

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Учебно-методические указания к практическим  
занятиям дисциплинам  
«Технологическое оборудование и автоматизация в  
производстве, обработке и нанесении покрытий» и  
«Технология и переработка полимеров и композитов»

Набережные Челны

2019

УДК 51-74

Учебно-методические указания к практическим занятиям дисциплинам «Технологическое оборудование и автоматизация в производстве, обработке и нанесении покрытий», «Технология и переработка полимеров и композитов»: сост. Бобрышев А.А., Шафигуллин Л.Н. – Набережные Челны: НЧИ (ф) КФУ, 2019. – 52 с.

В пособие описано устройство, работа и особенности эксплуатации технологического оборудования предприятий промышленности пластических масс. Учебно-методические указания к практическим занятиям дисциплинам «Технологическое оборудование и автоматизация в производстве, обработке и нанесении покрытий», «Технология и переработка полимеров и композитов» для студентов направления 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Рецензент: д.т.н., профессор, профессор кафедры «Материалы, технологии и качества» НЧИ КФУ Астащенко В.И.

@ НЧИ (ф) КФУ  
2019 г.

# МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одним из самых распространенных методов переработки термопластических материалов является литье под давлением. Процесс литья под давлением заключается в том, что материал разогревается до пластического состояния в специальном цилиндре и инжектируется из него с высокой скоростью и под большим давлением в литьевую форму.

На литьевых машинах могут изготавливаться одна или несколько деталей одновременно, в зависимости от конфигурации, массы и площади отливки. В качестве сырья для изготовления изделий методом литья применяются такие материалы, как полистирол, полиамид, полиэтилен, ацетиленцеллюлозный этрол, бутвар и другие в гранулированном или порошкообразном виде; объем зерен может быть в пределах от 0,008 до 0,125 см<sup>3</sup>. Удельное давление впрыска зависит от вида применяемого материала и степени его предварительной пластикации и колеблется в пределах от 24 до 210 Мн/м<sup>2</sup>.

Литьевые машины классифицируются по мощности, конструкции и типу привода. Производственная мощность машин для литья под давлением определяется в кубических сантиметрах впрыскиваемого материала, расходуемого на изготовление одной отливки, и колеблется в пределах от 5 до 31000 см<sup>3</sup>.

По конструкции литьевые машины подразделяются: в зависимости от нагнетающего устройства — поршневые, червячные и автоклавные машины; в зависимости от направления разъема форм — горизонтальные, вертикальные и угловые; в зависимости от количества форм — одноформовые и многоформовые (ротационные) машины; в зависимости от количества инжекционных цилиндров — одноцилиндровые и многоцилиндровые машины; в зависимости от наличия узла предварительной пластикации — машины без предварительной пластикации и машины с предварительной поршневой или червячной пластикацией; в зависимости от типа привода —

механические, гидравлические, гидромеханические, пневматические и пневмогидравлические.

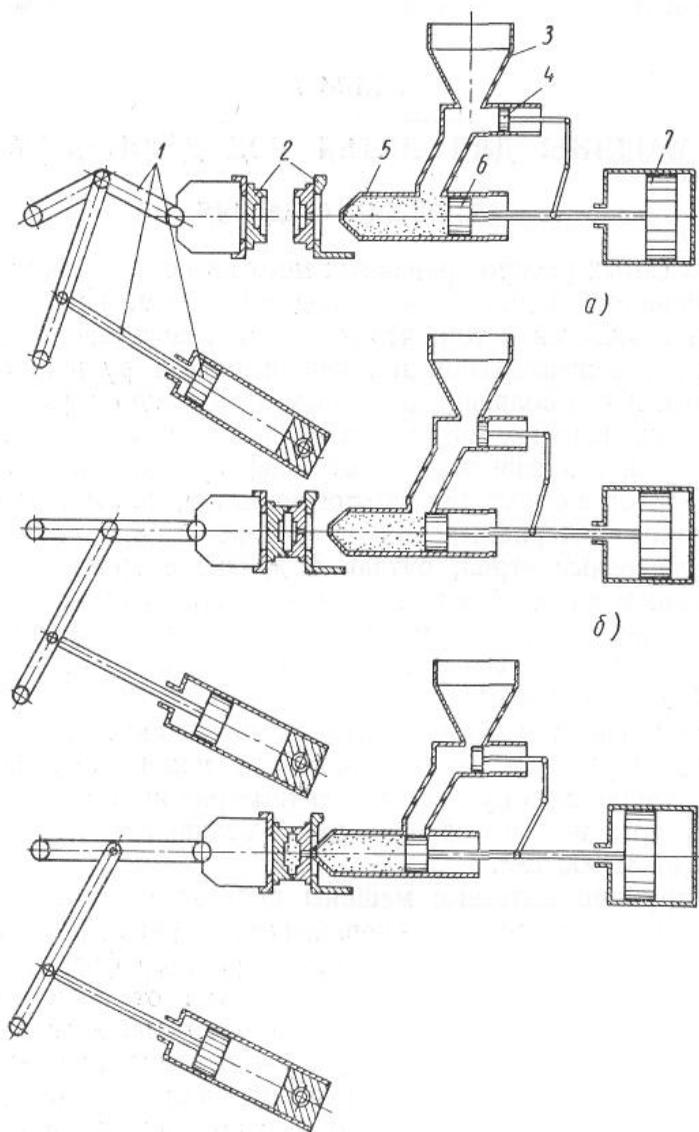
Литьевые машины с гидравлическим приводом подразделяются на машины с групповым и индивидуальным приводами.

С технологической точки зрения литье под давлением можно определить как простой циклический процесс, состоящий из следующих основных операций: дозирования термопластичного материала, подачи его в инжекционный цилиндр, нагревания и расплавления материала, впрыска под давлением пластицированного расплава в форму, охлаждения изделия в форме (остывая в форме, материал отверждается и образует изделия заданного профиля), раскрытия формы и удаления из нее готовых изделий.

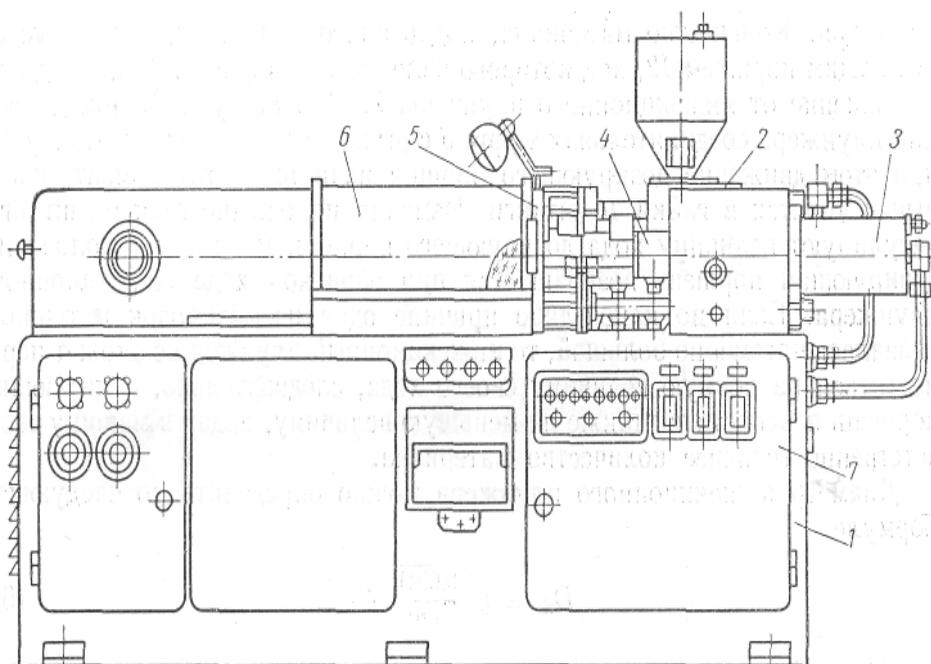
## **2. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ПОРШНЕВОГО ТИПА**

На рис. 1 представлена схема литьевой машины поршневого типа с гидравлическим приводом механизма впрыска и гидромеханическим приводом механизма запирания / форм 2. Рабочий процесс начинается с объемного дозирования и последующей подачи материалов из бункера 3 при помощи поршня-дозатора 4 в обогревательный (инжекционный) цилиндр 5 (рис. 1, а). В этот период плунжер 6 занимает крайнее правое (по чертежу) положение. В положении, указанном на рис. 94, б, обе половинки формы сомкнуты под действием гидромеханического устройства механизма запирания 1. Далее гидравлический поршень 7 перемещается с плунжером 6; при этом сопло обогревательного цилиндра плотно прижимается к входному отверстию формы, масса выдавливается в форму 2 и заполняет ее рабочую полость (рис. 1, в).

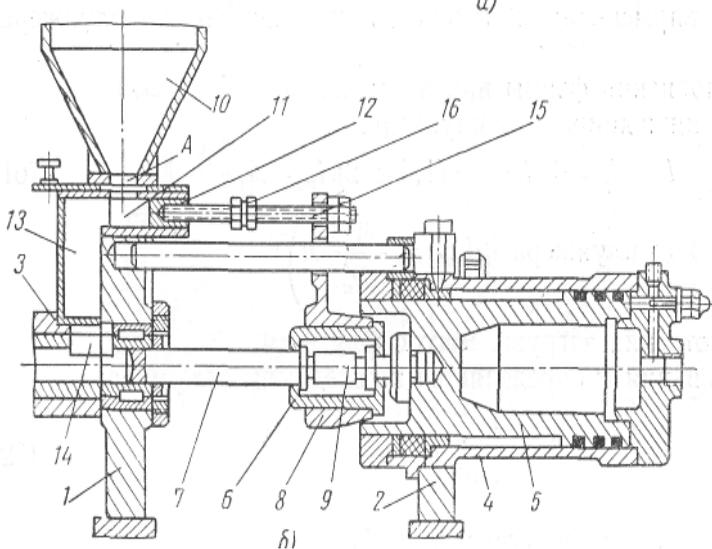
На рис. 2, а показан общий вид термопластавтомата ТП-63. Машина состоит из следующих основных механизмов и узлов: станины 1, дозирующего устройства 2, механизма впрыска 3, обогревательного цилиндра 4, формы 5, механизма 6 запирания формы, гидропривода 7, состоящего из электродвигателя и спаренного лопастного насоса, электро- и гидрооборудования.



**Рис. 1. Схема литейной машины поршневого типа.**



a)



**Рис. 2. Термопласт-автомат ТП-63.**

**а — общий вид;**

**б — механизм впрыска с дозирующим устройством.**

Термопластавтомат ТП-63 является одноцилиндровой горизонтальной машиной поршневого типа с разъемом пресс-форм в вертикальной плоскости. Наибольший объем впрыскиваемого материала за один цикл при температуре пластикации не более  $575^{\circ}\text{K}-63\text{ см}^3$ .

Механизм впрыска с дозирующим устройством. Все части механизма смонтированы на плитах 1 и 2 (рис. 2, б), установленных на двух колоннах станины машины. К левой (по чертежу) плите 1 крепится обогревательный цилиндр 3, к правой 2 — гидравлический цилиндр 4, в котором установлен поршень 5. Шток поршня при помощи муфты 6 соединен с инжекционным плунжером 7. Муфта состоит из двух половинок, которые скрепляются рычагом 8. Между штоком и плунжером установлена вставка 9, при удалении которой можно снять плунжер.

Для снижения давления, под которым масло подается в гидравлический цилиндр 4, диаметр поршня 5 принимается в несколько раз большим, чем диаметр инжекционного плунжера. В машине ТП-63 давление, создаваемое спаренным лопастным насосом, доходит до  $5\text{ Мн/м}^3$  при производительности насоса  $0,59\cdot 10^{-3}$  и  $0,85\cdot 10^{-3}\text{ м}^3/\text{сек}$ . Материал подается из бункера 10 через отверстие А в камеру 11, в которой смонтирован дозирующий поршень 12. При поступательном движении поршня 12 материал из камеры выталкивается и по рукаву 13 направляется в приемную часть 14 инжекционного цилиндра. Количество материала, подаваемого в машину, регулируется питающим поршнем 12, ход которого изменяется. Поршень 12 приводится в движение от инжекционного плунжера 7. При поступательном движении плунжера соединительная муфта 6 с рычагом 8 перемещает штангу 15; при этом движение дозирующего поршня начнется в тот момент, когда рычаг упрется в гайки 16 штанги. Изменяя положение гаек на штанге, регулируют величину хода дозирующего поршня. В исходное положение дозирующий поршень возвращается при обратном ходе инжекционного плунжера. Если по какой-либо причине одна из дозровок материала оказалась чрезмерно большой, то инжекционный плунжер не сможет переместиться на полную величину своего хода, следовательно, и питающий поршень

переместится также на меньшую величину, подав в машину соответственно меньшее количество материала.

**Диаметр инжекционного плунжера можно определить по следующей формуле:**

$$D = \sqrt{\frac{0,004V}{\pi \cdot v \cdot t}}, \text{ м} \quad (1)$$

где:  $V$  — объем полимера, впрыскиваемого за один цикл в форму, в  $\text{м}^3$ ;

$v$  — скорость впрыскивания (скорость инжекционного плунжера) в  $\text{м/сек}$ ;

$t$  — время заполнения формы при впрыскивании (1—3 сек).

