

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Уральский государственный лесотехнический университет
Кафедра технологии переработки пластмасс

Ю.И. Литвинец
Н.М. Мухин

**ОСНОВЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ
И ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС
ПРЕССОВАНИЕМ**

Методические указания к практическим занятиям,
курсовому и дипломному проектированию по дисциплине
«Основы проектирования и оборудование предприятий по
переработке полимеров» для студентов специальности 2506
«Технология переработки пластических масс и эластомеров»

Екатеринбург
2002

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета Уральского государственного лесотехнического университета.

Протокол №1 от 7 октября 2001 г.

Рецензент Жвирблите А.К., доцент кафедры химии древесины и технологии ЦБП, канд. техн. наук

Редактор Сайгина Р.В.

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	
Плоская печать	Печ. л.	Тираж 50 экз.
Заказ	Поз.	Цена

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

1. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ

Методом прессования прямого (компрессионного) и литьевого (трансферного) перерабатывают в основном термореактивные пластические массы – фенолоформальдегидные пресс-порошки (фенопласты) новолачные и резольные, аминопласты, волокниты, стекловолокниты. Прессованием перерабатывают также пресс-материалы на основе эпоксидных и кремнийорганических смол, полиэфирных смол (премиксы) и отдельные виды термопластов (нитроцеллюлозный этрол, полиакриловые пресс-порошки, фторопласты). В качестве связующих реактопластов используют новолачные и резольные фенолоформальдегидные, фенолофурфурольные, карбамидные, полиэфирные, кремнийорганические, эпоксидные и др. смолы. В качестве наполнителей применяют порошкообразные (древесная мука, каолин, графит, литопон и др.), крошкообразные (опилки, слюда, крошка из бумаги, древесины, текстолита, асбеста и др.), волокнистые (стекловолокно, асбест, очесы хлопка, льна и др.), слоистые (бумага, листовой асбест, стекловолокнистый войлок, ткани и др.) материалы.

1.1. Потери и отходы реактопластов при прессовании

Потери и отходы реактопластов при переработке их прессованием образуются на всех основных технологических стадиях: при предварительной подготовке материала к переработке, при прессовании, при дополнительных операциях обработки отформованного изделия.

На стадии предварительной подготовки сырья, как правило, осуществляют его таблетирование или экструдирование (шнекование) и жгутирование (для волокнистых и стекловолокнистых материалов) и предварительный подогрев в генераторах токов высокой частоты (ГТВЧ). В некоторых случаях на этой стадии проводят просев материала, подсушку или увлажнение, гранулирование и другие операции.

Таблетирование, жгутирование, экструдирование позволяют уменьшить потери сырья в результате применения поштучной, более точной и простой дозировки сырья, работы с материалом в виде таблеток, достаточно прочных и удобных при хранении и транспортировке; уплотнения материала и уменьшения объема загрузочных камер; снижения пылеобразования; получения более качественных изделий вследствие улучшения условий предварительного подогрева, снижения длительности формования.

Предварительный подогрев таблеток в ГТВЧ позволяет не только существенно сократить длительность цикла прессования изделий, но и снизить расход материала. Это достигается в результате сокращения количества бракованных изделий (при предварительном подогреве улучшаются

внешний вид изделий, физико-механические и диэлектрические свойства), уменьшения износа пресс-форм и соответственно затрат сырья.

При таблетировании образуются потери реактопластов в виде летучих продуктов и твердые обратимые и необратимые отходы.

Летучие продукты представляют собой удаляемую влагу, фенол, формальдегид и другие фракции.

Твердые необратимые отходы представляют собой пыль, загрязненные остатки на частях таблеточной машины, матрице экструдера и пылевидные фракции в атмосфере и рукавном фильтре. Потери при загрузке пресс-порошка в бункер таблеточной машины и на ее частях тем меньше, чем больше размер частиц порошков. Потери волокнистого сырья, как правило, больше, чем при таблетировании.

Часть твердых отходов, образующихся в результате просыпания пресс-порошков, при подборе массы таблеток (немерные таблетки), из-за боя таблеток может быть использована в дальнейшем при переработке после предварительного дробления и смешения. Эти отходы собирают в специальную тару. Они поступают в дробилку, из которой затем направляются в смеситель, где по утвержденной рецептуре происходит их смешение с размолотыми отходами от прессования (облой, грат, бракованные изделия).

При нагреве материала в ГТВЧ образуются в основном потери сырья вследствие выделения из него влаги и летучих продуктов (фенола, формальдегида и других фракций).

На стадии прессования образуются потери в виде летучих продуктов, пыли, отходы в виде бракованных изделий и облоя, который удаляется частично непосредственно у пресса и окончательно при последующей механической обработке.

К бракованным относятся изделия, имеющие включения, недопрессовки, вздутия, разводы, коробление, трещины, расслоение, неточности в размерах и др. Если брак нельзя исправить, то отбракованные изделия направляют в качестве используемых отходов на переработку или в виде неиспользуемых отходов вывозят на свалку.

При удалении после прессования облоя и последующей механической обработке также образуются летучие продукты, пыль в атмосфере и системе вентиляции, твердые отходы в виде облоя, стружки и бракованных изделий. Летучие продукты, стружка и пыль, как правило, теряются, поскольку стружка и пыль представляют собой смесь различных материалов. Облой и бракованные изделия частично возвращают в производство или вывозят на свалку.

Реактопласты в результате прессования переходят в необратимое твердое неплавкое состояние, поэтому утилизация их твердых отходов затруднена. В отдельных случаях эти отходы после дробления и размола добавляют в количестве 10-15% к первичному сырью. Поэтому расходные коэффициенты на производстве изделий прессованием значительно выше, чем на производство изделий литьем под давлением. Одна из основных причин, по которым отходы реактопластов не используются, - резкое

ухудшение физико-механических свойств и внешнего вида изделий, полученных с добавлением отходов.

1.2. Нормы расхода сырья при производстве изделий прессованием

В основу материальных расчетов производств переработки реактопластов прессованием положены предельно-допустимые нормативные коэффициенты технологических потерь и отходов.

При этом норма расхода сырья (H_p) – это плановая мера максимально-допустимых материальных затрат, необходимых для производства единицы продукции требуемого качества в соответствии с уровнем развития технологии и организации производства с учетом неизбежных технологических потерь и отходов.

Норма расхода на единицу продукции – это сумма массы детали и минимальных технологических возвратных отходов, безвозвратных потерь и отходов в перерасчете на исходное сырье.

Норма расхода зависит от следующих факторов:

1. типа материала (пресс-порошок, волокнистый или слоистый материал);
2. состояния материала перед прессованием (порошки, таблетки, жгуты);
3. метода прессования (прямое или литьевое);
4. сложности конструкции и размеров детали (толщина стенок, наличие арматуры, резьбы и т.п.);
5. конструкции пресс-формы (гнездность, тип загрузочной камеры, характер литниковой системы);
6. типа производства (тираж, серия).

Для прямого (компрессионного) прессования норму расхода сырья (H_p , г) определяют по формуле [1, 2]:

$$H_p = K_p m_0, \quad (1.1)$$

где m_0 – масса окончательно обработанной детали без арматуры, г; K_p – коэффициент расхода сырья (расходный коэффициент) без учета возможности использования возвратных отходов на том же производстве.

Значение коэффициента расхода сырья может быть принято или рассчитано с учетом реальных потерь по данным предприятия или может быть рассчитан предельно-допустимый нормативный коэффициент в зависимости от факторов, влияющих на нормы расхода.

Предельно-допустимый нормативный коэффициент расхода K_p равен [2]:

$$K_p = 1 + K_1 + K_2 + K_4 + K_5, \quad (1.2)$$

где K_1 – коэффициент, характеризующий безвозвратные потери при прессовании (включая нагрев ТВЧ), характеризующий угар и выделение летучих продуктов);

K_2 – коэффициент безвозвратных потерь при механической обработке;
 K_4 – коэффициент безвозвратных (неиспользуемых) отходов, образовавшихся в технологическом процессе (при выходе на режим, первые запрессовки и т.д.);

K_5 – коэффициент безвозвратных потерь при таблетировании (жгутировании) сырья.

Значения этих коэффициентов принимают в зависимости от массы детали и группы сложности (прил. 1) по табл. 1-3 прил. 2.

Приведенные в таблицах прил. 2 коэффициенты расхода не учитывают безвозвратных потерь сырья при транспортировке, растаривании и хранении. В случае необходимости эти потери учитывают добавлением коэффициента $K_6=0,001-0,003$ (потери 0,1-0,3%).

С учетом коэффициента K_6 расходный коэффициент будет равен

$$K'_p = K_p + K_6, \quad (1.3)$$

а норма расхода $H'_p = K'_p m_o = (K_p + K_6)m_o. \quad (1.4)$

Если возвратные отходы смогут быть полезно использованы на данном производстве, то расходный коэффициент можно определять по формуле:

$$K'_p = K_p + K_6 - \frac{\alpha K_4}{100}, \quad (1.5)$$

где α – доля используемых возвратных отходов, %.

С учетом использования возвратных отходов норма расхода материала:

$$H'_p = m_o \left(K_p + K_6 - \frac{\alpha K_4}{100} \right). \quad (1.6)$$

При производстве изделий методом литьевого прессования и литья под давлением нормативный расходный коэффициент определяется умножением соответствующего нормативного расходного коэффициента для компрессионного прессования на поправочный коэффициент K_n (табл. 1.1):

$$K''_p = K'_p K_n \quad \text{или} \quad K''_p = (K_p + K_6) K_n. \quad (1.7)$$

Таблица 1.1

Значения поправочного коэффициента K_n

m_o, Γ	До 0,5-1,15	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-10	10-30	30-50	50-100	100-1000	Св. 1000
K_n	1,15	1,13	1,10	1,09	1,085	1,08	1,065	1,15	1,13	1,10	1,09	1,085

При наличии чертежа литьевой пресс-формы поправочный коэффициент K_n определить более точно по формуле:

$$K_n = 1 + \frac{V_{л.с.}}{V_{изд}},$$

где $V_{изд}$ – объем изделия; $V_{л.с.}$ – объем безвозвратных отходов (облой, литники, пресс-остаток), отнесенный к одному изделию. $V_{изд}$ и $V_{л.с.}$ определяют по исполнительным размерам формирующих элементов по чертежу пресс-формы.

Норма расхода в этом случае рассчитывается по формуле:

$$H'' = K_p'' m_0 = m_0 (K_p + K_6) K_n. \quad (1.8)$$

Увеличение нормативного расходного коэффициента при литьевом прессовании и литье под давлением обусловлено образующимися безвозвратными отходами материала (облой, литники, прессостаток) которые можно учесть коэффициентом K_3 :

$$K_3 = K_p' (K_n - 1) = (K_p + K_6) (K_n - 1). \quad (1.9)$$

При использовании возвратных отходов норма расхода сырья в данном случае определяется по формуле:

$$H'' = m_0 \left(K_p + K_6 - \frac{\alpha K_3}{100} - \frac{\alpha K_4}{100} \right) K_n. \quad (1.10)$$

По принятым коэффициентам потерь можно рассчитать количество безвозвратных потерь сырья по стадиям технологического процесса по формуле:

$$G_{бн} = GK_i, \quad (1.11)$$

где G – масса готовой продукции, относительно которой рассчитываются потери (это может быть масса одной детали, масса 1000 шт. деталей, 1 т продукции и т.д.); K_i – коэффициент потерь материала на данной стадии (например, предельно допустимые нормативные коэффициенты из табл. 1-3 прил. 2 или коэффициенты потерь по данным предприятия).

Если известна годовая программа выпуска деталей Π , шт/год, можно рассчитать:

массу готовой продукции G_n , т/год, выпускаемой за год

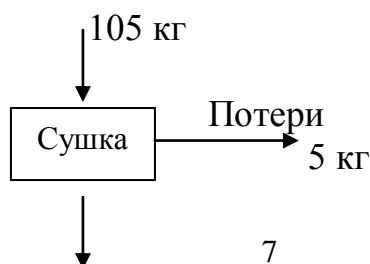
$$G_n = m_0 \Pi \cdot 10^{-6} \quad (1.12)$$

расход сырья G_c , т/год

$$G_c = H_p' \Pi \cdot 10^{-6}. \quad (1.13)$$

Материальный расчет заканчивают составлением схемы материального потока для каждого вида сырья. За начало схемы принимают расход сырья (на единицу продукции, на 1000 шт., на год и т.п.). В схеме указывают технологические операции, поступающие на операцию материалы, безвозвратные потери и возвратные отходы.

Пример представления и расчета материального потока технологической операции:



100 кг

При составлении схемы материального потока должен выполняться основной принцип расчета каждой стадии: сумма потоков, поступающих на операцию = сумме выходящих потоков ($105=100+5$).

Окончательным результатом материального расчета является сводная таблица материального баланса (форму таблицы см. [3]).

