48	49	50	45	46	47	48
Угол наклона φ_2 , град.	15	20	25	30	35	40	45	50	30	15
Количество режущих ножей на диске Z , шт.	2		3		4		2		3	
Диаметр ножевого диска D , мм	1150		850		650		1750		1500	
Толщина диска H , м	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,12	0,22	0,12	0,15	0,16
Частота вращения ножевого диска n , мин ⁻¹	700	1000	800	650	500	1000	1000	1000	850	700

Исходные данные к расчету состава арболитовой смеси [8]

№ варианта	Древесный наполнитель			Марка порг-ландцемента	Химическая добавка		Проектируемые характеристики арболита	
	вид наполнителя	влажность, %	насыпная плотность, кг/м ³		наименование	концентрация раствора, %	класс по прочности	плотность в сухом состоянии, кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород	60	280	500	хлорид кальция	10	B 0,35	450
2	Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	80	310	300	стекло натриево жидкое	34	B 0,75	420
3	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	20	150	400	стекло натриево жидкое	38	B 1,0	580
4	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	76	250	600	комплексная добавка	15	B 2,0	630
5	Одубина	95	350	400	хлорид кальция	10	B 2,5	780
6	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	68	250	550	стекло натриево жидкое	36	B 0,35	650
7	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	87	300	500	хлорид кальция	24	B 0,75	750
8	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород	72	220	400	стекло натриево жидкое	40	B 1,0	470
9	Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	48	180	300	хлорид кальция	20	B 2,0	600

Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	67	180	550	нитрат кальция	25	В 2,5	430
11	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	83	298	600	комплексная добавка	20	В 2,5	615
12	Дробленка из отходов лесозаготовки хвойных пород	58	360	300	стекло натрияевое жидкое	41	В 0,75	673
13	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	45	195	400	нитрат кальция	30	В 0,35	430
14	Одубина	77	386	500	хлорид кальция	23	В 2,0	750
15	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	41	210	550	комплексная добавка	20	В 2,0	490
16	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	86	168	400	стекло натрияевое жидкое	48	В 1,0	413
17	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	54	200	300	нитрат кальция	28	В 0,75	520
18	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	48	176	400	хлорид кальция	30	В 0,75	515
19	Дробленка из отходов лесопиления и деревообработки смешанных пород	25	146	500	стекло натрияевое жидкое	37	В 0,35	480
20	Дробленка из отходов лесозаготовки смешанных пород	39	320	550	комплексная добавка	25	В 2,0	670

Исходные данные к расчету состава цементно-стружечной смеси [8]

Номер варианта	Марка ЦСП	Характеристика древесного заполнителя (резаная стружка)			Марка вяжущего (ПЦ)	Характеристика химических добавок	
		состояние древесины	порода древесины	влажность, %		наименование	требуемая концентрация
1	ЦСП-1	окошенная, выдержанная	сосна	80	М 400	ЖС ($C_{ЖС}=40\%$) $Al_2(SO_4)_3$	18 20
2	ЦСП-2	неокошенная, выдержанная	ель	95	М 500	ЖС ($C_{ЖС}=35\%$) $Al_2(SO_4)_3$	22 14
3	ЦСП-2	неокошенная, выдержанная	береза	76	М 500	ЖС ($C_{ЖС}=20\%$) $Al_2(SO_4)_3$	16 26
4	ЦСП-1	окошенная, выдержанная	ель-50% береза -50%	65	М 400	ЖС ($C_{ЖС}=25\%$) $Al_2(SO_4)_3$	24 22
5	ЦСП-1	невыдержанная, неокошенная	осина	102	М 400	$CaCl_2$ CaO	31 24,6
6	ЦСП-2	окошенная, выдержанная	осина	58	М 400	$CaCl_2$ CaO	21 23,92
7	ЦСП-2	невыдержанная, неокошенная	береза	72	М 500	$CaCl_2$ CaO	18 23,24
8	ЦСП-1	окошенная, выдержанная	ель	84	М 500	ЖС ($C_{ЖС}=35\%$) $Al_2(SO_4)_3$	20 16
9	ЦСП-1	неокошенная, выдержанная	сосна	90	М 400	ЖС ($C_{ЖС}=38\%$) $Al_2(SO_4)_3$	26 28
10	ЦСП-2	окошенная, выдержанная	ель-50% береза -50%	78	М 500	ЖС ($C_{ЖС}=50\%$) $Al_2(SO_4)_3$	38 24

