

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Обработка материалов давлением»

**В. Ф. Буренков, Н. И. Стрикель**

**ТЕОРИЯ, РАСЧЕТЫ И КОНСТРУКЦИИ  
ПРЕССОВО-ШТАМПОВОЧНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименному курсу  
по одноименной дисциплине для студентов  
специальности 1-36 01 05 «Машины и технология  
обработки материалов давлением»  
заочной формы обучения**

Гомель 2009

УДК 621.97.06(075.8)  
ББК 34.623я73  
Б91

*Рекомендовано научно-методическим советом  
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 05.03.2008 г.)*

Рецензент: зав.каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн.  
наук, доц. *М. П. Кульгейко*

- Буренков, В. Ф.**  
Б91 Теория, расчеты и конструкции прессово-штамповочного оборудования : лаборатор. практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» / В. Ф. Буренков, Н. И. Стрикель. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 44 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены требования техники безопасности при выполнении лабораторных работ на кузнечно-прессовом оборудовании; изложены сведения по устройству и работе оборудования, определению его основных параметров.

Для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» заочной формы обучения.

УДК 621.97.06(075.8)  
ББК 34.623я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2009

## **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.** Работать на оборудовании студенты могут только под наблюдением преподавателя или учебного мастера. При выполнении работ группой студентов на оборудовании должен работать один человек, а остальные находиться на расстоянии не ближе 1 м.

При выполнении работ студент не должен отвлекаться и отвлекать других посторонними разговорами, при возникновении вопросов необходимо обратиться к преподавателю или учебному мастеру.

При работе в лабораторном корпусе необходимо быть внимательным к сигналам кранового оборудования; электроаппаратура должна находиться в закрытом шкафу, оборудование должно быть заземлено. Все измерения производятся при отключенном электропитании. При обнаружении неисправностей работа немедленно прекращается.

Общий инструктаж по технике безопасности осуществляется преподавателем в начале каждого семестра, а текущий – перед выполнении лабораторной работы. Проведение инструктажа регистрируется в кафедральном журнале по технике безопасности и подтверждается подписями студентов и преподавателя. Студенты, не получившие инструктаж по технике безопасности к выполнению лабораторных работ не допускаются.

**ПРИ РАБОТЕ НА КРИВОШИПНОМ ПРЕССЕ.** 1. Все движущиеся части пресса должны быть окрашены красным цветом и закрыты ограждениями (при кратковременной демонстрации работы узлов со снятыми ограждениями необходимо находиться вне опасной зоны). 2. На прессе установлено двурукое включение, исключающие травмирование рук, в случае работы от педали необходимо ограждение рабочей зоны, сблокированное с электросхемой. 3. Механизмы включения и торможения должны обеспечивать полную безопасность работы пресса на различных режимах работы.

**ПРИ РАБОТЕ НА МОЛОТЕ.** 1. Запрещается производить измерения при поднятой бабе. 2. При работе молота на полную мощность удары должны быть центральными (серединой верхнего бойка). 3. Ковку заготовки производить в специальных щипцах, не допускать введение рук в зону движения бойка. 4. Не допускается ослабление клиньев, крепящих бойки.

ПРИ РАБОТЕ НА ВИНТОВОМ ДУГОСТАТОРНОМ ПРЕССЕ.

1. При производстве работ с незначительной деформацией необходимо уменьшить энергию удара, запрещается производить удар без заготовки.
2. При ручной подаче заготовки включение пресса должно быть двуруким.
3. Пуск ползуна педалью разрешается при подаче заготовки клещами или другим приспособлением, исключающих попадание рук в рабочую зону с соблюдением общих правил безопасности при работе на прессах.
4. Необходимые измерения производить при отключенном электропитании и подведенным под ползун упоре или опущенном вниз ползуну до соприкосновения штампа.
5. Во время отлук, даже кратковременных, необходимо опустить ползун и отключить электропитание пресса.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

### **ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХСТОЕЧНОГО ОДНОКРИВОШИПНОГО ПРЕССА**

Продолжительность работы – 4 часа.

**Цель работы:** изучение устройства кривошипного пресса простого действия; ознакомление с методикой определения его технических данных и основных параметров.

**Оборудование, оснастка, инструмент.** Кривошипный пресс КД2124Е номинальным усилием 250 кН, набор слесарного и измерительного инструмента, тахометр, руководство по эксплуатации прессов однокривошипных открытых простого действия.

Прессы однокривошипные открытые простого действия предназначены для выполнения различных операций холодной штамповки. По конструкции они могут выполняться наклоняемыми и ненаклоняемыми, с передвижным столом и рогом.

В наклоняемых кривошипных прессах наклон станины используется для облегчения удаления штампуемых изделий или отходов в просвет между стойками. Прессы с подвижным столом и рогом позволяют производить штамповку деталей с увеличенным размером по высоте, а также применять штампы различной высоты. При замене стола рогом на прессе можно обрабатывать детали с замкнутым контуром.

При оснащении прессов автоматическими подачами (револьверными, клещевыми, валковыми и др.) они могут использоваться в автоматических и поточных линиях.

## 1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРЕССА КД2124Е И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

**1.1 КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА.** Ввиду простоты кинематической схемы, порядок передачи усилия исполнительному органу от вала электродвигателя не описывается. На рис. 1.1 представлена кинематическая схема ненаклоняемого кривошипного пресса с номинальным усилием  $P_n = 250 \text{ кН}$ .

На прессах усилием свыше 400 кН регулировка межштампового пространства осуществляется вращением винта с помощью храповика; прессы усилием 160 кН и менее уравнивателями не оснащаются.

Пресс состоит из следующих основных узлов (рис. 1.2): станины 1, привода 2, муфты-тормоза 3, эксцентрикового вала 4, ползуна 5, уравнивателя 6, электрооборудования 7.

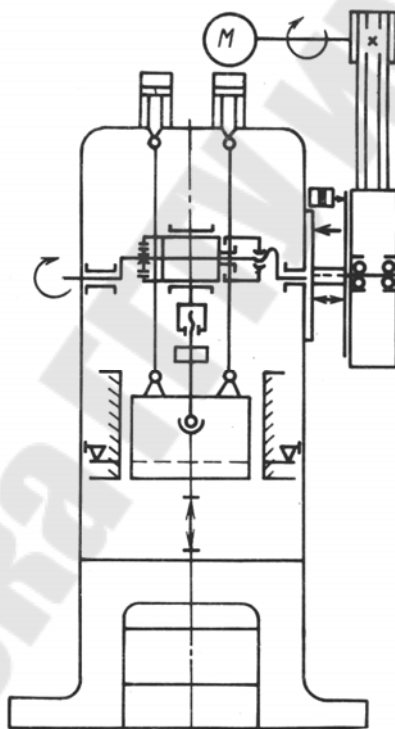


Рис. 1.1 Кинематическая схема ненаклоняемого пресса

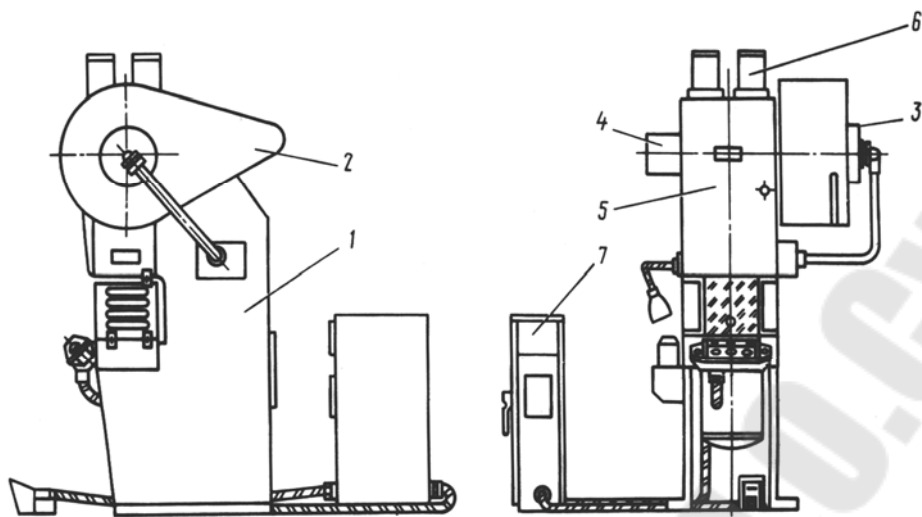


Рис. 1.2 Общий вид ненаклоняемого пресса

**1.2. СТАНИНА.** Станина 5 пресса (рис.1.3) чугунная, коробчатой формы, воспринимает все усилия, возникающие при штамповке.