1.3. Пример выполнения материального расчета изготовления деталей прессованием

Исходные данные для расчета:

материал – фенопласт ОЗ-010-02;

прессуемая деталь: корпус (см. рис. 1.1);

производственная программа: $P=10^5$ шт./год;

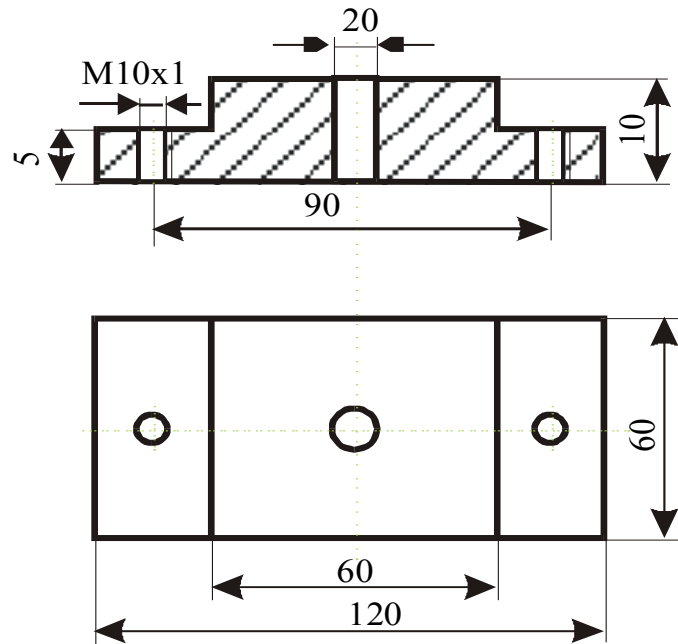


Рис. 1.1. Корпус пластмассовый

Расчет

1. По размерам детали рассчитываем ее массу:

$$m_0 = \rho V = 1,4 \left(12 \cdot 6 \cdot 1 - 2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 0,5 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 0,5 - 3,14 \cdot 1^2 \cdot 1 \right) = 72,3 \text{ г.}$$

Здесь $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ – плотность фенопласта (прил. 3);

V – объем детали, см^3 .

2. По классификационным признакам (прил. 1) относим деталь к 3-й группе сложности (деталь имеет 2 резьбы одного диаметра с шагом 1 мм).

3. По табл. 1 прил. 2 определяем предельно допустимые нормативные коэффициенты для детали из фенопласта (новолачный) 3-й группы сложности массой 50-100 г:

$$K_1 = 0,017; K_2 = 0,014; K_4 = 0,027; K_5 = 0,027.$$

Принимаем коэффициент потерь при транспортировке и хранении $K_6 = 0,003$.

По формулам (1.2) и (1.3) рассчитываем уточненный расходный коэффициент:

$$K'_p = K_p + K_6 = 1 + K_1 + K_2 + K_4 + K_5 + K_6 = 1,088.$$

4. Норма расхода на изготовление детали по формуле (1.4):

$$H'_p = K'_p m_0 = 1,088 \cdot 72,3 = 78,66 \text{ г.}$$

5. Масса готовой продукции, выпускаемой за год:

$$G_n = m_0 \Pi 10^{-6} = 72,3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 7,23 \text{ т/год.}$$

6. Расход сырья на выполнение годовой программы:

$$G_c = H'_p \Pi \cdot 10^{-6} = 78,66 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 7,866 \text{ т / год.}$$

Дальнейшие расчеты и схему материального потока выполним на 1000 штук деталей.

Масса 1000 шт. деталей: $m_{1000} = 1000 m_0 = 1000 \cdot 72,3 \cdot 10^{-3} = 72,3 \text{ кг.}$

Расход сырья на изготовление 1000 шт. деталей:

$$G_{c1000} = 1000 H'_p = 1000 \cdot 78,66 = 78660 \text{ г} = 78,66 \text{ кг.}$$

Количество безвозвратных потерь на 1000 шт.:

при транспортировке

$$G_6 = m_{1000} K_6 = 72,3 \cdot 0,003 = 0,217 \text{ кг;}$$

при таблетировании

$$G_5 = m_{1000} K_5 = 72,3 \cdot 0,027 = 1,952 \text{ кг;}$$

при прессовании (потери на угар и с летучими)

$$G_1 = m_{1000} K_1 = 72,3 \cdot 0,017 = 1,229 \text{ кг;}$$

технологические потери при прессовании

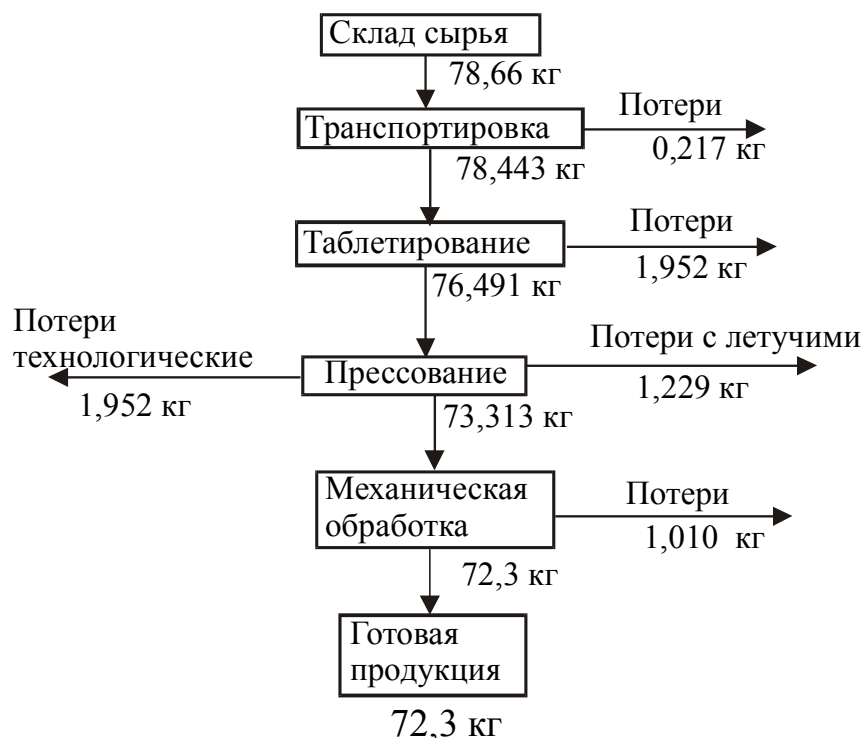
$$G_4 = m_{1000} K_4 = 72,3 \cdot 0,027 = 1,952 \text{ кг;}$$

при механической обработке

$$G_2 = m_{1000} K_2 = 72,3 \cdot 0,014 = 1,012 \text{ кг.}$$

По результатам расчетов составляем схему материального потока на 1000 штук деталей.

Схема материального потока на 1000 штук деталей



2. ВЫБОР, РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Основным оборудованием для получения изделий из реактопластов прессованием являются гидравлические прессы. Характеристика отечественных прессов приведена в прил. 4.

2.1. Выбор гидравлического прессы

Гидравлический пресс выбирают по расчетному усилию прессования F_p , кН, чтобы выполнялось условие:

$$F_{ном} \geq F_p, \quad (2.1)$$

где $F_{ном}$ – номинальное усилие прессы (прил. 4);

В общем случае усилие прессования определяется как проекция равнодействующих сил, приложенных к пуансону (или матрице). Исходя из закона деформации сплошной среды [4, с. 88] усилие прессования будет зависеть не только от давления пуансона на пресс-материал, но и от сопротивления пресс-материала процессу течения в формующей полости пресс-формы [4, с. 147-150; 5, с. 117-120]:

$$F_{np} = (AP^* + B \tau_{cd})10^{-3}, \quad (2.2)$$

где F_{np} – усилие прессования, КН; P^* - минимальное давление прессования, обеспечивающее необходимые эксплуатационные свойства пресс-изделия, Н/м²; τ_{cd} – сопротивление сдвигу пресс-материала (предел текучести – показатель технологических свойств материала), Н/м²; A и B – коэффициенты, зависящие только от конструктивных параметров изделия и пресс-формы, м².

Значение P^* и τ_{cd} для некоторых видов реактопластов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Технологические параметры прессования реактопластов

Материал	P^* , МПа	τ_{cd} , МПа	ϵ	$tg\delta$
ОЗ-010-02	20-25	0,08-0,15	4,5-8,0	0,02-0,03
Э2-330-02	20-25	0,04-0,09	1,5-5,5	0,03-0,04
У4-080-02	25-30	0,28-0,54	4,0-7,0	0,02-0,03
Аминопласт	20-25	0,10-0,14	5,0-6,5	0,02-0,04
АГ-4В	25-30	0,13-0,36	6,0-8,0	0,025-0,05
ДСВ-2Р-2М	25-30	0,19-0,21	6,0-8,0	0,04
СНК-2-27	20-25	0,07-0,12	6,0-7,0	0,03-0,05

Геометрический смысл коэффициента A заключается в том, что его можно принять равным:

- площади горизонтальной проекции изделий для пресс-форм закрытого типа:

$$A = S_{\delta} n, \quad (2.3)$$

где S_{δ} – площадь проекции детали на плоскость разъема пресс-формы; n – число гнезд в пресс-форме;

- площади загрузочных камер в полузакрытых пресс-формах:

$$A = S_{з.к.} m, \quad (2.4)$$

где $S_{з.к.}$ – площадь загрузочной камеры в полузакрытых пресс-формах; m – число загрузочных камер.

Геометрический смысл коэффициента B заключается в том, что он зависит от поверхности пуансона, контактирующей с пресс-материалом, от толщины зазора между пуансоном и матрицей (т.е. от толщины стенки изделия).

Для осесимметричных изделий с вертикальными стенками типа «втулка» и «коробка», формируемых сплошным пуансоном, значение коэффициента B , исходя из закона деформации сплошной среды [4], можно определить по формуле (см. рис. 2.1):

$$B = S_{\delta.п.} + S_{н.п.} \left(\frac{2H}{h_{\delta}} + \frac{D}{3h_{\delta}} \right). \quad (2.5)$$

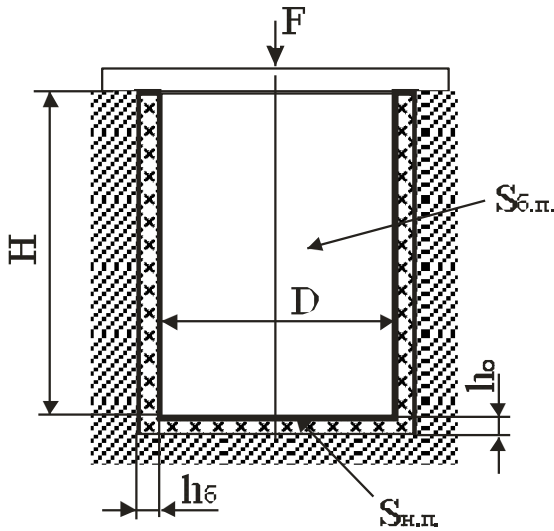


Рис. 2.1. Параметры для расчета коэффициента B

В формуле (2.5) и рис. 2.1:

$S_{б.п.}$ – площадь боковой поверхности пуансона; $S_{н.п.}$ – площадь нижнего основания пуансона; H – высота формующей части пуансона; $h_б$ – толщина боковой стенки изделия; $h_о$ – толщина изделия в нижнем основании; D – наибольший размер диагонали нижнего основания пуансона (для цилиндрического пуансона – диаметр).

Для осесимметричных изделий с наклонными боковыми стенками, например, типа «стаканчик» и «усеченная пирамида», коэффициент B умножается на $\sin \alpha$ (α – угол между направлением прессования и внешней нормалью поверхности $S_{б.п.}$):

$$B' = B \sin \alpha \quad (2.6)$$

При прессовании втулки коэффициент B рассчитывается по формуле:

$$B = \pi \left[\frac{d^2}{4} \left(\frac{2H}{h_б} + \frac{d}{3h'_о} \right) + dH \right], \quad (2.7)$$

где d – внутренний диаметр втулки; $h'_о$ – толщина облоя, образующегося в нижнем основании пуансона.

Для плоских изделий с толщиной менее 10 мм (плита, пластина, диск) $B=0$.

При прессовании сложных плоских изделий с $h < 10$ мм усилие должно рассчитываться с учетом потери давления на трение пресс-материала о поверхность формующей полости пресс-формы по следующей формуле:

$$F_{np.} = P_* (A + S_б f) \quad (2.8)$$

где f – коэффициент трения пресс-материала о сталь ($f = 0,2-0,3$); $S_б$ – площадь боковой поверхности оформляющей полости пресс-формы.

Усилие литьевого прессования при известных размерах литьевого пуансона и литниковой системы можно определить по формуле [6, с. 404-405]:

$$F_{л.п.} = \frac{\pi D^2}{4} P_* \left[\ln \left(\frac{D}{d} \right)^2 + \frac{4L}{D} f \right], \quad (2.9)$$

где D – диаметр литьевого пуансона; d – диаметр литникового канала; L – ход литьевого пуансона в загрузочной камере литьевой формы.

