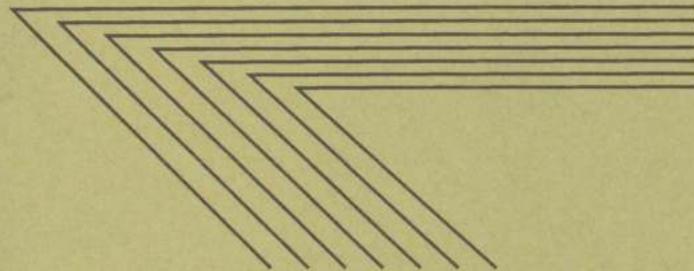


Л.В. Мельникова  
Ю.А. Сёмочкин  
И.И. Шубина

ТЕХНОЛОГИЯ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО МГУ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

Л. В. Мельникова, Ю. А. Сёмочкин, И. И. Шубина

### ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия к курсовой и  
расчетно-графической работе для студентов специальностей  
250403 Технология деревообработки  
и 240406 Технология химической переработки древесины,  
специализации 260305

4-е издание, переработанное и дополненное



Москва  
Издательство Московского государственного университета леса  
2008

УДК 674.8  
М48

*Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. на основе примерной программы дисциплины «Технология композиционных материалов»*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор В. Г. Бирюков;  
заведующий лабораторией древесных плит НИПТИ  
МОСМАШ, кандидат технических наук Г. В. Пресман

Работа подготовлена на кафедре технологии древесных плит и пластиков

**Мельникова, Л. В.**  
М48 Технология композиционных материалов : учеб. пособие / Л. В. Мельникова, Ю. А. Сёмочкин, И. И. Шубина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 43 с.

УДК 674.8

© Л. В. Мельникова, А. Ю. Сёмочкин,  
И. И. Шубина, 2005  
© ГОУ ВПО МГУЛ, 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Выполнение курсовой или расчетно-графической работы является завершающим этапом в изучении дисциплины "Технология древесных композиционных материалов". Курсовая и расчетно-графическая работа помогает студентам закрепить и углубить полученные знания и навыки в проектировании технологических линий по производству древесно-минеральных и древесно-полимерных композиционных материалов и изделий на примере цехов по выпуску изделий из древесно-прессовочных масс и цементно-стружечных плит.

Данное учебное пособие также может быть использовано для выполнения дипломного проекта по тематике дисциплины "Технология древесных композиционных материалов".

При проектировании цехов заданной мощности для предусмотренной задачей программы необходимо выбрать наиболее рациональный вариант технологического решения поставленной задачи на основе современного оборудования. Особое внимание должно быть уделено расчету сырьевых материалов и выбору наиболее рациональных режимов переработки, что в конечном итоге обеспечивает заданные технико-экономические показатели проектируемых объектов, которые должны соответствовать среднеотраслевым нормативам.

Расчетно-графическая работа выполняется студентами специальности 260200 и отличается от курсовой работы тем, что в расчетной части выполняются только расчет производительности пресса, пооперационный расчет сырья, химических добавок и воды. В технологической части работы осуществляется выбор и описание технологического процесса и оборудования. Графическая часть работы должна быть представлена схемой технологического процесса, выполненной на листе формата А3 или А4.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Состав расчетно-графической работы

В состав РГР входит расчетно-пояснительная записка и графическая часть. Расчетно-пояснительная записка состоит из введения, технологической и расчетных частей и заключения.

Во введении раскрываются основные характеристики материалов, области их применения, перспективы развития отрасли, а также основные положения, принятые при проектировании.

Технологическая часть содержит выбор и описание технологического процесса, расчеты сырья и оборудования.

Расчетная часть включает в себя: определение производительности и количества оборудования, которое обеспечит выполнение данной годовой программы, расчеты сырья, связующего (вяжущего) и химических добавок, пооперационный расчет сырья, оборудования и площадей складских помещений.

В заключении приводятся краткие технико-экономические показатели спроектированного предприятия: расход сырья, связующего (вяжущего), химических добавок, воды на программу, а также численность рабочих, расход пара и электроэнергии (по укрупненным показателям). В конце записки приводится список использованной литературы.

Графической частью работы является схема принятого технологического процесса производства, выполненная на листе формата А3 или А4.

### 1.2. Расчет годового фонда рабочего времени оборудования

Производство цементно-стружечных плит, а также древесных пресс-масс и изделий из них обычно осуществляется на предприятиях, работающих в три смены по трехбригадному графику. Средняя продолжительность смены составляет при таком режиме работы 7,69 часов. Фонд рабочего времени приведен в табл. 1.

Таблица 1

Годовой фонд рабочего времени

Нерабочие дни	Количество
Праздничные дни	8
Капитальный ремонт	10
Дни отдыха	67
Итого нерабочих дней	105
Число рабочих дней в году	260

По этому графику текущий ремонт оборудования производится в выходные и праздничные дни, а капитальный – в специальные дни (10 дней).

Число рабочих часов в году

$$T_{\text{год}} = T_{\text{дн}} \times T_{\text{см}} \times T_{\text{ср}} \quad (1)$$

где  $T_{\text{дн}}$  – число рабочих дней в году 260;

$T_{\text{см}}$  – число смен 3;

$T_{\text{ср}}$  – средняя продолжительность смены 7,69 ч;

$$T_{\text{год}} = 260 \times 3 \times 7,69 \approx 6000.$$

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДРЕВЕСНЫХ ПРЕСС-МАСС И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

### 2.1. Основные сведения

Массы древесно-прессовочные (МДП) получают в результате совместной обработки частиц древесины, синтетических олигомеров или их модификаций. В зависимости от состава МДП подразделяются на типы и марки в соответствии с ГОСТ 11368-89 "Массы древесные прессовочные. Технические условия". Их состав указан в табл. 2.

Таблица 2

Состав МДП

Марка	Древесный наполнитель	Связующие	Добавки
МДПК-Б	Частицы березового шпона размерами, мм, не более: по длине 80, по ширине 10, по толщине 0,8 с содержанием частиц длиной 25-80 мм не более 10% от общей массы	Бакелитовые лаки	-
МДПК-Б <sub>2</sub>	То же, но толщина частиц 1,8 мм	То же	Смесь стеарата кальция, жирных кислот и окиси цинка
МДПК-В <sub>4</sub>	То же, но толщина частиц 1,8 мм	Водорастворимые фенолоформальдегидные смолы или их смесь с фенолоспиртами	-
МДПК-В <sub>3</sub>	Частицы березового шпона размерами, мм, не более: по длине 50, по ширине 5, по толщине 1,8, с содержанием частиц длиной менее 2 мм не более 5% от общей массы	То же	-
МДПК-В <sub>2</sub>	То же	То же	Смесь измельченных отходов фторопластов Д и 4Д и окиси цинка
МДПК-В	То же	То же	Скрытокристаллический графит
МДПС-М	Стружки лиственных пород, смесь стружек лиственных и хвойных пород, смесь стружек с опилками, размерами, мм, не более: по длине 15, по ширине 5, по толщине 2	Карбамидоформальдегидные смолы	-

Продолжение табл. 2

Марка	Древесный наполнитель	Связующие	Добавки
МДПО-Б	Опилки лиственных пород, смесь опилок лиственных и хвойных пород древесины, прошедшие через сито с отверстиями 3 мм и менее	Бакелитовые лаки	-
МДПО-Ба	То же	То же	Смесь стеарата кальция, жирных кислот и окиси цинка-
МДПО-В	То же	Водорастворимые фенолформальдегидные смолы	-
МДПО-Ва	То же		Смесь измельченных отходов фторопласта 4Д и окиси цинка

Технологические процессы изготовления пресс-масс различных марок определяются составом композиций (структурой наполнителя, маркой связующего, наличием модифицирующих добавок), состоят из разных технологических операций, осуществляемых на разном технологическом оборудовании.

Переработка в МДП изделия происходит, как правило, в прессовом оборудовании, оснащённом пресс-формами.

Свойства изделий, изготовленных на основе древесно-прессовочных масс, представлены в табл. 3.

### 2.2. Выбор пресса

Основным оборудованием, определяющим годовой выпуск изделий, являются гидравлические прессы. Марка пресса и их количество могут быть даны в задании на проектирование цеха или же их нужно выбрать, исходя из мощности цеха. Технические характеристики пресса приведены в табл. 4 настоящего учебного пособия или в [5].

Выбор пресса производится по усилию  $F$ , необходимому для прессования. Для расчета этого усилия необходимо знать площадь детали и давление прессования. Площадь прессования равна площади горизонтальной проекции загрузочной камеры пресс-формы. Например, при изготовлении сидения табурета диаметром 250 мм (в этом случае диаметр загрузочной камеры тоже будет равным 250 мм), площадь прессования  $S$  составит:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,049 \text{ м}^2$$

Давление прессования цельнопрессованных изделий зависит от формы, плотности изделия, а также от марки и характеристики частиц пресс-массы [12].

При давлении прессования 40 МПа, усилие прессования  $F$  будет равно:

$$F = P \cdot S \cdot n \cdot k, \quad (2)$$

где  $n$  – число гнезд пресс-формы;

$P$  – давление прессования;

$k$  – коэффициент, учитывающий потери на трение пресс-материала о стенки пресс-формы, принимают равным 1,1 – 1,2.

$$F = 40 \cdot 10^6 \cdot 0,049 \cdot 1,1 = 2160000 \text{ Н}$$

Выбираем по табл. 2 пресс с заведомо большим усилием прессования  $F_{\text{ном}}$ , чтобы применить многогнездную пресс-форму. Пресс ДБ 2240А с усилием прессования 10 000 кН.

Число гнезд в пресс-форме подсчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{ном}}}{P \cdot S \cdot k}, \quad (3)$$

где  $F_{\text{ном}}$  – номинальное усилие прессы, Н.

$$n = \frac{10^7}{40 \cdot 10^6 \cdot 0,049 \cdot 1,1} = 4,7.$$

Полученное значение округляется до целого меньшего числа. Следовательно, число гнезд в пресс-форме можно принять равным 4, поскольку округление до большего числа (5) не обеспечит необходимого давления прессования.