**Величина хода инжекционного плунжера**

$$l = l_{РАБ} + l_{УПЛ} \approx (1,5 \div 2,0) \cdot l_{РАБ}, \text{ м} \quad (2)$$

где  $l_{РАБ}$  — рабочий ход плунжера ( $l_{РАБ} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_n^2}, \text{ м}$ )

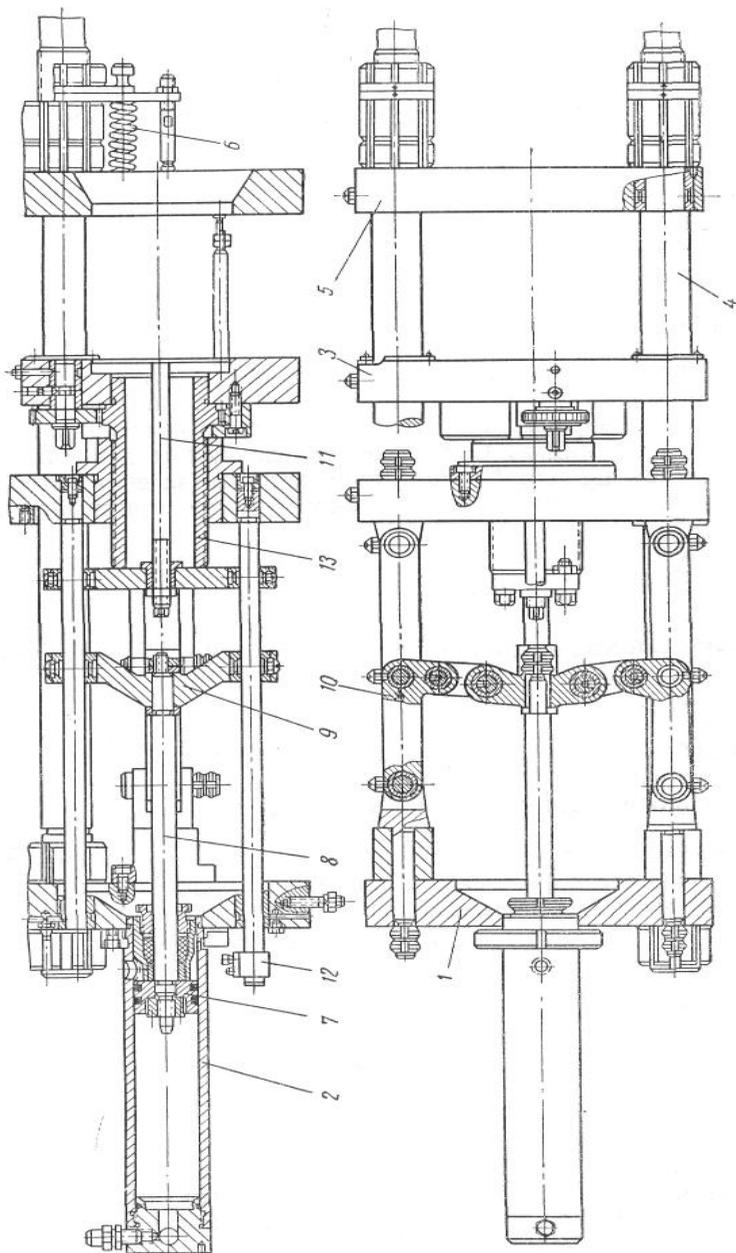
$l_{УПЛ}$  — ход уплотнения загружаемого сырья в  $\text{см}$ .

**Усилие впрыскивания  $P$  определяется по следующей формуле:**

$$P = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4 \cdot 10^3} p, \text{ кН} \quad (3)$$

где  $p$  — удельное давление впрыска в  $\text{н/м}^2$ .

Механизм запираания формы состоит из неподвижной плиты 1 (рис. 3), к которой крепится гидроцилиндр 2; подвижной плиты 3, перемещающейся по направляющим колоннам 4; подпружиненной плиты 5. Плита в момент раскрытия формы отталкивается двумя пружинами 6 и отрывает литник. Рабочая жидкость под давлением поступает в левую полость гидроцилиндра 2, вследствие чего начинается перемещение поршня 7, шток 8 которого связан через ползун 9 и рычаги 10 с подвижной плитой. Рычаги, распрямляясь, передвигают подвижную плиту 3; при этом в конце хода плиты вся система гидравлически тормозится.



**Рис. 3. Механизм заперения формы термопластавтомата.  
ТП-63.**

Для раскрытия формы масло подается в правую полость гидроцилиндра; при этом рычаги складываются и отводят подвижную плиту в исходное положение. После извлечения готового изделия с помощью центрального выталкивателя 11 нажатием кулака 12 на конечный выключатель дается команда на новый цикл. Передвижение механизма запирающей формы на величину до 100 мм регулируется винтовым механизмом 13.

От величины усилия запирающей формы зависит площадь отливаемых изделий и удельное давление материала в оформляющей полости формы.

**Усилие запирающей формы определяют по следующей формуле:**

$$P = p \cdot S \cdot a \cdot \beta, \text{ н} \quad (4)$$

где  $p$  — удельное давление в обогревательном цилиндре в н/м<sup>2</sup>;

$S$  — площадь проекции отливаемого изделия на плоскость разъема формы в м<sup>2</sup>; обычно равняется  $(8-10) V^{0,75}$ ;

$a$  — коэффициент запаса;

$P$  — коэффициент, учитывающий потерю давления;

$V$  — объем полимера, впрыскиваемого за один цикл в форму, в м<sup>3</sup>.

В. К. Завгородний рекомендует значение  $a$  принимать равным 1,5—2. Коэффициент  $P$  всегда меньше единицы, так как является отношением давления материала в форме к давлению в приемной (материальной) части обогревательного цилиндра. Согласно исследованиям давление в форме в 2—4 раза меньше давления в цилиндре машины (за счет потерь на трение). Для предварительных расчетов рекомендуется принимать величину  $\beta = 0,25-0,5$ .

Величина хода подвижной полуформы механизма запирающей формы

$$l = l_{РАБ} + l_{ХОЛ}, \text{ м} \quad (5)$$

где  $l_{РАБ}$  — рабочий ход подвижной полуформы в мм; принимается равным 0,05  $l$ ;

$l_{ХОЛ}$  — холостой ход подвижной полуформы в мм; принимается равным 0,95  $l$ .

Скорость рабочего хода подвижной полуформы составляет 2—5 мм/сек, скорость холостого хода 200—300 мм/сек.

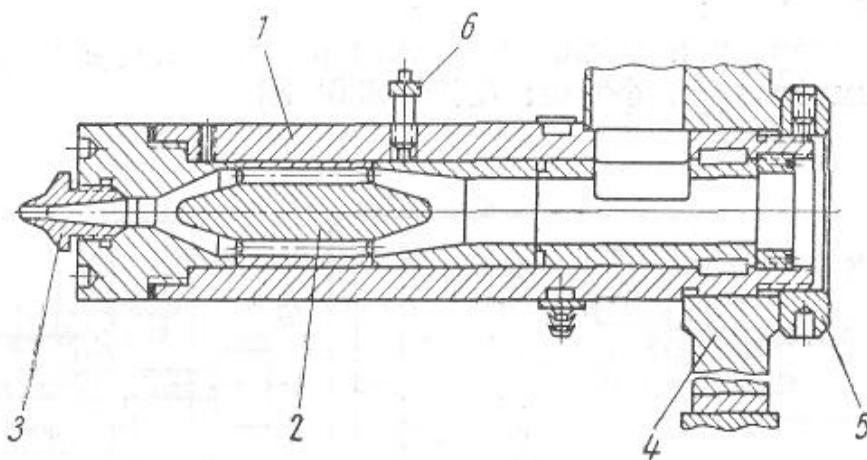
**Обогревательный цилиндр.** Материал, поступающий в приемную часть обогревательного цилиндра, должен быть нагрет до температуры, при которой он переходит в пластическое состояние, что обеспечивает возможность впрыска его в форму. В машинах небольшой мощности (к которым относится рассматриваемая конструкция) материал пластицируется в обогревательном цилиндре, представленном на рис. 4.

В связи с тем, что термопласты обладают низким коэффициентом теплопередачи и плохой теплопроводностью, необходимо их прогревать в тонком слое. Для этого в корпус 1 обогревательного цилиндра устанавливается торпеда 2.

Торпеда имеет осевые сверления, через которые материал проходит относительно тонким слоем, быстро разогреваясь при этом. Далее материал поступает в коническое пространство между торпедой и соплом 3. Материал, пластицированный и прогретый до требуемой температуры, далее впрыскивается в пресс-форму через литниковую втулку, к которой плотно прижимается сопло 3. Обогревательный цилиндр крепится к плите 4 гайкой 5. Обогревательный цилиндр обогревается электроэлементом сопротивления (мощностью 1600 и 800 Вт) с плавной регулировкой. Торпеда прогревается за счет теплопередачи от стенок цилиндра. Температура обогревательного цилиндра регулируется электронными потенциометрами, получающими импульс от терморпары 6.

**Рабочий процесс** на термопластавтомате ТП-63 начинается с запираания формы и поджима подпружиненной плиты к соплу. Далее автоматически подается команда на перемещение гидравлического поршня с плунжером, вследствие чего происходит впрыск в форму разогретого пластицированного материала. В конце хода плунжера давление в гидравлической системе возрастает; при этом реле времени получает команду на выдержку материала под давлением. Необходимость выдержки под давлением вызывается следующим. При охлаждении материала в форме происходит

его усадка. Для компенсации этой усадки и требуется поддержание необходимого давления. После окончания периода выдержки под давлением реле времени подает команду на отвод плунжера в исходное положение; при этом включается реле времени, обеспечивающее выдержку пресс-формы в сомкнутом состоянии на период, необходимый для охлаждения изделия, после чего подается команда на раскрытие пресс-формы.



**Рис. 4. Обогревательный (инжекционный) цилиндр термопластавтомата ТП-63.**

Готовое изделие выталкивается из формы и по специальному лотку, смонтированному в станине, выводится из машины. Команда на следующий цикл подается реле времени паузы между циклами; при этом продолжительность паузы устанавливается из расчета времени, необходимого для нагрева материала в обогревательном цилиндре до требуемой температуры. Загрузка материала в обогревательный цилиндр на следующий цикл происходит при совместном перемещении вперед плунжера и дозирующего поршня.

Производительность машины для литья под давлением можно определить по следующей формуле:

$$m_t = \frac{V\rho}{t}, \text{ кг/сек} \quad (6)$$

где  $V$  — объем впрыскивания в  $\text{м}^3$ ;

$t$  — длительность цикла в сек;

$\rho$  — плотность материала в  $\text{кг/м}^3$ .

Длительность цикла формования  $t_{\text{Ц}}$  определяется по следующей формуле:

$$t_{\text{Ц}} = t_{\text{ЗАП}} + t_{\text{УПЛ}} + t_{\text{ВПР}} + t_{\text{ОХЛ}} + t_{\text{РАЗМ}}, \text{ сек} \quad (7)$$

где  $t_{\text{ЗАП}}$   $t_{\text{РАЗМ}}$  — время операций запираания и размыкания формы (с извлечением изделия) в сек; может быть учтено коэффициентом  $c_1 = 1,1 - 1,2$ ;

$t_{\text{УПЛ}}$  — время уплотнения гранул или порошка в сек,  $t_{\text{УПЛ}} = 0,5 t_{\text{ВПР}}$ .

$t_{\text{ВПР}}$  — время впрыскивания расплава полимера в форму в сек; при упрощенных расчетах  $t_{\text{ВПР}}$  можно учесть поправочным коэффициентом  $c_2 = 1,1-7-1,15$ ;

$t_{\text{ОХЛ}}$  — время охлаждения отливки в форме до ее размыкания в сек;

$$t_{\text{ОХЛ}} = \frac{\delta^2 \cdot 10^{-6}}{\pi^2 \cdot \alpha} \ln \left( \frac{4}{\pi} \cdot \frac{T_{\text{РАС}} - T_{\text{Ф}}}{T_{\text{ОТЛ}} - T_{\text{Ф}}} \right), \text{ сек} \quad (8)$$

где  $\delta$  — среднее значение толщины отливки в мм;

$\alpha$  — коэффициент температуропроводности полимера в  $\text{м}^2/\text{сек}$ ;

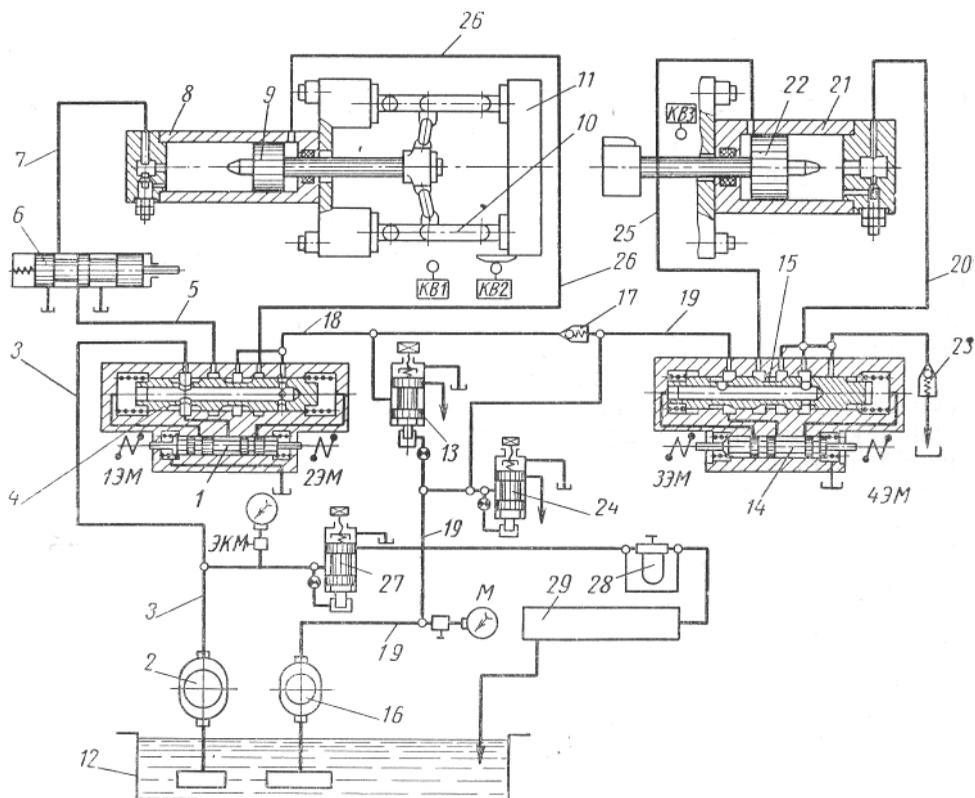
$T_{\text{ОТЛ}}$  — температура отливки в конце периода охлаждения формы (принимается на  $10-30^\circ \text{ К}$  ниже значений теплостойкости полимера);

$T_{\text{РАС}}$  — температура расплава полимера при входе в форму в  $^\circ\text{К}$ ;

$T_{\text{Ф}}$  — температура формы ( $310-330^\circ \text{ К}$ ).