Окончание прил. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
11	ЦСП-2	окоренная, выдержанная	береза	61	М 500	ЖС (С _{ЖС} =55%) Al ₂ (SO ₄) ₃	30 20
12	ЦСП-1	окоренная, выдержанная	осина	54	М 500	CaCl ₂ CaO	20 22,55
13	ЦСП-1	невывержанная, окоренная	береза	68	М 400	CaCl ₂ CaO	12 21,84
14	ЦСП-2	невывержанная, неокоренная	осина	96	М 400	CaCl ₂ CaO	19 21,12
15	ЦСП-1	окоренная, выдержанная	ель-50% береза -50%	60	М 400	ЖС (С _{ЖС} =38%) Al ₂ (SO ₄) ₃	21 14
16	ЦСП-1	окоренная, выдержанная	сосна	88	М 400	ЖС (С _{ЖС} =45%) Al ₂ (SO ₄) ₃	34 24
17	ЦСП-2	невывержанная, неокоренная	осина	67	М 500	CaCl ₂ CaO	16 20,14
18	ЦСП-2	неокоренная, выдержанная	ель	52	М 500	ЖС (С _{ЖС} =36%) Al ₂ (SO ₄) ₃	16 18
19	ЦСП-1	невывержанная, неокоренная	береза	70	М 500	CaCl ₂ CaO	31 23,92
20	ЦСП-1	окоренная, выдержанная	осина	56	М 400	CaCl ₂ CaO	28 24,6

Приложение 7

Содержание хлорида кальция CaCl₂ в растворах различной концентрации

Концентрация раствора, %	Плотность раствора при 20°C, г/см ³	Содержание безводного CaCl ₂ , кг	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
2	1,015	0,02	0,02
4	1,032	0,041	0,04
6	1,049	0,063	0,06
8	1,066	0,085	0,08
10	1,084	0,108	0,1
12	1,102	0,132	0,12
14	1,12	0,157	0,14
16	1,139	0,182	0,16
17	1,148	0,195	0,17
18	1,158	0,209	0,18
19	1,168	0,222	0,19
20	1,178	0,236	0,20
21	1,18	0,25	0,21
22	1,198	0,265	0,22
23	1,208	0,278	0,23
24	1,218	0,293	0,24
25	1,228	0,307	0,25
26	1,239	0,322	0,26
27	1,249	0,377	0,27
28	1,26	0,353	0,28
29	1,271	0,369	0,29
30	1,282	0,385	0,3
31	1,293	0,401	0,31
32	1,304	0,417	0,32
34	1,326	0,451	0,34
36	1,35	0,486	0,36
38	1,374	0,522	0,38
40	1,396	0,558	0,4

Приложение 8

Содержание негашеной CaO и гашеной извести Ca(OH)₂ в известковом растворе различной средней плотности

Плотность раствора при 20°C, г/см ³	CaO		Ca(OH) ₂	
	концентрация, %	в 1 л раствора, г	концентрация, %	в 1 л раствора, г
1,0085	0,99	10	1,31	13,2
1,0170	1,96	20	2,59	26,4
1,0245	2,93	30	3,87	39,6
1,0315	3,88	40	5,13	52,8
1,0390	4,81	50	6,36	66,1
1,0460	5,74	60	7,58	79,3
1,0535	6,65	70	8,79	92,5
1,0605	7,54	80	9,96	105,7
1,0675	8,43	90	11,14	118,9
1,0750	9,30	100	12,29	132,1
1,0825	10,16	110	13,43	145,3
1,0895	11,01	120	14,55	158,6
1,0965	11,86	130	15,67	171,8
1,1040	12,68	140	16,76	185,0
1,1110	13,50	150	17,84	198,2
1,1185	14,30	160	18,90	211,4
1,1255	15,10	170	19,95	224,6
1,1325	15,89	180	21,00	237,9
1,1400	16,67	190	22,03	251,1
1,1545	18,19	210	24,04	277,5
1,1615	18,94	220	25,03	290,71
1,1685	19,68	230	26,1	303,9
1,1760	20,41	240	26,96	317,1
1,1835	21,12	250	27,91	330,4
1,1905	21,84	260	28,86	343,6
1,1975	22,55	270	29,80	356,8
1,2050	23,24	280	30,71	370,0
1,2125	23,92	290	31,61	383,2
1,2195	24,60	300	32,51	396,4

Приложение 9
Содержание алюминия сернокислого $Al_2(SO_4)_3$
в растворах различной концентрации