Учитывая потери на трение в системе пресс – пресс-форма расчетное усилие прессования F_p должно быть увеличено примерно на 20%, т.е.

$$F_p = 1,2 F_{np(л.п.)} \quad (2.10)$$

По расчетному усилию прессования F_p выбирается гидравлический пресс по прил. 4 с выполнением условия (2.1).

2.2. Расчет производительности прессы

Производительность гидравлического прессы (Q , кг/ч) можно определять по формуле [2, 7]:

$$Q = \frac{3,6m_0n}{\tau_{ц}}, \quad (2.11)$$

где m_0 – масса изделия, г; n – число гнезд; $\tau_{ц}$ – время цикла прессования, с.

При полуавтоматическом (обычном) прессовании и применении стационарной пресс-формы время цикла ($\tau_{ц}$, мин или с) рассчитывается по формуле [8]:

$$\tau_{ц} = \tau_n + \tau_{on} + \tau_{nn} + \tau_{выд}, \quad (2.12)$$

где τ_n – время на подъем пуансона; τ_{on} – время опускания пуансона; τ_{nn} – время на подпрессовки; $\tau_{выд}$ – время выдержки при прессовании (под давлением и нагревом).

Необходимо подчеркнуть, что в данном случае под временем цикла понимается период, в течение которого пресс работает и совершается полный набор последовательных машинных операций для одной запрессовки. Дополнительный расход времени на вспомогательные операции (загрузка пресс-материала, выгрузка готовых изделий, подготовка формы и др.) учитывается при расчете штучного времени (см. ниже).

Время опускания и подъема пуансона зависит от быстроходности прессы и может быть рассчитано [8]:

$$\tau_n = \frac{H_1 + H_2}{u_3}; \quad \tau_{on} = \frac{H_1}{u_1} + \frac{H_2}{u_2}, \quad (2.13)$$

где H_1 – величина пути холостого хода плунжера, мм; H_2 – величина пути рабочего хода плунжера, мм; u_1 – скорость холостого хода (средняя), мм/с; u_2 – скорость рабочего хода (средняя), мм/с; u_3 – скорость подъема (возвратного хода) пуансона, мм/с.

Приблизительно рабочий и холостой ход плунжера равны:

$$H_1 = 0,9H_n; \quad H_2 = 0,1H_n, \quad (2.14)$$

где H_n – ход ползуна (плунжера), мм.

Значения H_n , u_1 , u_2 , u_3 берут из характеристики прессы (прил. 4).

Время, затраченное на подпрессовки, может быть определено [8]:

$$\tau_{nn} = \frac{H_3}{u_2} n' + \Delta(n' - 1), \quad (2.15)$$

где H_3 – высота подъема пуансона при подпрессовке, обычно на 5-10 мм больше высоты загрузочной камеры пресс-формы ($h_{зк}$), т.е. $H_3 = h_{зк} + (5 \div 10)$ мм; n' – число подпрессовок; Δ – пауза между подпрессовками (обычно 3-4 с).

Время выдержки при прессовании $\tau_{выд}$ можно определять разными способами [7-10]. Наиболее точно время выдержки при прессовании тонкостенных изделий ($h < 10$ мм) подсчитывают по формуле [8]:

$$\tau_{выд} = \tau_n + \tau_{отв}, \quad (2.16)$$

где τ_n – время нагрева пресс-материала в форме с учетом предварительного подогрева; $\tau_{отв}$ – время отверждения, зависящее от марки пресс-материала и температуры.

Время нагрева зависит от толщины стенки изделия, его формы, температуропроводности пресс-материала [8]:

$$\tau_n = \frac{900}{K_2} \frac{\delta^2}{a} \ln \left(K_1 \frac{t_\phi - t_{n.n.}}{t_\phi - t_u} \right). \quad (2.17)$$

Здесь δ - толщина стенки изделия, м; a – коэффициент температуропроводности пресс-материала, м²/ч; t_ϕ – температура формы, °С; $t_{n.n.}$ – температура предварительного подогрева пресс-материала, °С; $t_u = t_\phi - 20^\circ\text{C}$ – температура изделия; K_1 – коэффициент, зависящий от конфигурации изделия ($K_1 = \varphi_x$); K_2 – коэффициент, зависящий от скорости прогрева материала (для фенопластов $K_2 = 0,8 \div 0,85$, для аминопластов $K_2 = 0,9$).

Расчетные параметры для различных пресс-материалов приведены в табл. 2.2.

Значения φ_x для различных форм изделия:

Плита	1,54	Куб	0,72
Брусok	0,84	Цилиндр высотой,	
Цилиндр бесконечной		равной диаметру	0,64
длины	0,8	Шар	0,48

Таблица 2.2

Значения параметров для расчетов по формуле (2.9)

Марка пресс-материала	Время вязко-текучего состояния по пластометру τ_o, c	Время отверждения по пластометру $\tau_o. \text{пл.}, \text{c}$	Коэффициент температуропроводности $a \cdot 10^3, \text{m}^2/\text{c}$	Температурный коэффициент, зависящий от типа пресс-материала γ_1, K^{-1} или $1/^\circ\text{C}$
01-040-02	35-45	120-130	0,4-0,6	0,03
03-010-02	26-36	50-80	0,4-0,6	0,03
СП1-342-03	80-105	140-160	0,4-0,6	0,02
СП3-342-02	80-100	140-160	0,4-0,6	0,02
Э2-230-02	30-60	140-160	0,4-0,6	0,025
Э1-340-02	80-100	140-160	0,4-0,6	0,02
У1-301-02	-	50-70	0,4-0,44	-
У4-080-02	-	90-100	0,45-0,65	0,03
АГ-4 (В и С)	-	60-80	0,7-0,9	-
Аминопласт	55-65	80-130	0,4	0,028

Температура предварительного подогрева может быть принята по прил. 5 или определяется по формуле [8]:

$$t_{nm} = \frac{U}{R \left[\ln \left(\frac{H_1}{u_1} + \frac{H_2}{u_2} + \tau_{32} \right) - \ln A \right]}, \quad (2.18)$$

где H_1 и H_2 – рабочий и холостой ход пуансона, м (см. формулу (2.6)); u_1 и u_2 – скорость холостого и рабочего хода пуансона, м/с (см. формулу 2.5); A – коэффициент; U – энергия активации реакции поликонденсации, кДж/моль; τ_{32} – время, затрачиваемое на загрузку материала в пресс-форму (см. ниже).

Для некоторых пресс-материалов значения A и U определены:

	ОЗ-010-02	К-17-2	01-040-02	ЭЗ-340-65	Э2-330-02
$A \cdot 10^7$	1,77	4,52	1,9	7,4	1760
U , кДж/моль	69,5	69,5	69,5	62,8	47,31

Время высокочастотного предварительного подогрева можно рассчитать по критерию подобия посредством фактора диэлектрических потерь [11, с. 16]:

$$K = \varepsilon \operatorname{tg} \delta, \quad (2.19)$$

где K – фактор диэлектрических потерь; ε – диэлектрическая проницаемость; $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь.

Если известно время предварительного подогрева какой-либо марки пресс-материала τ_u , то продолжительность подогрева другого материала τ_x определяется как

$$\tau_x = \tau_u \frac{K_u (T_{nmx} - T_{nx})}{K_x (T_{nux} - T_{nu})}, \quad (2.20)$$

где K_u и K_x – соответственно факторы диэлектрических потерь для известной и определяемой марки пресс-материалов; T_{nux} и T_{nmx} – соответственно температуры подогрева известной и определяемой марки материала; T_{nx} и T_{nu} – начальные температуры материалов.

Например, для фенопласта марки Сп1-342-02 продолжительность предварительного подогрева до температуры 90-100°C составляет 45-75 с, у которого значение $\varepsilon = 5,0-6,0$ и $\operatorname{tg} \delta = 0,06$ при частоте 10^6 гц.

Значения ε и $\operatorname{tg} \delta$ при частоте 10^6 гц приведены в табл. 2.1.

Температура формы может быть определена по формуле [8]:

$$t_\phi = t_o + \frac{\ln \tau_{\text{вм.с}} - \ln \tau_o}{\gamma_1}, \quad (2.21)$$

где t_o – температура пластометрического испытания, °С (для фенопластов $t_o = 170^\circ\text{С}$, для аминопластов $t_o = 140^\circ\text{С}$); $\tau_{\text{вм.с}}$ – время пребывания материала в вязкотекучем состоянии, с; τ_o – время вязкотекучего состояния по

пластометру, с (см. табл. 2.1); γ_1 – температурный коэффициент, K^{-1} или $1/^\circ C$ (см. табл. 2.1).

Время пребывания материала в вязкотекучем состоянии определяют по формуле:

$$\tau_{вт.с} = \tau_o \exp[\gamma_1(t_o - t_{н.н})] \quad (2.22)$$

Время отверждения:

$$\tau_{отв} = 0,85(\tau_{о.пл} - \tau_n) \exp[\gamma_1(t_o - t_\phi + 4)], \quad (2.23)$$

где $\tau_{о.пл}$ – время отверждения образца, полученное по пластометру, с (можно принять по табл. 2.1); $\tau_n = 19$ с – время нагрева образца на пластометре.

Для расчета времени выдержки при прессовании толстостенных изделий (наибольшая толщина стенки изделия $h > 10$ мм) рекомендуется использовать уравнения, приведенные в [12].

2.3. Расчет количества гидравлических прессов

При наличии конкретной номенклатуры прессуемых изделий расчет количества оборудования выполняется с учетом трудоемкости изготовления изделий, определяемой продолжительностью цикла прессования и вспомогательного непрерываемого времени.

В этом случае количество гидравлических прессов рассчитывают по формуле:

$$m = t/t_\delta \quad (2.24)$$

где t – время, необходимое для выполнения годовой программы на машине данной модели, ч/год; t_δ – действительный годовой фонд времени работы машины, ч/год.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования (t_δ) для предприятий с прерывным процессом производства равен номинальному годовому фонду времени (t_n) за вычетом потерь времени на технологические простои оборудования, ремонт оборудования, выполняемый в рабочее время, и внутрисменных потерь времени. Действительный годовой фонд времени можно рассчитать, используя данные о потерях времени на действующем предприятии (при выполнении курсового и дипломного проекта), и можно принять по табл. 2.3 (при выполнении курсовых работ).

Таблица 2.3

Фонды времени работы оборудования

Оборудование	Тип производства	Режим работы	t_0 , ч/год
Прессы-полуавтоматы усилием от 140 до 10000 кН	Массовое, крупносерийное Единичное, мелкосерийное, серийное	3-сменный	5450
		2-сменный	3630
		3-сменный	5360
		2-сменный	3570
Прессы-автоматы усилием от 140 до 10000 кН	Массовое, крупносерийное Мелкосерийное, серийное	3-сменный	5790
		2-сменный	3590
		3-сменный	5480
		2-сменный	3520
Роторные линии, ротационные прессы	Массовое, крупносерийное	3-сменный	5580
Таблеточные машины, установки жгутирования	Все типы производства	3-сменный	5495
		2-сменный	5385
Гидравлические таблетавтоматы	Массовое, крупносерийное	3-сменный	5790
Сушильные шкафы	Все типы производства	3-сменный	5875
		2-сменный	3895
Смесительное и дозирующее оборудование	Все типы производства	2-сменный	3740
Галтовочные барабаны	Все типы производства	3-сменный	5775
Станки полировальные, шлифовальные, фрезерные, сверлильные, резбонарезные	Все типы производства	2-сменный	3890
Универсальные станки для механической доработки деталей	Все типы производства	3-сменный	5610
		2-сменный	3740
Измельчители реактопластов	Все типы производства	2-сменный	3810
		1-сменный	1925

Время t , необходимое на выполнение годовой программы, определяется по формуле:

$$t = \frac{Pt_{um}}{60}, \quad (2.25)$$

где P – программа выпуска деталей за год, шт./год; t_{um} – норма штучного времени, мин.

Штучное время при прессовании деталей из реактопластов определяют по формуле [8]:

$$t_{um} = \frac{t_{ц} + t_{вн}}{n} K \left(1 + \frac{\alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100} \right), \quad (2.26)$$

где $t_{ц}$ – продолжительность цикла, мин (расчет см. выше); $t_{вн}$ – вспомогательное неперекрываемое время, мин; n – число гнезд в форме; K – коэффициент, учитывающий тип производства (для массового и крупносерийного производства $K=1$); $\alpha_{об}$ – доля времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места, %; $\alpha_{отл}$ – доля времени на отдых и личные надобности, %; $\alpha_{об}$ и $\alpha_{отл}$ принимают по табл. 2.4.