### 2.3. Расчет производительности прессы

Производительность прессы в час при периодическом способе прессования выражается формулой

$$P_{\text{ч}} = \frac{3600 K_{\text{И}} \cdot n_1 \cdot n_2}{\tau_{\text{ц}}}, \quad (4)$$

где  $K_{\text{И}}$  – коэффициент использования рабочего времени, учитывающий потери времени на уход за прессом ( $K_{\text{И}} = 0,9 - 0,97$ );

$n_1$  – количество изделий, прессуемых одновременно в одном промежутке прессы;

$n_2$  – количество промежутков прессы;

$\tau_{\text{ц}}$  – длительность цикла прессования, с;

$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{о}} + \tau_{\text{з}} + \tau_{\text{п}} + \tau_{\text{м}}$

$\tau_{\text{н}}$  – время опускания пуансона до момента запирания пресс-формы и поднятия. Обычно  $\tau_{\text{н}} = (30-90)$ с;

$\tau_{\text{в}}$  – время выдержки под давлением при определенной температуре, включая время нагрева древесно-клеевой композиции, равное (30-300)с на 1 мм толщины изделия и время нагрева пресс-формы, равное (600-900)с;

$\tau_{\text{о}}$  – время охлаждения пресс-формы, принимается (600-720)с;

$\tau_{\text{з}}$  – время загрузки пресс-формы пресс-композицией (120-180)с;

$\tau_{\text{п}}$  – время извлечения изделия из пресс-формы и очистки пресс-формы, (60-120)с;

$\tau_{\text{м}}$  – время транспортировки пресс-формы при применении съемных пресс-форм (30-60)с. При однопозиционном способе  $\tau_{\text{м}} = 0$ .

Таблица 3

Основные показатели физико-механических свойств МДП различных марок

Показатель	МДПК-Б; МДПК-Ба	МДПК-В; МДПК-В <sub>5</sub>	МЛПК-Ва; МДПК-В	МДПС-М	МДПО-Б; МДПО-Ба	МДПО-В; МДПО-Ва
	Массовая доля влаги и летучих веществ, %	6...10	6...10	9...11	6...10	7...11
Плотность образцов, кг/м <sup>3</sup>	1300...1380	1320...1380	1320...1380	1220...1280	1320...1280	1320...1380
Водопоглощение образцов в холодной воде за 24 ч, %, не более	3,0	4,0	-	-	3,5	5
Предел прочности, МПа, не менее:						
при статическом изгибе образцов	88	83	59	44...49	59	49...59
при сжатии образцов	98	88	88	49	98	88
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> , не менее	11	11	11	5	5	4
Твердость, МПа, не менее	215	205	200	100	205...190	125...190
Текущая Рапигу, мм, не менее	35	40	35	35	40	35

При многопозиционном способе ряд операций происходит вне прессы, тогда производительность таких прессов составит

$$P_v = \frac{T \cdot K_H}{\tau_n + \tau_m}, \quad (5)$$

Если время одной запрессовки обозначить через R, то производительность прессы можно вычислить по формуле

$$P_v = \frac{T \cdot K_H}{R}. \quad (6)$$

Количество пресс-форм m, необходимое для многопозиционного способа, определится по формуле

$$m = \frac{\tau_n + \tau_s + \tau_o + \tau_z + \tau_u + \tau_m}{R}. \quad (7)$$

Зная количество изделий, изготавливаемых прессом в час (4), и годовой фонд времени  $T_{год}$ , можно рассчитать годовую производительность прессы  $P_{год}$

$$P_{год} = P_v \cdot T_{год} \quad (8)$$

Количество прессов n, обеспечивающих выполнение программы, вычисляются по формуле

$$n = \frac{A_{год}}{P_{год}}, \quad (9)$$

где  $A_{год}$  – годовая программа;

$P_{год}$  – годовая производительность прессы.

## 2.4. Расчет сырья, связующих и других материалов

### 2.4.1. Расчет потерь сырья

Расчет сырья, связующего и других добавок ведут на 1 изделие и на всю программу путем составления материального баланса. Эти расчеты позволяют также определить количество сырьевых материалов, перерабатываемых на каждой операции, что необходимо для выбора оборудования и расчета его количества.

Расчет сырья и материалов составляется на основе схемы технологического потока цельнопрессованных изделий и потерь сырья и материалов на каждой технологической операции. Величины потерь сырья и материалов принимают на основе производственных, рассчитанных или литературных данных в соответствии со схемой технологического процесса, но в обратной последовательности.

Таблица 4  
Техническая характеристика гидравлических прессов

Показатели	Модели прессов с усиленным прессованием, кН							
	П6330 1000	ДБ2432 1600	ДБ2434 2500	ДБ2436 4000	ДА2238А 6300	ДБ2240А 10000	К25018 20000	ДБ441 12500
Усилие выталкивателя, кН	-	315	500	500	800	1500	-	1000
Количество этапов	1	1	1	1	1	1	1	2
Размеры плит, мм	800×630	800×710	1000×1120	1250×1120	1400×1250	1250×1500	1000×2000	1880×2200
Высота рабочего промежутка, мм	750	1000	1250	1120	1600	2250	-	320
Наибольший ход траверсы, мм	-	-	-	-	800	1000	-	-
Установленная мощность, кВт	-	-	10,0	-	28,0	-	-	-
Габаритные размеры, мм:								
Длина	2250	1930	2310	2520	4180	6400	5900	8000
Ширина	725	1275	1395	1410	2330	5030	3000	7400
Высота	2700	3810	4460	4005	5576	6500	4000	6550
Масса, т	5,44	5,015	9,96	13,3	33	69,8	3,3	84,5

Потери материального потока производства изделий из МДП:

Подача древесных частиц	потери 1%
Хранение древесных частиц	потери 1%
Сортировка древесных частиц	потери 1%
Сушка древесных частиц	потери 2%
Смешивание со связующим	потери 2%
Подготовка связующего	потери 0,1%
Выгрузка и контроль качества древесной прессовочной массы	потери 1%
Подача на участок переработки	потери 0,5%
Таблетирование	потери 1%
Прессование изделий	потери 5%
Механическая обработка изделий	потери 0,1%
Контроль и упаковка изделий	потери 0,5%

2.4.2. Расчет количества компонентов, расходуемых на изготовление пресс-материала для одного изделия

Расчет сырья и связующего ведут на 1 изделие и на часовую программу. Если годовая программа задана количеством изделий, то расчет сырьевых материалов ведут на 1 изделие в следующей последовательности:

а) количество абсолютно сухой измельченной древесины  $G_0$

$$G_0 = \frac{10^6 \cdot \rho \cdot V}{(100+W_{воб}) \cdot (100+P) \cdot (100+P_1) \cdot (100+P_2)}; \quad (10)$$

б) количество измельченной древесины  $G_w$  влажностью  $W_c$ ,

$$G_w = \frac{10^6 \cdot \rho \cdot V(100+W_c)}{(100+W_{воб}) \cdot (100+P) \cdot (100+P_1) \cdot (100+P_2)}; \quad (11)$$

в) количество связующего  $Q$  в пересчете на условно сухую массу

$$Q = \frac{G_0 \cdot P}{100}; \quad (12)$$

г) количества сухих добавок  $Q_{qi}$ ,

$$Q_{qi} = \frac{G_0 \cdot P_{qi}}{100}; \quad (13)$$

д) количество пресс-материала  $Q_{пр}$

$$Q_{пр} = \frac{\rho \cdot V(100+W_{воб})}{(100+W_{пр})}; \quad (14)$$

е) количество жидкого связующего  $Q_x$

$$Q_x = \frac{Q \cdot 100}{K}. \quad (15)$$

Рассчитав полезный расход материалов на 1 изделие и производительность прессов, можно найти часовой  $Q_v$  и годовой  $Q_{год}$  расход материалов:

$$Q_v = G_w \cdot A_v; \quad (16)$$

$$Q_{\text{год}} = Q_v \cdot T_{\text{год}}, \quad (17)$$

где  $\rho$  – заданная плотность изделия, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V$  – объем изделия, м<sup>3</sup>;  
 $W_{\text{изд}}$  – влажность изделия, %;  
 $P$  – норма расхода связующего, %;  
 $P_1, P_2$  – норма расхода сухих добавок, %  
 $W_c$  – влажность измельченной древесины, %  
 $K$  – концентрация связующего, %  
 $W_{\text{пр}}$  – количество влаги и летучих в пресс-массе, %.  
 $A_v$  – часовая производительность (программа) цеха, изд/ч.

#### Пример расчета

Исходные данные: изделие – сидение табурета диаметром 250 мм и толщиной 20 мм; плотность  $\rho = 1300$  кг/м<sup>3</sup>; влажность изделия  $W_{\text{изд}} = 8\%$ ; сырьё – смесь стружки с опилками влажностью  $W_c = 4\%$ ; связующее – смола КФ-Ж 60%-ной концентрации; норма расхода связующего  $P = 15\%$ ; добавки: парафин (норма расхода  $P_1 = 1,0\%$ ), нигрозин (норма расхода  $P_2 = 0,3\%$ ); пресс-масса содержит 6 % влаги и летучих веществ ( $W_{\text{пр}} = 6\%$ ); годовая программа – 180000 штук. Способ производства – периодический, однопозиционный; давление прессования –  $P = 40$  МПа, удельная выдержка 120 с на 1 мм толщины.