В верхней части станины в буксах 6 запрессованы бронзовые втулки, служащие опорой для эксцентрикового вала. С левой стороны имеется букса с увеличенным диаметром для удобства монтажа и демонтажа эксцентрикового вала. Спереди на специально обработанных местах станины крепятся призматические направляющие ползуна, из которых левая – регулируемая. Регулировка осуществляется винтами с помощью резьбового соединения 7, 8, 9. Передняя часть станины закрыта дверкой 4. На рабочей плоскости стола закреплена подштамповая плита 1 с Т-образными пазами для крепления штампов. Для работы «на провал» в столе и плите предусмотрены отверстия, в нижней части стола имеются резьбовые отверстия для крепления пневмоподушки.

**1.3. ПРИВОД** (рис. 1.4). Привод пресса осуществляется от электродвигателя 3 через клиноременную передачу 5 и маховик 6 к эксцентриковому валу. Электродвигатель установлен на качающейся подмоторной плите 4. Натяжение ремней регулируется винтом 2 и гайкой 1.

**1.4. УСТАНОВКА МУФТЫ-ТОРМОЗА.** Установка состоит из нормализованной сборочной единицы «муфта-тормоз» модели УВ3138, воздухоподводящей головки 19 (рис. 1.5) и маховика 12, нормализованной сборочной единицы «муфта-тормоз» модели УВ3138, воздухоподводящей головки 19 (рис. 1.5) и маховика 12, опорами которого являются радиальные шарикоподшипники 17, насаженные на втулку 18. Втулка устанавливается на эксцентриковый вал 22.