Таблица 2.4

Время на организационно-техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности

Тип пресс-формы	$\alpha_{об}$, %	$\alpha_{отл}$, %
Стационарная	4	7
Съемная	5	8

Вспомогательное неперекрываемое время – это время, которое прессовщик затрачивает на вспомогательные операции до и после основной работы пресса (загрузка пресс-формы материалом, съем изделий, протирка и смазка гнезд формы, установка резьбооформляющих знаков и арматуры, обдувка пресс-формы от остатков пластмассы, установка и снятие съемной пресс-формы, разборка пресс-формы и съем изделий, установка и съем разборной матрицы, кассеты или вкладыша в стационарную форму, протирка и смазка пресс-формы, управление работой пресса и др.).

При автоматическом и автоматизированном управлении работой пресса и применении стационарной пресс-формы вспомогательное неперекрываемое время определяется по формуле

$$t_{вн} = t_{зг} + t_{зн} + t_{nc} + t_{сн} + t_{об} + t_{yn}, \quad (2.27)$$

где $t_{зг}$ – время на загрузку пресс-формы (материалом из загрузочного приспособления, пресс-порошком из мерника, таблетками, мин (табл. 2.5-2.7); $t_{зн}$ – время на установку резьбооформляющих знаков и арматуры, мин (табл. 2.8); t_{nc} – время на протирку и смазку пресс-формы, мин (табл. 2.9);

$t_{об}$ – время на обдувку пресс-формы от остатков пластмассы, мин (табл. 2.10); t_{ny} – время на управление работой пресса, мин.

Время, затрачиваемое на управление работой пресса в полуавтоматическом режиме (t_{ny}), включение (выключение) кнопкой:

сидя – 0,011 мин, стоя – 0,015 мин; переключателем – 0,012 мин, тумблером – 0,010 мин, шпинделем – 0,033 мин.

Таблица 2.5

Вспомогательное неперекрываемое время на загрузку пресс-формы материалом из загрузочного приспособления

Масса пресс-материала и загрузочного приспособления, кг	Время, мин
1,3	0,080
2,5	0,095
5,0	0,102
7,5	0,108
10,0	0,121

Таблица 2.6.

Вспомогательное неперекрываемое время на загрузку формы пресс-порошком из мерника

Масса пресс-материала, кг	Наименование операции	
	Наполнить мерник	Заполнить гнездо пресс-формы
	Время, мин	
0,03	0,037	0,033
0,05	0,046	0,040
0,10	0,055	0,048
0,20	0,064	0,056
0,30	0,070	0,060
0,40	0,076	0,066
0,50	0,080	0,070
0,60	0,084	0,074
0,70	0,088	0,078
0,80	0,092	0,082
0,90	0,096	0,086
1,00	0,200	0,090

Таблица 2.7

Вспомогательное неперекрываемое время на загрузку пресс-формы
таблетками

Количество загружае- мых табле- ток	Масса таб- летки, кг, до	Количество гнезд в пресс-форме					
		1	2	3	4	5	
		Время, мин					
1	0,01	0,027	0,043	0,051	0,056	0,064	
	0,02			0,068	0,076		
	0,04			0,063	0,085	0,093	
	Св. 0,04			0,101	0,108	0,158	
2	0,01	0,042	0,058	0,067	0,072	0,081	
	0,02		0,064	0,073	0,079	0,088	
	0,04		0,108	0,165	0,131	0,140	
	Св. 0,04				0,222	0,279	
3	0,01	0,048	0,067	0,077	0,110	0,124	
	0,02		0,107	0,124	0,183		
	0,04		0,069	0,120	0,134	0,190	
	Св. 0,04		0,075	0,165	0,279	0,336	0,450
4	0,01	0,054	0,072	0,100	0,114	0,178	
	0,02		0,076	0,121	0,136	0,192	
	0,04		0,060	0,102	0,144	0,194	0,237
	Св. 0,04		0,091	0,198	0,300	0,402	0,504
5	0,01	0,059	0,076	0,108	0,122	0,190	
	0,02		0,088	0,127	0,142	0,201	
	0,04		0,064	0,111	0,179	0,217	0,285
	Св. 0,04		0,140	0,262	0,410	0,519	0,667
6	0,01	0,027	0,099	0,128	0,206	0,220	
	0,02		0,105	0,169	0,211	0,277	
	0,04		0,069	0,134	0,204	0,2740,	0,344
	Св. 0,04		0,160	0,337	0,509	681	0,853
7	0,01	0,066	0,112	0,176	0,211	0,249	
	0,02		0,069	0,138	0,210	0,282	0,354
	0,04		0,091	0,165	0,234	0,312	0,381
	Св. 0,04		0,184	0,368	0,575	0,754	0,961
8	0,01	0,069	0,126	0,203	0,235	0,256	
	0,02		0,071	0,141	0,213	0,2850,	0,357
	0,04		0,113	0,200	0,282	395	0,477
	Св. 0,04		0,199	0,434	0,664	0,894	1,120

Окончание табл. 2.7

Количество загружае- мых табле- ток	Масса таб- летки, кг, до	Количество гнезд в пресс-форме				
		6	7	8	9	10
		Время, мин				
1	0,01	0,072	0,080	0,088	0,096	0,104
	0,02	0,084	0,092	0,100	0,108	0,116
	0,04	0,105	0,151	0,159	0,167	0,189
	Св. 0,04	0,165	0,215	0,222	0,272	1,279
2	0,01	0,113	0,122	0,131	0,140	0,149
	0,02	0,142	0,151	0,160	0,169	0,178
	0,04	0,152	0,210	0,219	0,231	0,289
	Св. 0,04	0,336	0,393	0,450	0,507	0,564
3	0,01	0,138	0,194	0,208	0,222	0,236
	0,02	0,200	0,237	0,254	0,313	0,330
	0,04	0,204	0,260	0,274	0,330	0,344
	Св. 0,04	0,507	0,621	0,678	0,792	0,849
4	0,01	0,192	0,220	0,234	0,298	0,312
	0,02	0,207	0,263	0,278	0,334	0,349
	0,04	0,255	0,320	0,363	0,381	0,446
	Св. 0,04	0,606	0,708	0,810	0,912	1,010
5	0,01	0,204	0,236	0,250	0,318	0,332
	0,02	0,216	0,275	0,290	0,349	0,364
	0,04	0,323	0,391	0,429	0,497	0,535
	Св. 0,04	0,776	0,924	1,030	1,180	1,290
6	0,01	0,257	0,325	0,355	0,396	0,410
	0,02	0,321	0,387	0,430	0,496	0,539
	0,04	0,414	0,484	0,554	0,624	0,694
	Св. 0,04	1,020	1,200	1,370	1,540	1,710
7	0,01	0,324	0,359	0,403	-	-
	0,02	0,426	0,498	0,570	-	-
	0,04	0,450	0,555	0,624	-	-
	Св. 0,04	1,140	1,350	1,530	-	-
8	0,01	0,331	0,381	0,458	-	-
	0,02	0,429	0,501	-	-	-
	0,04	0,559	0,672	-	-	-
	Св. 0,04	1,350	1,580	-	-	-

Таблица 2.8

Вспомогательное неперекрываемое время на установку
резьбоформирующих знаков, арматуры в стационарную пресс-форму

Количество знаков арматуры, устанавливаемых в пресс-форму	Установка						
	в приспособление			в пресс-форму			
	Способ установки						
	одно-временно	последовательно	приспособлением	вручную			
				Количество типов (размеров) знаков арматуры			
1	2	3	4				
Время, мин							
1		-		0,034	-	-	-
2		-		0,050	0,059	-	-
3		-		0,075	0,084	0,092	-
4		0,087		0,092	0,110	0,125	0,142
5	0,04	0,107	0,05	0,113	0,135	0,150	0,171
6		0,128		0,134	0,160	0,175	0,200
7		0,140		0,154	0,185	0,205	0,235
8		0,153		0,175	0,210	0,235	0,270
9		0,174		0,196	0,232	0,268	0,306
10		0,186		0,218	0,254	0,300	0,342
11		0,199		0,237	0,278	0,325	0,370
12		0,211		0,256	0,302	0,350	0,398
13		0,256		0,275	0,325	0,375	0,425
14		0,268		0,297	0,357	0,397	0,446
15	0,05	0,281	0,08	0,319	0,389	0,419	0,467
16		0,293		0,342	0,420	0,442	0,488
17		0,321		0,363	0,443	0,466	0,509
18		0,334		0,384	0,466	0,490	0,530
19		0,346		0,405	0,488	0,515	0,552
20		0,359		0,425	0,510	0,540	0,575

Таблица 2.9

Вспомогательное неперекрываемое время на протирку
и смазку пресс-формы

Наименование приема	Глубина гнезда, мм									
		50	100	200	300	400	700	1000	1400	1800
		Время, мин								
Протереть сухой ветошью	До 40	0,045	0,060	0,080	0,090	0,100	0,110	0,120	0,130	0,140
	Св. 40	0,063	0,084	0,112	0,126	0,140	0,154	0,168	0,182	0,196
Смазать форму масляной ветошью	До 40	0,055	0,070	0,090	0,100	0,115	0,125	0,140	0,160	0,18
	Св. 40	0,077	0,098	0,126	0,140	0,161	0,175	0,196	0,224	0,25
Смазать форму веществом в аэрозольной упаковке		0,030	0,035	0,04	0,045	0,05	0,056	0,062	0,07	0,08

Таблица 2.10

Вспомогательное неперекрываемое время на съем изделий
со стационарной пресс-формы

Количество гнезд в пресс-форме	Наименование приема и способ съема изделий			
	Снять изделия с помощью выталкивателя		Снять изделие без помощи выталкивателя	
	съемником	вручную	Вручную с помощью метал. стержня	Вручную с помощью сжатого воздуха
Время, мин				
1		0,030	0,035	0,050
2		0,037	0,050	0,066
3		0,044	0,065	0,098
4		0,051	0,080	0,130
5	0,050	0,058	0,090	0,162
6		0,065	0,100	0,194
7		0,095	0,110	0,210
8		0,102	0,120	0,226
9		0,109	0,127	0,142
10		0,116	0,134	0,258
11		0,123	0,141	0,274
12		0,130	0,148	0,288
13		0,137	0,155	0,302
14		0,144	0,162	0,316

Окончание табл. 2.10

Количество гнезд в пресс-форме	Наименование приема и способ съема изделий			
	Снять изделия с помощью выталкивателя		Снять изделие без помощи выталкивателя	
	съемником	вручную	Вручную с помощью метал. Стержня	Вручную с помощью сжатого воздуха
Время, мин				
15	0,066	0,151	0,169	0,330
16		0,158	0,176	0,344
17		0,163	0,183	0,358
18		0,168	0,190	0,372
19		0,174	0,197	0,386
20		0,179	0,204	0,400

Таблица 2.11

Вспомогательное непрерываемое время на обдувку пресс-формы от остатков пластмассы

Площадь прессования, см ² , до	Глубина гнезда, мм	
	До 40	Свыше 40
	Время на пресс-форму, мин	
50	0,065	0,077
100	0,070	0,091
200	0,075	0,105
300	0,080	0,119
400	0,090	0,133
500	0,100	0,147
600	0,110	0,161
700	0,120	0,175
800	0,130	0,189
900	0,140	0,203
1000	0,150	0,215
1200	0,158	0,227
1400	0,166	0,239
1600	0,174	0,251
1800	0,182	0,263
2000	0,190	0,275
На каждые послед. 200 см ² площади св. 2000	0,004	0,006

2.4. Пример выбора гидравлического пресса и расчета количества прессов

Задача. Определить основные параметры процесса прессования при изготовлении изделия из пресс-материала ОЗ-010-02. Выбрать пресс, рассчитать его производительность и количество.

Изделие – корпус (см. пример 1.3).

Решение.

Выбор гидравлического пресса

Для расчета усилия прессования используем формулу (2.2), в которой:
 $A = S_{\delta} n$ (предварительно $n=1$); $B = 0$ (деталь – пластина с $h = 10$ мм);
 $\tau_{сд} = 0,1$ МПа = 10^5 Па (по табл. 2.1); $P_* = 25$ МПа = $25 \cdot 10^6$ Па (по табл. 2.1 или по прил. 5).

Рассчитаем площадь проекции детали S_{δ} :

$$S_{\delta} = 12 \cdot 6 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 - 3,14 \cdot 1^2 = 67,29 \text{ см}^2 = 67,29 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Тогда $F_{np} = (67,29 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \cdot 10^6 + 0 \cdot 10^5) \cdot 10^{-3} = 168 \cdot 10^5 \text{ Н} = 168 \text{ кН}$.