Концентрация раствора, %	Плотность раствора при 20°C, г/см ³	Содержание безводного $Al_2(SO_4)_3$, кг, в 1 л раствора	Концентрация раствора, %	Плотность раствора при 20°C, г/см ³	Содержание безводного $Al_2(SO_4)_3$, кг, в 1 л раствора
1	1,009	0,0101	16	1,176	0,1882
2	1,019	0,0204	18	1,201	0,2162
4	1,040	0,0416	20	1,226	0,2452
6	1,061	0,0636	22	1,252	0,2754
8	1,083	0,0866	24	1,278	0,3067
10	1,105	0,1105	26	1,306	0,3396
12	1,129	0,1355	28	1,333	0,3752
14	1,152	0,1613			

Приложение 10
Содержание нитрата кальция $Ca(NO_3)_2$
в растворах различной концентрации

Концентрация раствора, %	Плотность раствора при 20°C, г/см ³	Содержание безводного $Ca(NO_3)_2$, кг	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
1	1,010	0,010	0,01
2	1,014	0,020	0,02
3	1,021	0,031	0,03
4	1,029	0,041	0,04
5	1,037	0,052	0,05
6	1,045	0,063	0,06
7	1,050	0,074	0,07
8	1,055	0,084	0,08
9	1,062	0,095	0,09
10	1,077	0,103	0,10
15	1,117	0,173	0,15
20	1,154	0,233	0,20
25	1,211	0,303	0,25
30	1,259	0,378	0,30
35	1,311	0,459	0,35

Исходные данные к расчету производительности шнекового пресса

Показатели	Значение исходных данных в зависимости от варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число оборотов шнека n , мин ⁻¹	600	650	700	1000	600	800	500	600	650	700
шаг витков t , см	4,5	5,0	4,0	4,0	4,3	4,4	4,1	4,0	4,5	4,5
Толщина витка B , см	1,1	1,2	1,0	1,0	1,05	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
Насыпная плотность пресуемого материала ρ_n , т/м ³ (г/см ³)	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,16
Длина втулки и шнека L , см	24,2	26,0	23,5	23,5	23,8	24,0	23,6	23,5	24,2	25,0
Диаметр большого основания конусной втулки, см	9,7	9,8	9,6	9,7	9,9	10,1	9,5	9,7	9,9	9,8
Диаметр малого основания конусной втулки, см	6,7	6,8	6,6	6,7	6,8	7,5	6,5	6,7	6,9	6,8
Диаметр большого основания конусного шнека, см	7,8	7,9	7,7	7,8	8,0	8,2	7,8	7,8	8,0	7,9
Диаметр малого основания конусного шнека, см	5,0	5,1	4,9	5,0	5,2	5,4	5,0	5,0	5,2	5,1
Внешний радиус витка, см	4,2	4,3	4,1	4,2	4,25	4,4	4,2	4,2	4,25	4,3
Внутренний радиус витка, см	3,2	3,2	3,0	3,0	3,25	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3

Приложение 12

Технические характеристики оборудования для изготовления древесной муки

Показатели	Марки оборудования									
	ТУМФ-800 (Китай)	ТУМФ-900 (Китай)	Установка АС-3-1000	«Микро- силема- ДМ» (Рос- сия)	Комплект оборудования ООО «СПиКо» (Россия)			WA- MHW37 /200 (Китай)	WA- MHW45 /300 (Китай)	WA- MHW55 /400 (Китай)
Производи- тельность, кг/ч	марка 300- <100	марка 300- <200	100	0,05-2 м³/ч	500			200-300	300-400	400-500
	марка 150- < 50	марка 150- < 100								
	марка 100- < 40	марка 100- < 80								
Размер сырья на входе, мм	ø < 40	ø < 50	60x30 x5	20	опилки, струж- ки, щепы, неде- ловая древе- сина(балансы, горбыль и т.д.)	опилки, стружки, щепы	10	10	10	
Допустимая влажность, %, не более	6	6	50	30	50			10	10	10
Мощность двигателя, кВт	30+7.5+2	55+11+5.5	100- 150	38,8	245	190	145	37	45	55
Размеры, мм	7000×2500 ×4300	7000×2800 ×4300		5370×2170 ×3160	30000×20500× 8700	26000× 20500×8700	19000× 14000× 8700	-	-	-