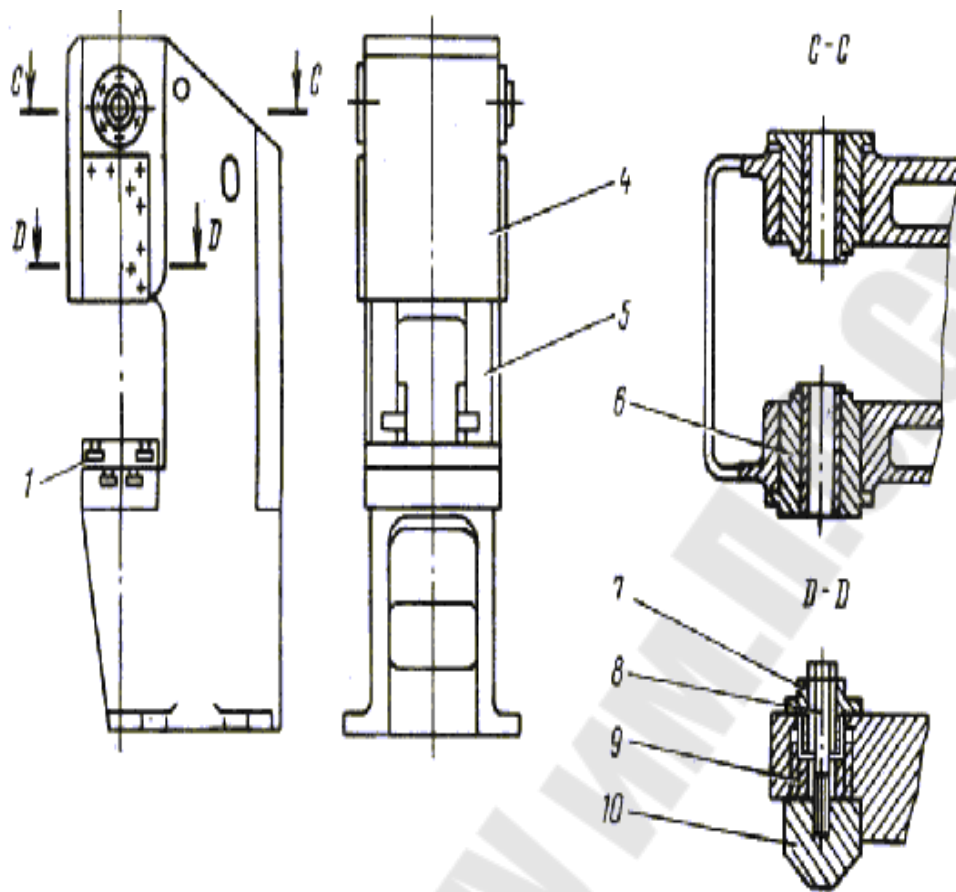


Рис. 1.3 Станина ненаклоняемого пресса

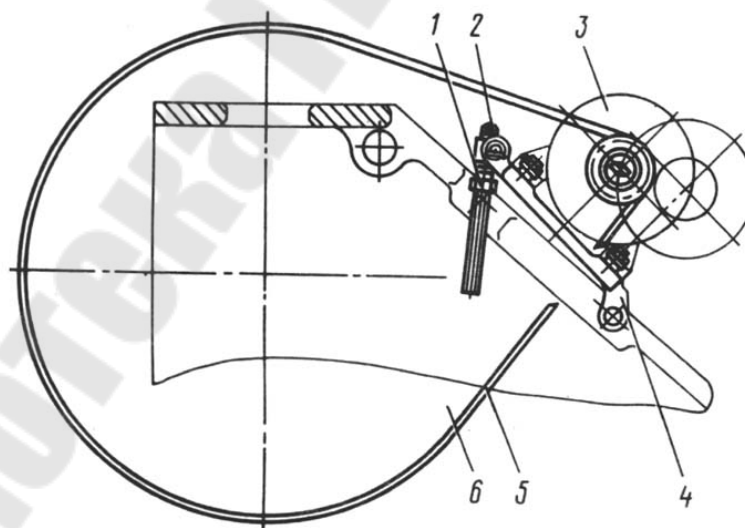


Рис. 1.4 Привод пресса

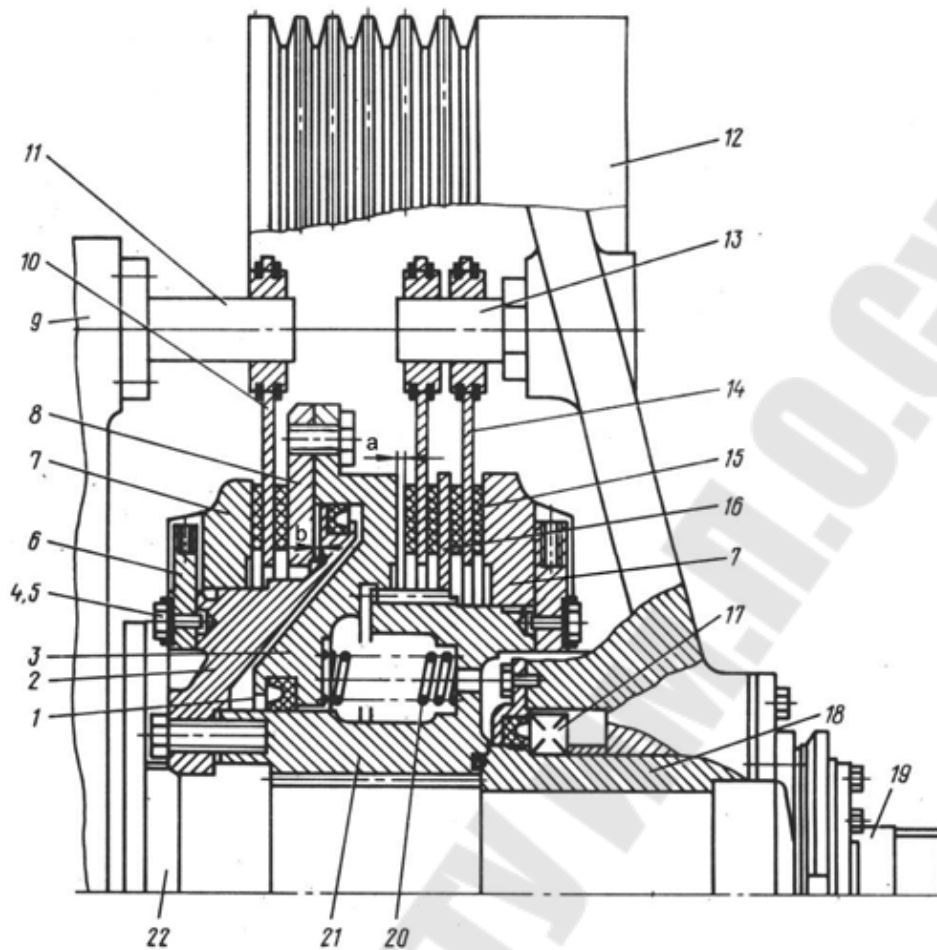


Рис. 1.5 Муфта-тормоз

Муфта-тормоз, жестко заблокированная многодисковая фрикционная с пневматическим включением, состоит из ведущей, ведомой и тормозной частей. В ведущую часть входят ведущие диски 14 с фрикционными накладками, в ведомую – ступица 21 с неподвижно присоединенным поршнем 2, цилиндр 3, перемещающийся вдоль оси, опорные диски 7 муфты и тормоза, закрепленные на ступице 21 и поршне 2, нажимной диск 8 тормоза, жестко установленный на цилиндре, и промежуточный диск 16. Тормозная часть состоит из тормозного диска 10 с фрикционными накладками.

Работа муфты-тормоза происходит следующим образом: сжатый воздух через воздухоподводящую головку 19 и эксцентриковый вал 22 поступает в пневмокамеру 1, перемещая цилиндр 3 вдоль оси эксцентрикового вала в сторону муфты и зажимая ведущие диски 14. Диски муфты связаны с постоянно вращающимся маховиком 12 через пальцы 13. Происходит передача крутящего момента через ступицу 21 на эксцентриковый вал 22. В момент торможения вала сжатый воздух выпускается из пневмокамеры в атмосферу через воздухоподво-



дующую головку, соединительный рукав и трехходовой клапан. При этом цилиндр 3 под воздействием пружин 20 возвращается в сторону тормоза и зажимает тормозной диск 10, сидящий на пальцах 11, связанных со станиной 9. Происходит торможение подвижных частей пресса.

**1.5 ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ВАЛ.** Вал состоит из собственно вала 1 (рис. 1.6) и эксцентриковой втулки 2.

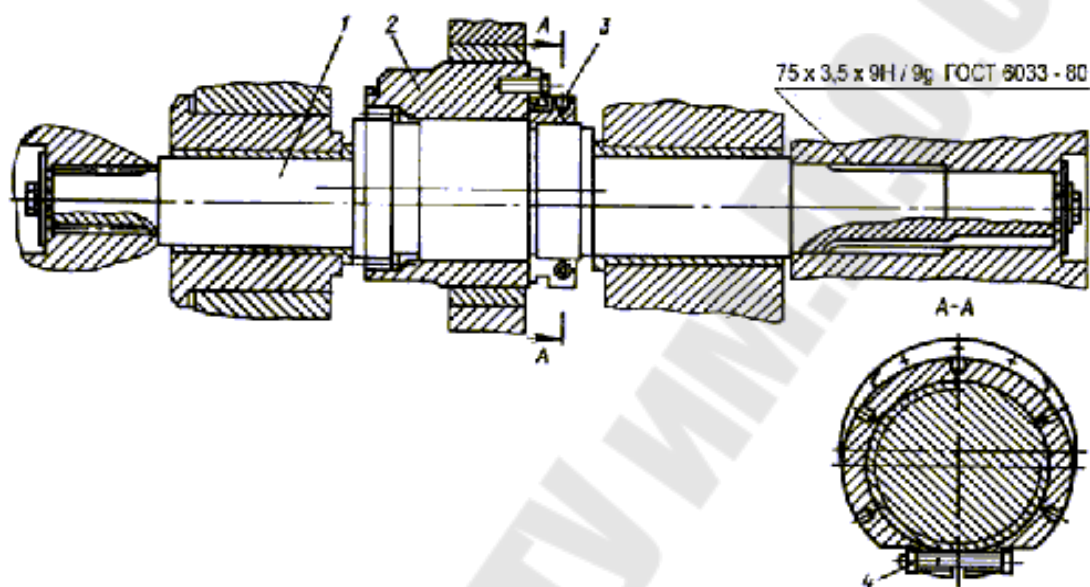


Рис. 1.6 Эксцентриковый вал

Регулировка величины хода ползуна осуществляется вращением эксцентриковой втулки, которая входит в зацепление с валом через зубчатое эвольвентное зацепление и выводится из зацепления вращением гайки 3.

После установки необходимой величины хода ползуна втулка вводится в зацепление с эксцентриковым валом и стопорится болтом 4. На левый конец вала устанавливается командоаппарат КД2324-45-001. Привод автоматических подач осуществляется через его втулку.

**1.6. ПОЛЗУН.** Ползун 12 (рис. 1.7) является рабочим органом пресса, к которому крепится верхняя часть штампа. Он имеет коробчатую форму с призматическими двухсторонними направляющими и крепится к эксцентриковому валу посредством регулировочного винта 5 и разъемного шатуна 4.

В корпусе и крышке шатуна установлены бронзовые вкладыши подшипника скольжения, охватывающие эксцентриковую втулку. Шаровая головка регулировочного винта 5 заключена между опорой 10

и верхним плавающим вкладышем 9. Шаровая головка, опора и плавающий вкладыш помещены в стакан 11. После регулировки зазора в шаровом соединении гайка 8, ввернутая в стакан, стопорится шпонкой 15. Опорой стакана служит срезная предохранительная шайба 17, рассчитанная на разрушение при перегрузке пресса. При срезании предохранительной шайбы необходимо приподнять шатун с регулировочным винтом и стаканом, вращая маховик пресса в режиме «Ручной проворот», заменить предохранительную шайбу, опустить шатун с регулировочным винтом и стаканом в первоначальное положение, затянуть гайку 7 и застопорить ее винтом 16.

Величина штампового пространства регулируется вращением за шестигранник регулировочного винта с помощью гаечного ключа. Установленная величина штампового пространства фиксируется стопорными втулками 20 и 21, которые стягиваются винтом 22. Нижний предел регулировки ограничивается фиксатором 14. Величина регулировки определяется по линейке 1.