Расчетное усилие прессования по формуле (2.10):

$$F_p = 1,2 F_{np} = 1,2 \cdot 168 = 201 \text{ кН}.$$

По прил. 4 выбираем пресс ДБ2424 с номинальным усилием

$$P_{ном} = 250 \text{ кН} > 201 \text{ кН}.$$

Уточняем гнездность пресс-формы: $n = 250/201 = 1,2 = 1$

Расчет производительности пресса

Принимаем для фенопласта ОЗ-010-02:

температуру предварительного подогрева $t_{n,n}$ по прил. 5:

$$t_{n,n} = 150^{\circ}\text{C}$$

- время вязкотекучего состояния, определенное на пластометре τ_o , по табл. 2.2: $\tau_o = 35 \text{ с}$;

температурный коэффициент γ_1 по табл. 2.2:

$$\gamma_1 = 0,03 \text{ 1/}^{\circ}\text{C};$$

- температура пластометрического испытания для фенопластов (см. формулу 2.21): $t_o = 170^{\circ}\text{C}$.

2. Рассчитываем:

время вязкотекучего состояния по формуле (2.22):

$$\tau_{эм.с} = \tau_o \exp[\gamma_1(t_o - t_{n,n})] = 35 \exp[0,03(170 - 150)] = 64 \text{ с};$$

температуру формы по формуле (2.21):

$$t_{\phi} = t_o + \frac{\ln \tau_{эм.с} - \ln \tau_o}{\gamma_1} = 170 + \frac{\ln 64 - \ln 35}{0,03} = 190^{\circ}\text{C}.$$

3. Определяем время выдержки $\tau_{\text{выд}}$ по формуле (2.16).

Данные: $t_{\phi} = 190^{\circ}\text{C}$ (по расчету); $t_{n.n.} = 150^{\circ}\text{C}$ (принято); $\delta = 0,1$ м (толщина стенки детали); $a = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м²/с (по табл. 2.2); $t_u = t_{\phi} - 20 = 190 - 20 = 170^{\circ}\text{C}$; $K_1 = 1,54$ (плита); $K_2 = 0,85$ (см. с. 14).; $\tau_{o.n.l.} = 70$ с (по табл. 2.2.).

Имеем:

время нагрева пресс-материала в форме τ_n (2.17):

$$\tau_n = \frac{900}{K_2} \frac{\delta^2}{a} \ln \left(K_1 \frac{t_{\phi} - t_{n.n.}}{t_{\phi} - t_u} \right) = \frac{900 \cdot 0,01^2}{0,85 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} \ln \left(1,54 \frac{190 - 150}{190 - 170} \right) = 238 \text{ с.}$$

время отверждения (2.23):

$$\tau_{\text{отв}} = 0,85 (\tau_{o.n.l.} - \tau_n) \exp [\gamma_1 (t_o - t_{\phi} + 4)] = 0,85 (70 - 19) \exp [0,03 (170 - 190 + 4)] = 27 \text{ с.}$$

время выдержки (2.16):

$$\tau_{\text{выд}} = \tau_n + \tau_{\text{отв}} = 238 + 27 = 265 \text{ с.}$$

Рассчитываем время цикла $\tau_{\text{ц}}$ по формуле (2.12):

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{он}} + \tau_n + \tau_{\text{пл}} + \tau_{\text{выд}}.$$

Для расчета времени на подъем пуансона τ_n и времени опускания пуансона $\tau_{\text{он}}$ данные берем из прил. 4 (см. также примечание к прил.4) для пресса марки ДБ2424:

ход ползуна $H_n = 450$ мм;

скорость холостого хода $u_1 = 200$ мм/с;

скорость рабочего хода $u_2 = 7$ мм/с;

скорость возвратного хода пуансона $u_3 = 75$ мм/с.

Тогда:

$$H_1 = 0,9H_n = 0,9 \cdot 450 = 405 \text{ мм}; \quad H_2 = 0,1H_n = 0,1 \cdot 450 = 45 \text{ мм.}$$

$$\tau_{\text{он}} = \frac{H_1}{u_1} + \frac{H_2}{u_2} = \frac{405}{200} + \frac{45}{7} = 8,5 \text{ с};$$

$$\tau_n = \frac{H_1 + H_2}{u_3} = \frac{405 + 45}{75} = 6 \text{ с.}$$

Время цикла (подпрессовки не проводятся):

$$\tau_{\text{ц}} = 8,5 + 6 + 265 = 279,5 \text{ с.}$$

5. Производительность пресса по формуле (2.11):

$$Q = \frac{3,6m_0n}{\tau_{ц}} = \frac{3,6 \cdot 72,3 \cdot 1}{279,5} = 0,93 \text{ кг/ч.}$$

Для оценки эффективности использования выбранного пресса найдем часовой прессосъем с 1 кН прессующего усилия:

$$Pc = \frac{Q}{P_{н\text{юм}}} = \frac{0,93}{250} = 3,72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(ч} \cdot \text{кН)}.$$

Расчет количества прессов

Находим штучное время по формуле (2.26):

$$t_{шт} = \frac{t_{ц} + t_{вн}}{n} K \left(1 + \frac{\alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100} \right),$$

в которой: $n = 1$; $K = 1$ (крупносерийное производство); $\alpha_{об} = 4\%$, $\alpha_{отл} = 7\%$ (по табл. 2.4 для стационарной пресс-формы); $\tau_{ц} = 279,5 \text{ с} = 4,66 \text{ мин}$ (по расчету).

Для расчета вспомогательного неперекрываемого времени $\tau_{вн}$ по формуле (2.27) составляющие его берем из табл. 2.5-2.10:

$t_{з2} = 0,14 \text{ мин}$ (табл. 2.7, загрузка 5 таблеток в одногнездную пресс-форму, расчет количества таблеток см. 2.6.);

$t_{зн} = 0,050 \text{ мин}$ (табл. 2.8, установка двух резьбооформляющих знаков одного размера вручную);

$t_{nc} = 0,06 + 0,07 = 0,13 \text{ мин}$ (табл. 2.9, протирка гнезда пресс-формы глубиной до 40 мм сухой ветошью + смазка масляной ветошью при площади прессования 100 см^2);

$t_{сн} = 0,03 \text{ мин}$ (табл. 2.10, съем изделия с помощью выталкивателя вручную)

$t_{об} = 0,07 \text{ мин}$ (табл. 2.11, обдувка гнезда глубиной до 40 мм при его площади 100 см^2);

$t_{yn} = 0,015 \text{ мин}$ (включение-выключение пресса кнопкой стоя).

Тогда: $t_{вн} = 0,14 + 0,050 + 0,13 + 0,03 + 0,07 + 0,015 = 0,435 \text{ мин}$.

Штучное время:

$$t_{шт} = \frac{4,66 + 0,435}{1} \left(1 + \frac{4 + 7}{100} \right) = 5,65 \text{ мин.}$$

2. Действительный годовой фонд времени работы пресса по табл. 2.3:

$t_{\partial} = 3630 \text{ ч/год}$ – пресс-полуавтомат, крупносерийное производство, работа в две смены.

3. Время t , необходимое на выполнение годовой программы, по формуле (2.25):

$$t = \frac{Pt_{шт}}{60} = \frac{10^5 \cdot 5,65}{60} = 9416 \text{ ч.}$$

4. Количество гидравлических прессов по формуле (2.24):

$$m = \frac{t}{t_{\partial}} = \frac{9416}{3630} = 2,59 \approx 3.$$

Для выполнения годовой программы изготовления данной детали необходимо 3 гидравлических пресса марки ДБ2424 с номинальным усилием прессования 250 кН.

Расчет количества гидравлических прессов при отсутствии номенклатуры прессуемых деталей

В этом случае расчет выполняют исходя из средней часовой производительности прессов, определенной при прессовании фенопласта ОЗ-010-02 (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Производительность прессового оборудования по фенопласту ОЗ-010-02

Усилие пресса-полуавтомата, кН	Производительность	
	кг/ч	т/год
400	2,4 – 3,4	15 – 21
630	3,2 – 4,0	20 – 25
1000	5,8 – 7,1	36 – 44
1600	7,2 – 8,0	45 – 50
2500	9,3 – 11,3	58 – 70

Для определения производительности прессов при переработке других пресс-материалов необходимо учитывать переводные коэффициенты (табл. 2.13), определяющие отношение производительности пресса по данному материалу к производительности пресса при переработке фенопласта ОЗ-010-02.

Таблица 2.13

	Пресс-материалы					
	ОЗ-010-02	Э2-330-02	Волок-нит	Амино-пласт	Асбово-локнит	Прочие
$K_{пересч.}$	1	0,55	0,74	0,97	0,90	0,50

Общее расчетное количество прессов определяют по формуле:

$$m = \frac{G}{G_{np}}, \quad (2.19)$$

где G – мощность производства, т/год; G_{np} – производительность пресса по данному материалу, т/год (см. табл. 2.12 и 2.13).

3. ВЫБОР И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К вспомогательному оборудованию относятся магнитные сепараторы, таблеточные машины, установки для нагрева таблеток током высокой частоты, станки для механической обработки отпрессованных деталей, транспортные средства, оборудование для получения вторичного сырья (дробилки, мельницы для измельчения отходов, смесители).

3.1. Таблеточные машины

Таблеточную машину выбирают по усилию таблетирования P_m , Н, которое рассчитывают по следующим формулам [4]:

при одностороннем таблетировании

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + \pi d_m h_m \tau_{cp} \quad (3.1)$$

при двухстороннем таблетировании

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + 0,5\pi d_m h_m \tau_{cp} \quad (3.2)$$

где d_m – диаметр таблетки, см; h_m – высота таблетки, см (чаще всего $d_m / h_m = 0,5 \div 1$); q_m – давление таблетирования, Н/см² (выбирают по табл. 3.1 в зависимости от таблетлируемого материала и типа таблеточной машины); τ_{cp} – удельное давление трения, Н/см² (определяется по графику рис. 3.1 в зависимости от давления таблетирования).

При заданной массе таблетки ее размеры можно рассчитать:

при одностороннем таблетировании

$$d_m = 2\sqrt[3]{\frac{\tau_{cp} m_m}{\pi \rho q_m}}, \text{ см} \quad \text{и} \quad h_m = \frac{q_m}{\tau_{cp}} \sqrt[3]{\frac{\tau_{cp} m_m}{\pi \rho q_m}}, \text{ см} \quad (3.3)$$

при двухстороннем таблетировании

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{4\tau_{cp} m_m}{\pi \rho q_m}}, \text{ см} \quad \text{и} \quad h_m = \frac{q_m}{\tau_{cp}} \sqrt[3]{\frac{4\tau_{cp} m_m}{\pi \rho q_m}}, \text{ см} \quad (3.4)$$

где m_m – масса таблетки; ρ – плотность таблетлируемого материала, г/см³.

Технические характеристики машин для таблетирования пресс-материалов приведены в прил. 6.

Таблица 3.1

Давление таблетирования реактопластов, Н/см²

Таблетируемый материал	Тип таблеточной машины		
	ротационная	эксцентриковая	гидравлическая
Фенопласты	8200-10200	6100-8200	4100-6100
Аминопласты	12200-18400	8200-12200	7100-9200
Стекловолокнит АГ-4	24500	30600-40800	22500
Волокниты, ас-бомассы	-	-	2100-8200

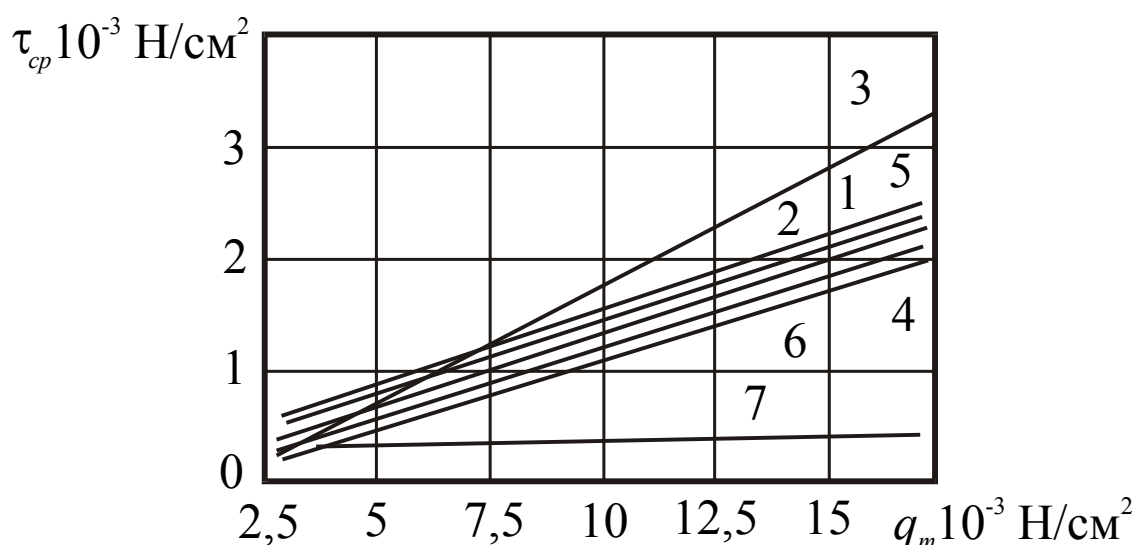


Рис. 3.1. Зависимость удельного давления трения от давления таблетирования: 1 – фенопласт ОЗ-010-02, 2 – фенопласт Э2-330-02, 3 – фенопласт СП-1-342-02, 4 – фенопласт Э1-340-02, 5 – аминопласт А, 6 – аминопласт АА, 7 – волокнит

Наиболее распространенной является ротационная таблеточная машина МТ-3А, предназначенная для изготовления таблеток из фенопласта и аминопласта. Максимальный диаметр таблеток из фенопластов, получаемых на МТ-3А, 35 мм, из амнопластов – 30 мм. Усилие таблетирования составляет 90 кН. Оптимальная частота вращения ротора при таблетировании аминопластов – 7-7,5 об/мин, для фенопластов – 9,6-10 об/мин. МТ-3А – машина однопозиционного действия; количество матриц в секции ротора – 15. Глубина заполнения матрицы $h = 50$ мм. Масса таблеток – от 0,009 до 0,016 кг.