Таким образом,

$$t_{\text{Ц}} = c_1 \cdot c_2 \cdot t_{\text{ОХЛ}}, \text{ сек} \quad (9)$$



**Рис. 5. Гидравлическая схема термопластавтомата ТП-63.**

На рис. 5 показана принципиальная гидравлическая схема машины ТП-63 (в положении впрыска). Цикл начинается с нажатия кнопки управления КУ — «Работа». При закрытом ограждении включается электромагнит 1ЭМ и золотник 1 перемещается влево, вследствие чего под давлением рабочей жидкости, нагнетаемой насосом 2 по трубопроводу 3, золотник 4 распределителя перемещается вправо (по чертежу). Далее масло через магистраль 5, блокировочный золотник 6 и магистраль 7 заполняет рабочую полость цилиндра 8; при этом поршень 9 перемещается вправо, рычаги 10 выпрямляются и подвижная плита 11 смыкает форму. Одновременно масло из

штоковой полости цилиндра 8 сливается в бак 12 через трубопроводы, распределитель и напорный золотник 13.

В конце хода подвижной плиты срабатывают конечный выключатель КВ 2 и электроконтактный манометр ЭКМ, отключается электромагнит 1ЭМ и включается электромагнит 4ЭМ; при этом золотники 1 и 4 занимают нейтральное положение, а золотники 14 и 15 передвинутся соответственно вправо и влево. Общий поток рабочей жидкости от двух насосов 2 и 16 проходит по магистрали, включая обратный клапан 17, распределители, трубопроводы 3, 18, 19, 20, и заполняет рабочую полость цилиндра 21, вследствие чего поршень 22, перемещаясь влево, производит впрыск материала в форму. Одновременно масло из штоковой полости цилиндра 21 сливается в бак через трубопроводы и обратный клапан 23.

По мере увеличения давления в системе инъекции выше  $2,5 \text{ Мн/м}^2$  срабатывает золотник 13 и масло от насоса 2 сливается в бак.

Дожатие и выдержка под давлением происходят за счет давления масла, создаваемого насосом 16; при этом давление масла в обогревательном цилиндре контролируется напорным золотником 24, пружина которого отрегулирована на давление  $5 \text{ Мн/м}^2$ . Затем отключается электромагнит 4ЭМ, включается 3ЭМ и золотники 14 и 15 перемещаются в противоположных направлениях; при этом масло по трубопроводу 25 поступает в штоковую полость цилиндра 21, поршень перемещается в исходное положение и масло проходит на слив через магистраль 20. В конце хода поршня срабатывает конечный выключатель КВ3, который отключает электромагнит 3ЭМ и золотники 14 и 15 занимают нейтральное положение.

После охлаждения изделий в форме включается электромагнит 2ЭМ, масло поступает в цилиндр 8 по магистрали 26, поршень 9 перемещается влево и форма раскрывается. В конце хода подвижной плиты срабатывает конечный выключатель К.В1, который отключает электромагнит 2ЭМ. Для замедления скорости обратного движения поршней 9 к 22 на их торцах имеются приливы, которые перекрывают каналы, соединяющие рабочие полости цилиндров с трубопроводами, и направляют сливаемое масло

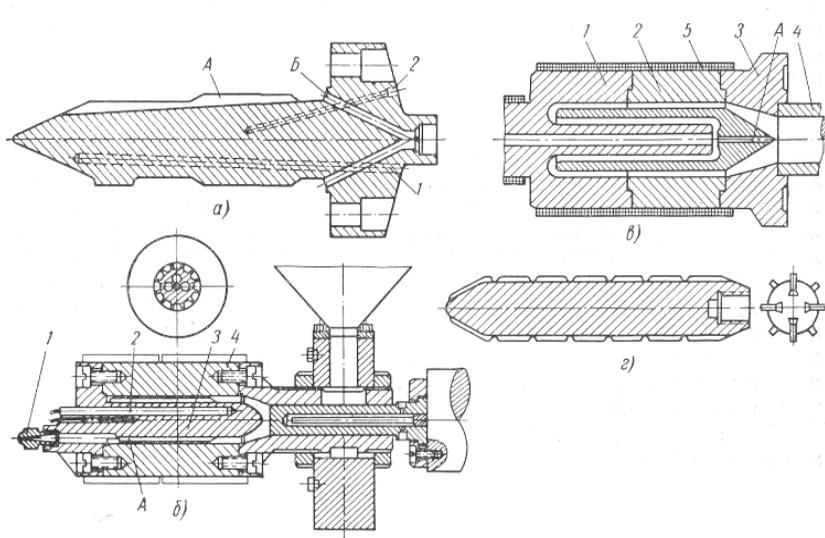
через дроссельные устройства. В гидросистеме предусмотрен предохранительный клапан 27, переключающий насос 2 на слив при достижении предельного давления масла  $4,5\text{—}5 \text{ Мн/м}^2$ ; при этом рабочая жидкость очищается в фильтре 28 прохладится в холодильнике 29. Выдержка под давлением, длительность охлаждения и паузы между циклами контролируются тремя реле времени РВ 1, РВ 2 и РВ 3. Блокировочный золотник 6 не позволяет закрыть форму при открытом ограждении термопластавтомата.

Литьевые машины плунжерного типа имеют следующие преимущества по сравнению с машинами червячного типа двойного действия: себестоимость продукции несколько меньше, производительность немного выше, расходы на ремонт и уход за машиной меньше. Поэтому для литья изделий из легко формующихся материалов рационально применять машины с пластицирующим устройством торпедного типа, которые позволяют увеличить поверхность нагрева материала.

Лучший способ нагрева торпеды — установка нагревателя внутри ее. На рис. 6, а показана торпеда концентричной конструкции с четырьмя стержневыми нагревателями 1, расположенными на одинаковом расстоянии один от другого. Для лучшей теплопроводности желобки заполняются распыленной медью. Часть торпеды, удаленная от сопла, имеет канавки, которые проходят по всей длине. В средней части торпеды диаметр ее резко увеличивается и торпеда почти соприкасается со стенками обогревательного цилиндра; в этом месте поверхность торпеды представляет собой плавники А. Материал поступает в сопло через четыре питающих канала Б, расположенные симметрично. Для контроля температуры имеются термодары 2. Ввиду эффективного обогрева и большой поверхности торпеды пластицирующая способность ее увеличивается в  $1,5\text{—}2$  раза по сравнению с конструкцией торпеды машины ТП-63.

Для инъекционных цилиндров небольшого диаметра применяются торпеды с внутренним обогревом эксцентричной конструкции (рис. 6, б). Сопло 1 несколько смещено относительно центральной оси, но параллельной ей.

Стержневые электронагреватели 2 расположены в торпеде параллельно. Расплав поступает в желобки между лопатками торпеды 3 в очень вязком состоянии, а так как расстояние от лопаток до стенок цилиндра 4 около 0,25 мм, то расплав движется в каждом канале А с одинаковой скоростью и с этой же скоростью поступает в кольцевое пространство в конце цилиндра.



**Рис. 6. Торпеды:**  
**а — концентричная; б — эксцентричная;**  
**в — цилиндрическая с каналами для удаления**  
**воздуха; г — вращающаяся.**

Такой цилиндр обладает рядом преимуществ по сравнению с обычными цилиндрами: в конце цилиндра поток турбулентный, что обеспечивает хорошее перемешивание материала с сухими красками; нагревание торпеды осуществляется весьма просто; лопатки торпеды значительно увеличивают поверхность теплоотдачи; пластикационная производительность больше в 1,5 раза. Недостаток такого

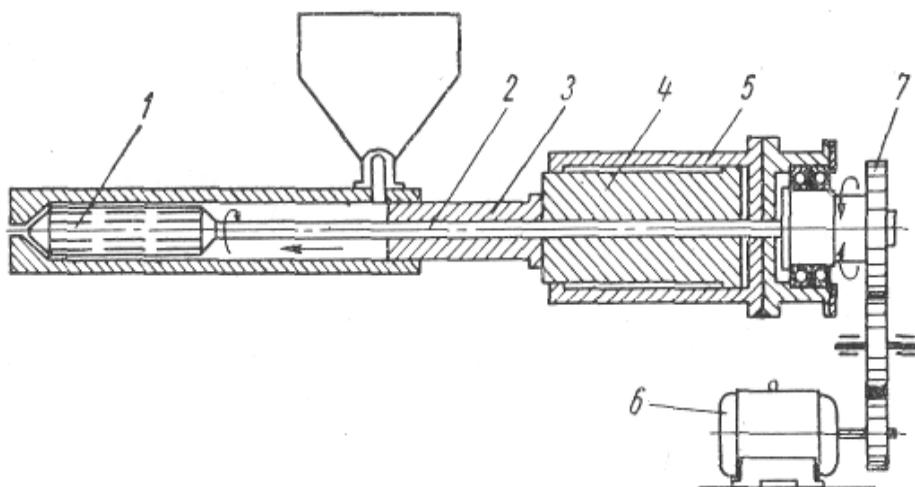
метода нагрева — возможное попадание в изделие воздуха, захватываемого вместе с материалом, которое приводит к появлению серебристых полос.

На рис. 6, в показан обогревательный цилиндр, обеспечивающий удаление из расплава летучих веществ, что позволяет предотвращать образование на изделиях серебристых полос. Цилиндр состоит из головки 1, средней части 2 и фланца 3, в который вмонтирована направляющая втулка 4 плунжера. Торпеда имеет канал А для удаления воздуха. Обогревается цилиндр электронагревателями 5.

Дальнейшим усовершенствованием инжекционных цилиндров является применение вращающейся торпеды (рис. 6, г), которая исключает перепады температур в расплаве, обеспечивает общее повышение степени и скорости пластикации, а также позволяет быстро очищать цилиндр при смене перерабатываемого материала и красителя. Торпеда снабжена продольными и носовыми выступами, обеспечивающими оптимальное смешение и текучесть материала.

На рис. 7 показана принципиальная схема машины для литья под давлением с вращающейся торпедой. Торпеда 1 насажена на приводной вал 2, проходящий через центральные отверстия инжекционного плунжера 3 и поршня 4 гидравлического цилиндра 5. Торпеда приводится в движение от электродвигателя 6 через зубчатую передачу 7. Торпеда установлена на валу консольно и как бы плавает в зоне расплава. Принцип работы данной машины такой же, как термопластавтомата плунжерного типа.

Один из способов улучшения условий нагрева состоит в увеличении поверхности, омываемой потоком материала; при этом пластикационная производительность значительно возрастает и одновременно улучшается перемешивание материала. Для этого применяются обогревательные цилиндры с втулкой, известные под названием полилайнеры.

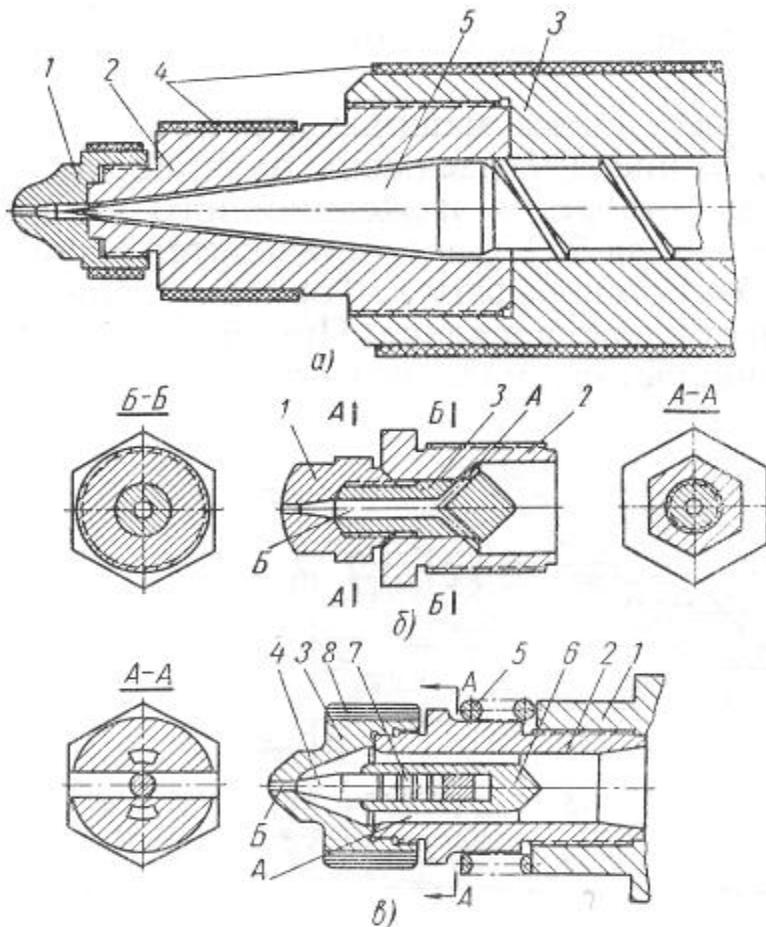


**Рис. 7. Схема работы литейной машины с вращающейся торпедой.**

Качество отливаемых изделий зависит не только от степени пластикации и гомогенизации материала, но также и от конструкции и работы инжекционного сопла. Сопла бывают открытые и самозапирающиеся. Самозапирающиеся, в свою очередь, делятся на сопла с запорными клапанами, плавающие и со смещением обогревательного цилиндра. В зависимости от сечения инжекционного канала сопла бывают: с коническим каналом (при этом сопротивление течению расплава велико); с цилиндрическим узким каналом на выходе из сопла длиной не более 3 мм (при этом сопротивление течению расплава оказывается минимальным); с каналом, расширяющимся на выходе, что обеспечивает свободный выход из сопла загустевшего материала; с каналом и промежуточной камерой (при впрыске материала через точечный литник). В зависимости от нагрева сопла бывают с наружным и внутренним обогревом. Для впрыска материалов, окрашенных сухим красителем, применяются смесительные сопла.