По табл. 2 выбираем ДБ2240А (см. раздел «Выбор пресса»). Размеры плит пресса позволяют прессовать одновременно 5 изделий. Часовая производительность пресса определяется по формуле (4).

$$P_v = \frac{3600 \cdot 0,945 \cdot 5 \cdot 1}{30 + (20 \cdot 120 + 900) + 600 + 120 + 120} = 4,08 \text{ изделий в час.}$$

Годовая производительность вычисляется по формуле (8).

$$P_{\text{год}} = 4,08 \cdot 6000 = 24480 \text{ изделий в год.}$$

Количество прессов для выполнения программы определяют по формуле (9).

$$n = \frac{180000}{24480} \approx 7$$

Расчет сырьевых материалов начнем с расчета полезного расхода древесных частиц на 1 изделие. Количество абсолютно сухих частиц найдем по формуле (10).

$$G_0 = \frac{10^6 \cdot 1300 \cdot \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 0,02}{(100+8)(100+15)(100+0,1)(100+0,3)} = 1,013 \text{ (кг).}$$

Количество частиц влажности 4% найдем по формуле (11)

$$G_w = \frac{10^6 \cdot 1300 \cdot \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 0,02 \cdot (100+4)}{(100+8)(100+15)(100+0,1)(100+0,3)} = 1,053 \text{ (кг).}$$

Количество сухого связующего определим по формуле (12)

$$Q = \frac{1,013 \cdot 15}{100} = 0,152 \text{ (кг).}$$

Определим количество жидкого связующего по формуле (15)

$$Q_{\text{ж}} = \frac{0,152 \cdot 100}{60} = 0,253 \text{ (кг).}$$

Количество сухого парафина  $Q_{q1}$  и нигрозина  $Q_{q2}$  находим по формуле (13):

$$Q_{q1} = \frac{1,013 \cdot 1}{100} = 0,01 \text{ (кг);}$$

$$Q_{q2} = \frac{1,013 \cdot 0,3}{100} = 0,003 \text{ (кг).}$$

Количество пресс-материала рассчитывают по формуле (14)

$$Q_{\text{пр}} = \frac{1300 \cdot \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 0,02(100+8)}{(100+6)} = 1,3 \text{ (кг).}$$

Можно определить часовой расход материала без учета потерь. Часовой расход абсолютно сухой стружки  $q_{0\text{в}}$ :

$$q_{0\text{в}} = G_0 \cdot P_v \cdot n = 1,013 \cdot 4,08 \cdot 7 \approx 29 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход стружки влажностью 4 %,  $q_{w4}$

$$q_{w4} = 1,053 \cdot 4,08 \cdot 7 \approx 30 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход связующего 60%-ной концентрации

$$q_{\text{ж}} = 0,253 \cdot 4,08 \cdot 7 = 7,28 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход парафина

$$q_{q1} = 0,01 \cdot 4,08 \cdot 7 \approx 0,29 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход нигрозина

$$q_{q2} = 0,003 \cdot 4,08 \cdot 7 = 0,086 \text{ кг/ч.}$$

Часовой расход пресс-материала

$$Q_{\text{пр}} = 1,3 \cdot 4,08 \cdot 7 = 38,22 \text{ кг/ч.}$$

Годовой полезный расход пресс-материала составит

$$Q_{\text{год}} = 38,22 \cdot 6000 = 229\,320 \text{ кг}$$

Полученный расход материала является полезным. Полный расход древесины и материалов учитывает потери сырья на технологических операциях и может быть определен по следующей формуле (18):

$$G_{\text{пол}} = G_w \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (18)$$

где  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  – коэффициенты, учитывающие потери древесины на различных этапах процесса.

Рассмотрим потери сырья на различных этапах технологического процесса, двигаясь в обратном направлении от конца процесса к началу, имея в виду схему материального потока, приведенную в разделе 2.4.1. Расчет потерь сырья. На готовое изделие идет 1,053 кг, часовой расход древесных частиц составит 30,96 кг. При контроле и упаковке

изделий потери пресс-массы составят 0,5%. Коэффициент потерь на этой операции составит 1,005%.  $K_y = 1,005$ . При механической обработке изделия (снятия заусенцев) с готовой продукции потеря массы будет составлять 0,1%. Коэффициент потерь равен  $K_3 = 1,001\%$ . При прессовании коэффициент потерь  $K_{пр} = 1,05$ . При транспортировании пресс-массы на прессование коэффициент потерь  $K_{тр}$  равен 1,005%; при выгрузке и контроле качества пресс-массы теряется 1% сырья, коэффициент потерь  $K_k = 1,01\%$ . Смешивание древесных частиц со связующим сопровождается потерей древесных частиц в количестве 2%.  $K_{см} = 1,02\%$ . Коэффициент потерь при сушке  $K_{суш} = 1,02\%$ . При сортировке частиц потери составляют 1%. Коэффициент потерь на этой операции  $K_{сорт} = 1,01\%$ . При хранении и подаче древесных частиц теряется 1%.  $K_{хр} = 1,01\%$ . Переработка опилок приведет к потере 4%.  $K_{пер} = 1,04$ .

Общий коэффициент потерь  $K_{об}$  будет равен произведению этих коэффициентов и составит

$$K_{об} = K_y \cdot K_3 \cdot K_{пр} \cdot K_{тр} \cdot K_k \cdot K_{см} \cdot K_{суш} \cdot K_{сорт} \cdot K_{хр} \cdot K_{пер} = \\ = 1,005 \cdot 1,001 \cdot 1,05 \cdot 1,005 \cdot 1,01 \cdot 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1,01 \cdot 1,01 \cdot 1,04 = 1,183$$

Полный расход древесных частиц влажностью 4% на 1 изделие определим по формуле (18)  $q_{w пол} = 1,053 \times 1,183 = 1,23$  кг.

Полный часовой расход частиц влажностью 4% составит

$$q_{w час}^4 = 30,96 \cdot 1,183 = 36,62 \text{ кг.}$$

Полный расход древесных частиц на программу

$$q_{w год пол} = 36,62 \cdot 6000 = 279754 \text{ кг.}$$

На основании этих расчетов заполняется таблица 5.

Расчет синтетических связующих и добавок с учётом потерь производится таким же образом, как и древесных частиц.

### 2.5. Выбор и расчет оборудования

При выборе оборудования исходят из следующих данных: оборудование должно быть современным, высокопроизводительным. Расчет производительности основного оборудования производят по соответствующим формулам или берут по паспортным данным. Количество единиц оборудования, необходимого для обеспечения работы участка, определяют по формуле

$$n = \frac{G_v}{П \cdot K_u}, \quad (19)$$

где  $n$  – количество станков;  
 $G_v$  – часовой расход материала, кг/ч, по операционному расчету;  
 $П$  – производительность оборудования, кг/ч;  
 $K_u$  – коэффициент использования рабочего времени, ( $K_u = 0,8-0,9$ );

Таблица 5

Пооперационный расчет древесных частиц

Наименование операции	Коэффициент потерь	Влажность, %	Расход древесных частиц в кг	
			На 1 изделие	На годовую программу
Готовое изделие		0	1,013	178680
		4	1,053	185760
Сортировка и упаковка изделия	1,005	0	1,018	179520
		4	1,058	186660
Механическая обработка изделия	1,001	0	1,019	179640
		4	1,059	186840
Прессование	1,015	0	1,070	188640
		4	1,112	196200
Подача массы в пресс-форму	1,005	0	1,075	189540
		4	1,118	197160
Выгрузка пресс-формы	1,01	0	1,089	191460
		4	1,129	199080
Смешивание со связующим	1,02	0	1,075	195120
		4	1,1515	203100
Сушка	1,02	0	1,1296	199140
		4	1,1746	207120
Сортировка	1,01	0	1,140	201180
		80	2,135	362100
Хранение опилок	1,01	0	1,157	203160
		80	2,157	365721
Переработка опилок	1,04	0	1,192	211320
		80	2,24	380350
				В час
				29,78
				30,96
				29,92
				31,11
				29,94
				31,14
				31,44
				32,70
				31,59
				32,86
				31,91
				33,18
				32,54
				33,85
				33,19
				34,52
				33,53
				60,35
				33,86
				60,95
				35,22
				63,39

### Оборудование для измельчения

Выбор схемы измельчения древесины зависит от следующих факторов: вида перерабатываемого сырья, формы изделия, требований, предъявляемых к сырию, и производственной программы.

Сырьем для производства цельнопрессованных изделий из измельченной древесины обычно являются отходы различных производств: деревообработки – остатки древесины (обрезки, горбыли), станочная стружка, опилки, шпон-рванина, обрезки фанеры, шпона и пластика; а также лесосечные отходы, низкосортные круглые материалы, отрубина, льняная костра и стебли тростника.

Как готовится стружка из кусковой древесины, дровяного долготья и карандашей, подробно описано в литературе /1, 2/.

Опилки и стружка-отходы могут частично использоваться (до 20%) без дополнительного измельчения или после измельчения в дезинтеграторах.

Кусковые отходы от производства фанеры и пластика перерабатывают на дробильных установках, характеристики которых приведены в табл.6.

Таблица 6

Техническая характеристика молотковых дробилок

Номер	Наименование показателей	Марки дробилок			
		ДММ-0,3	ДКУ-1,2	ДКУ-М	С-218
1	Потребляемая мощность, кВт	10/12	10	10	14
2	Производительность кг/ч	60-80	100	100	700-1000
3	Частота вращения рабочего диска, об/мин	3000	1460	1400-1600	1250
4	Размеры молотков:				
	Длина	100	100	100	-
	Толщина	6	2	2	-
5	Ширина	72	45	45	-
	Число молотков	72	76	76	15
6	Приводной шкив:				
	Диаметр	-	140	140	-
7	Ширина	-	200	200	-
	Масса, кг	130/340	730	715	1280
8	Габаритные размеры, мм:				
	Длина	500/1100	2690	2450	1050
	Ширина	920	1100	2220	1029
9	Высота	810/1010	2850	2150	1122
	Скорость ленты конвейера, м/мин	-	60	60	-

### Бункера для хранения межоперационных запасов

Для обеспечения бесперебойной работы автоматизированных линий по производству цельнопрессованных изделий необходимы специальные бункера, в которых хранятся запасы древесины. Применяются горизонтальные бункера емкостью 18-30 м<sup>3</sup>: ДБО-1; ДББ-11; ДБД-1; ДБД-2.

Для создания больших буферных запасов применяются бункера вертикального типа 60-30 м<sup>3</sup>. Технические характеристики этих бункеров приведены в /1/, стр. 121, 123.

Точное количество бункеров определяется по формуле

$$n = \frac{G_v \cdot \tau}{V \cdot \gamma \cdot K_v}, \quad (20)$$

где  $G_v$  – часовой расход измельченной древесины, т;  
 $\tau$  – время хранения измельченной древесины, ч;  
 $V$  – объем бункера, м<sup>3</sup>;  
 $\gamma$  – насыпная масса измельченной древесины, кг/м<sup>3</sup>;  
 $K_v$  – коэффициент заполнения бункера 0,8-0,9.

### Оборудование для сушки стружки

В тех случаях, когда для изготовления пресс-масс применяют сухую древесину (например сухие отходы шпона, древесностроительных материалов), сушка древесных наполнителей не производится. Для получения других видов пресс-масс, когда используют древесину высокой влажности, сушка частиц является обязательной операцией.