В нижней части ползуна имеются отверстия для крепления верхней плиты штампа и отверстие под ее хвостовик.

Хвостовик крепится прижимом 18 посредством двух шпилек с гайками. Отжимной винт 19 служит для отхода прижима при снятии штампа. В пазу ползуна расположено коромысло выталкивателя 13. Регулируемые по высоте упоры 3 для коромысла закреплены на станине.

Стопорные втулки 20 и 21 удерживаются от проворачивания винтами 23. На ползуне закреплены кронштейны 6, к которым крепятся уравновешиватели ползуна.

**1.7. УРАВНОВЕШИВАТЕЛЬ.** Уравновешиватель (рис. 1.8) предназначен для уравновешивания веса ползуна и верхней половины штампа; он обеспечивает более плавную работу пресса, т. к. выбирает зазоры в соединениях и предотвращает произвольное опускание ползуна в аварийных случаях (обрыв регулировочного винта в шатуне или шпилек крышки шатуна, а также несрабатывание тормоза).

По конструкции уравновешиватель представляет собой пневматический цилиндр одностороннего действия, установленный на станине. Шток 4 с помощью оси соединен с кронштейном ползуна. Сжатый воздух поступает в пневмоцилиндр 3 из ресивера через отверстия в нижней крышке 5. Поршень 2 постоянно тянет ползун вверх за шток 4. При ходе вниз сжатый воздух вытесняется из уравновешивателя в ресивер. Заливка масла в полость поршня производится через отверстие в верхней крышке 1.

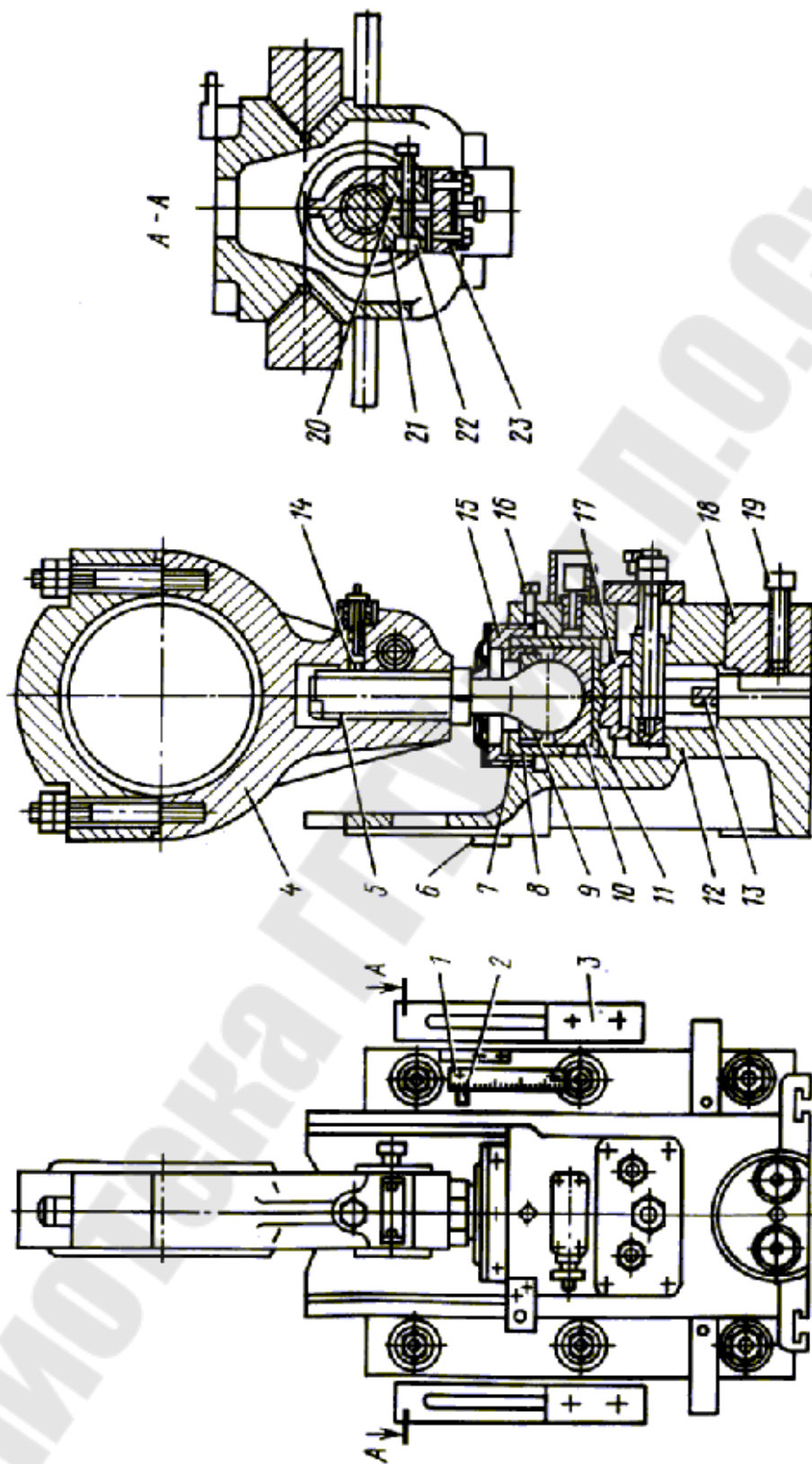


Рис. 1.7 Ползун

Рис. 1.7 Ползун

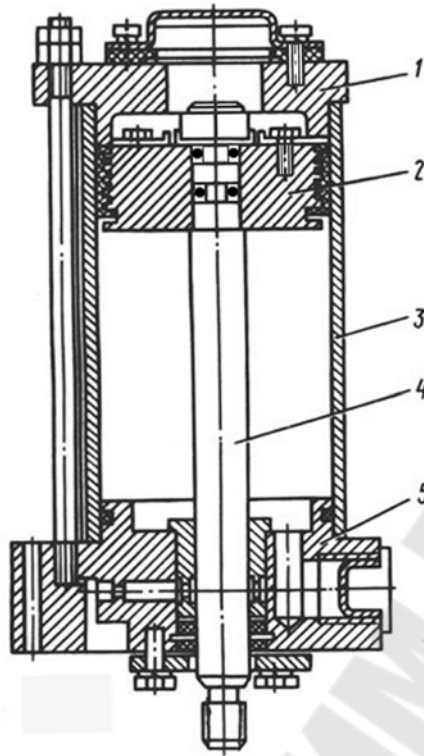


Рис. 1.8 Уровневешиватель

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССА

Параметры и размеры открытых однокривошипных прессов простого действия регламентирует ГОСТ 9408-89. Основными параметрами и размерами пресса являются: номинальное усилие  $P_n$ , ход ползуна  $S$ , частота ходов ползуна  $n$ , закрытая высота  $H$ , размеры стола и ползуна, вылет станины, величина регулировок хода ползуна и закрытой высоты, толщина подштамповой плиты, удельная масса  $K_m$  и удельный расход электрической энергии  $K_э$ .