Для машин высокой производительности, когда небольшое вытекание расплава из сопла в период между двумя впрысками неопасно, применяются открытые сопла (рис. 8, а). Сопло состоит из наконечника 1 и корпуса 2, который

ввертывается в обогревательный цилиндр 3. На сопле и цилиндре установлены наружные электрические нагреватели 4. Впрыск материала в форму осуществляется червяком с конусом 5, острый конец которого доходит до выхода из сопла.



**Рис. 8. Сопла:**  
**а - открытое; б — плавающее; в— с игольчатым клапаном.**

При переработке материалов со средней и низкой вязкостью и для машин, не имеющих аккумуляторов, применяются плавающие сопла (рис. 8, б), которые запираются за счет давления массы в цилиндре. Сопло состоит из головки 1, корпуса 2 и запирающей втулки 3. Давлением материала в обогревательном цилиндре втулка и головка отжимаются влево (по чертежу), что препятствует вытеканию материала. После упора головки в форму детали сопла перемещаются вправо и расплав из цилиндра через каналы А и Б впрыскивается в форму.

Для изготовления тонкостенных деталей небольшого размера, а также при переработке термопластов с резко выраженной точкой плавления применяются сопла с игольчатым запорным клапаном (рис. 8, б). Материал из обогревательного цилиндра 1 поступает по каналам А корпуса 2 сопла в полость наконечника 3, отверстие Б которого закрыто игольчатым клапаном 4. Усилие от давления расплава передается на пружину 5, вследствие чего открывается доступ материала в форму. Утечка материала из сопла устраняется плотной посадкой хвостовой части игольчатого клапана во втулке 6, лабиринтными уплотнениями 7 и подбором стали с одинаковым коэффициентом объемного расширения втулки и клапана. По окончании впрыска при обратном ходе поршня давление падает и пружина вновь закрывает клапан. Для предотвращения охлаждения материала на наконечнике 3 установлен электронагреватель 8.

### **3. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ЧЕРВЯЧНОГО ТИПА С СОВМЕЩЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПЛАСТИКАЦИИ И ИНЖЕКЦИИ МАТЕРИАЛА**

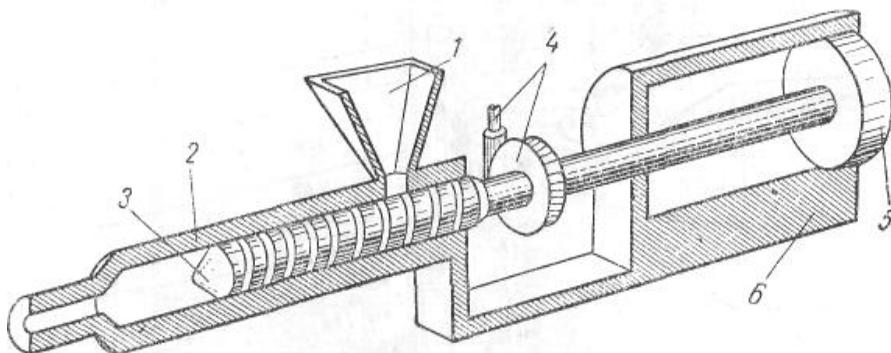
Необходимость увеличения пластикационной производительности нагревательного цилиндра литьевой машины привела к созданию новых методов нагрева полимеров. Увеличение поверхности нагрева, которое достигалось за счет применения цилиндров больших размеров, установки раскателей (например, торпеды), не всегда давало нужные

результаты, так как при этом возникали дополнительные увеличения сопротивлений в цилиндре.

Пластицирующая способность машин плунжерного типа при литье крупногабаритных изделий увеличивается незначительно, так как в этом случае во избежание получения слишком высоких давлений литья увеличивают зазор между торпедой и стенкой цилиндра, что приводит к уменьшению пластицирующей способности и снижению эффективности нагрева. Поэтому для увеличения пластификационной производительности применяются литьевые машины, в которых процессы пластикации и инъекции совмещены в одном узле.

Применение машин с червячным плунжером двойного действия позволяет формовать литьем под давлением такие материалы (например, нейлон, поликарбонаты и др.), переработка которых недоступна в машинах плунжерного типа.

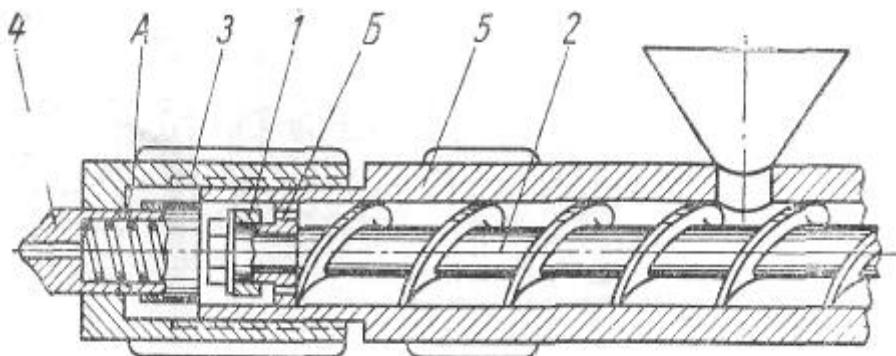
Современные червячные литьевые машины в зависимости от количества червяков подразделяются на одно- и двухчервячные; при этом червяки используются как инжекционные плунжеры.



**Рис. 9. Схема одночервячной литьевой машины, работающей по двухступенчатой системе.**

В основном одночервячные литьевые машины с совмещенной системой пластикации изготавливаются двухступенчатыми.

На рис. 9 показана одночервячная двухступенчатая система с червяком, производящим впрыск материала подобно поршню. Материал, поступающий из бункера 1, пластицируется в обогревательном цилиндре 2 червяком 3, вращающимся от электродвигателя через червячную передачу 4. После пластикации термопласта под действием поршня 5 гидроцилиндра 6 червяк перемещается в сторону сопла и, следовательно, происходит впрыск материала в форму.



**Рис. 10. Схема одночервячной литьевой машины с обратным клапаном.**

Одночервячный пластикатор с обратным клапаном 1 на конце червяка 2 показан на рис. 10. По окончании нагнетания пластицированного материала в форкамеру 3 червяк останавливается. При запуске литьевой формы сопло 4 и камера 3 одновременно перемещаются вправо (по чертежу), вследствие чего отверстия А открываются и термопласт впрыскивается в гнездо сомкнутой литьевой формы. Материал давит на обратный клапан, который закрывает каналы Б, тем самым предотвращая утечку расплавленного термопласта. Основным недостатком этого пластикатора — трудность достижения герметичности между форкамерой и обогревательным цилиндром 5.

На рис. 11 показана одночервячная литьевая машина с объемом впрыска  $3000 \text{ см}^3$ . Станина 1 машины состоит из сварной рамы, на которой монтируются механизм впрыска, механизм запирания формы и гидравлическое оборудование.

Механизм впрыска состоит из обогревательного цилиндра с червяком 2, корпус 3 которого опирается на подвижную опору 4. Вал 5 червяка приводится от электродвигателя 6 через редуктор 7, а осевое перемещение — от поршня 8. Привод механизма впрыска устанавливается на каретке 9, скользящей по направляющим 10 станины машины. Механизм впрыска перемещается вдоль оси двумя плунжерами 11.

Нагрев и расплавление перерабатываемого материала, поступающего из бункера 12, производится шестью электронагревательными элементами 13, размещенными по окружности обогревательными цилиндрами, а пластикация и впрыск его в форму осуществляются червяком через сопло 14. Давление и скорость инъекции регулируют рукоятками 15. Гидропривод расположен с противоположной стороны литьевой машины и приводится от электродвигателя 16. Гидравлический механизм запирания состоит из четырех плит — передней 17, подвижной 18, промежуточной 19 и задней 20, соединенных четырьмя колоннами 21, и двухступенчатого гидравлического устройства, обеспечивающего быстрое запираение формы с минимальным расходом рабочей жидкости под давлением. В центральной части передней плиты имеется отверстие А для сопла обогревательного цилиндра, а на передней панели находится пульт управления 22. Внутри подвижной плиты-цилиндра установлен гидравлический выталкиватель 23, а по краям четыре механических выталкивателя 24, концы которых крепятся к промежуточной плите. Рабочая жидкость поступает в цилиндр гидравлического выталкивателя через трубопровод 25.

Ускоренное предварительное запираение формы производится при низком давлении рабочей жидкости плунжером 26 гидроцилиндра 27. Масло подается в рабочую полость гидроцилиндра через распределитель 28 и трубопровод 29, а в штоковую полость через трубопровод 30. После запираения формы положение гидроцилиндра 27 фиксируют двумя полукольцами 31, которые приводятся двумя поршнями 32.

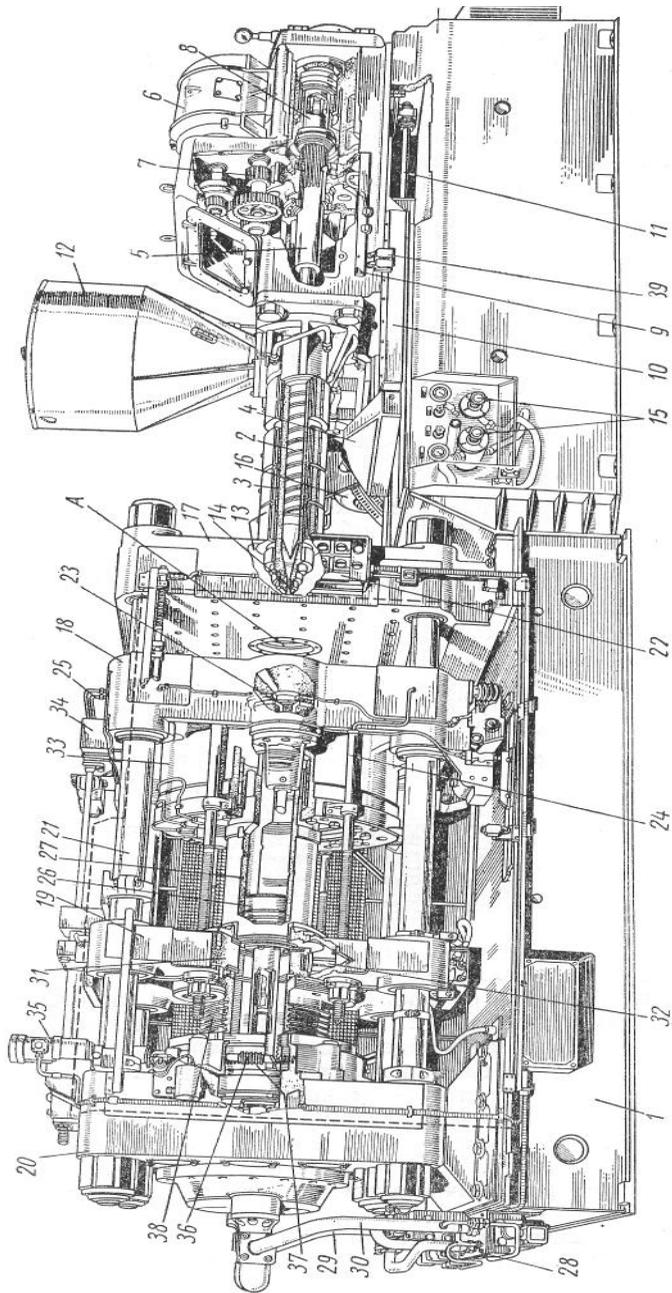
Окончательное запираение формы производится при высоком давлении рабочей жидкости, нагнетаемой в гидравлический цилиндр 33 через дистрибутор 34.

Величина свободного хода подвижных элементов механизма запираения формы, необходимого для компенсации растяжения колонн и зазора между упорными полукольцами и торцом цилиндра, регулируется червячным механизмом, приводимым от электродвигателя 35. Червяк 36 вращает червячное колесо 37; при этом перемещается цилиндр 38 с промежуточной плитой 19. Машина снабжена конечными выключателями 39, которые контролируют предельное осевое перемещение червяка 2.

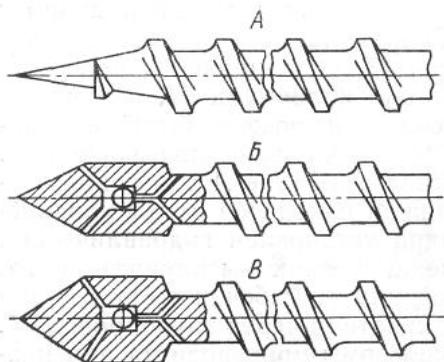
Машины подобного типа предназначены для переработки в основном всех термопластов.

На рис. 12 показаны три типа сменных наконечников червяка одной из крупнейших в мире литьевой машины мощностью 31 000 см<sup>3</sup>/цикл. Червяк с наконечником типа А рекомендуется применять при высоком давлении впрыска, при переработке материалов с высокой вязкостью расплава (жесткий поливинилхлорид и т. п.). Наконечник имеет форму конуса, на поверхности которого нарезан винтовой канал, являющийся продолжением винтового канала червяка.