Производительность ротационной таблеточной машины Q (в кг/ч) определяется по формулам:

$$Q = 60\eta m_m NmKn \quad \text{или} \quad Q = 60\eta Sh_m \rho NmKn, \quad (3.5)$$

где $\eta = 0,7 \div 0,85$ – коэффициент использования таблеточной машины; N – число матриц (гнезд) в роторе; m – число гнезд в матрице; K – коэффициент многопозиционности ($K = 1, 2, 3$ или 4); n – частота вращения ротора, об/мин; S – площадь проекции матрицы или таблетки, м^2 ; ρ – плотность таблетлируемого материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Расчетное количество таблеточных машин можно определить по формуле:

$$m = \frac{G_{\text{год}} \cdot 10^3}{Q_{\text{ч}} t_{\text{д}}}, \quad (3.6)$$

где $G_{\text{год}}$ – годовая масса таблетлируемого материала, т/год (из материального расчета); $t_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы таблеточных машин (см. табл. 2.3); $Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность выбранной таблеточной машины, $\text{кг}/\text{ч}$ (по расчету или из технической характеристики).

3.2. Установки для нагрева током высокой частоты

Установку для нагрева материала током высокой частоты (генератор ТВЧ) выбирают в зависимости от номинальной загрузки, которая приводится в характеристике генератора ТВЧ (прил. 7), и навески материала, загружаемого в форму (по материальному расчету).

Рекомендуется на каждый пресс устанавливать свою высокочастотную установку, при скоростном нагреве таблеток – одну высокочастотную установку на два пресса.

3.3. Магнитные сепараторы

Магнитный сепаратор, в случае, если его установка предусмотрена технологическим процессом подготовки сырья к переработке, выбирают исходя из часовой производительности, определяемой по формулам:

для барабанного сепаратора

$$G = 60\pi D_o n b h \rho_n, \text{ кг}/\text{ч} \quad (3.7)$$

для ленточного сепаратора

$$G = 60V b h \rho_n, \text{ кг}/\text{ч}, \quad (3.8)$$

где D_o – диаметр барабана, м; n – скорость вращения барабана, об/мин; b – ширина массы пресс-материала на барабане (на ленте), м; h – толщина слоя пресс-материала на барабане (ленте), м; ρ_n – насыпная плотность пресс-материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – скорость движения ленты, м/мин.

Расчетное количество магнитных сепараторов находят по формуле:

$$m_c = \frac{G_{\text{ч}}}{G}, \quad (3.9)$$

где $G_{\text{ч}}$ – масса сырья, перерабатываемого сепаратором в час, кг/ч; определяется по формуле:

$$G_{\text{ч}} = \frac{G_{\text{год}} 10^3}{t_{\text{д}}}, \quad (3.10)$$

где $G_{\text{год}}$ – годовая масса материала, перерабатываемая магнитным сепаратором, т/год; $t_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы сепаратора (табл. 2.3).

3.4. Оборудование для механической обработки деталей

Выбор оборудования производится в зависимости от разработанного технологического процесса механической обработки деталей.

Зачистка деталей может производиться с использованием средств малой механизации (настоленно-сверлильные станки марок НС-12А, 2М-112 и НС-10; фрезерные станки; абразивные головки; шлифовальные круги; токарные станки и др.).

При доработке деталей резанием (точение, строгание, долбление, сверление, зенкование, фрезерование и др.) используют вышеназванное оборудование, а также полуавтоматы для обработки плоских деталей, полуавтоматы для сверления, зачистки и полирования изделий круглой формы, полуавтоматы для обработки изделий, имеющих форму тел вращения и полуавтоматы для зачистки изделий сложного контура.

Отделка деталей резанием (шлифование, шабрение, полирование) производится на шлифовальной машине с гибким валом С-475, на двухстороннем полировальном станке 3А852 и пр.

Для снятия грата применяют роторные полуавтоматы, а также галтовочные барабаны с рабочим объемом 0,28 м³ и др.

На крупных производствах используются гибкие производственные и робототехнические системы для обработки деталей.

Характеристики станков для механической обработки деталей приведены в [13].

Количество станков для механической обработки отпрессованных деталей принимают по укрупненным нормам: 45-60 т/год готовых деталей на один станок. Рекомендуется принимать следующее соотношение станков: агрегированные полуавтоматы – 18%, токарные – 14%, сверлильные – 11%, шкурочные – 12%, шлифовальные – 24%, полировальные – 16%, фрезерные – 2%, галтовочные барабаны – 3% (итого – 100%).

3.5. Транспортное оборудование

При выборе транспортного оборудования, применяемого на различных стадиях процесса производства деталей из реактопластов прессованием, следует руководствоваться данными табл. 3.2.

Таблица 3.2

Способ осуществления транспортных операций

Стадия технологического процесса	Подача	Отбор
Склады сырья	Краны подвесные или опорные, краны штабелеры, автоматизированные краны-штабелеры, напольный транспорт	То же, что и для подачи
Растваривание	Напольный транспорт, кран подвесной, краны-штабелеры, системы транспортеров	Бункер с «течкой» (при вертикальной схеме загрузки сырья в таблетмашину), шнековый или спиральный загрузчик
Таблетирование	Бункер с «течкой» (при вертикальной схеме загрузки сырья в таблетмашину), шнековый или спиральный загрузчик	Напольный транспорт, приводной рольганг, цепной или напольно-щелевой транспортер
Прессование	Напольный транспорт, подвесные краны, транспортеры подачи сырья, автоматы для загрузки материалов в форму, манипуляторы для загрузки таблеток и арматуры в формы	Щелевой конвейер, системы транспортеров, автоматические манипуляторы по съему изделий, автоматические переталкиватели, транспортные роботы
Мехобработка	Напольный транспорт, рольганг, щелевой конвейер	То же, что и для подачи
Склады готовой продукции	напольные и подвесные транспортеры, напольный транспорт, краны-штабелеры	Краны-штабелеры, автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС), напольный транспорт, транспортеры

Необходимое количество транспортных средств можно определить путем подробного расчета по каждому виду транспорта на основе перерабатываемых грузов.

Детали массой до 100 кг транспортируются на электротележках в ящиках (мелкие детали) или навалом (крупные детали). Расчетное количество электротележек можно определить по формуле:

$$m = \frac{Gi}{60qt_{\partial}} \left(\frac{l_{cp}}{v_{cp}} + t_{32} + t_{p3} \right), \quad (3.11)$$

где G – годовая масса транспортируемых деталей, т/год; i – среднее количество переходов детали между технологическими операциями с учетом перевоза сырья, деталей в промежуточный склад; q – заполнение электро-

тележки за один рейс, т; t_{∂} – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год (табл. 2.3); l_{cp} – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно, м; v_{cp} – средняя скорость электротележки, м/мин; t_{3z} – время на загрузку электротележки, мин (5 мин на каждую операцию); t_{pz} – время на разгрузку электротележки, мин (5 мин на каждую операцию).

По этой формуле можно рассчитать количество других видов напольного транспорта и подвесных электрических кранов с тельферами.

3.6. Пример расчета вспомогательного оборудования

Задача. Подобрать таблеточную машину и рассчитать необходимое количество машин для таблетирования фенопласта ОЗ-010-02 при изготовлении корпуса по условиям примера 1.

Решение.

1. По схеме материального потока находим массу таблетированного пресс-материала на изготовление одной детали:

$$m_1 = 76,491 \text{ г.}$$

Предварительно выбираем таблеточную машину МТ-3А как специализированную для таблетирования фенопластов (см. с. 30). Масса таблеток, получаемых на этой машине, составляет $9 \div 16$ г, следовательно, из заданной массы материала можно получить таблеток:

$$n_{таб} = m_1/16 \div m_1/9 = 76,491/16 \div 76,491/9 = 4,8 \div 8,5 \text{ шт.}$$

Принимаем число таблеток $n_{таб} = 5$ шт.

Масса таблетки: $m_m = 76,491/5 = 15,3$ г.

2. По табл. 3.1 выбираем давление таблетирования фенопласта в ротационной таблеточной машине:

$$q_m = 10000 \text{ Н/см}^2.$$

По рис. 3.1 удельное давление трения при выбранном давлении таблетирования: $\tau_{cp} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Н/см}^2$.

Диаметр и высота таблетки по формуле (3.3):

$$d_m = 2\sqrt[3]{\frac{1500 \cdot 15,3}{3,14 \cdot 1,4 \cdot 10000}} = 1,6 \text{ см}$$

$$h_m = \frac{10000}{1500} \sqrt[3]{\frac{1500 \cdot 15,3}{3,14 \cdot 1,4 \cdot 10000}} = 5,4 \text{ см.}$$

По формуле (3.1) рассчитаем усилие таблетирования:

$$P_m = \frac{\pi d_m^2}{4} q_m + \pi d_m h_m \tau_{cp} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} 10^4 + 3,14 \cdot 1,6 \cdot 5,4 \cdot 1,5 \cdot 10^3 = \\ = 60790 \text{ Н} = 61 \text{ кН.}$$

Усилие таблетирования в машине МТ-3А составляет 90 кН, что обеспечивает прессование таблеток полученного размера.

3. Производительность таблеточной машины рассчитаем по формуле (3.5):

$$Q = 60\eta m_m NmKn = 60 \cdot 0,8 \cdot 15,3 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10 = 110 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем количество таблеточных машин:

годовая масса таблетлируемого материала (на годовую программу 10^5 шт. деталей): $G_{год} = 76,491 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 = 7,65 \text{ т/год}$;

действительный годовой фонд времени работы таблеточной машины при 2-сменной работе (по табл. 2.3): $t_{\partial} = 3585 \text{ ч/год}$.

Тогда количество таблеточных машин по формуле (3.6):

$$m = \frac{G_{год} \cdot 10^3}{Q_{\text{ч}} t_{\partial}} = \frac{7,65 \cdot 10^3}{110 \cdot 3585} = 0,02.$$

Достаточно одной машины.

Список использованных источников

1. Пискарев А.А. Нормирование расхода пластмасс в производствах их переработки. М.: Химия, 1989. 96 с.
2. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс выдавливанием (экструзией)/ Метод. указ. Для практических занятий. Сост. Н.П. Козин, А.П. Богданов. Казань: КХТИ, 1979. 48 с.
3. Литвинец Ю.И. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс литьем под давлением: Метод. указания для практических занятий, курсового и дипломного проектирования/ Екатеринбург, изд. УГЛТА, 2001. 44 с.
4. Дедюхин В.Г., Ставров В.П. Прессованные стеклопластики. М.: Химия, 1976. 272 с.
5. Ставров В.П., Дедюхин В.Г., Соколов А.Д. Технологические испытания реактопластов. М.: Химия, 1981. 248 с.
6. Техника переработки пластмасс/ Под ред. Н.Л. Басова и В. Броя. М.: Химия, 1985. 528 с.
7. Швецов Г.А., Алимова Д.У., Барышникова М.Д. Технология переработки пластических масс: Учебник для техникумов. М.: Химия, 1988. 512 с.
8. Шембель А.С., Антипина О.М. Сборник задач и проблемных ситуаций по технологии переработки пластмасс: Учеб. пособие для техникумов. Л.: Химия, 1990. 272 с.
9. Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для вузов/ С.В. Власов, Э.Л. Калинин, Л.Б. Кандырин и др. М.: Химия, 1995. 528 с.
10. Переработка пластмасс: Справочное пособие/ Под ред. В.А. Брагинского. Л.: Химия, 1985. 296 с.
11. Мухин Н.М. Технология и оборудование производства изделий из пластмасс и композиционных материалов: Метод. указания по курсовому и дипломному проектированию/ Екатеринбург, изд. УГЛТА, 2000. 27 с.
12. Мухин Н.М. Метод. указания по расчету времени выдержки при прессовании изделий из композиционных материалов и древесных пластиков/ Свердловск, изд. УЛТИ, 1983. 31 с.
13. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. М.: Химия, 1988.