В зависимости от влажности частиц для их сушки применяют контактные, конвективные или комбинированные сушилки. К контактным сушилкам относятся барабанные сушилки типа «Гандорф», «Шильде», «Альтмайер», которые рекомендуется применять при относительно невысокой влажности материала. К конвективным сушилкам с механическим перемещением частиц относятся многоступенчатые ленточные сушилки ПКС-20 и ЦИИФ-14. К конвективным сушилкам с пневматическим перемещением частиц относятся трубы-сушилки. В этих сушилках агентом сушки являются топочные газы с температурой 500 – 800 °С на входе и 130-140 °С на выходе. Поэтому в них целесообразно сушить частицы с высокой влажностью.

К конвективным сушилкам с комбинированным (пневмомеханическим) перемещением частиц древесины относятся сушилка с «кипящим слоем» типа «Келлер».

Сведения о некоторых сушилках, применяемых для производства древесных наполнителей, приведены в табл. 7. Методика их расчета подробно изложена в /8/.

Таблица 7

Техническая характеристика сушилок

Показатели	Типы и марки сушилок				Многолеточные	
	С «кипящим слоем Келлер»	«Шильде» IV-16	«Пандорф» Р-9	«Оберхоф» и «Альгмайер»	ПКС-20	ЦНИИФ 14
Производительность кг/час сухих частиц при сушке от W=80% до W=4 %	300	690	420	796		3000
Вид теплоносителя	Горячая вода	Горячая вода	Горячая вода	Перегретый пар	Перегретый пар	Топочные газы
Расход тепла на 1 кг влаги, ккал	1400	860	900	1025		1000-1200
Расход электроэнергии на 1т сухого материала, °С	77	54	43	89		
Количество циркулирующих газов, м <sup>3</sup> /ч	10000	3350	4300	12400		120000
Температура теплоносителя на входе, °С	170	191	185	177	150-160	150-160
Размеры сушилки, м						
Длина	1,6	8,0	10,0	8,45		13
Ширина (диаметр)	3,8	2,3	2,5	2,1		3,3
Высота		5,2	3,0	2,1		3,0

## Оборудование для смешивания компонентов

В зависимости от назначения целлюлознопрессованных изделий из измельченной древесины, в состав пресс-массы входят различные компоненты в заданных соотношениях. Поддержание этих соотношений обеспечивается дозированием. В большинстве случаев наполнитель дозируют по массе, а смолы - по объему.

В качестве дозаторов древесного наполнителя применяют циферблатные весы ВПЦ-500, автоматические весы ДДС-10, ДДСП-10, 6.0.23.АД.ДС; ДМ-100-2 и дозатор с дистанционным управлением. Совмещение частиц древесины со связующим может осуществляться способом вымачивания, примененного в пропиточно-сушильном агрегате (ПСА), и смешивания, в различного вида смесителях. В качестве смесителей применяют червячно-лопастные, бегунковые и другие смесители. Основными параметрами при выборе смесителя являются его производительность и длительность смешивания.

Производительность смесителя определяется по формуле:

$$P = \frac{3600 \cdot V \cdot \sum(q \cdot a) \cdot \phi}{\tau}, \quad (21)$$

где: P – производительность смесителя, кг/ч;

V – объем смесителя, м<sup>3</sup>;

φ – коэффициент заполнения смесителя 0,3-0,5;

q – насыпная масса, кг/м<sup>3</sup>;

τ – длительность смешивания, с;

a – массовая доля компонентов, 0...1;

Насыпная масса некоторых древесных наполнителей равна:

-опилки влажностью 3-4% : 120 – 170 кг/м<sup>3</sup>,

-стружка от деревообработки влажностью 3-4% : 80 – 100 кг/м<sup>3</sup>,

-древесная пресс-крошка влажностью 3-4% : 150 – 200 кг/м<sup>3</sup>).

Для смешивания опилок со связующим применяют бегунковые смесители. Наибольшее распространение получили смесители 115 М с центробежными бегунами.

Техническая характеристика смесителя 115 М:

Диаметр чаши, мм 2000

Число оборотов чаши, мин<sup>-1</sup> 30

Масса катков, т 3

Число бегунов 5

Мощность электродвигателя привода бегунов, кВт 20

Для смешивания древесных частиц в виде стружки применяются смесители, аналогичные применяемым в производстве ДСтП, но имеющие меньшую мощность и производительность.

В табл. 8 приведены технические характеристики червячно-лопастных смесителей.

Таблица 8

Технические характеристики червячно-лопастных смесителей

Тип смесителя	Объем, м <sup>3</sup>	Частота вращения валов, мин <sup>-1</sup>		Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>
		переднего	заднего	
СМ-10	0,01	64,2	37,8	0,15
СМ-25	0,025	46	30,7	0,27
СМ-50	0,05	42	28	0,51
СМУ-50	0,05	42	28	0,51
СГУ-100	0,1	32,8	19,7	0,86
СГК-100	0,1	32,8	19,7	0,86
СМ-100 ЭМ	0,1	15	27	-
СГК-200	0,2	33	20	1,1
СГУ-200	0,2	33	20	1,1
СГК-400	0,4	31,4	18,8	3,3
СГУ-400	0,4	31,4	18,8	3,3
СМ-400 ЭМ	0,4	31,6	17,5	-
СМ-400 ТТ	0,4	30,2	16	2,6
СМ-800	0,8	24,5	12,7	3,7

*Оборудование для сушки частиц, пропитанных связующим*

При применении карбамидоформальдегидного связующего для получения пресс-масс сушку обычно не производят. При применении фенольного связующего сушка – обязательная операция. Сушку частиц с нанесенным на них связующим осуществляют в многостажных ленточных сушилках и трубах-сушилках. Однако при сушке осмоленных частиц температура сушильного агента должна быть ниже температуры поликонденсации связующего, что достигается установкой калориферов взамен топок.

Для пропитки и сушки измельченной древесины может быть рекомендован пропиточно-сушильный агрегат ПСА, режим работы и техническая характеристика которого приведена ниже.

Концентрация пропиточного раствора, %	28-38
Содержание смолы в массе, %	25-30
Продолжительность операций, мин:	
Пропитки	9
Стекания смолы	20
Сушки	15
Температура циркуляционного воздуха, °С:	
на входе	100-110
на выходе	60
Производительность, кг/ч	50
Количество циркулирующего воздуха в зоне сушки, м <sup>3</sup> /ч	5000-6000

## 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

## 3.1. Основные сведения

ЦСП - это плитный материал, получаемый в результате прессования и дальнейшего твердения смеси, состоящей из древесной стружки, цемента и химических добавок. Эти плиты негорючи, нетоксичны, био- и атмосферостойки, имеют высокие физико-механические показатели. По ГОСТ 26816-86 "Плиты цементно-стружечные. Технические условия" в зависимости от уровня физико-механических показателей ЦСП разделяются на две марки: ЦСП-1 и ЦСП-2. Размеры плит: длина 3200 и 3600 мм, ширина 1200 и 1250 мм, толщина от 8 до 40 мм.

По физико-механическим свойствам плиты должны соответствовать нормам, указанным в табл. 9.

Таблица 9

## Физико-механические показатели цементно-стружечных плит

№ п/п	Наименование показателей	Норма для плит марок		
		ЦСП-1	ЦСП-2	
1	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1100 – 1400		
2	Влажность, %	9 ± 3		
3	Разбухание по толщине за 24 ч. Не более	2		
4	Водопоглощение за 24 ч, не более	16		
5	Прочность при изгибе, МПа, не менее для толщин, мм:	8 – 16	12	9
		18 – 24	10	8
		26 – 40	9	7
6	Прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа, не менее	0,4	0,35	
7	Шероховатость пласти по ГОСТ 7016-82 не более для плит:	Нешлифованных	320	320
		шлифованных	80	100

Описание технологического процесса подробно изложено в /10/.

## 3.2. Выбор пресса, расчет ритма главного конвейера

Производство цементно-стружечных плит осуществляется по многопозиционному способу на конвейерах с жесткими металлическими поддонами, где основные его агрегаты и связывающая их система

транспортных средств расположены по замкнутому контуру. Основным агрегатом этой системы, определяющим производительность цеха, является прессовая установка. В функции прессы входят следующие операции: прессование пакета (каркаса) плит, установленных в силовой тележке до конечных размеров по толщине, запираение (замыкание) силовой тележки с помощью специального замыкающего устройства и размыкание тележки после термообработки.

Согласование работы линии оборудования, входящего в ее состав, производят с помощью ритма главного конвейера.

Мощность и тип прессовой установки могут быть определены заданием или их надо выбрать исходя из размеров ЦСП. Технические характеристики прессов приведены в табл. 10.

Таблица 10

Технические характеристики прессовых установок

№ п/п	Наименование параметров	Единица измерения	Величина параметров установки	
			Отечественного производства	Фирмы "Bison"
1	Максимальное давление прессования	МПа	2,5	2,2
2	Формат стола: Длина Ширина	мм	3600	3250
		мм	2100	1300
3	Максимальная высота прессуемого штабеля	мм	1000	720
4	Толщина поддонов	мм	4	4
5	Давление рабочей жидкости	МПа	30	30
6	Установленная мощность электродвигателей	кВт	75	93

Из известной формулы (1), определяющей производительность прессы, рассчитывается длительность цикла прессования -  $T_n$  при заданной производительности установки.

$$T_n = \frac{60T \cdot n \cdot L \cdot B \cdot S \cdot K_w}{P_{zod} \cdot 1000}, \quad (22)$$

где  $T$  - годовой фонд рабочего времени, час;  
 $L, B$  - длина и ширина обрезной плиты, м;  
 $S$  - толщина готовой плиты, мм;  
 $n$  - число одновременно прессуемых плит;

$P_{zod}$  - годовая производительность установки;

$K_w$  - коэффициент использования времени работы прессы - 0,875.

Количество плит, одновременно прессуемых в прессе, зависит от толщины плит и поддона, а также от технических данных прессы

(максимально возможной высоты прессуемого штабеля) и определяется по формуле

$$n = \frac{H}{S + S_n}, \quad (23)$$

где  $H$  - максимально возможная высота прессуемого штабеля, мм;

$S$  - толщина плит в готовом виде, мм;

$S_n$  - толщина поддона, мм.