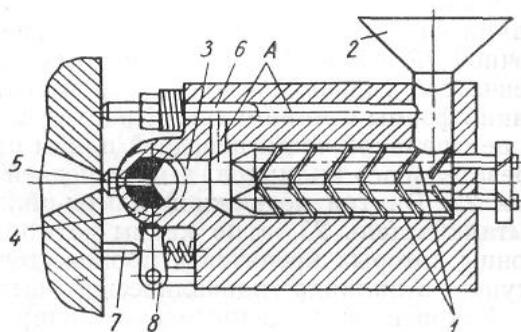
Наконечники типа Б рекомендуется применять для материалов, подобных нейлону, обладающих хорошей текучестью, но требующих высокого давления впрыска при изготовлении отливок сложной конфигурации. Этот наконечник снабжен обратным клапаном, предотвращающим обратное течение расплава в момент впрыска, и играет роль литьевого поршня.



**Рис. 11. Одночервячная литьевая машина.**



**Рис. 12. Сменные наконечники**



**Рис. 13. Схема двухчервячной литейной машины, работающей по одноступенчатой системе**

Наконечник типа В применяют, когда необходимо получить при низком давлении большой объем впрыска. Конструкция такого наконечника аналогична конструкции предыдущего. Диаметр этого наконечника больше наружного диаметра червяка.

В момент впрыска материал, находящийся перед червяком, стремится двигаться назад по каналу червяка, а не выдавливаться и заполнять форму, что является недостатком одночервячной литейной машины с возвратно-поступательным движением червяка. Поэтому в такой машине трудно создать высокое давление, необходимое для литья.

В связи с этим большой интерес представляет двухчервячная совмещенная система пластикации и инъекции, так как она лишена этого недостатка и обеспечивает наиболее качественную пластикацию всех известных термопластов.

Двухчервячные системы пластикации подразделяются на одноступенчатые и двухступенчатые.

В двухчервячной одноступенчатой системе (рис. 13) два червяка 1, вращающиеся один навстречу другому, захватывают

материал из бункера 2 и нагнетают его в камеру 3 обогревательного цилиндра. Затем из форкамеры материал по каналам А возвращается к загрузочной части червяков; при этом поворотный кран 4 перекрывает сопло 5. После запираания формы поршень 6 перекрывает отводной канал цилиндра, а палец 7, воздействуя на рычаг 8, поворачивает кран 4, открывает сопло и пластицированный материал впрыскивается в форму.

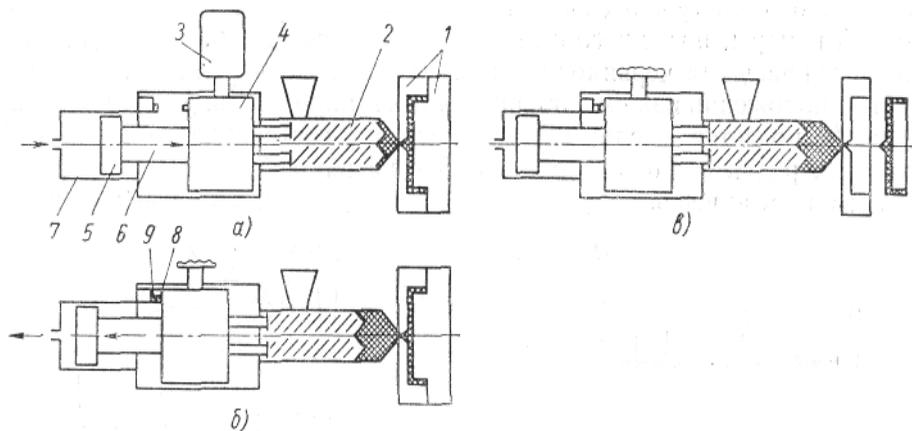
На рис. 14 показаны схемы, определяющие взаимоположение частей двухчервячной двухступенчатой литьевой машины в различные рабочие периоды.

На рис. 14, а показано положение машины в момент впрыска материала в форму 1. Червяки 2, гидромотор 3, редуктор 4, поршень 5 со штоком 6 продвигаются вперед под давлением масла, подаваемого в гидроцилиндр 7.

На рис. 14, 5 дано положение машины в момент охлаждения изделия в форме. В этот период происходит пластикация очередной порции материала. Червяки, вращаясь, перемешивают и нагнетают материал в инжекционную камеру. Вращающиеся червяки, редуктор, гидромотор и поршень со штоком отходят назад, в исходное положение, под действием возрастающего давления материала в инжекционной камере. В конце хода при замыкании контактов 8 и 9 червяки перестают вращаться.

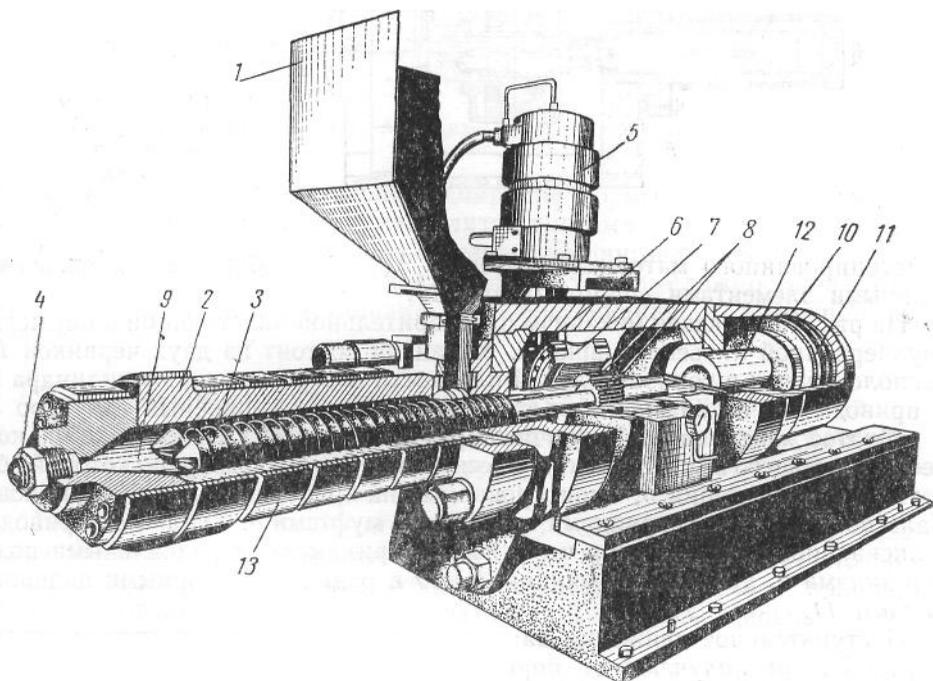
На рис. 14, в показано положение машины в момент раскрытия формы и удаления отпрессованного изделия.

Инжекционное устройство рассмотренного типа, обеспечивая хорошую пластикацию материала, позволяет снизить удельное давление до 60—70 Мн/м<sup>2</sup>; при этом масса отливаемых изделий по сравнению с массой изделий, полученных на поршневой машине, может быть значительно увеличена.



**Рис. 14. Схеца двухчервячной литьевой машины, работающей по двухступенчатой системе.**

На рис. 15 представлена конструкция двухчервячной литьевой машины, в которой процессы пластикации и впрыска совмещены. Материал подается в бункер 1, из которого поступает в приемную часть цилиндра 2. В цилиндре установлены два червяка 3, захватывающих поступающий материал и продвигающих его по направлению к соплу 4. Червяки вращаются от гидромотора 5 через редуктор 6 и червячное колесо 7, которое одновременно находится в зацеплении с цилиндрическими зубчатыми колесами 8, закрепленными на валах червяков 3. В процессе продвижения материала происходит интенсивное перемешивание его червяками, прогрев и плавление. Поступающий материал постепенно накапливается в инжекционной камере 9 обогревательного цилиндра; при этом оба червяка под давлением вновь поступающего материала отжимаются, отходя от инжекционной камеры, после чего их вращение прекращается. Команда на прекращение вращения червяков подается самими же червяками, которые в крайнем положении нажимают на конечный выключатель.



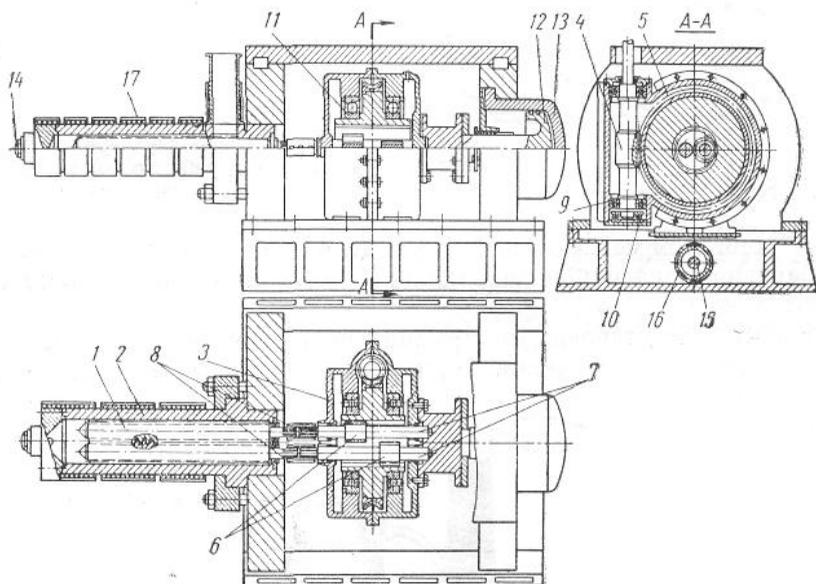
**Рис. 15. Двухчервячная литевая машина.**

Далее в гидроцилиндр 10 подается масло, которое систему, состоящую из поршня 11, штока 12, редуктора 6, гидромотора 5 и червяков 3, перемещает поступательно; при этом червяки действуют как плунжеры, обеспечивая впрыск пластицированного материала в форму. Цилиндр обогревается нагревательными элементами сопротивления 13.

На рис. 16 показан механизм предварительной пластикации и впрыска двухчервячной литевой машины.

Механизм состоит из двух червяков 1, расположенных в горизонтальной плоскости обогревательного цилиндра 2 и приводимых во вращение от гидромотора через червячный редуктор 3 и зубчатое зацепление. Червячный редуктор состоит из червяка 4 и колеса 5, имеющего внутри цилиндрическую зубчатую нарезку, по которой обкатываются шестерни 6, смонтированные на приводных валах 7 червяков. Валы соединяются с червяками шлицевыми муфтами 8. Усилия от

привода и аксиального перемещения червяков воспринимаются радиальными подшипниками 9, упорным подшипником 10 и радиально-упорными подшипниками 11.

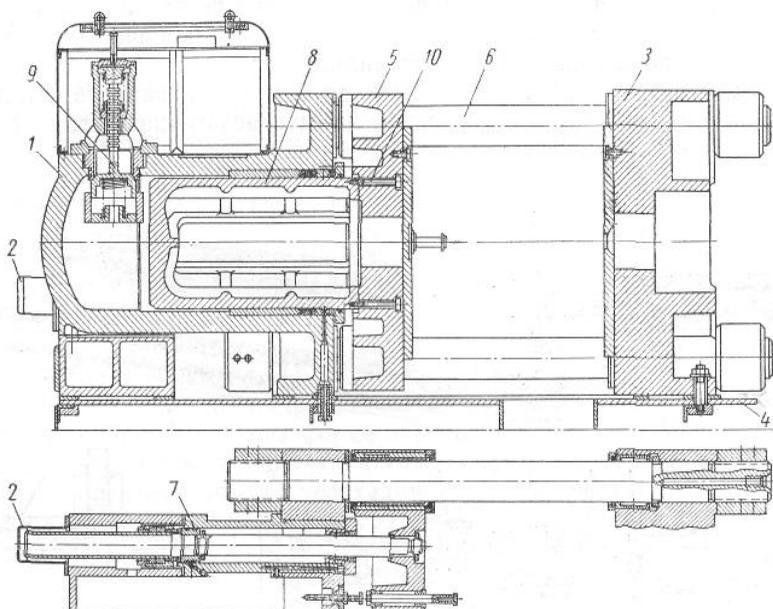


**Рис. 16. Механизм предварительной пластикации и впрыска.**

Поступательное движение на впрыск червяки вместе с гидромотором и редуктором получают от поршня 12 гидравлического цилиндра 13; при этом сопло 14 к литниковой втулке формы подводится плунжером 15 гидроцилиндра 16. Материал нагревается электронагревателями 17, расположенными по окружности инжекционного цилиндра 2.

Механизм запирания формы (рис. 17) состоит из гидравлического цилиндра 1 высокого давления; двух гидроцилиндров 2 низкого давления, расположенных симметрично относительно оси машины; неподвижной плиты 3, закрепленной на станине 4, и подвижной плиты 5, перемещающейся по четырем направляющим колоннам 6.

Закрывание формы производится в два этапа: вначале поршнями 7 гидроцилиндров 2 ускоренного запирания формы, а затем плунжером 8 гидроцилиндра 1, рабочая жидкость в который поступает через тарельчатый клапан 9. Окончательное запирание формы производится плунжером 8, соединенным с подвижной плитой винтами 10.



**Рис. 17. Механизм запирания формы.**

Недостатком двухчервячных литьевых машин является невозможность повышения инжекционного давления, а также сложность изготовления двухчервячного механизма для пластикации и инъекции материала.