Группы сложности литевых и прессованных изделий из пластмасс

Группа сложности	Характеристика изделия
1	Детали без арматуры, резьбы и элементов, препятствующих свободному съему с формы, с неразвитой или малоразвитой поверхностью (число элементов развитости не более 4)
2	Детали без арматуры, резьбы и поднутрений с развитой поверхностью (число элементов развитости свыше 4)
3	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: от 1 до 4 резьб одного диаметра с шагом 1 мм и более на внутренней или внешней поверхности; арматуру одного или нескольких видов (до 4 штук); одно или несколько поднутрений на наружной поверхности, оформляемой разъемными полуматрицами.
4	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: от 2 до 4 резьб различного диаметра или вида с шагом 1 мм и более; комбинацию одной резьбы и одной арматуры или одну резьбовую арматуру; арматуру одного или нескольких видов (от 4 до 10 шт.).
5	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: арматуру одного или нескольких видов (более 10 шт.); комбинацию арматуры нескольких видов и резьб нескольких размеров; арматуру одного вида (до 4 шт.) в комбинации с поднутрениями по наружному контуру детали или арматурой на боковой поверхности детали; комбинацию резьбы и поднутрений; резьбу с шагом менее 1 мм либо свыше 4 резьб различного вида диаметра;
6	Детали с любой развитостью поверхности, имеющие: комбинацию резьбы и арматуры (в т.ч. резьбовой) и поднутрений с любым числом этих элементов); боковую резьбовую арматуру.

Предельно-допустимые нормативные коэффициенты

Таблица 1

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	Детали 1 и 2 групп сложности							
	$K_2 = 0,013$				$K_2 = 0,014$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,026	0,492	0,039	1,57	0,028	0,554	0,044	1,64
0,5-1	0,023	0,368	0,036	1,44	0,027	0,428	0,041	1,51
1-2	0,023	0,309	0,035	1,38	0,026	0,371	0,039	1,45
2-3	0,021	0,263	0,033	1,33	0,024	0,324	0,038	1,40
3-4	0,021	0,224	0,032	1,29	0,024	0,285	0,037	1,36
4-5	0,021	0,175	0,031	1,24	0,023	0,238	0,035	1,31
5-10	0,019	0,128	0,030	1,19	0,022	0,190	0,034	1,26
10-30	0,019	0,040	0,028	1,10	0,021	0,094	0,031	1,16
30-50	0,018	0,032	0,027	1,09	0,021	0,035	0,030	1,10
50-100	0,017	0,023	0,027	1,08	0,020	0,022	0,029	1,085
100-1000	0,017	0,018	0,027	1,075	0,020	0,018	0,028	1,080
Св. 1000	0,017	0,014	0,026	1,070	0,019	0,016	0,026	1,075
Детали 3 группы сложности								
Масса детали, г	$K_2 = 0,014$				$K_2 = 0,015$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K
До 0,5	0,028	0,567	0,041	1,65	0,032	0,636	0,047	1,73
0,5-1	0,026	0,442	0,038	1,52	0,030	0,512	0,043	1,60
1-2	0,023	0,357	0,036	1,43	0,026	0,428	0,041	1,51
2-3	0,022	0,300	0,034	1,37	0,024	0,372	0,039	1,45
3-4	0,021	0,252	0,033	1,32	0,024	0,323	0,038	1,40
4-5	0,021	0,203	0,032	1,27	0,023	0,276	0,036	1,35
5-10	0,019	0,147	0,030	1,21	0,022	0,218	0,035	1,29
10-30	0,018	0,050	0,028	1,11	0,021	0,122	0,032	1,19
30-50	0,018	0,036	0,027	1,095	0,021	0,044	0,030	1,11
50-100	0,017	0,027	0,027	1,085	0,020	0,031	0,029	1,095
100-1000	0,017	0,022	0,027	1,08	0,020	0,022	0,028	1,085
Св. 1000	0,017	0,017	0,027	1,075	0,019	0,018	0,028	1,08

Приложение 2
Продолжение табл. 1

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	Детали 4 группы сложности							
	$K_2 = 0,014$				$K_2 = 0,015$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,029	0,644	0,043	1,73	0,034	0,712	0,049	1,81
0,5-1	0,027	0,519	0,040	1,60	0,033	0,587	0,045	1,68
1-2	0,023	0,406	0,037	1,48	0,026	0,477	0,042	1,56
2-3	0,022	0,339	0,035	1,41	0,025	0,410	0,040	1,49
3-4	0,021	0,281	0,034	1,35	0,024	0,352	0,039	1,43
4-5	0,021	0,232	0,033	1,30	0,024	0,304	0,037	1,38
5-10	0,019	0,176	0,031	1,24	0,022	0,247	0,036	1,32
10-30	0,019	0,059	0,028	1,12	0,021	0,132	0,032	1,20
30-50	0,019	0,039	0,028	1,10	0,021	0,054	0,030	1,12
50-100	0,018	0,031	0,027	1,09	0,020	0,035	0,030	1,10
100-1000	0,017	0,027	0,027	1,085	0,020	0,026	0,029	1,09
Св. 1000	0,017	0,022	0,027	1,080	0,019	0,022	0,029	1,085
Детали 5 группы сложности								
Масса детали, г	$K_2 = 0,015$				$K_2 = 0,016$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,030	0,720	0,045	1,81	0,035	0,788	0,051	1,89
0,5-1	0,029	0,594	0,042	1,68	0,033	0,663	0,048	1,76
1-2	0,026	0,451	0,038	1,52	0,027	0,524	0,043	1,61
2-3	0,022	0,377	0,036	1,45	0,025	0,448	0,041	1,53
3-4	0,022	0,308	0,035	1,38	0,025	0,380	0,039	1,46
4-5	0,021	0,261	0,033	1,33	0,024	0,332	0,038	1,41
5-10	0,020	0,203	0,032	1,27	0,022	0,276	0,036	1,35
10-30	0,019	0,064	0,032	1,13	0,022	0,109	0,033	1,21
30-50	0,019	0,043	0,028	1,105	0,021	0,062	0,031	1,13
50-100	0,018	0,035	0,027	1,095	0,020	0,044	0,030	1,11
100-1000	0,017	0,031	0,027	1,090	0,020	0,035	0,029	1,10
Св. 1000	0,017	0,026	0,027	1,085	0,020	0,025	0,029	1,09

Приложение 2
Окончание табл. 1

Масса детали, г	Новолачные фенопласты				Резольные фенопласты			
	Детали 6 группы сложности							
	$K_2 = 0,015$				$K_2 = 0,016$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,033	0,795	0,047	1,89	0,036	0,865	0,053	1,97
0,5-1	0,030	0,671	0,044	1,76	0,035	0,739	0,050	1,84
1-2	0,024	0,501	0,040	1,58	0,027	0,572	0,045	1,66
2-3	0,022	0,416	0,037	1,49	0,025	0,487	0,042	1,57
3-4	0,022	0,338	0,035	1,41	0,025	0,409	0,040	1,49
4-5	0,021	0,290	0,034	1,36	0,025	0,360	0,039	1,44
5-10	0,019	0,233	0,033	1,30	0,023	0,304	0,037	1,38
10-30	0,019	0,077	0,029	1,14	0,022	0,149	0,033	1,22
30-50	0,019	0,048	0,028	1,11	0,022	0,071	0,031	1,14
50-100	0,018	0,039	0,028	1,10	0,020	0,054	0,030	1,12
100-1000	0,018	0,035	0,027	1,095	0,020	0,044	0,030	1,11
Св. 1000	0,018	0,030	0,027	1,090	0,020	0,034	0,030	1,10

Приложение 2
Таблица 2

Масса детали, г	Волокниты				Стекловолокониты			
	Детали 1 и 2 групп сложности							
	$K_2 = 0,016$				$K_2 = 0,017$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,037	0,523	0,024	1,60	0,072	0,840	0,091	2,02
0,5-1	0,033	0,399	0,022	1,47	0,069	0,719	0,085	1,89
1-2	0,031	0,342	0,021	1,41	0,066	0,607	0,080	1,77
2-3	0,030	0,294	0,020	1,36	0,064	0,485	0,074	1,64
3-4	0,030	0,254	0,020	1,32	0,053	0,382	0,068	1,52
4-5	0,029	0,206	0,019	1,27	0,045	0,256	0,062	1,38
5-10	0,029	0,157	0,018	1,22	0,040	0,146	0,057	1,26
10-30	0,028	0,089	0,017	1,15	0,036	0,074	0,053	1,18
30-50	0,028	0,039	0,017	1,10	0,035	0,066	0,052	1,17
50-100	0,028	0,030	0,016	1,09	0,035	0,046	0,052	1,15
100-1000	0,027	0,026	0,016	1,085	0,035	0,037	0,051	1,14
Св. 1000	0,027	0,021	0,016	1,080	0,034	0,019	0,050	1,12

Приложение 2
Продолжение табл. 2

Масса детали, г	Волокниты				Стекловолокниты			
	Детали 3 группы сложности							
	$K_2 = 0,017$				$K_2 = 0,018$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,039	0,589	0,025	1,67	0,075	0,922	0,095	2,11
0,5-1	0,036	0,464	0,023	1,54	0,070	0,803	0,089	1,98
1-2	0,032	0,389	0,022	1,46	0,067	0,682	0,083	1,85
2-3	0,031	0,331	0,021	1,40	0,065	0,560	0,077	1,72
3-4	0,030	0,283	0,020	1,35	0,054	0,437	0,071	1,58
4-5	0,029	0,234	0,020	1,30	0,045	0,322	0,065	1,45
5-10	0,028	0,176	0,019	1,24	0,040	0,203	0,059	1,32
10-30	0,028	0,098	0,017	1,16	0,036	0,111	0,055	1,22
30-50	0,027	0,059	0,017	1,12	0,036	0,082	0,054	1,19
50-100	0,026	0,040	0,017	1,10	0,035	0,064	0,053	1,17
100-1000	0,026	0,031	0,016	1,09	0,035	0,045	0,052	1,15
Св. 1000	0,026	0,026	0,016	1,085	0,035	0,017	0,050	1,12
Детали 4 группы сложности								
Масса детали, г	$K_2 = 0,017$				$K_2 = 0,018$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,042	0,655	0,026	1,74	0,079	1,014	0,099	2,21
0,5-1	0,038	0,541	0,024	1,62	0,072	0,896	0,094	2,08
1-2	0,033	0,477	0,023	1,55	0,072	0,763	0,087	1,94
2-3	0,032	0,419	0,022	1,49	0,066	0,635	0,081	1,80
3-4	0,030	0,371	0,022	1,44	0,055	0,512	0,075	1,66
4-5	0,030	0,312	0,021	1,38	0,046	0,388	0,068	1,52
5-10	0,029	0,195	0,019	1,26	0,040	0,241	0,061	1,36
10-30	0,028	0,117	0,018	1,18	0,036	0,140	0,056	1,25
30-50	0,027	0,069	0,017	1,13	0,036	0,121	0,055	1,23
50-100	0,027	0,049	0,017	1,11	0,036	0,092	0,054	1,20
100-1000	0,026	0,041	0,016	1,10	0,035	0,064	0,053	1,17
Св. 1000	0,026	0,031	0,016	1,09	0,035	0,026	0,051	1,13

Масса детали, г	Волокниты				Стекловолокниты			
	Детали 5 группы сложности							
	$K_2 = 0,018$				$K_2 = 0,019$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,044	0,711	0,027	1,80	0,083	1,142	0,106	2,35
0,5-1	0,043	0,633	0,026	1,72	0,080	1,002	0,099	2,20
1-2	0,033	0,515	0,024	1,59	0,074	0,874	0,093	2,06
2-3	0,033	0,436	0,023	1,51	0,058	0,747	0,086	1,91
3-4	0,031	0,369	0,022	1,44	0,056	0,615	0,080	1,77
4-5	0,030	0,321	0,021	1,39	0,047	0,462	0,072	1,60
5-10	0,029	0,263	0,020	1,33	0,042	0,295	0,064	1,42
10-30	0,028	0,126	0,018	1,19	0,037	0,185	0,059	1,30
30-50	0,027	0,068	0,017	1,13	0,037	0,147	0,057	1,26
50-100	0,027	0,058	0,017	1,12	0,036	0,110	0,055	1,22
100-1000	0,027	0,048	0,017	1,11	0,036	0,081	0,054	1,19
Св. 1000	0,026	0,039	0,017	1,10	0,036	0,034	0,051	1,14
Детали 6 группы сложности								
Масса детали, г	$K_2 = 0,018$				$K_2 = 0,019$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,046	0,817	0,029	1,91	0,088	1,280	0,113	2,50
0,5-1	0,045	0,690	0,027	1,78	0,079	1,146	0,106	2,35
1-2	0,036	0,591	0,025	1,67	0,076	1,016	0,099	2,21
2-3	0,033	0,505	0,024	1,58	0,070	0,878	0,093	2,06
3-4	0,031	0,429	0,022	1,50	0,057	0,738	0,086	1,90
4-5	0,030	0,380	0,022	1,45	0,045	0,579	0,077	1,72
5-10	0,030	0,321	0,021	1,39	0,042	0,400	0,069	1,53
10-30	0,029	0,165	0,018	1,23	0,037	0,233	0,061	1,35
30-50	0,028	0,087	0,017	1,15	0,037	0,176	0,058	1,29
50-100	0,027	0,068	0,017	1,13	0,037	0,128	0,056	1,24
100-1000	0,027	0,058	0,017	1,12	0,036	0,101	0,054	1,21
Св. 1000	0,027	0,048	0,017	1,11	0,036	0,043	0,052	1,15