Приложение 13

Исходные данные к расчету теплоты сгорания топливных брикетов

№ варианта	Порода древесины	Влажность материала, %	Плотность материала, кг/м ³	Масса материала, кг
1	сосна	8	1000,1100,1200,1300,14000	2000
2	кора сосны	10	950, 1050, 1150, 1250, 1350	1000
3	ель	12	1050, 1150, 1250, 1350, 1450	500
4	кора ели	14	1000,1100,1200,1300,14000	1500
5	береза	6	900, 1000,1100, 1200, 1300	2500
6	липа	11	1050, 1150, 1250, 1350, 1450	3000
7	дуб	13	1100, 1200, 13000, 14000, 1500	1000
8	осина	16	1000,1100,1200,1300,14000	750
9	ольха	9	950, 1050, 1150, 1250, 1350	960
10	клен	10	900, 1000,1100, 1200, 1300	1050
11	лиственница	6	1000,1100,1200,1300,14000	1100
12	сосна	7	950, 1050, 1150, 1250, 1350	1200
13	кора сосны	13	1000,1100,1200,1300,14000	1000
14	ель	10	1050, 1150, 1250, 1350, 1450	1660
15	кора ели	11	900, 1000,1100, 1200, 1300	950
16	береза	12	1000,1100,1200,1300,14000	1400
17	осина	14	950, 1050, 1150, 1250, 1350	2100
18	липа	8	1000,1100,1200,1300,14000	600
19	лиственница	9	1050, 1150, 1250, 1350, 1450	820
20	дуб	15	1100, 1200, 13000, 14000, 1500	1080

Приложение 14

Исходные данные к подбору оборудования
для изготовления древесной муки

№ варианта	Показатели				
	Тип древесных частиц	Порода древесины	Влажность древесных отходов	Объем древесных отходов, м ³ /год	Количество рабочих смен
1	щепа всех классов	сосна	10	4000	1
2	щепа-дробленка	ольха	46	2000	1
3	стружка листовенная	береза	18	6000	2
4	стружка хвойная	сосна	24	1050	1
5	опилки не слежавшиеся	осина	15	3100	1
6	щепа всех классов	береза	33	4200	1
7	щепа-дробленка	сосна	49	500	1
8	стружка листовенная	осина	28	720	1
9	стружка хвойная	ель	21	1100	1
10	опилки не слежавшиеся	липа	32	7000	2
11	щепа всех классов	лиственница	16	10000	2
12	щепа-дробленка	береза	25	1600	1
13	стружка листовенная	дуб	37	2500	1
14	стружка хвойная	пихта	41	3400	1
15	опилки не слежавшиеся	осина	9	820	1
16	щепа всех классов	береза	19	1070	1
17	щепа-дробленка	дуб	38	18000	2
18	стружка листовенная	липа	43	530	1
19	стружка хвойная	лиственница	11	5050	1
20	опилки не слежавшиеся	сосна	27	8000	2

Приложение 15

Плотность некоторых древесных пород (при влажности 12%)

Древесная порода	Плотность, г/см ³
<i><u>Хвойные породы</u></i>	
Лиственница	0,66
Сосна	0,52
Ель	0,45
Кедр сибирский	0,44
Пихта	0,39
<i><u>Лиственные породы</u></i>	
Граб	0,80
Дуб	0,69
Клён белый (явор)	0,65
Ясень	0,75
Бук	0,68
Берёза	0,65
Липа	0,53
Осина	0,51
Ива	0,46
Ольха	0,49
Конский каштан	0,56
Каштан съедобный	0,59
Черемуха	0,61
Орех грецкий	0,64
Вишня	0,66
Слива	0,80
Вяз гладкий	0,66
Груша	0,69
Яблоня	0,90
Тополь серый	0,55
Платан (чинар)	0,70
Самшит	0,96
Хурма эбеновая	1,08

Примечание: В абсолютно сухом состоянии плотность древесных пород на 20-40% ниже, чем указанная в таблице.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	7
2. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	7
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	8
3.1. Технологические расчеты стационарной рубильной машины.....	8
3.2. Технологические расчеты передвижной рубильной машины.....	14
3.3. Расчет состава арболитовой смеси	21
3.4. Расчет состава цементно-стружечной смеси.....	26
3.5. Расчет производительности шнекового пресса и теплоты сгорания топливных брикетов	31
3.5.1. Расчет производительности шнекового пресса [4]	31
3.5.2. Расчет теплоты сгорания топливных брикетов	33
3.6. Выбор оборудования для производства древесной муки	37
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	40
ПРИЛОЖЕНИЯ	41

Учебное издание

Кислицына Светлана Николаевна

**СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Учебно-методическое пособие

для выполнения курсовой работы по направлению подготовки

35.03.02 «Технология лесозаготовительных

и деревоперерабатывающих производств»

В авторской редакции

Вёрстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 17.06.16. Формат 60x84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 3,5.

Уч.-изд. л. 3,75.

Тираж 80 экз.

Заказ № 403.

Издательство ПГУАС.

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.