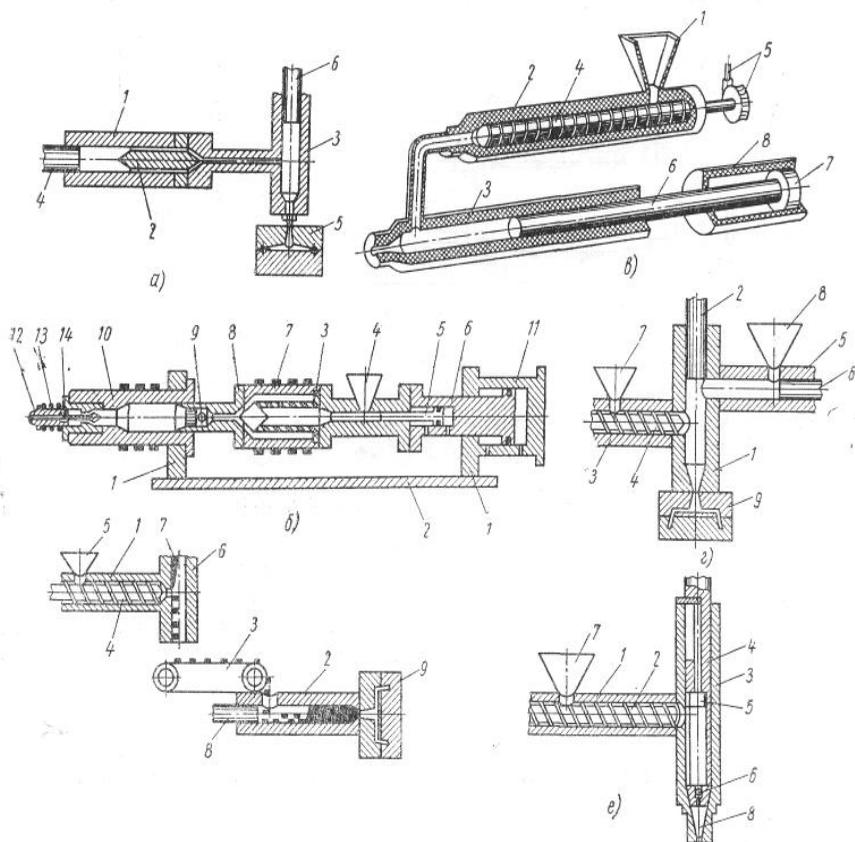
#### **4. МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ТЕРМОПЛАСТОВ С РАЗДЕЛЬНОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИКАЦИЕЙ И ИНЖЕКЦИЕЙ МАТЕРИАЛА**

Необходимость увеличения производительности литейных машин, улучшения качества отливаемых изделий, а также необходимость производства изделий из поликарбоната, непластицированного поливинилхлорида, литейного полиметилкрилата и др. явились основными причинами разделения процесса литья под давлением на два этапа: сначала расплавление материала, а затем впрыск его в форму. Такое раздельное двухступенчатое ведение процесса получило название «**предварительное пластицирование**»; кроме того, это открыло широкие возможности для повышения качества отливаемых изделий, осуществления быстрой смены перерабатываемого материала, более эффективного диспергирования красящего вещества в полимерах, увеличения веса отливок и производительности машин, а также литья изделий сложной конфигурации из всех термопластичных материалов.

**Литейные машины с разделением процессов пластикации и инъекции материала классифицируются в зависимости:**

1. от количества узлов предварительной пластикации — машины с двухступенчатой и трехступенчатой системой предварительной пластикации и инъекции термопластов;
2. от расположения пластикационного цилиндра по отношению к инъекционному — с взаимно перпендикулярным, с телескопическим, с параллельным и угловым расположением цилиндров;
3. от наличия передаточного устройства пластицированного материала между цилиндрами — с передаточным и без передаточного транспортера;
4. от количества загрузочных бункеров — машины с одним и двумя бункерами;
5. от периодичности пластикации — с циклической и непрерывной пластикацией материала при периодической инъекции термопласта;

6. от пластицирующего и нагнетающего устройств — поршневые, червячные и комбинированные механизмы для предварительной пластикации и инъекции материалов.



**Рис. 18. Машины для литья под давлением термопластов с раздельной предварительной пластикацией и инъекцией материала:**

**а — с взаимно перпендикулярным расположением цилиндров; б — полилайнер; в — с параллельным расположением цилиндров; г — двухбункерный; д — трехступенчатый; е — трехступенчатый с взаимно перпендикулярным расположением цилиндров.**

На рис. 18, а показан двухступенчатый поршневой механизм с взаимно перпендикулярным расположением пластикационного цилиндра 1, оснащенного торпедой 2, и инжекционного цилиндра 3. Расплавленный термопласт нагнетается в инжекционный цилиндр поршнем 4, после чего материал впрыскивается в форму 5 инжекционным плунжером 6.

Телескопический двухступенчатый механизм с полилайнером для линейной пластикации и инъекции материала (рис. 18, б) смонтирован на двух стойках 1, которые установлены на подвижной платформе 2. Полилайнер представляет собой перфорированную втулку 3, на внутренней поверхности которой расположены ребра, увеличивающие рабочую поверхность пластикатора. Гранулированный материал поступает из бункера 4 и нагнетается пластикационным поршнем 5 гидравлического цилиндра 6 в цилиндр 7 предварительной пластикации.

Расплавленный термопласт продавливается через отверстия, имеющиеся в стенках втулки 3; при этом материал подвергается воздействию напряжений сдвига, способствующих его плавлению и гомогенизации. Пластицированный материал, пройдя через канал инжекционного плунжера 8 и шариковый клапан 9, поступает в обогреваемый инжекционный цилиндр 10. По мере заполнения инжекционного цилиндра расплавом плунжер 8, пластикационный цилиндр 7 и гидравлический цилиндр 6, являющийся одновременно поршнем главного гидравлического цилиндра 11, перемещаются вправо (по чертежу).

После заполнения цилиндра 10 гомогенным расплавом и прекращения движения поршня 5 вся платформа 2 смещается влево до тех пор, пока сопло 12 не упрется в литниковую втулку формы; при этом обеспечивается некоторое смещение сопла, необходимое, чтобы сжать пружину 13 и открыть клапан 14. Затем поршень 11 передвигает цилиндр 7 предпластикатора влево и инжекционный плунжер 8 производит впрыск материала в форму; при этом шариковый клапан 9 предотвращает обратное течение расплава в пластикационный цилиндр. После выдержки

под давлением платформа смещается, клапан 14 закрывается и цикл повторяется.

На рис. 18, б показан двухступенчатый комбинированный механизм с параллельным расположением пластикационного и инжекционного цилиндров. Отличие этого механизма от предыдущих в том, что загружаемый из бункера 1 в пластикационный цилиндр 2 материал гомогенизируется и нагнетается в инжекционный цилиндр 3 червяком 4. Червяк приводится в движение от червячной передачи 5. Впрыск материала в форму производится инжекционным плунжером 6, связанным с поршнем 7 гидравлического цилиндра 8.

Для устранения одного из основных недостатков литьевых машин поршневого типа — утечки материала через кольцевую щель между впрыскивающим плунжером и обогревательным цилиндром — применяется двухступенчатый комбинированный двухбункерный механизм с взаимно перпендикулярным расположением цилиндров (рис. 18, г), на котором можно перерабатывать как термопласты, так и реактопласты. Механизм состоит из трех обогревательных цилиндров: инжекционного 1 с плунжером 2, предпластикационного 3 с червяком 4 и вспомогательного 5 с поршнем 6. Гранулированный материал поступает из бункера 7, пластицируется и нагнетается червяком в инжекционный цилиндр. Затем поршень 6 загружает в вертикальный цилиндр порошкообразный материал, поступающий из бункера 8. При инъекции порошок спрессовывается в таблетку, закрывающую зазор между инжекционным плунжером 2 и цилиндром 1. В дальнейшем таблетка плавится и впрыскивается в форму 9.

Червячная предпластикация материала имеет то преимущество, что она дает более полную пластикацию материала, чем плунжерная.

Однако двухступенчатые системы с червячным предпластикатором имеют следующие недостатки: в машине создается ограниченное давление, процесс протекает прерывисто, имеются утечки материала. Поэтому наиболее рационально идет процесс литья под давлением термопластов по трехступенчатой системе, которая используется для более глубокого и равномерного прогрева материала и целесообразна

при переработке порошкообразного материала, во время пластикации которого возможно выделение газов.

На рис. 18, д показан трехступенчатый комбинированный механизм с параллельным расположением предпластикационного 1 и инжекционного 2 цилиндров и передаточным транспортером 3, находящимся в обогреваемой камере. Червяк 4 захватывает материал из бункера 5 и выдавливает его через фильеру в вертикальный цилиндр 6, где он измельчается на гранулы ножом 7. Гранулы транспортером 3 передаются в инжекционный цилиндр, в котором они плавятся, и затем расплав впрыскивается плунжером 5 в форму 9.

Недостатком рассмотренных систем предварительной пластикации и инъекции материала является периодичность их действия.

В трехступенчатой системе с взаимно перпендикулярным расположением цилиндров (рис. 18, е) материал пластицируется непрерывно в течение всего цикла изготовления изделия. Механизм состоит из пластикационного цилиндра 1 с червяком 2 и инжекционного цилиндра 3 с полым плунжером 4, в котором находятся неподвижный поршень 5 и шаровой клапан 6. Гранулированный материал, поступающий из бункера 7, пластицируется и нагнетается червяком через шаровой клапан в предкамеру 8 (форкамеру) инжекционного цилиндра. Затем плунжер 4 опускается, впрыскивая материал в форму; при этом червячный пластикатор не останавливается и продолжает нагнетать расплав термопласта во внутреннюю полость плунжера. После выдержки изделий в форме под давлением плунжер возвращается в верхнее крайнее положение, а материал выдавливается из внутренней полости его неподвижным поршнем 5 через шаровой клапан 6.

Непрерывную пластикацию материала можно также осуществлять за счет применения двухплунжерных литьевых машин с червячным устройством для предварительной пластикации, размещенным под углом к обогревательным цилиндрам (рис. 19). Машина состоит из станины 1, на которой монтируются гидромеханический механизм запирания формы, два инжекционных цилиндра 2, пластикационный цилиндр 3 с

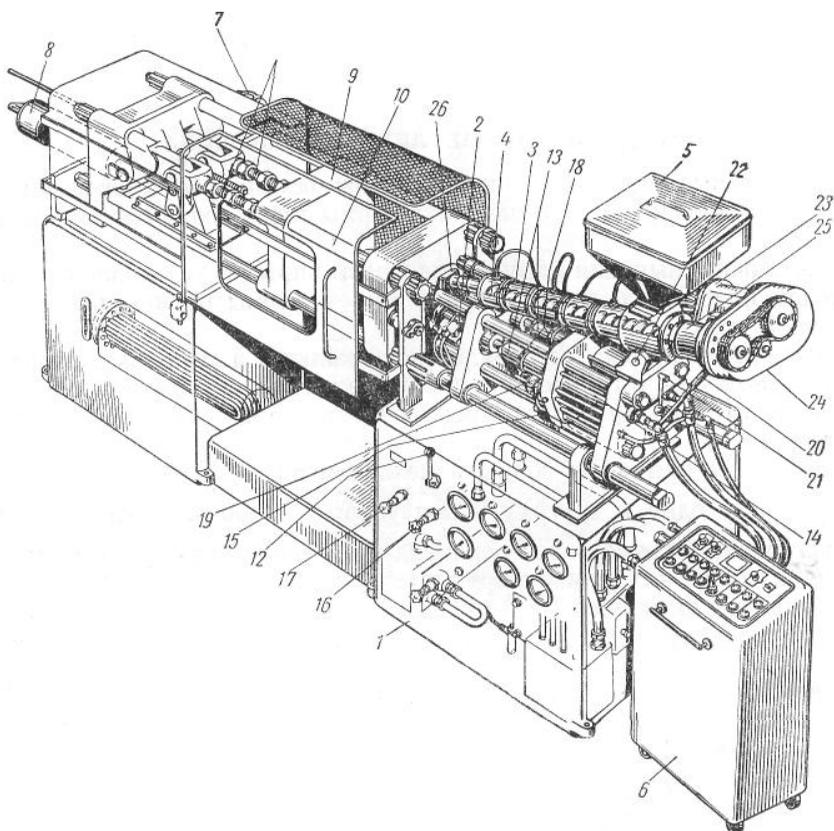
червяком 4, бункер 5 и гидросистемы. Дистанционный пульт управления 6 установлен отдельно.

Привод механизма формы запираания состоит из электродвигателя 7, гидронасоса и гидравлического цилиндра 8, который через коленорычажное устройство приводит в движение плиту 9, перемещающуюся по направляющим колоннам 10. На тягах 11 установлены регулировочные гайки для изменения хода подвижной плиты. Регулирование давления запираания формы производится рукояткой 12. Подвод инъекционных цилиндров 2 к литниковым втулкам формы, перемещение плунжеров 13 в переднее положение и отвод цилиндров после впрыска и выдержки под давлением осуществляются соответственно гидравлическими цилиндрами 14 и цилиндром обратного хода 15; при этом регулирование давления впрыска и обратного хода производится клапанами 16 и 17.

Дозировка и загрузка пластицированного материала в инъекционные цилиндры производится регулировочными кольцами 18 и концевыми выключателями 19. Пластикационное устройство крепится к станине машины на кронштейне 20 зажимом 21 и фиксируется в определенном положении пальцем 22. Привод пластицирующего червяка осуществляется электродвигателем 23 через четырехступенчатый редуктор 24.

Червяк пластикатора устанавливается в двух радиальных шарикоподшипниках; осевое усилие воспринимается опорным подшипником 25.

Цикл работы литьевой машины происходит следующим образом. Загружаемый в бункер 5 термопласт захватывается начальными витками червяка 4, перемещается, нагревается, пластицируется и нагнетается через распределительный клапан 26 в один или оба инъекционных цилиндра, в зависимости от ; принятой технологической схемы процесса литья. Впрыск материала в форму может осуществляться или поочередно из каждого инъекционного цилиндра, или из обоих цилиндров одновременно.