Для определения часовой производительности прессы используем формулу (24)

$$P_n = \frac{P_{zod}}{T_{zod}}. \quad (24)$$

Для расчета технологических параметров основных агрегатов, входящих в линию главного конвейера, необходимо знать ритм его работы ( $R$ ), который определяется по формуле:

$$R = \frac{T_n}{n}. \quad (25)$$

### 3.3. Расчет древесного сырья, вяжущего, химических добавок и воды

В производстве цементно-стружечных плит в качестве вяжущих применяют портландцемент, гипс, каустический магнезит. Выбор вяжущих обусловлен их ресурсами, стоимостью и свойствами получаемых плит. Наибольшее распространение получил портландцемент марок 400 и 500. Он сравнительно недорог, а изделия на основе этого вяжущего обладают хорошими эксплуатационными свойствами.

К древесному сырью предъявляются жесткие требования. Оно должно быть рассортировано по породам, окорено и не иметь гнили. С целью уменьшения в древесине вредных для цемента водорастворимых сахаров ее необходимо выдерживать до 6 месяцев, а также применять химические добавки.

В табл. 11 приведена рецептура цементных плит. Вопрос выбора рецептуры должен решить студент и обосновать свое решение.

Расчет сырья, вяжущих и химических добавок ведется на  $1 \text{ м}^3$  цементно-стружечных плит по методике разработанной для древесно-стружечных плит ( $P_n, P_{cm}, P_{rod}$ ).

Таблица 11

Древесное сырье	Рецептура ЦСП							
	Расход компонентов в кг/м <sup>3</sup>	Абсолютно сухая древесина	Портландцемент М 500	Известка негашеная	Хлористый кальций	Жидкое стекло	Сернокислый алюминий	Вода
Сосна, ель	280	770	-	-	-	27	7,7	460
Береза (выдержанная)	308	770	-	-	-	35	7,7	460
Ель 50%, береза 50%	300	750	-	-	-	60	40	400
Осина невыдержанная, неокоренная	300	620	156	-	80	-	-	420
Осина выдержанная	300	620	150	-	80	-	-	400
Береза невыдержанная	320	620	150	-	80	-	-	420

## 3.3.1. Расчет древесного сырья

Расход древесного сырья на годовую программу и на 1 м<sup>3</sup> плит рассчитывают обычно в килограммах сухой (G) и влажной стружки (G<sub>в</sub>). Затем весовой расход переводят в объемный. Для определения расхода древесного сырья на одну плиту (G<sub>пл</sub>) необходимо разделить расход сырья, идущий на 1 м<sup>3</sup>, на количество плит в 1 м<sup>3</sup>

$$G_{пл} = \frac{G_{1м^3}}{N} \quad (26)$$

Для расчета древесного сырья, идущего на 1 каркас (G<sub>к</sub>), надо число плит в каркасе умножить на расход древесного сырья на 1 плиту

$$G_k = G_{пл} \cdot n \quad (27)$$

Расход древесного сырья складывается из полезного, находящегося в готовой плите, и отходов, образующих при переработке сырья и готовых плит. В расчетах необходимо учесть, что часть отходов может быть возвращена в производство (например, отходы при обрезке плит).

Поскольку цементно-стружечные плиты обычно выпускаются трехслойными и на наружные и внутренние слои используется стружка различного фракционного состава, расчет сырья ведется по потокам. Полный расход сырья на плиту ( по объему Q и по массе G) получают суммированием расходов на наружный и внутренний слой.

$$Q_c = Q_n + Q_{вн}; \quad G_c = G_n + G_{вн} \quad (28)$$

Суммарный полезный расход по массе на внутренний и наружные слои абсолютно сухих компонентов ЦСП древесины, цемента, химических добавок определен рецептурой плит, приведенной в таблице.11.

Для расчета послойного содержания компонентов, необходимо знать долю наружных (i<sub>н</sub>) и внутренних слоев (i<sub>вн</sub>). В цементностружечных плитах принимается i<sub>н</sub> = 0,3...0,4; i<sub>вн</sub> = 0,7...0,6

Поскольку плотность наружных и внутреннего слоев ЦСП практически одинакова, расход абсолютно сухих компонентов, например древесины, может быть рассчитан по формулам:

$$G_0^{(н)} = G_0 \cdot i_n; \quad G_0^{(вн)} = G_0 \cdot i_{вн} \quad (29)$$

$$\text{Таким образом,} \quad G_0 = G_0^{(н)} + G_0^{(вн)} \quad (30)$$

Аналогично рассчитываются и другие сухие компоненты ЦСП: цемент и химические добавки. Для определения полного послойного расхода древесного сырья наружного слоя G<sup>(н)</sup><sub>полн</sub> или внутреннего G<sup>(вн)</sup><sub>полн</sub> необходимо знать коэффициенты, учитывающие потери сырья на различных этапах технологического процесса

$$G_{полн}^{(н)(вн)} = G_0^{(н)(вн)} \cdot k_1 \cdot k_2 \dots k_i \quad (31)$$

где k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>i</sub> – коэффициенты, учитывающие потери сырья на различных технологических операциях;

$k_1$  – коэффициенты потерь сырья при шлифовании плит, которые учитываются только в наружных слоях. Он определяется по формуле:

$$k_1 = \frac{\delta_n + \Delta}{\delta_n}, \quad (32a)$$

где  $\delta_n$  – толщина наружного слоя плиты до шлифования, мм;  
 $\Delta$  – припуск на шлифование, мм;

$k_2$  – коэффициент потерь сырья при форматной обрезке. Этот коэффициент вычисляется как отношение

$$k_2 = \frac{B_1 L_1}{BL}, \quad (32b)$$

где  $B_1, L_1$  – ширина и длина необрезных плит;

$k_3$  – коэффициент потерь сырья при смешивании компонентов ЦСП, (обычно  $k_3 = 1,01$ );

$k_4$  – коэффициент потерь сырья при формовании, равный 1,01;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий потери сырьевых материалов при приготвлении стружки, этот коэффициент равен 1,08;

$k_6$  – коэффициент потерь при окорке ( $k_6 = 1,01$ )

Чтобы перевести массу сухой стружки в объем влажной древесины, надо разделить ее массу на условную плотность древесины ( $\rho_{уск}$ ) /1/ по формуле:

$$Q = \frac{G_{полн}}{\rho_{уск}}. \quad (33)$$

Для получения полного расхода сырья на  $1 \text{ м}^3$  плит необходимо сложить расходы на наружные и внутренние слои по формулам:

$$G_{полн.1\text{м}^3} = G_{полн}^н + G_{полн}^{вн}; \quad (34)$$

$$Q_{полн.1\text{м}^3} = Q_{полн}^н + Q_{полн}^{вн}. \quad (35)$$

Часовой расход ( $Q_ч$ ) сырья определяется по формуле:

$$Q_ч = Q_{полн.1\text{м}^3} \cdot П_ч. \quad (36)$$

Соответственно, сменный ( $Q_{см}$ ) и суточный ( $Q_{сут}$ ) расходы древесины определяются по формулам:

$$Q_{см} = 8 \cdot Q_ч; \quad Q_{сут} = 3 \cdot Q_{см}$$

Расход древесины на годовую  $Q_{год}$  программу определяется по формуле:

$$Q_{год} = Q_{полн.1\text{м}^3} \cdot П_{год}. \quad (37)$$

Для того, чтобы рассчитать производительность оборудования, необходимо знать количество сырья, перерабатываемого на каждой технологической операции. Для пооперационного расчета надо представить часовой расход сырья в кг абсолютно сухой стружки

$G_{0ч}^{н(вн)}$ , а также стружки  $G_{0ч}^{н(вн)}$  заданной влажности  $W$  по формулам:

$$G_{0ч}^{н(вн)} = G_0^{н(вн)} \cdot П_ч; \quad (38)$$

$$G_{0ч}^{н(вн)} = \frac{G_{0ч}^{н(вн)} \cdot (100 + W)}{100}. \quad (39)$$

Далее можно переходить к пооперационному расчету расхода сырья. Более подробно этот расчет приведен в литературе /1/.

#### Расчет вяжущего и химических добавок

В качестве вяжущего в производстве ЦСП применяется портландцемент марки 400 и 500. Полезный расход цемента на  $1 \text{ м}^3$  плит определен в рецептуре (см. табл. 3). Для определения полного расхода цемента необходимо полезный расход цемента увеличить на сумму потерь сырья на технологических операциях, учитываемых соответствующими коэффициентами:

$$q_{о.полн} = q_о \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_7, \quad (40)$$

где  $k_7$  – коэффициент потерь цемента при его разгрузке и транспортировке, принимаемый равным 1,07.

Часовой и годовой расходы цемента, определяются формулами:

$$q_{о.полн.ч} = q_{о.полн} \cdot П_ч \quad (42)$$

$$q_{о.полн.год} = q_{о.полн.ч} \cdot П_{год}$$

Аналогичным путем определяются расходы химических добавок, при этом надо учесть коэффициент  $k_8$ , на потери сырья при приготвлении растворов химических добавок  $k_8 = 1,025$ .

#### Расчет воды

Общее количество воды, находящееся в смеси, определено рецептурой (см. табл. 11). Сюда входит вода, находящаяся в древесине  $B_0$ , в растворе химической добавки  $B_1$  и дополнительное вводимое в смеситель для получения цементного теста  $B_2$ . Количество воды, добавляемое в смеситель, определяется по формуле

$$B_3 = B - B_0 - B_1. \quad (43)$$

Количество воды, вносимое в смесь с древесной влажностью, определяется как разность масс влажной и сухой древесины по формуле

$$B_0 = G_W - G_0. \quad (44)$$

Аналогичным образом определяется количество воды, вводимое в смесь с растворами химических добавок.

#### 3.4. Расчет оборудования

В технологический процесс подготовки сырья к измельчению в производстве ЦСП входят следующие операции, выполняемые на складе сырья: разгрузка, сортировка, подача в поток. Эти операции выполняются

с помощью башенного крана типа КВ-572, оснащенного грейферным захватом и разобциателем бревен ДЗЦ-10А. Технологическим процессом производством ЦСП предусмотрены окорка сырья, выполняемая на станках типа ОК-63-1, ОК-40-1 или ОК-40М и удаление гнили (на станке типа Н10).