**Номинальное усилие**  $P_n$  [кН], это такое наибольшее усилие, которое может быть приложено к ползуну без ущерба для прочности основных деталей и узлов пресса в пределах номинального  $\alpha_n$  угла поворота кривошипа. Номинальный угол отсчитывается от положения кривошипа, соответствующего крайней нижней точке перемещения ползуна в сторону противоположную вращению. Величина номинального угла зависит от типа пресса и его конструкции (для однокривошипных прессов простого действия с односторонним приводом и нормальным ходом рекомендуемый  $\alpha_n=20^\circ$ ). Номинальный угол соответствует номинальному недоходу, т.е. величине пути ползуна до его крайнего положения, на котором пресс развивает номинальное усилие. Значения номинальных недоходов  $S_n$  приведены в ГОСТ 9408-89 (для кривошипного пресса усилием 250 кН с нор-

мальными размерами стола при работе на непрерывных ходах  $S_n=0,4$  мм, одиночных – 0,8 мм).

**Длина хода ползуна  $S$**  [мм] у кривошипных прессов – это путь, который ползун проходит при повороте кривошипа на  $180^\circ$ .

Величина перемещения  $S_\alpha$  ползуна для центрального кривошипно-ползунного механизма определяется по формуле:

$$S_\alpha = R \cdot \left[ 1 - \cos \alpha + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2 \cdot \alpha) \right], \quad (1.1)$$

где  $R$  – радиус кривошипа;  $\alpha$  – угол поворота кривошипа;  $\lambda$  – коэффициент шатуна,  $\lambda=R/L$  ( $L$  – длина шатуна).

Максимальный ход ползуна для центрального кривошипно-ползунного механизма равен двум радиусам кривошипа.

При углах  $\alpha$  в пределах до  $30^\circ$  обратная задача, т.е. нахождение угла поворота кривошипа при заданном положении ползуна, определяется из следующего выражения:

$$\cos \alpha = \frac{2 \cdot (1 - S_R) \cdot \left( 1 + \frac{1}{\lambda} \right) + S_R^2}{2 \cdot \left( 1 - S_R + \frac{1}{\lambda} \right)}, \quad (1.2)$$

где  $S_R = \frac{S_\alpha}{R}$ .

**Частота ходов ползуна в минуту  $n$**  [мин<sup>-1</sup>] это величина, показывающая сколько раз в минуту ползун совершает полный цикл возвратно-поступательных движений. Этот параметр зависит от номинального числа оборотов электродвигателя и передаточного отношения привода пресса.

Частота ходов ползуна в минуту определяется непосредственным измерением тахометром числа оборотов главного вала (кривошипа) или исходя из передаточного отношения привода.

Передаточное отношение привода в пределах  $u \leq 7,5 \div 10$  можно обеспечить используя одну клиноременную передачу. Передаточное отношение клиноременной передачи:

$$u = \frac{n_{эд}}{n} = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)}, \quad (1.3)$$

где  $n_{эд}$  – число оборотов электродвигателя в минуту;  $d_2$  – расчетный диаметр большего шкива (маховика);  $d_1$  – расчетный диаметр меньшего шкива;  $\varepsilon$  – коэффициент упругого скольжения (при нормальных рабочих нагрузках  $\varepsilon \approx 0,01 \div 0,02$ ).

Расчетным диаметром  $d$  шкива является диаметр соответствующий окружности расположения центров тяжести поперечных сечений ремня.

Методика замера расчетного диаметра шкива приводится в литературе [3].

Ориентировочно  $d$  можно определить по формуле:

$$d = d_n - h, \quad (1.4)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр шкива;  $h$  – толщина ремня.

**Закрытая высота пресса**  $H$  [мм] определяется расстоянием между опорными поверхностями стола и ползуна в его нижнем положении при минимальной длине шатуна и максимальном ходе ползуна. Эта характеристика указывает максимальную высоту штампа, который может быть установлен на прессе при работе с максимальным ходом ползуна.

Если на столе пресса установлена подштамповая плита, то ее толщину необходимо вычесть при измерении закрытой высоты. Толщина подштамповой плиты также является одним из параметров характеристики пресса и указывается в его паспорте.

**Размеры стола и ползуна пресса** указываются слева направо по фронту и спереди назад и служат для определения габаритных размеров в плане штампов, которые могут быть установлены на прессе данного типоразмера.

**Расстояние от вертикальной оси ползуна до станины пресса**, называемое также «вылетом ползуна» является дополнительным параметром характеристики конструкции прессов с открытой станиной.

Кроме перечисленных, имеются и другие уточняющие параметры характеристики пресса. Сюда следует отнести расстояние между стойками станины пресса в свету, расположение и размеры отверстий для крепления штампов к ползуну и столу пресса и др.

**Удельная масса пресса**  $K_M$   $\left[ \frac{\text{кг}}{(\text{кН} \cdot \text{м}^{1,67})} \right]$  определяется по формуле:

$$K_M = \frac{M}{P_n \cdot F^{0.5} \cdot (S \cdot H)^{0.33}}, \quad (1.5)$$

где  $M$  – масса пресса (без средств механизации и автоматизации), кг;  $P_n$  – номинальное усилие пресса, кН;  $F$  – площадь стола,  $m^2$ ;  $S$  – ход ползуна наибольший, м;  $H$  – наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наибольшем ходе (закрытая высота пресса), м.

**Удельный расход электроэнергии**  $K_9$  [Вт/(кН·мин<sup>-1</sup>)] рассчитывается по формуле:

$$K_9 = \frac{N}{0,01 \cdot P_n \cdot n}, \quad (1.6)$$

где  $N$  – номинальная мощность электродвигателя главного привода, Вт;  $P_n$  – номинальное усилие, кН;  $n$  – наибольшая частота ходов ползуна, мин<sup>-1</sup>.

При выборе пресса используется график усилий на ползуне, допускаемых прочностью главного вала. Расчет главного вала производится на усталостную выносливость при совместном действии изгибающих и вращающих моментов и поперечных сил. При этом для вала эксцентрикового типа с маховиком опасным является сечение в месте галтельного перехода опорной и шатунной шейки вала.

Величина допускаемого усилия  $P_D$  [Н] на ползуне по прочности главного вала определяется по формуле:

$$P_D = \frac{0,1 \cdot d_0^3 \cdot \sigma_{-1и}}{n_3 \cdot K_9 \cdot \sqrt{0,027 \cdot \ell_0^2 \Phi_\sigma + \Phi_\tau \cdot (0,5 \cdot m_k + 0,085 \cdot d_0)^2}}, \quad (1.7)$$

где  $d_0$  – диаметр опорной шейки вала, мм;  $\sigma_{-1и}$  – предел выносливости материала при изгибе с симметричным циклом нагружения (для стали 45 улучшенной  $\sigma_{-1и} = 320$  МПа);  $n_3$  – коэффициент запаса (для универсальных кривошипных прессов  $n_3 = 1,3$ );  $K_9$  – коэффициент эквивалентной нагрузки, учитывающий число циклов нагружения вала за расчетный срок службы (для универсальных кривошипных прессов  $K_9 \approx 0,8$ );  $\ell_0$  – длина опорной шейки вала, мм;  $\Phi_\sigma$  – коэффициент, учитывающий влияние на выносливость при изгибе размеров, концентраторов напряжений, состояния поверхности и материала вала;  $\Phi_\tau$  – то же при кручении;  $\Phi_\sigma$  и  $\Phi_\tau$  определяются по графикам (рис. 1.9).