**Рис. 19. Двухплунжерная литьевая машина.**

Схема положений распределительного клапана 26 при последовательной работе инжекционных цилиндров показана на рис. 20, а, а при одновременной работе — на рис 20, б. В момент окончательного смыкания формы и подачи пластицированного материала в инжекционные цилиндры производится впрыск расплава термопласта инжекционными плунжерами 13 (рис. 19) в форму. После охлаждения изделия форма размыкается и вытолкнутые изделия падают в лоток. Затем цикл работы машины повторяется. Пластикация, инъекция, смыкание формы и длительность охлаждения контролируются реле времени. Позонное автоматическое регулирование температуры

пластикационного и инжекционных цилиндров осуществляется терморегуляторами.

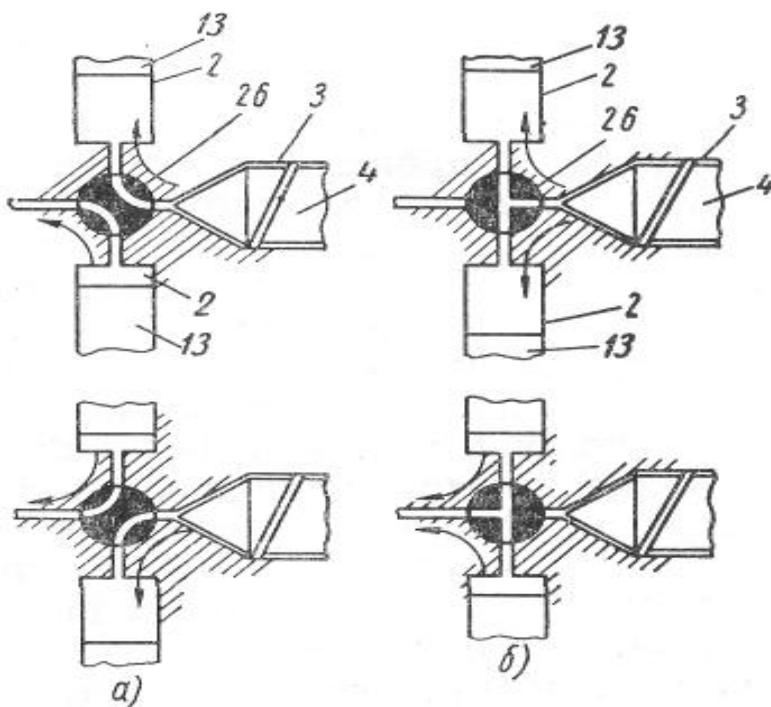


Рис. 20. Схема положений клапана.

## 5. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

Вертикальные литейные машины в зависимости от расположения механизма инжекции и механизма смыкания формы подразделяются на машины, в которых:

а) механизм смыкания формы и механизм впрыска установлены в вертикальном положении; в этом случае разъем формы происходит в горизонтальной плоскости;

б) механизм впрыска установлен вертикально, а механизм смыкания формы расположен в горизонтальной плоскости;

подобное расположение узлов относительно друг друга рекомендуется при работе с глубокими формами;

в) механизм смыкания формы и механизм впрыска расположены под углом  $\frac{\pi}{2}$  рад один к другому и под углом  $\frac{\pi}{4}$  рад к плоскости пола; подобное расположение узлов рекомендуется использовать, когда выталкивание изделий из формы затруднительно;

г) механизм смыкания формы расположен вертикально, а инжекционный механизм горизонтально; в этом случае удобно отливать изделия с арматурой.

Преимущества вертикальных литевых машин заключаются в том, что они занимают небольшую производственную площадь; при этом облегчается доступ к плитам машины и к форме, а также обеспечивается ведение процесса литья без предварительной пластикации материала для машин поршневого типа.

На рис. 21 показана литевая машина с вертикальным расположением механизма запирания формы, предназначенная для формования изделий из полипропилена, полиэтилена высокого и низкого давления, полистирола, акриловых смол и непластицированного поливинилхлорида. Вертикальная машина состоит из станины 1, механизма впрыска, расположенного горизонтально, механизма запирания формы, гидравлического оборудования и электрооборудования, которое размещено в отдельном передвижном пульте 2.

Одним из преимуществ вертикального расположения узла запирания формы, помимо экономии производственной площади, является большой диапазон хода подвижной плиты. Механизм запирания формы состоит из неподвижной плиты 3 и подвижной плиты 4, перемещающейся по четырем направляющим колоннам 5. В верхней части пресса установлен гидроцилиндр 6. Подвижная плита крепится к штоку поршня 7 гидроцилиндра.

Подвижная и неподвижная плиты имеют отверстия для направляющих колонн и крепления полуформ, а также центральное отверстие в нижней плите для подвода сопла 8 к

литниковой втулке формы. Для машин данного типа характерна высокая скорость раскрытия и запираания формы, что достигается наличием аккумулятора 9, установленного на гидроцилиндре. В конце хода подвижной плиты скорость опускания снижается, что устраняет удары при запираании и способствует извлечению из формы готового изделия. Давление запираания формы регулируется редукционным клапаном 10, а контролируется манометром. Автоматическое управление работой механизма запираания формы осуществляется концевыми выключателями.

Пластикация и инжекция материала, поступающего из бункера 11, производится червяком 12, на конце которого имеется обратный клапан, служащий одновременно инжекционным плунжером. Во время впрыска клапан закрывается, что исключает обратное движение расплава по виткам червяка. Вращение червяк получает от гидромотора 13 через червячный редуктор 14, шестерня которого укреплена на валу пластицирующего червяка обогревательного цилиндра 15. Корпус редуктора жестко соединен с червяком-плунжером и движется вместе с ним по направляющим. Подъем и опускание переднего конца обогревательного цилиндра с соплом 8 производится двумя гидроцилиндрами 16, корпуса которых крепятся к станине, а штоки их поршней — к обогревательному цилиндру. Для достижения надежного уплотнения места контакта сопла и литниковой втулки, а также для отрыва литника в конце цикла обогревательный цилиндр выполнен качающимся.

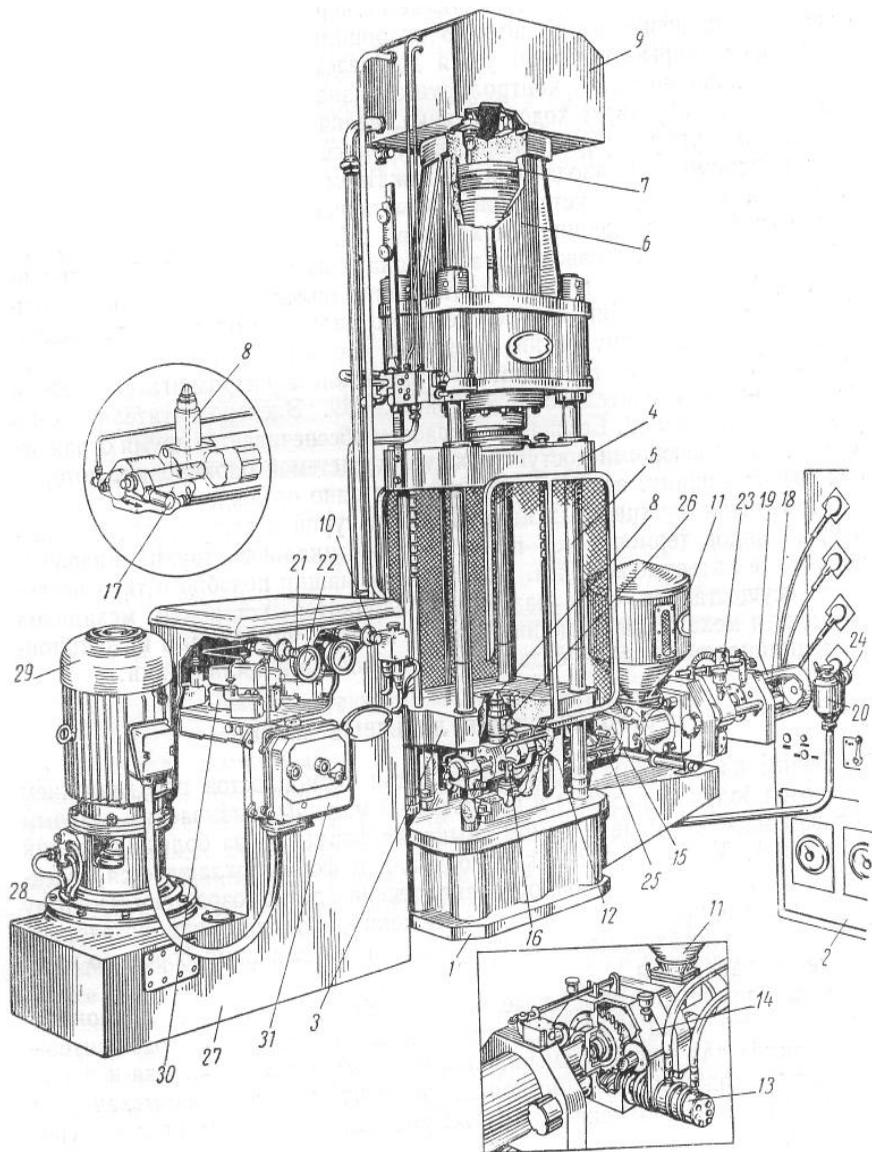


Рис. 21. Вертикальная литейная машина.

Между цилиндром впрыска и соплом установлен клапан 17, который автоматически открывается в момент впрыска и закрывается во время пластикации, предотвращая утечку материала через сопло. Впрыск гомогенного расплава в форму осуществляется червяком, получающим поступательное движение от поршня 18 гидроцилиндра 19.

Скорость впрыска регулируется дросселем 20, а давление — редукционным клапаном 21 и контролируется манометром 22. Объем впрыска регулируется обратным ходом червяка, величина которого определяется положением упора, укрепленного на корпусе редуктора и останавливающего гидромотор привода червяка нажатием на конечный выключатель. Обратный ход регулируется при автоматическом режиме рукояткой 23, при ручном управлении — маховиком 24.

Нагрев обогревательного цилиндра и сопла производится электронагревателями 25 и 26, а регулировка температуры — терморегуляторами. Горловина загрузочного бункера и загрузочная зона обогревательного цилиндра охлаждаются водой. Гидравлическое оборудование машины состоит из масляного резервуара 27, насоса 28, приводимого в движение электродвигателем 29, и клапанно-распределительного устройства 30. Электродвигатель включается пускателем 31. Безопасность работы обеспечивается двумя ограждениями, закрывающими доступ к форме, и системой блокировки, которая отключает машину, если поднять хотя бы одно ограждение.

Для литья двухцветных изделий с арматурой и деталей из двух различных видов термопластов применяют вертикальные двухцилиндровые червячные литьевые машины. Конструкция машин подобного типа позволяет осуществлять семь различных вариантов установки механизма впрыска и механизма смыкания формы: пять из них с одним инжекционным цилиндром и два — с двумя инжекционными цилиндрами.

## **6. РОТАЦИОННЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ**

Одним из основных недостатков литья термопластов под давлением являются большие размеры и вес литьевой машины,

вызываемые главным образом массивным механизмом смыкания формы (из-за больших усилий смыкания). Материал, протекая по каналам формы, охлаждается, вследствие чего его вязкость и сопротивление течению резко возрастают. Поэтому по мере заполнения гнезд формы инжекционное давление возрастает, что вызывает необходимость увеличения усилия смыкания формы во избежание ее раскрытия.

Ротационные многоформовые машины оборудуются более рациональной нагревательной и охлаждающей системами, так как продолжительности цикла для одной формы вполне достаточно для ее нагрева и последующего охлаждения. Это позволяет упростить конструкцию механизмов смыкания формы и инъекции, а также уменьшить габариты и вес литейной машины.

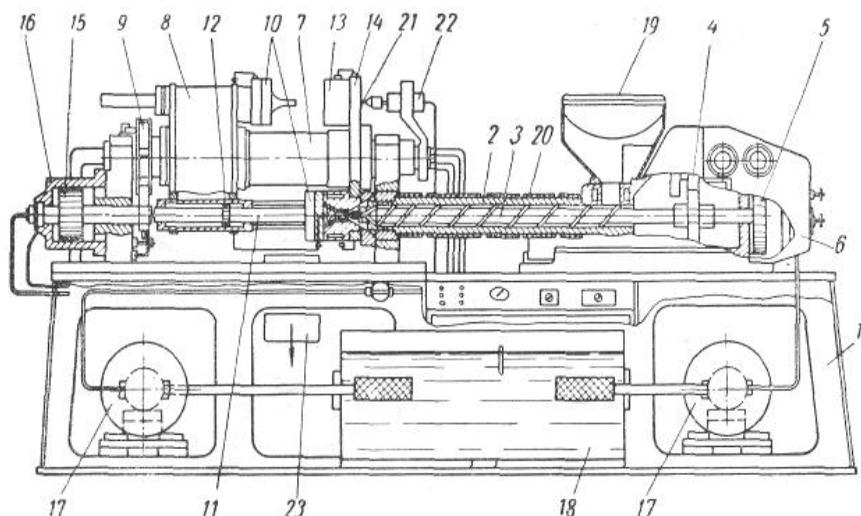
Однако необходимо учитывать, что производительность и экономические показатели ротационных машин значительно возрастают только при крупносерийном и массовом формовании изделий, так как стоимость форм очень большая.

Ротационные машины в зависимости от плоскости вращения ротационного стола с формами подразделяются на машины с горизонтальной и вертикальной осями вращения.

Принципиальная схема горизонтальной ротационной машины для литья под давлением показана на рис. 22. Машина состоит из станины 1, на которой монтируются механизм впрыска и механизм запирания форм.