Разделку сырья на мерные заготовки производят в случае, если сырье поставляется в виде долготы и получение стружки осуществляется на станках типа ДС-6, ДС-8. На линиях, оснащенных импортным оборудованием, применяются станки фирмы "Хомбак", которые перерабатывают длинномерное сырье без разделки.

#### Окорка древесного сырья

Эта операция производится на окорочных станках роторного типа. Технические характеристики этих станков приведены в литературе [2].

Часовая производительность окорочного станка определяется по формуле

$$P_{ч} = \frac{471 \cdot d^2 \cdot V_n \cdot k_1 \cdot k_2}{10^3}, \quad (45)$$

где  $d$  - диаметр бревна, см;  
 $k_1$  - коэффициент заполнения подающего роляганга (принимается равным 0,8);  
 $k_2$  - коэффициент использования рабочего времени станка (принимается равным 0,8);  
 $V_n$  - скорость подачи при окорке, м/мин определяется по формуле:

$$V_n = \frac{n \cdot z \cdot B}{1000 \cdot k}, \quad (46)$$

где  $n$  - частота вращения ротора, мин<sup>-1</sup>;  
 $z$  - число короснимателей;  
 $B$  - длина рабочей кромки короснимателя, мм;  
 $k$  - число проходов короснимателя по одному месту бревна (принимается равным 2 при окорке влажной и оттаявшей древесины, 3-4 при окорке мерзлой и полусухой древесины).

Потребное количество станков  $n$  для выполнения любой технологической операции определяют по формуле:

$$n = \frac{Q_v}{P_{ч}}. \quad (47)$$

Разделка древесного сырья производится обычно на многопильных станках ДЦ-10, производительность которых определяется по формуле

$$P_{ч} = \frac{60 \cdot U \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2}{t}, \quad (48)$$

где  $U$  - скорость подающего конвейера, (6 м/мин);  
 $q$  - средний объем бревна, м<sup>3</sup>;  
 $k_1$  - коэффициент использования рабочего времени, равный 0,7-0,8;  
 $k_2$  - коэффициент заполнения подающего конвейера равен 0,5-0,6;

$t$  - шаг между упорами цепи равен 0,98 м

В тех случаях, когда перерабатывается сырье больших диаметров, его раскалывают на древокольных агрегатах с механическим КЦ-7, КЦ-6М и гидравлическим приводом КГ-8, КГ-8А.

Характеристики этих агрегатов приведены в работе [1].

#### Переработка сырья в стружку

На всех действующих заводах ЦСП получение стружки производится на стружечных станках с ножевым валом. При этом используются станки ДС-8 и станки фирмы "Хомбак" моделей У 64-8, У 64-16. Часовую производительность станков ДС-8 в кг сухой стружки можно определить по формуле:

$$P_{ч} = 60 \cdot l \cdot B \cdot S \cdot Z \cdot n \cdot \rho_{усл} \cdot k_3 \cdot k_2 \cdot k_p, \quad (49)$$

где  $l$  - длина заготовки, м;  
 $B$  - ширина питателя, м;  
 $S$  - толщина стружки, м;  
 $n$  - частота вращения ножевого вала, мин<sup>-1</sup>;  
 $Z$  - число пазов для режущих кож (ножи могут быть составными и работать как один);  
 $\rho_{усл}$  - условная плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k_3$  - коэффициент заполнения питателя (0,3-0,6);  
 $k_2$  - коэффициент использования машинного времени,  
 $k_p$  - коэффициент использования длины ножа, 0,5.

Характеристики стружечных станков приведены в [1], [2]. Производительность станка фирмы "Хомбак" определяют по формуле:

$$P_{ч} = \frac{3600 \cdot V \cdot k_3 \cdot \rho_{усл} \cdot K_u}{t_u}, \quad (50)$$

где  $V$  - объем рабочей части подающего желоба, м;  
 $k_3$  - коэффициент заполнения желоба, 0,55;  
 $\rho_{усл}$  - условная плотность древесины, кг/м<sup>3</sup>;  
 $t_u$  - время одного цикла строгания;  
 $K_u$  - коэффициент использования рабочего времени станка (0,7-0,8). Длительность одного цикла строгания  $t_u$  определяется по формуле:

$$t_u = t_{nc} + t_{px} + t_{xx}, \quad (51)$$

где  $t_{nc}$  - время подачи и зажима сырья, 7 с;  
 $t_{px}$  - время рабочего хода каретки, 87 с;  
 $t_{xx}$  - время холостого хода каретки, 6 с.

#### Повторное измельчение

Для получения стружки, пригодной для наружных слоев ЦСП,

мельнице ДМ-7, техническая характеристика приведена в /1/. На импортных линиях установлены молотковые мельницы фирмы "Bison".

Таблица 12  
Техническая характеристика молотковых мельниц фирмы "Bison" марки 85/200

№	Наименование параметров	Единица измерения	Значение параметров
1	Производительность по абсолютно сухой стружке	кг/час	3000
2	Диаметр ротора	мм	850
3	Частота вращения ротора	мин <sup>-1</sup>	1057
4	Установленная мощность двигателя	кВт	75
5	Габаритные размеры: длина; ширина; высота	мм	2800; 1370; 1190
6	Масса	т	3,6

На этих мельницах перерабатывают стружку влажностью не более 100%, толщина стружки не более 4 мм, шириной не более 32 мм. После дробления ширина стружки становится не более 5 мм.

#### Хранение межоперационных запасов

Для создания межоперационных запасов стружки применяют бункеры. На предприятиях установлены бункеры ДБО-60 или импортные фирмы "Bison" емкостью 150 и 50 м<sup>3</sup>. Для определения необходимого количества бункеров для хранения заданного объема стружки можно использовать формулу:

$$n = \frac{G_{w \text{ ч}}^{н(вн)} \cdot \tau_{xp}}{V_b \cdot \kappa_3 \cdot \rho_{стр}}, \quad (52)$$

где  $G_{w \text{ ч}}^{н(вн)}$  - часовой расход стружки заданной влажности для наружных или внутреннего слоя, кг;

$\tau_{xp}$  - время хранения запаса, ч;

$V_b$  - объем бункера, м<sup>3</sup>;

$\kappa_3$  - коэффициент заполнения бункера (0,8-0,9);

$\rho_{стр}$  - насыпная масса стружки при заданной влажности

#### Оборудование для сортировки стружки

Для сортировки стружки применяются механические ситовые сепараторы типа ДРС-2 и качающаяся сортировка фирмы "АЛГАЕР" типа APSM 332.

Технические характеристики этого оборудования приведены в /1/.

#### Расчет смесительных агрегатов

На предприятиях по производству ЦСП установлены смесительные агрегаты периодического действия фирмы "КЕЛЛЕР", работающие раздельно на внешний и внутренние слои. Их производительность обычно берут из технических характеристик (см. табл. 13).

Для определения количества смесителей, обеспечивающих бесперебойную работу, необходимо знать часовой расход древесно-цементной смеси на наружные и внутренние слои ЦСП.

Для этого взятые из таблицы пооперационные расходы сырья, цемента, химических добавок, часовые расходы компонентов, составляющих плиту, суммируются:

$$G_{ч см}^{н(вн)} = G_{ч др}^{н(вн)} + G_{ч цем}^{н(вн)} + G_{воб}^{н(вн)}. \quad (53)$$

Количество смесителей для наружных или внутренних слоев определяется по формуле:

$$n_{см} = \frac{G_{ч см}}{P_{см}}. \quad (54)$$

Таблица 13  
Техническая характеристика смесителей фирмы "КЕЛЛЕР"

№	Наименование параметров	Единица измерения	Численные значения показателей смесителей	
			Наружный слой	Внутренний слой
1	Габариты смесителя: длина ширина высота	мм	5100	6000
		мм	1650	2000
		мм	2150	2600
2	Полный объем	м <sup>3</sup>	3	6
3	Масса станка	кг	850	13000
4	Установленная мощность двигателя	кВт	37	110
5	Производительность смесителя	кг/ч	5000	10000

#### Расчет и настройка формирующих машин

Формирование ковра осуществляется на формирующих машинах ДФ-6 и машинах фирмы "Bison" марки ВД 200. Формирование ковра происходит непрерывно на металлические поддоны, идущие по главному конвейеру один за одним без разрыва. Для настройки машин необходимо знать скорость конвейера и скорость формирования ковра отдельно каждой машиной. Скорости формирующего конвейера  $U$  определяются формулой:

$$U = \frac{L}{1000 \cdot R}, \quad (55)$$

где  $L$  - длина формируемого пакета, мм;

$R$  - ритм главного конвейера (формула 25).

Минутная производительность формирующей машины

рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{мин}}^{n(\text{вн})} = \frac{G^{n(\text{вн})} \text{ ч см}}{60n}, \quad (56)$$

где  $n$  - число машин, формирующих соответствующий слой ( $n=2$ ).

Полученную производительность надо сравнить с технической характеристикой. Если рассчитанная минутная производительность машины входит в пределы возможного изменения производительности (по паспорту), то эта машина обеспечит насыпку требуемого количества стружки.

Скорость формирования ковра  $V$  каждой машиной в отдельности определяется формулой:

$$V = U, \quad (57)$$

где  $U$  - скорость главного конвейера (по формуле 55);

Определив скорости послыного формирования плиты, необходимо сравнить их с паспортными данными и сделать вывод о возможности установления такой скорости.

#### Расчет установки формирования пакетов

Техническая характеристика установки формирования пакетов приведена в табл. 14.

Таблица 14

Техническая характеристика установки формирования пакетов фирмы "BISON"

№	Наименование параметров	Единица измерения	Численные значения
1	Размеры плит: длина, ширина, толщина	мм	3250; 1300; 8-40
2	Размеры стальных поддонов: длина, ширина, толщина	мм	3350; 1460; 4
3	Габаритные размеры станции: длина, ширина, высота	мм	28750; 2950; 6180
4	Соотношение высоты ковра к толщине готовой плиты		3: 1
5	Объемная масса: наружный слой, внутренний слой	кг/м <sup>3</sup>	420; 380
6	Влажность смеси	%	40-43
7	Масса формирующей станции	т	35

Время сборки одного пакета (каркаса)  $\tau_k$  определяется по формуле:

$$\tau_k = t \cdot n + 60, \quad (58)$$

где  $t$  - время укладки одного поддона с ковром, с;  
 $n$  - количество плит в пакете;  
 60 - время замены нижнего основания каркаса.