Аминопласт

Масса детали, г	1 и 2 группы сложности $K_2 = 0,015$				3 группа сложности $K_2 = 0,016$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,028	0,646	0,061	1,75	0,030	0,720	0,064	1,83
0,5-1	0,025	0,514	0,056	1,61	0,027	0,578	0,059	1,68
1-2	0,023	0,409	0,053	1,50	0,024	0,436	0,054	1,53
2-3	0,023	0,332	0,050	1,42	0,024	0,359	0,051	1,45
3-4	0,023	0,265	0,047	1,35	0,023	0,283	0,048	1,37
4-5	0,022	0,189	0,044	1,27	0,023	0,206	0,045	1,29
5-10	0,022	0,111	0,042	1,19	0,022	0,130	0,042	1,21
10-30	0,022	0,043	0,040	1,12	0,022	0,052	0,040	1,13
30-50	0,021	0,035	0,039	1,11	0,022	0,043	0,039	1,12
50-100	0,021	0,025	0,039	1,10	0,022	0,028	0,039	1,105
100-1000	0,021	0,016	0,038	1,09	0,021	0,020	0,038	1,095
Св. 1000	0,021	0,011	0,038	1,085	0,021	0,015	0,038	1,090
Масса детали, г	4 группа сложности $K_2 = 0,016$				5 группа сложности $K_2 = 0,017$			
	K_1	K_4	K_5	K_p	K_1	K_4	K_5	K_p
До 0,5	0,031	0,796	0,067	1,91	0,033	0,880	0,070	2,00
0,5-1	0,029	0,663	0,062	1,77	0,030	0,777	0,066	1,89
1-2	0,025	0,513	0,056	1,61	0,025	0,541	0,057	1,64
2-3	0,024	0,417	0,053	1,51	0,024	0,455	0,054	1,55
3-4	0,023	0,351	0,050	1,44	0,024	0,378	0,051	1,47
4-5	0,023	0,264	0,047	1,35	0,023	0,301	0,049	1,39
5-10	0,023	0,177	0,044	1,26	0,023	0,205	0,045	1,29
10-30	0,022	0,062	0,040	1,14	0,022	0,071	0,040	1,15
30-50	0,022	0,052	0,040	1,13	0,022	0,061	0,040	1,14
50-100	0,022	0,033	0,039	1,11	0,022	0,042	0,039	1,12
100-1000	0,022	0,023	0,039	1,10	0,022	0,032	0,039	1,11
Св. 1000	0,021	0,020	0,038	1,095	0,022	0,033	0,039	1,10

Технологические свойства пресс-материалов

Марка пресс-материала	Содержание влаги и летучих, %	Плотность, $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Текучность по Рашигу, %	Расчетная усадка, %
Фенопласты:				
ОЗ-010-02	2,0-4,5	1,40	110-190	0,4-0,8
О4-010-12	2,0-4,5	1,40	90-190	0,4-0,8
СП-340-02	4,5	1,40	100-190	0,4-0,8
СП-342-02	-	1,40	90-190	0,5-0,9
Э2-330-02	8,0	1,40	100-180	0,4-0,8
Э3-340-65	-	1,95	90-190	0,4-0,7
Э10-342-63	-	1,85	90-180	0,4-0,8
Вх1-090-34	-	1,60	90-190	0,4-0,8
Вх4-080-34	-	1,75	90-190	0,3-0,9
Вх5-010-73	-	1,75	90-190	0,3-0,7
У1-301-07	9,0	1,45	40-140	0,3-0,6
У4-080-02	-	1,50	80-190	0,4-0,8
ЖЗ-010-62	-	1,85	160-200	0,2-0,7
К-300-21	-	1,95	200	0,60
К-81-39С	-	1,95	200	0,60
КФ-3	2-2,5	1,85-1,95	120-180	0,3-0,6
АГ-4В	2,0-7,0	1,70-1,90	-	0,15
АГ-4С	2,0-5,0	1,70-1,90	-	0,1
ДСВ-2-Р-2М	1,5-3,0	1,70-1,85	-	0,15
ДСВ-4-Р-2М	1,5-3,0	1,70-1,85	-	0,15
ВПМ	1,0	1,7-2,0	-	0,25-0,30
ВЭП-1	1,5-2,8	1,70-1,80	-	0,20
КФ-9	-	1,50-1,65	160-195	2,5-3,0
КФ-10	-	1,80-2,00	165-190	1,0-1,5
27-63С	2,0	2,1	-	0,15
П-3-1	2-5	2,5	-	0,2
СНК-2-27	1,5-3,5	1,70	-	0,15
СГ-4-Р-2Ц-2	1,0-3,0	1,70-1,90	-	0,15
СГ-8-Р-2Ц-2	1,0-3,0	1,70-1,90	-	0,15
ГСП-24	1,0-3,0	-	-	0,15
ГСП-32	1,0-3,0	1,70-1,82	-	0,15
Аминопласты:				
группа А1	3,0	1,40-1,50	70-160	0,7
>> А2	3,0	1,40-1,50	70-160	0,7
>> В1	5,0	1,60-1,85	120-190	-
>> Е1	2-4	1,70-2,00	120-190	0,2-0,4

Технические характеристики отечественных прессов
для пластмасс

Марка пресса		Номинальное усилие пресса, кН	Ход ползуна, мм	Максимальное расстояние между ползу- ном и столом, мм	Размеры стола (длина x ширина), мм
ДБ2424	ДБ2424А ДБ2424Б ДБ2424В ДБ2424Г	250	450	710	560 x 500
	ДБ2426				
ДБ2426	ДБ2428А ДБ2428Б ДБ2428В ДБ2428Г	630		800	630 x 560
ДБ2430	ДБ2430А ДБ2430Б ДБ2430В ДБ2430Г ДБ2430Д	1000	560	900	710 x 630
	ДБ2430				
	ДБ2434А	2500	710	1250	1120x1000
	ДБ2426А	4000	800	1400	1250x1120
	П483	630	320	630	500 x 500

Технические характеристики отечественных прессов
для пластмасс

Марка пресса		Номинальное усилие вытал- кивателя, кН	Ход вытал- кивателя, мм	Мощность электродвига- теля насосов, кВт
ДБ2424	ДБ2424А ДБ2424Б ДБ2424В ДБ2424Г	50	160	1,5
ДБ2426	ДБ2426А ДБ2426Б ДБ2426В ДБ2426Г	80		2,2
ДБ2426	ДБ2428А ДБ2428Б ДБ2428В ДБ2428Г	125		4
ДБ2430	ДБ2430А ДБ2430Б ДБ2430В ДБ2430Г ДБ2430Д	200	200	5,5
ДБ2430	ДБ2432А ДБ2432Б ДБ2432В ДБ2432Г	315	250	7,5
ДБ2434А		500	360	13
ДБ2426А		630	400	17
П483		89	160	4

Окончание приложения 4

Марка прессы		Скорость ползуна во время хода, мм/с		Габаритные размеры, мм		
		замедленного	рабочего	спереди назад	слева направо	высота
ДБ2424	ДБ2424А	-	7	1065	1460	3050
	ДБ2424Б	7-60	7	1920		
	ДБ2424В	7	-	2800		
	ДБ2424Г	7	-	3190		
ДБ2426	ДБ2426А	7-60	7	1100		
	ДБ2426Б	7-60	7	1920		
	ДБ2426В	7-60	7	2800		
	ДБ2426Г	7	7	3190		
ДБ2426	ДБ2428А	-	7	1255	1544	3236
	ДБ2428Б	7-60	7	1950		
	ДБ2428В	7	-	2575		
	ДБ2428Г	7	-	3965		
ДБ2430	ДБ2430А	-	7	1120	1690	3435
	ДБ2430Б	7-60	7	2050		
	ДБ2430В	7-60	7	3420		
	ДБ2430Г	7	-	3810		
	ДБ2430Д	7	-	4220		
ДБ2430	ДБ2432А	-	7	1275	1830	3810
	ДБ2432Б	7-60	7	2130		
	ДБ2432В	7	-	3320		
	ДБ2432Г	7	-	3710		
ДБ2434А		7-60	5	-	-	-
ДБ2426А		7-60	4	-	-	-
П483		-	2,5	1135	1050	2310

Примечание. Модификация без буквенного индекса в конце обозначения – базовые модели с циклами для прессования и трансферного литья; с индексом А – полуавтоматы с увеличенными рабочими скоростями ползуна и выталкивателя, получают на основе базовой модели добавлением блока гидроаккумулятора к гидропроводу; с индексом Б – автоматы для прессования тонкостенных изделий массой до 50 г, получают из модели с индексом А добавлением узлов автоматической загрузки пресс-порошка и выгрузки изделий; с индексом В – полуавтомат для литья армированных массивных изделий, получают из модели А добавлением шнековой литьевой приставки, служащей для дозирования, пластикации и загрузки материалов в форму; с индексом Г – автоматы для шнекового литья массивных неармированных изделий, получают из модели В добавлением узла автоматического съема изделий; с индексом Д – полуавтоматы для механопневмоформования листовых термопластов, получают на основе базовой модели добавлением механизмов разогрева листа, захвата заготовки и накидных плит.

Скорость холостого ползуна для прессы ДБ2436А – 100 мм/с; П483 – 115 мм/с; всех остальных – 200 мм/с. Скорость возвратного хода ползуна для прессы ДБ2434 – 60 мм/с; ДБ2436 – 50 мм/с; П483 – 113,5 мм/с; всех остальных – 75 мм/с.

Приложение 5

Технологические режимы прямого и литьевого прессования
некоторых пресс-материалов

Марка материала	Температура предварительного нагрева, °С	Температура прессования, °С			Давление, МПа	
		без подогрева	с подогревом	пресс-литье	прямое прессование	пресс-литье
О1-040-02 О3-010-02 О1-030-02	130-170	150-160	180-190	180-190	25-35	40-80
Э2-330-02	80-100	150-160	155-165	150-170	25-35	40-90
У4-080-02	120-130	145-155	170-180	-	25-35	50-80
СП1-342-02	150-160	150-160	180-190	150-170	25-35	60-80
В4-70	150-160	160-170	160-170	160-170	30-40	50-80
Текстолит-крошка	100-110	145-155	150-160	-	40-50	-
Аминопласт						
АГ-4В,	90-100	150-160	155-165	155-165	25-35	50-80
АГ-4С	120-130	140-150	140-150	145-155	30-40	70-120

Приложение 6

Технические характеристики машин для таблетирования
пресс-материалов

Наименование оборудования	Тип	Усилие таблетирования, кН	Диаметр таблеток, мм	Производительность машины, кг/ч	Потребляемая мощность, кВт
Машина для таблетирования фенопластов и аминопластов	МТ-3А	90	30	85-166	7
Машина роторная для таблетирования	МТР-10	100	25	64-243	8,5
Агрегат для таблетирования волокнистых пресс-материалов типа	МТР-6,5А	65	16; 20	736	3,27

АГ-4В и волок- нита		500	-	50	32
------------------------	--	-----	---	----	----

Приложение 7

Краткая характеристика отечественных генераторов ТВЧ

Генераторы	Колеба- тельная мощ- ность, кВт	Рабочая частота, мГц	Макси- мальная масса едино- времен- ной за- грузки пресс- порошка, г	Номи- нальная загрузка, г	Время нагрева номи- нальной загрузки, с
ВЧД-0,63/40-НП	0,63	40,68	170	80	30
ВЧД-1,6/40-НП	1,6	40,68	160	210	30
ВЧД-4/40-НП	4,0	40,68	1000	510	30
ВЧД-4/81-НП	4,0	81,36	1000	150	10
ВЧД-6,3/40-НП	6,3	40,68	1200	800	30
ВЧД-10/40-НП	10	40,68	1600	1300	30
ВЧД-10/81-НП	10	81,36	1600	360	10
ВЧ-Д2-1,6/40	3,7	40	-	-	-
ВЧ-Д3-6/81	12	81	-	-	-
ВЧ-Д2-2,5/81	5,2	81	-	-	-