$m_k$  – приведенное плечо сил, мм:

$$m_k = m_k^u + m_k^f, \quad (1.8)$$

где  $m_k^u$  – приведенное плечо сил для идеального (без учета сил трения) механизма, мм;  $m_k^f$  – приведенное плечо сил трения, мм.

$$m_k^u = R \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2 \cdot \alpha \right) = R \cdot f(\alpha), \quad (1.9)$$

где  $R$  – радиус кривошипа, мм;  $\alpha$  – угол поворота кривошипа, град;  
 $\lambda = \frac{R}{L}$  – коэффициент шатуна, определяемый при минимальной длине  $L$  шатуна.

$$m_k^f = 0,5 \cdot f \cdot [(1 + \lambda) \cdot d_A + \lambda \cdot d_B + d_o], \quad (1.10)$$

где  $f$  – коэффициент трения (при густой смазке  $f=0,06$ , жидкой –  $0,04$ );  
 $d_A$  – диаметр отверстия в верхней головке шатуна, мм;  $d_B$  – диаметр нижней головки шатуна, мм;  $d_o$  – диаметр опорной шейки вала, мм.

При нерегулируемом ходе эксцентриковая втулка на шатунной шейке вала не устанавливается; в этом случае  $d_A$  – диаметр шатунной шейки вала.

### Материал сталь 45(Н), сталь 45(У)

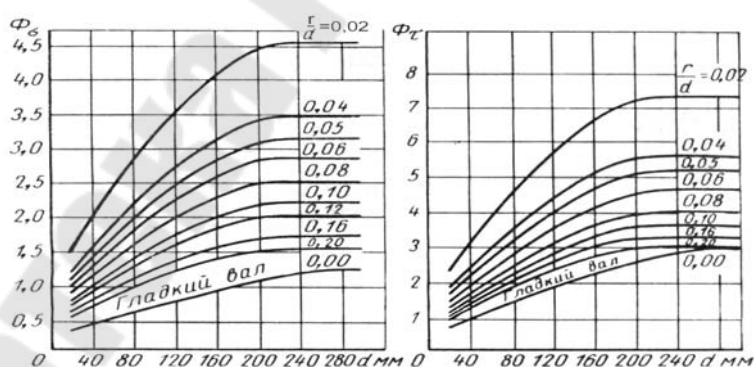


Рис. 1.9 Графики констант прочности  $\Phi_\sigma$  и  $\Phi_\tau$  при изгибе и кручении.

## 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

3.1. Снять ограждение маховика, включить электродвигатель и измерить тахометром число его оборотов. (На прессе согласно паспорту устанавливается электродвигатель типа 4АС100-6 или АОС 2-32-6 мощностью 2,6 и 2,7 кВт соответственно).



3.2. Измерить диаметры ведущего и ведомого шкива, толщину клинового ремня и, используя формулы (1.3) и (1.4) рассчитать частоту ходов ползуна в минуту.

3.3. Завернуть регулировочный винт до упора; повернуть маховик вручную, переместить ползун в крайнее нижнее положение и измерить закрытую высоту пресса и ход ползуна. Определить радиус  $R$  кривошипа ( $R=S/2$ ).

3.4. Замерить размеры в плане стола и ползуна, вылет ползуна, расстояние между стойками в свету, толщину подштамповой плиты.

3.5. Вывернув регулировочный винт до отказа (при этом срабатывает фиксатор нижнего положения винта), измерить величину регулировки закрытой высоты пресса.

3.6. Рассчитать по формуле (1.5) удельную массу  $K_M$  и формуле (1.6) удельный расход электроэнергии  $K_3$  пресса.

3.7. Замерить размеры  $d_0$ ,  $l_0$ ,  $L$ ,  $d_A$ ,  $d_B$  необходимые для расчета главного вала на усталостную выносливость.

3.8. Измерить радиус галтели  $r$  в месте перехода от опорной к шатунной шейке вала и по отношению  $r/d_0$  выбрать по рисунку коэффициенты  $\Phi_\sigma$  и  $\Phi_\tau$ .

3.9. Провести расчет приведенного плеча сил для максимального хода  $m_K^u$ ,  $m_K^f$ ,  $m_K$  по формулам (1.8, 1.9, 1.10). При этом в формулу (1.9) угол  $\alpha$  подставляется от  $0$  до  $90^\circ$  с интервалом  $10^\circ$ .

3.10. Рассчитать по формуле (1.7) усилие  $P_D$  на ползуне допускаемое прочностью главного вала и построить график  $P_D=f(\alpha)$ .

Для облегчения расчетов составлена программа VAL с использованием математического пакета MATHCAD.

3.11. Для номинального недохода  $S_n=0,8$  мм по формуле (1.2), приняв  $S_\alpha=S_n$  произвести расчет номинального  $\alpha_n$  угла поворота.

3.12. По графику  $P_D=f(\alpha)$  определить величину  $P_D$  соответствующую  $\alpha_n$ . При этом должно выполняться условие:  $P_D \geq P_n$ , что соответствует обеспечению прочности главного вала.

3.13. Заполнить таблицу 1.1 основных данных пресса и составить отчет о проделанной работе.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

4.1. Наименование и цель работы.

4.2. Назначение пресса и краткое описание его основных узлов.

4.3. Кинематическая схема пресса.

4.4. Расчетные формулы, основные данные и результаты расчетов.

- 4.5. Таблица основных параметров и размеров пресса.  
 4.6. График усилий на ползуне допускаемых прочностью главного вала с проверкой условия (см. п.3.12.).  
 4.7. Эскиз главного вала с простановкой размеров.  
 4.8. Выводы о проделанной работе, в которых необходимо проанализировать график  $P_D=f(\alpha)$ .

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Назначение пресса.  
 5.2. Работа пресса по кинематической схеме.  
 5.3. Назначение, конструкция и работа основных узлов пресса.  
 5.4. Основные параметры кривошипного пресса.  
 5.5. Как производится расчет главного вала пресса на усталостную выносливость?

Таблица 1.1 – Основные параметры и размеры пресса

Наименование параметров и размеров	Единицы измерения	Значение
1. Номинальное усилие, $P_n$	кН	250
2. Ход ползуна регулируемый, $S$ наибольший, не менее наименьший, не более	мм	
3. Частота ходов ползуна, $n$	мин <sup>-1</sup>	
4. Размеры стола слева – направо спереди – назад	мм	
5. Размеры ползуна слева – направо спереди – назад	мм	
6. Расстояние от оси ползуна до станины (вылет)	мм	
7. Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наибольшем ходе, $H$	мм	
8. Величина регулировки расстояния между столом и ползуном	мм	

Продолжение таблицы 1.1 – Основные параметры и размеры

Наименование параметров и размеров	Единицы измерения	Значение
9. Расстояние между стойками станины в свету	мм	
10. Толщина подштамповой плиты	мм	
11. Размеры отверстия в ползуне под хвостовик		
диаметр	мм	
глубина	мм	
12. Характеристика электродвигателя главного привода		
мощность	кВт	
частота вращения	мин <sup>-1</sup>	
13. Габаритные размеры пресса		
слева – направо	мм	
спереди – назад	мм	
высота над уровнем пола	мм	
14. Масса пресса	кг	
15. Удельная масса, $K_M$	кг/(кН·м <sup>1,67</sup> )	
16. Удельный расход электроэнергии $K_3$	Вт/(кН·мин <sup>-1</sup> )	

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТА

Продолжительность работы – 2 часа.

**Цель работы:** ознакомление с конструкцией и работой молота, методикой расчета его основных параметров, составление схемы молота.

**Оборудование, оснастка, инструмент.** Молот приводной пневматический М410 с массой падающих частей  $m=50$  кг, набор слесарного инструмента, мерительная линейка, штангенциркуль, тахометр, техническая документация к молоту модели М410.

Молот приводной пневматический двухстороннего действия с массой падающих частей 50 кг предназначен для выполнения различных операций методомковки: осадки, протяжки, прошивки, гибки и т.д. Кроме того, на молоте возможна штамповка в подкладных коль-

цах. На молоте проковываются круглые заготовки диаметром 50 мм и квадратные 45 × 45 мм с пределом прочности не более 50-60 МПа.