Количество пакетов  $n$ , которое установка может собрать за сутки, определяется формулой:

$$n = \frac{t \cdot 60}{\tau_k}, \quad (59)$$

Суточную производительность станции формирования пакетов в м<sup>3</sup> можно определить, зная объем одного пакета  $V_{\text{пак}}$ :

$$P_{\text{сут}} = V_{\text{пак}} \cdot n.$$

#### Расчет производительности камеры термообработки

Для приобретения прочности, достаточной для расформирования пакетов и освобождения от поддонов, каркасы плит выдерживаются в термокамере проходного типа в течение 8-12 часов.

Техническая характеристика камеры твердения плит приведена в табл. 8.

Таблица 15

Техническая характеристика камеры твердения

№	Наименование показателей	Единица измерения	Численные значения
1	Габаритные размеры: длина; ширина; высота	мм	33000; 6000; 3300
2	Время твердения плит	ч	8
3	Цикл загрузки-разгрузки	мин	30
4	Температура твердения	°С	90-100
5	Установленная мощность электродвигателей	кВт	12,85

Количество пакетов (каркасов)  $n$ , которое может поместиться в камере, можно определить по формуле:

$$n = 2 \frac{L}{l + \Delta l}, \quad (60)$$

где  $L$  - длина камеры в мм;  
 $l$  - длина необрезной плиты;  
 $\Delta l$  - расстояние между каркасами (400 мм).

Часовая производительность камеры м<sup>3</sup>/ч определяется по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot V \cdot n}{\tau_{\text{тер}} + \tau_{\text{загр}}}, \quad (61)$$

где  $V$  - объем пакета (каркаса) м<sup>3</sup>;  
 $\tau_{\text{тер}}$  - время термообработки; мин;  
 $\tau_{\text{загр}}$  - время разгрузки и загрузки, мин.

#### Расчет площади складских помещений

На склад плиты подаются в пачках: высотой 500-600 мм. Такие пачки укладываются в штабеля высотой до 4,5 м и разделяются прокладками толщиной 10-20 мм.

Зная объем одной пачки, можно определить количество пачек в штабеле по формуле:

$$n = \frac{H}{h + 0,01} \quad (62)$$

где  $H$  - высота штабеля; м;  
 $h$  - высота одной пачки, м.

Перед сушкой плиты хранятся в течение 1 - 8 суток на складе. Количество штабелей, подлежащих хранению,  $N$  можно определить по формуле:

$$N = \frac{T \cdot \Pi_{\text{сут}}}{V_{\text{шт}}} \quad (63)$$

Общая площадь склада для выдержки плит будет определяться формулой

$$F_{\text{ск}} = \frac{B \cdot L \cdot N}{K} \quad (64)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий компактность складирования,  $K=0,5$ .

#### Расчет камеры сушки

Готовые цементно-стружечные плиты должны иметь влажность  $W=12\pm 3\%$ . В связи с этим операция сушки плит обязательна. Она осуществляется в камерах проходного типа, техническая характеристика которых приведена в табл. 15.

Плиты транспортируются в вертикальном положении на двух рольгангах, снабженных специальными захватами, фиксирующими положение плит. Одновременно на двух транспортерах может находиться 620 плит. Время сушки обычно принимается из расчета 0,5 ч на 1 мм толщины.

Производительность камеры в  $\text{м}^3/\text{ч}$  может быть определена по формуле:

$$\Pi = \frac{60 \cdot L \cdot B \cdot S \cdot n}{(\tau_{\text{всп}} + \tau_{\text{в}}) \cdot 1000} \quad (65)$$

где  $L, B$  - длина, ширина обрезной плиты, м;  
 $S$  - толщина плиты, мм;  
 $n$  - количество плит в камере;  
 $\tau_{\text{в}}$  - время цикла термообработки, мин;  
 $\tau_{\text{всп}}$  - время загрузки и выгрузки плиты.

Таблица 15

#### Техническая характеристика камеры сушки

№	Наименование показателей	Единица измерения	Численные значения
1	Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	45000 1000 3300
2	Температура воздуха	°С	80 - 110
3	Цикл разгрузки-загрузки	мин	2-3
4	Установленная мощность	кВт	15

#### Расчет форматно - обрезных станков

Для форматной обрезки цементно-стружечных плит применяются 4-пильные станки ДЦ-8 и станки фирмы "ФАУС-ГРЕКОН" с алмазными кругами (табл. 17). Часовая производительность определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{ф}} = 60 \cdot V \cdot S \cdot B \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (66)$$

где  $\Pi_{\text{ф}}$  - часовая производительность форматно-обрезных станков;  
 $V$  - скорость подачи (по технической характеристике);  
 $S, B$  - толщина и ширина плиты, м;  
 $K_1$  - коэффициент использования станка (0,8-0,9);  
 $K_2$  - коэффициент использования рабочего времени (0,9-0,95).

Таблица 17

#### Техническая характеристика станка фирмы "ФАУС ГРЕКОН"

№	Наименование параметров	Единица измерения	Численные значения
1	Габаритные размеры: длина, ширина, высота	мм	6600; 3100; 2235
2	Установленная мощность	кВт	35,2
3	Скорость подачи	м/мин	8-40
4	Потребность в сжатом воздухе	л/мин	210
5	Масса	т	8

*Расчет площади склада готовой продукции*

После сортировки плиты направляются на склад готовой продукции, где хранятся в течение 5-7 суток.

Объем одного штабеля обрезаемых плит определяется по формуле:

$$V_{шт} = V_n \cdot n, \quad (67)$$

где  $V_n$  - объем одной обрезной плиты;  
 $n$  - количество плит в каркасе.

Количество штабелей, которые должны быть размещены на складе, определим по формуле:

$$N_{шт} = \frac{T \cdot P_{сут}}{V_{шт}}, \quad (68)$$

где  $T$  - время хранения плит на складе в сутках;  
 $P_{сут}$  - суточная производительность цеха, м<sup>3</sup>.

Площадь, занимаемая штабелями

$$F_{шт} = B \cdot L \cdot N_{шт}, \quad (69)$$

где  $L, B$  - длина и ширина плиты.

Общая площадь склада определяется по формуле

$$F_{ск} = \frac{F_{шт}}{K}, \quad (70)$$

$K$  - коэффициент заполнения площади склада;  $K = 0,5$ .

4.15. Расчет внутрицеховых транспортных средств

Перемещения плит внутри цеха производятся электропогрузчиками. Техническая характеристика электропогрузчика марки ЭП-501 приведена в табл. 18.

Таблица 18

№	Наименование параметров	Единица измерения	Численные значения
1	Грузоподъемность	кг	4800-5000
2	Максимальная высота подъема	м	4,5
3	Скорость передвижения с грузом	км/час	6
	без груза	км/час	8
4	Радиус поворота: внутренний	мм	290
	внешний	мм	2790
5	Наименьшая ширина проездов, перескающая под углом 90°	мм	2570
6	Скорость подъема каретки: с грузом	м/мин	6
	без груза	м/мин	10
7	Скорость опускания каретки: с грузом	м/мин	15
	без груза	м/мин	8

Часовая производительность  $P_{эл}$  электропогрузчиков определяется по формуле:

$$P_{эл} = \frac{60 \cdot G \cdot K_1 \cdot K_2}{\rho \cdot T_u}, \quad (71)$$

где  $K_1$  - коэф. использования рабочего времени погрузчика (0,6-0,8);  
 $K_2$  - коэф. использования погрузчика по грузоподъемности, определяемый по формуле:

$$K_2 = \frac{G_m}{G}, \quad (72)$$

где  $G_m$  - вес груза, кг;  
 $G$  - грузоподъемность погрузчика;  
 $T_u$  - цикл работы погрузчика, определяется по формуле:

$$T_u = \tau_{вр} + \tau_{пр} + \tau_{ук} + \tau_{в}, \quad (73)$$

где  $\tau_{вр}$  - продолжительность взятия груза, мин;  
 $\tau_{пр}$  - продолжительность перемещения груза, мин;  
 $\tau_{ук}$  - продолжительность укладки груза, мин;  
 $\tau_{в}$  - продолжительность возврата погрузчика, мин;

Зная часовую производительность цеха и электропогрузчика, можно найти необходимое количество электропогрузчиков.

3.5. Основные технико-экономические показатели

Основными технико-экономическими показателями производственного процесса являются - расходы сырья, вяжущего, химических добавок на 1 м<sup>3</sup> плит, средний удельный расход электроэнергии и воды.

Расход сырьевых материалов берется из соответствующих расчетов в проекте, расход электроэнергии рассчитывается как сумма установленных мощностей с учетом количества станков и их загрузки. Мощность пневмоустановок составляет примерно 100-120 кВт, приводы транспортеров 20-30 кВт.

*Средний удельный расход материалов и энергии:*

древесина	0,9 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
цемент	0,85 т/м <sup>3</sup>
серноокислый алюминий	0,013 т/м <sup>3</sup>
жидкое стекло	0,03 т/м <sup>3</sup>
вода	0,6 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>

Средний удельный расход электроэнергии, кВт/час 270,0 кВт/час

## ЛИТЕРАТУРА

1. Отлев И.А., Штейнберг Ц.Б. Справочник по древесностружечным плитам. - М.: Лесная промышленность, 1983. - 140 с.
2. Баженов В.А., Карасев Е.И., Мерсов Е.Д. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков. - М.: Лесная промышленность, 1980.-358с.
3. Справочник по производству фанеры. - М.: Лесная промышленность, 1984. -431 с.
4. Гарасевич Г.И., Семеновский А.А. Формирование изделий из древесно-клеевой композиции. - М.: Лесная промышленность, 1982. - 137 с.
5. Доронин Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Шулепов И.А. Древесные пресс-массы. - М.: Лесная промышленность, 1980. - 112 с.
6. Свиткин М.З., Щедро Д.А., Технология приготовления изделий из измельченной древесины. - М.: Лесная промышленность. 1976. - 144 с.
7. Вигдорович А.И., Сагалаев Г.В. Применение древесных пластиков в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1977. - 151 с.
8. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесно-стружечных плит. -М.: Лесная промышленность, 1977. - 382 с.
9. Щербаков А.С., Мельникова Л.В., Гамова И.А. Технология композиционных материалов. - М.: Экология, 1992. - 190 с.
10. ГОСТ 11368-89. Массы древесные прессовочные. Технические условия.
11. ГОСТ 26816-86. Плиты цементно-стружечные. Технические условия.
12. Мельникова Л.В. Технология композиционных материалов из древесины. - М.: МГУЛ, 2002.-235 с.