Механизм впрыска представляет собой обогревательный цилиндр 2 с червяком 3. Вращение червяка осуществляется через редуктор 4, а поступательное движение — поршнем 5 гидроцилиндра 6. На оси 7 смонтирована шестипозиционная поворотная револьверная головка 8. Поворот головки производится храповым механизмом 9. Левые полуформы 10 крепятся к штокам 11 гидроцилиндров 12 (двустороннего действия), а правые 13 — к диску 14.

Гидроцилиндры 12 предназначены для запирания и раскрытия формы. Окончательное запираение формы осуществляется поршнем 15 гидроцилиндра 16. Гидропривод состоит из двух насосов 17 с электродвигателями и маслобака 18.



**Рис. 22. Горизонтальная ротационная машина.**

Материал, поступающий из бункера 19, захватывается червяком, расплавляется при помощи электронагревателей 20, пластицируется и транспортируется в конусную часть инжекционного цилиндра. Одновременно механизм запирания формы с помощью гидроцилиндра 16 перемещается к механизму впрыска. При этом открывается клапан сопла обогревательного цилиндра. Затем происходит инъекция расплава в форму и выдержка материала под давлением, после чего механизм смыкания форм отходит в первоначальное положение под действием возвратных пружин. Далее происходит поворот револьверной головки в следующую позицию и удаление литника иглой 21, которая приводится в движение гидроцилиндром 22. В следующих позициях происходит раскрытие формы при помощи цилиндров 12, свинчивание изделия в случае получения резьбовых деталей и сбрасывание их по течке 23 в тару. Охлаждаются формы водой.

На рис. 23 показана высокопроизводительная автоматическая ротационная машина с вертикальной осью вращения стола и горизонтально расположенным механизмом впрыска. Эта машина предназначена для литья изделий из пластицированного поливинилхлорида.

В машинах данного типа, иногда называемых ротационно-угловыми, расплав термопласта в форму подается червяком при низком давлении, что дает большие преимущества при литье толстостенных изделий. Машина состоит из сварной станины 1, одночервячного инжекционного механизма, ротационного десятипозиционного стола 2 с формами 3, механизмов поворота стола и смыкания форм, электро- и пневмооборудования машины, а также пульта управления и приборов контроля. Материал в обогревательный цилиндр 4 попадает из бункера 5 с помощью вибропитателя 6 через загрузочную воронку 7, где захватывается червяком 8, пластицируется, обтекает торпеду 9 и выдавливается в форму через сопло 10. Червяк приводится от электродвигателя 11 через редуктор 12, трехрядную втулочно-роликовую цепь 13, ведомая звездочка 14 которой связана с валом червяка шлицевым соединением. Цилиндр обогревается в трех зонах электронагревателями 15.

Охлаждение электромагнитной муфты и обогревательного цилиндра осуществляется вентиляторами 16. Вращающийся стол 2 смонтирован на подвижной каретке 17, возвратно-поступательное движение которой осуществляется пневмоцилиндром 18. Во время обратного хода каретки происходит поворот стола в следующую позицию.

При отходе формы от сопла каретка, двигаясь, заставляет палец 19 войти в отверстие стола и повернуть его на  $\frac{\pi}{5}$  рад.

При ходе каретки вперед палец выводится из отверстия стола плунжером пневмоцилиндра 20 и скользит по пазу дискового кулачка 21. Положение стола относительно сопла регулируется цилиндром 22, а угол поворота контролируется конечным выключателем. Замыкание форм производится в двух плоскостях: в горизонтальной плоскости с помощью рычажной системы, а в вертикальной — пневмоцилиндром 23. Положение запирающего устройства по высоте регулируется винтовым механизмом 24.

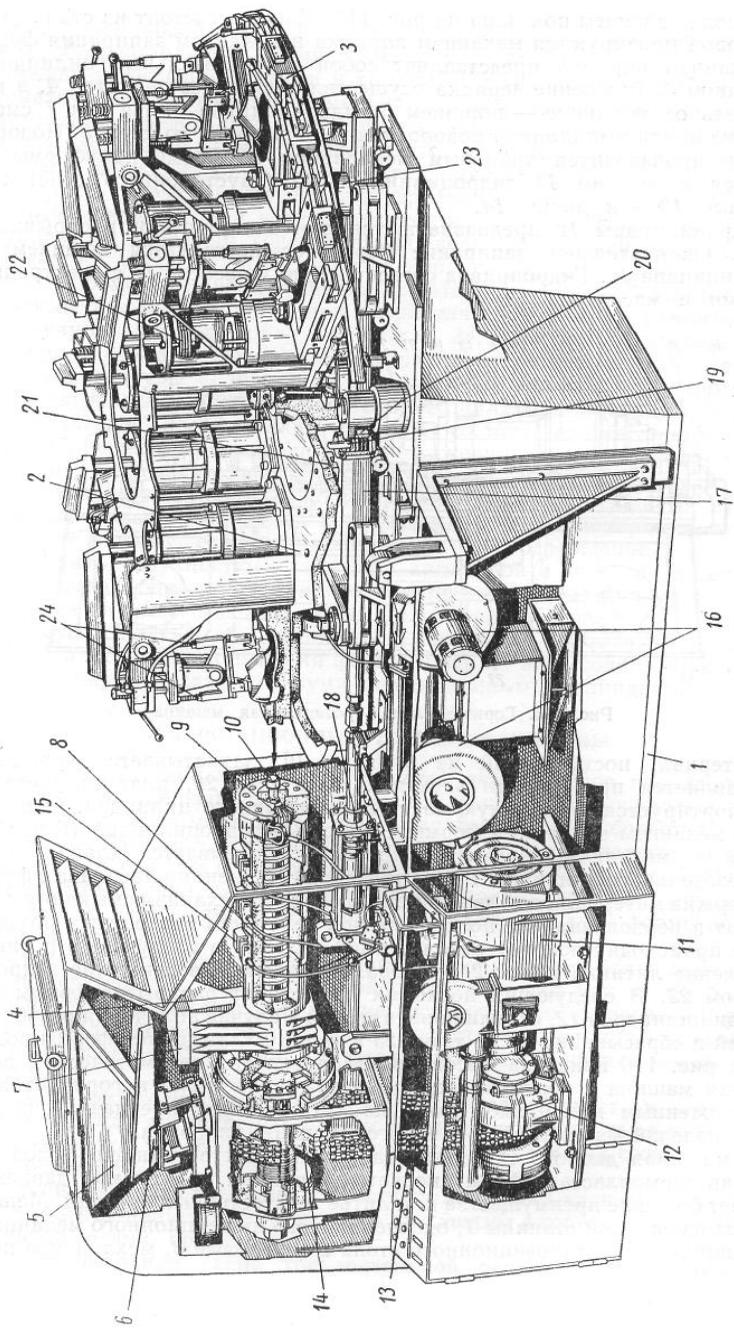


Рис. 23. Автоматическая ротационная машина с вертикальной осью вращения

## 7. АВТОКЛАВНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Кроме плунжерных и червячных литьевых машин, для переработки полиамидов под давлением применяются автоклавные литьевые установки. Принцип работы их заключается в том, что после плавления полиамидов в автоклаве расплавленный материал нагнетается непосредственно в форму под давлением сжатого инертного газа (азота, аргона и др.). Для предотвращения окисления полиамида инертный газ обычно пропускают через нагретые медные стружки. Рассматриваемые установки подразделяются на два типа: периодического и непрерывного действия.

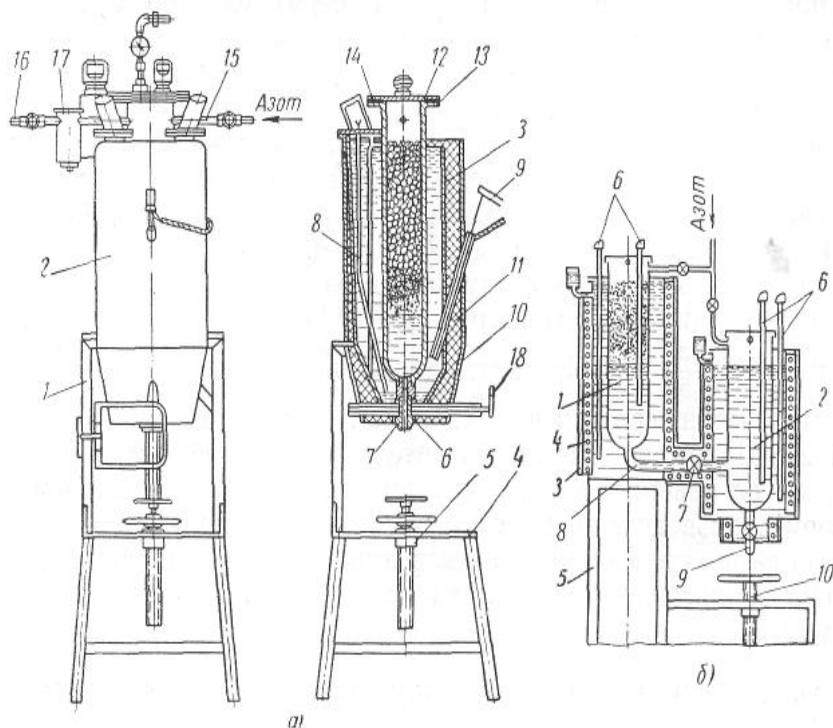
На рис. 24, а показана установка периодического действия, состоящая из рамы 1, на которой смонтирован плавильный цилиндр 2, обогреваемый маслом, находящимся в рубашке 3, и стол 4 с винтовым механизмом 5 для установки и перемещения формы. Цилиндр в нижней части имеет кран 6 с соплом 7. Нагрев масла осуществляется электронагревателями 8, а контроль температуры — термопарой 9; цилиндр снаружи охватывается кожухом 10 со слоем теплоизоляции 11.

Между крышкой 12 и фланцем 13 цилиндра установлена теплостойкая прокладка 14, обеспечивающая полную герметичность во время плавки. Верхняя часть цилиндра имеет газопроводы 15 с вентилями 16 для продувки и маслоотстойник 17.

Загрузку сырья производят так, чтобы материал находился ниже газопроводов и маслоотстойника на 50—100 мм; при этом цилиндр продувают азотом под давлением  $9 \cdot 10^5$ — $1 \cdot 10^6$  н/м<sup>2</sup>. Продувка полости автоклава газом (4—6 раз) производится для удаления паров воды и других примесей. После расплавления материала рукояткой 18 открывают кран и полиамид через сопло и литниковую втулку поступает в форму. Изделие выдерживается (охлаждается) в форме, после чего форму опускают и раскрывают, извлекая готовое изделие.

Недостатком описанной установки является цикличность работы, низкая производительность и малая механизация вспомогательных операций.

Автоклавная установка непрерывного действия (рис. 24, б) состоит из двух цилиндров (плавильного 1 и инъекционного 2), помещенных в кожух 3 с маслом, нагреваемым электронагревателями 4. Цилиндры монтируются на сварной раме 5. Для контроля температуры установлены термомпары 6. Для контроля температуры установлены термомпары 6.



**Рис.24. Автоклавные литьевые машины:**  
**а — периодического действия; б — непрерывного действия.**

Принцип работы установки следующий: после расплавления материала в цилиндре 1 и продувки его сжатым инертным газом открывают кран 7 и перемещают полиамид по каналу 8 в инъекционный цилиндр, где материал снова продувают азотом. Затем полиамид выдавливают через сопло 9

в форму, установленную на винтовом механизме 10. Одновременно с инъекцией производят загрузку сырья в плавильный цилиндр, и цикл повторяется.

#### Список используемой литературы.

1. Адаскин А. М. Материаловедение и технология материалов [Текст] : учебное пособие / А. М. Адаскин, В. М. Зуев. – Москва : ФОРУМ, 2010. – 336 с. : ил., табл., схемы. – (Профессиональное образование). – Библиогр.: с. 334. – Рек. УМС. – В пер. – ISBN 978-5-91134-341-5.
2. Маталин А. А. Технология машиностроения [Текст] : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2010. – 512 с. : ил., схемы, табл. – ([Учебники для вузов. Специальная литература]). – Библиогр.: с. 510. – Прил.: с. 507-509. – Гриф УМО. – В пер. – ISBN 978-5-8114-0771-2.
3. Терморезистивные полимерные композиты в машиностроении [Текст] : монография / А. Н. Бобрышев [и др.] ; под ред. А. Н. Бобрышева. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 152 с. : ил. – Библиогр.: с. 145-149. – В пер. – ISBN 978-5-94178-170-6.
4. Материаловедение и технология конструкционных материалов [Текст] : учебник для вузов / [авт. кол.: В. Б. Арзамасов и др.] ; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепяхина. – 2-е изд., стер. – Москва : Издат. центр "Академия", 2009. – 447 с. : ил., табл. – (Высшее профессиональное образование). – Библиогр.: с. 442-443. – Доп. УМО. – В пер. – ISBN 978-5-7695-6499-4.
5. Материалы и технологические процессы машиностроительных производств [Электронный ресурс] / Е. А. Кудряшов [и др.]. – Москва: Альфа-М, 2012. – 256 с. – (Технологический сервис). – ISBN 978-5-98281-310-7. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=336645..>

## СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ	- 3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	- 3
2. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ПОРШНЕВОГО ТИПА	- 4
3. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ЧЕРВЯЧНОГО ТИПА С СОВМЕЩЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПЛАСТИКАЦИИ И ИНЖЕКЦИИ МАТЕРИАЛА	- 21
4. МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ТЕРМОПЛАСТОВ С РАЗДЕЛЬНОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИКАЦИЕЙ И ИНЖЕКЦИЕЙ МАТЕРИАЛА	- 33
5. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ	- 40
6. РОТАЦИОННЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ	- 44
7. АВТОКЛАВНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ	- 49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	- 51