## 1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИВОДНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТА

Приводные пневматические молоты работают с помощью воздуха, поступающего из окружающей атмосферы в компрессорный цилиндр и подвергающегося попеременному сжатию и разрежению при возвратно-поступательном движении поршня компрессора.

На рис. 2.1 приведена схема приводного молота двойного действия. Нагретая заготовка обрабатывается между прикрепленным клином к бабе 1 верхним бойком 2 и закрепленным на станине нижним бойком 3. Поршень 4 компрессорного цилиндра приводится в движение шатуном 5 и кривошипным валом 6. Вращение на кривошипный вал передается от электродвигателя 7 через клиноременную передачу 8,9,10. В цельной чугунной, коробчатой формы станине молота имеются два горизонтальных рабочих и один холостой краны, с помощью которых осуществляется воздухораспределение. Верхний и нижний краны служат для управления работой молота, а средний – для перевода компрессора на холостой режим. Между верхним и нижним кранами в станине молота имеется камера с обратным клапаном.

При работе молота количество ходов в единицу времени рабочего и компрессорного поршней одинаково. Число ударов бойка молота равно числу оборотов кривошипного вала.

Молот может работать в следующих режимах: 1. Холостой ход. 2. Удерживание бабы на весу. 3. Автоматические удары. 4. Прижим поковки. 5. Единичные удары.

На рис. 2.2 и 2.3 изображены схемы механизма воздухораспределения и положение кранов при различных режимах работы молота.

**1.1. Холостой ход.** Рычаг управления А занимает вертикальное (среднее) положение, рычаг среднего крана В повернут в сторону О (открыт) и занимает крайнее левое положение. При этом верхние полости рабочего и компрессорного цилиндров сообщаются с атмосферой через среднюю часть верхнего крана (канал 10), а нижняя полость компрессорного сообщается с атмосферой через воздушную камеру и средний кран (канал 6). Таким образом, компрессор работает, а баба под собственным весом находится на нижнем бойке. Молот работает вхолостую. Цикл применяется при пуске молота и в периоды ожидания нагретых заготовок.

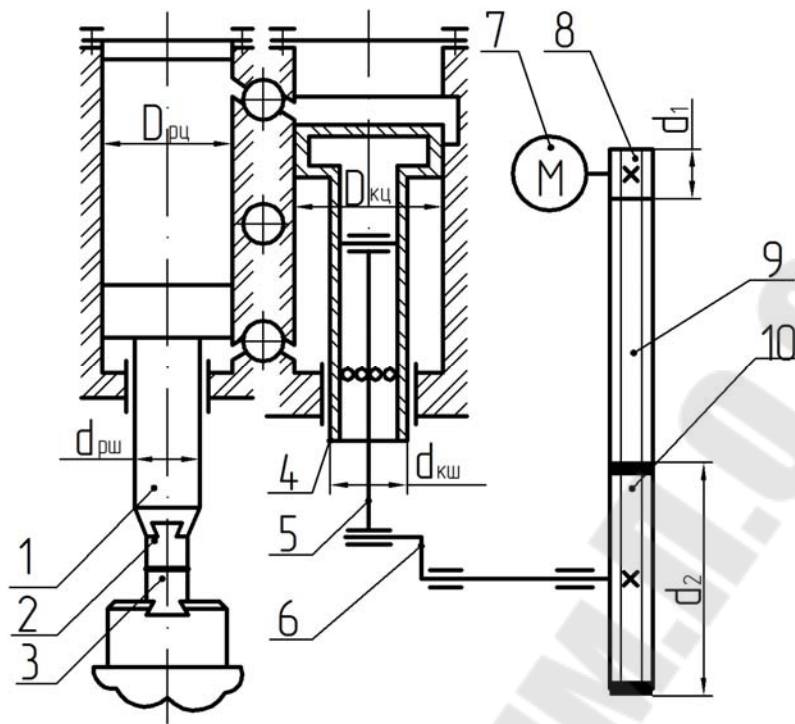


Рис. 2.1 Кинематическая схема молота.

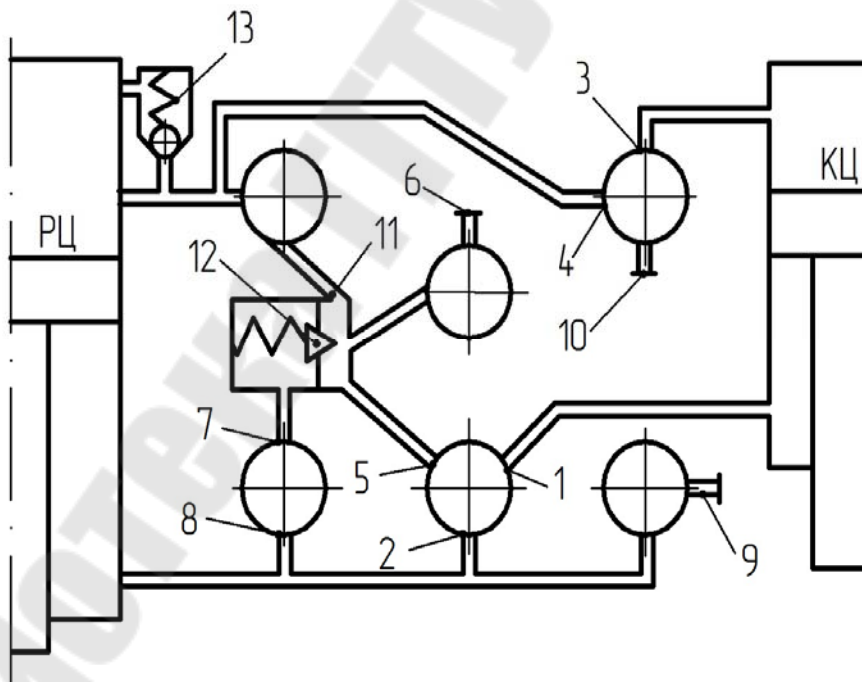


Рис. 2.2 Схема воздухораспределения.

**1.2. Удерживание бабы на весу.** При этом цикле рукоятка В среднего крана поворачивается в крайнее правое положение (средний кран закрыт), а рукоятка А или педаль находится в среднем положе-

нии. При этом (см. рис. 2.2) верхние полости рабочего и компрессорного цилиндров сообщены через среднюю часть верхнего крана с атмосферой (канал 10); нижние полости, при ходе поршня компрессора вниз, сообщаются между собой через среднюю часть нижнего крана, воздушную камеру, обратный клапан 12 и левую часть нижнего крана (каналы 1-5-7-8, рис. 2.2), а при ходе поршня компрессора вверх – разобщаются (обратный клапан 12 закрыт). При ходе поршня вверх в нижней полости компрессорного цилиндра образуется разрежение. В верхней мертвой точке поршня нижняя полость компрессора через отверстия в штоковой части поршня сообщается с атмосферой.

Таким образом, при этом цикле поршень компрессора работает только при ходе вниз, нагнетая воздух в нижнюю полость рабочего цилиндра, удерживая бабу на весу.