Приложение 1  
Варианты заданий на расчетную работу по проектированию цеха по производству ЦСП

№ п/п	Характеристика сырья		3	4	5	6
	Состав сырья по виду	Состав сырья по породам				
1	Состав сырья по виду					
1	Тонкомерная деловая древесина	100	Осина выдержанная	ЦСП-2 3200x1200x8	15	
2	То же	100	Осина невыдержанная	ЦСП-1 3600x1200x10	20	
3	То же	100	Сосна невыдержанная	ЦСП-1 3200x1250x12	25	
4	То же	100	Ель	ЦСП-2 3600x1250x14	30	
5	Кругломерная деловая древесина	50/50	Береза выдержанная	ЦСП-2 3200x1250x16	35	
6	То же	100	Ель/береза	ЦСП-2 3600x1200x18	30	
7	То же	100	Осина выдержанная	ЦСП-2 3200x1250x20	25	
8	То же	100	Осина невыдержанная	ЦСП-2 3600x1250x22	20	
9	То же	100	Береза невыдержанная	ЦСП-2 3200x1200x24	15	
10	То же	100	Осина выдержанная	ЦСП-2 3600x1200x26	20	
11	То же	100	Осина невыдержанная	ЦСП-1 3200x1250x28	30	
12	То же	100	Ель	ЦСП-1 3600x1250x30	35	
13	То же	100	Сосна	ЦСП-2 3200x1200x32	22	
14	То же	100	Береза невыдержанная	ЦСП-1 3600x1200x34	24	
15	Тонкомерная деловая древесина	100	Сосна	ЦСП-1 3200x1250x36	28	
16	То же	100	Ель	ЦСП-2 3600x1250x38	30	
17	То же	100	Береза выдержанная	ЦСП-2 3200x1200x40	33	
18	То же	100	Осина выдержанная	ЦСП-1 3600x1200x38	35	
19	То же	100	Сосна	ЦСП-1 3200x1250x36	18	
20	Дровяное долготье	100	Ель	ЦСП-2 3600x1250x34	22	
21	То же	100	Береза невыдержанная	ЦСП-2 3200x1200x32	28	
22	Кругломерная деловая древесина	100	Осина выдержанная	ЦСП-2 3200x1250x18	15	
23	То же	100	Осина невыдержанная	ЦСП-2 3200x1200x18	16	
24	То же	50/50	Осина выдержанная	ЦСП-2 3200x1250x18	17	
25	То же	100	Ель/береза	ЦСП-2 3200x1250x18	18	
26	Тонкомерная деловая древесина	100	Ель	ЦСП-1 3200x1200x10	19	
			Сосна	ЦСП-1 3200x1250x10		

№	2	3	4			5	6		
			Ель						
1	Название изделия	Размеры, мм		Толщина	Влажность, %	Плотность, кг/м³	Марка пресс-массы	Порода древесины	Годовая программа в тыс. штук
		диаметр	длина						
27	То же	100					ЦСП-1 3200x1200x10		20
28	То же	50/50			Ель/береза		ЦСП-2 3200x1250x12		21
29	То же	100			Береза не выдержанная		ЦСП-2 3200x1200x12		22
30	То же	100			Береза выдержанная		ЦСП-2 3200x1250x12		23
31	Дровяное долготье	100			Осина не выдержанная		ЦСП-2 3200x1200x14		24
32		100			Осина выдержанная		ЦСП-2 3200x1250x14		25
33	То же	100			Береза не выдержанная		ЦСП-1 3200x1200x14		26
34	То же	100			Береза выдержанная		ЦСП-2 3200x1250x16		27
35	То же	100			Береза не выдержанная		ЦСП-2 3200x1200x16		28
36	Тонкомерная деловая древесина	100			Осина		ЦСП-1 3200x1250x16		29
37		100			Осина		ЦСП-1 3600x1200x18		30
38	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1250x18		31
39	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x18		32
40	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1250x20		33
41	Дровяное долготье	100			Береза выдержанная		ЦСП-2 3600x1200x20		34
42		100			Береза не выдержанная		ЦСП-2 3600x1250x20		35
43	То же	100			Осина выдержанная		ЦСП-2 3600x1200x22		36
44	Кругломерная деловая древесина	100			Осина		ЦСП-1 3600x1250x22		37
45		100			Осина		ЦСП-1 3600x1200x24		25
46	То же	100			Осина		ЦСП-1 3600x1250x24		27
47	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x26		29
48	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1250x26		30
49	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x28		32
50	То же	100			Осина		ЦСП-1 3600x1250x28		27
51	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x30		25
52	То же	100			Осина		ЦСП-1 3600x1250x30		22
53	Тонкомерная деловая древесина	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x32		20
54		100			Осина		ЦСП-1 3600x1250x34		18
55	То же	100			Осина		ЦСП-1 3600x1200x36		16
56	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1250x38		22
57	То же	100			Ель		ЦСП-1 3600x1200x40		24

№ задания	Название изделия	Характеристика изделия			Диаметр	Толщина	Влажность, %	Плотность, кг/м³	Марка пресс-массы	Порода древесины	Годовая программа в тыс. штук
		наруж.	внутр.	диаметр							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Втулка	40	30			100	6	1300	МДПК-Б	Береза	500
2	Втулка	190	180			100	6	1310	МДПК-Б	Береза	600
3	Втулка	110	80			100	6	1320	МДПК-Б	Береза	700
4	Шайба	100	90			10	7	1330	МДПК-Б	Береза	800
5	Шайба	90	80			12	7	1320	МДПК-В₄	Береза	900
6	Шайба	80	70			15	7	1330	МДПК-В₄	Береза	1000
7	Втулка	160	135			120	8	1340	МДПК-В₄	Береза	550
8	Шайба	140	120			20	8	1350	МДПК-В₄	Береза	650
9	Втулка	140	125			80	8	1360	МДПК-Б₄	Береза	750
10	Шайба	160	140			18	6	1370	МДПК-Б₄	Береза	850
11	Втулка	180	160			140	6	1380	МДПК-Б₄	Береза	1000
12	Втулка	120	100			130	6	1330	МДПК-В₄	Береза	1100
13	Втулка	140	120			120	7	1340	МДПК-В₄	Береза	1200
14	Шайба	130	110			20	7	1350	МДПК-В₄	Береза	1000
15	Втулка	135	120			90	7	1360	МДПК-В₄	Береза	500
16	Шайба	60	40			22	8	1370	МДПК-В₄	Береза	600
17	Втулка	80	55			60	8	1380	МДПК-В₄	Береза	650
18	Шайба	100	75			25	8	1370	МДПК-В₄	Береза	700
19	Втулка	110	85			90	6	1360	МДПК-В₄	Береза	750
20	Шайба	120	105			24	6	1350	МДПК-В₄	Береза	800
21	Втулка	140	120			80	6	1340	МДПК-В₄	Береза	850
22	Шайба	160	140			24	7	1330	МДПК-В₄	Береза	900
23	Втулка	130	110			100	7	1320	МДПК-В₄	Береза	950
24	Крышка стола			400	300	35	9	1220	МДПС-М	Береза	500
25		Крышка стола			420	320	30	9	1230	МДПС-М	Осина

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	Крышка стола			350	300	25	10	1240	МДПС-М	Сосна	300
27	Сиденье стула	300				20	10	1250	МДПС-М	Ель	200
28	Сиденье стула	400				20	11	1280	МДПС-М	Сосна	100
29	Сиденье стула	350				20	11	1280	МДПС-М	Береза	500
30	Диск	120				25	6	1320	МДПО-М	Береза	500
31	Диск	80				25	7	1325	МДПО-Б	Береза	500
32	Диск	60				20	8	1330	МДПО-Б	Береза	800
33	Диск	100				20	9	1335	МДПО-Б	Береза	800
34	Шайба	100	80			18	10	1340	МДПО-Б	Береза	800
35	Шайба	110	100			16	6	1345	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	700
36	Втулка	120	110			100	7	1350	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	660
37	Втулка	110	100			100	8	1355	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	1000
38	Шайба	120	110			22	9	1360	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	1100
39	Шайба	110	100			18	10	1365	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	1200
40	Втулка	120	110			120	11	1370	МДПО-Б <sub>н</sub>	Береза	1100
41	Втулка	140	120			100	7	1375	МДПО-Б	Береза	1000
42	Шайба	100	90			20	8	1380	МДПО-В	Береза	1100
43	Втулка	120	110			105	9	1375	МДПО-В	Береза	1000
44	Шайба	100	90			22	10	1370	МДПО-В	Береза	870
45	Втулка	110	95			125	11	1360	МДПО-В	Береза	920
46	Шайба	110	100			20	6	1350	МДПО-В <sub>н</sub>	Береза	900
47	Втулка	120	105			100	7	1340	МДПО-В <sub>н</sub>	Береза	950
48	Шайба	120	105			25	8	1335	МДПО-В <sub>н</sub>	Сосна	1100
49	Втулка	140	120			110	9	1330	МДПО-В <sub>н</sub>	Ель	700
50	Шайба	150	140			15	10	1320	МДПО-В <sub>н</sub>	Сосна	800

Учебное издание

Мельникова Людмила Васильевна  
Сёмочкин Юрий Александрович  
Шубина Илиана Ивановна

## ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под редакцией проф. Л. В. Мельниковой  
Компьютерный набор и верстка авторов

По тематическому плану внутривузовских изданий учебной литературы на 2008 г.

Подписано в печать 03.07.2008. Формат 60×90 1/16. Бумага 80 г/м<sup>2</sup>  
Гарнитура «Таймс». Ризография. Усл. печ. л. 2,75.  
Тираж 500 экз. Заказ № 378.

Издательство Московского государственного университета леса. 141005,  
Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.  
E-mail: [izdat@mgul.ac.ru](mailto:izdat@mgul.ac.ru)

По вопросам приобретения литературы издательства ГОУ ВПО МГУЛ  
обращаться в отдел реализации.  
Телефон: (498) 687-37-14.