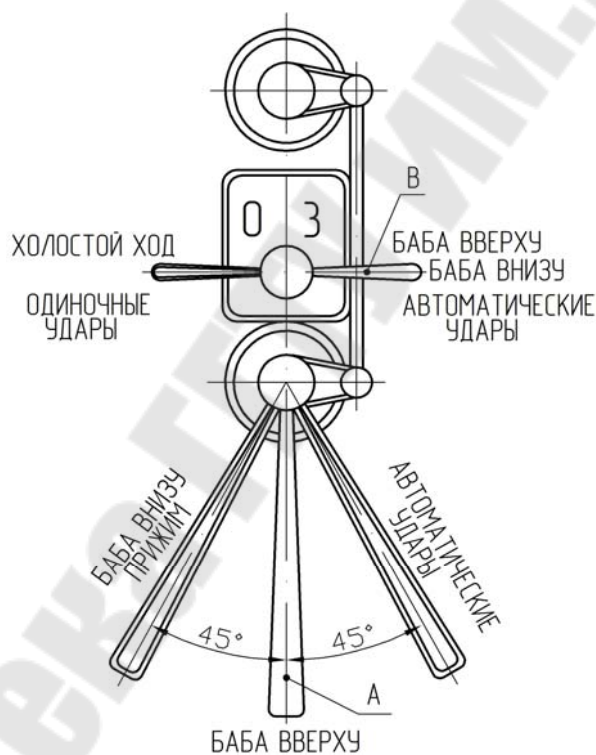


Рис. 2.3 Механизм воздухораспределения.

**1.3. Автоматические удары.** Рукоятка В среднего крана находится в крайнем правом положении (средний кран закрыт), а рукояткой А или педалью поворачиваем верхний и нижний кран против часовой стрелки от среднего положения. При этом верхние полости рабочего и компрессорного цилиндров соединяются между собой через среднюю часть верхнего крана (открыты каналы 3 и 4, канал 10 закрыт, рис. 2.2); нижние полости также соединены между собой че-

рез среднюю часть нижнего крана (каналы 1 и 2, рис. 2.2). Верхняя полость компрессора в верхней мертвой точке для пополнения воздухом сообщается с атмосферой через отверстия в поршне компрессора. Сила автоматических ударов возрастает с увеличением угла поворота нижнего и верхнего кранов от среднего положения; при угле  $45^{\circ}$  получаются удары максимальной силы.

**1.4. Прижим поковки.** Рукоятка В среднего крана находится в крайнем правом положении, а рукоятка А или педаль под действием пружины поворачивается на  $45^{\circ}$  по часовой стрелке от среднего положения. При ходе поршня компрессора вниз, воздух из нижней полости компрессорного цилиндра поступает в камеру обратного клапана, отжимает его и поступает в верхнюю полость рабочего цилиндра (открыты каналы 1, 5 и 11, каналы 2, 4, 7 закрыты, рис. 2.2).

Нижняя полость рабочего цилиндра через открытый канал 9 и верхняя полость компрессорного цилиндра через открытый канал 10 соединяются с атмосферой.

При работе молота на данном цикле при каждом ходе поршня компрессора вниз воздух нагнетается в верхнюю полость рабочего цилиндра до тех пор, пока усилие на обратный клапан 12 от создавшегося давления воздуха в верхней полости рабочего цилиндра вместе с усилием пружины клапана уравновесят усилие на клапане от давления воздуха в нижней полости компрессорного цилиндра. В этом случае в нижней полости компрессорного цилиндра будет происходить сжатие воздуха.

Усилие прижима на бабе регулируется пружиной клапана и может быть равно 8500 Н.

Для предотвращения удара бабы о верхнюю крышку рабочего цилиндра предусмотрено буферное устройство. При подъеме поршня бабы оставшийся между поршнем и крышкой воздух сжимается и образует буфер, препятствующий удару бабы о крышку и способствующий ускорению возврата бабы из верхнего крайнего положения. Обратный шариковый клапан препятствует выходу воздуха при образовании буфера.

Так как при работе молота происходит утечка воздуха, предусмотрено воздухопополнение компрессорного цилиндра через внутреннюю полость его поршня, в которой имеются прорези. Эти прорези в крайнем верхнем и нижнем положении поршня совмещаются со специальными каналами в станине молота и последовательно сообщают верхнюю и нижнюю полости компрессора с атмосферой.

**1.5. Единичные удары.** Для получения единичных ударов воздухораспределение не имеет специального устройства. В этом случае рукоятка и педаль управления первоначально должны находиться в положении соответствующем циклу «холостой ход». Затем резким поворотом рукоятки или педали приводят верхний и нижний краны в положение, соответствующее циклу «автоматические удары» - баба поднимается, после чего быстро отпускается рукоятка или педаль. В результате этого под действием пружины верхний и нижний краны возвращаются в исходное положение – баба совершает удар. Сила удара возрастает с увеличением угла поворота крана.

## 2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МОЛОТА

**Молот** состоит из следующих основных частей: станины, бабы, поршня компрессора, кривошипного вала, механизма управления, маслопровода.

**Станина молота** – цельная, чугунная, коробчатой формы. Внутри станины монтируются чугунные гильзы рабочего и компрессорного цилиндров, в которых соответственно перемещаются баба и поршень компрессора. На задней стенке станины монтируются привод молота и кривошипный вал.

В станине между рабочим цилиндром и цилиндром компрессора в гильзах горизонтально монтируются верхний, средний и нижний краны управления.

**Баба молота** представляет собой поршень рабочего цилиндра, изготовленный заодно со штоком. К нижней части бабы с помощью клина и фиксатора крепится верхний боек.

**Поршень компрессора** представляет собой чугунную отливку. Верхняя головка шатуна при помощи пальца шарнирно соединена с поршнем. Нижняя часть шатуна крепится при помощи двух шпилек к корпусу подшипника кривошипного вала.

**Механизм управления** молотом (рис. 2.3) состоит из рукоятки А, педали, верхнего, нижнего и среднего кранов, обратного клапана, фиксатора и пружины возврата рычагов в исходное положение. При работе на молоте верхний и нижний краны приводятся в движение через систему рычагов рукояткой управления А или педалью; возврат кранов в исходное положение производится пружиной. Средний кран управляется вручную рукояткой В.

**Маслопровод** представляет собой беспоршневой насос, который за каждый ход поршня компрессора вниз впрыскивает жидкую смазку в верхнюю полость компрессорного цилиндра. Подача из насоса проис-



ходит за счет давления воздуха в нижней полости компрессора при ходе поршня вниз.

Рабочий цилиндр смазывается распыленным в воздухе маслом из компрессорного цилиндра.

### 3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЛОТА

ГОСТ 712 – 75 регламентирует следующие основные параметры молота: энергия удара, масса подвижных частей, число ударов в минуту, наибольшая высота подъема бабы, расстояние от оси бабы до станины, расстояние от зеркала нижнего бойка до нижней кромки буксы бабы, ход поршня компрессора, диаметры рабочего и компрессорного цилиндров, которые определяются замерами или расчетами и заносятся в таблицу 2. 1.

**3.1 Вес падающих частей молота, Н**, включает вес бабы, бойка и деталей, крепящих боек к бабе, вычисляется по формуле:

$$G = m \cdot g, \quad (2.1)$$

где  $m$  – масса падающих частей, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$

Согласно паспорту для молота М410  $m=50$  кг.

**3.2 Число ударов молота в минуту  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$** , находится из выражения:

$$n = n_{\text{эд}} / u, \quad (2.2)$$

где  $n_{\text{эд}}$  – частота вращения электродвигателя в минуту;  $u$  – передаточное отношение клиноременной передачи.

Для правильного спроектированного молота должно выполняться условие, что  $n$ , определяемое по формуле (2.2), должно равняться  $n$  найденному по формуле:

$$n = 355,5 \sqrt{\frac{1}{G} \cdot \left( \frac{f_1^2}{V_{01}} + \frac{f_2^2}{V_{02}} \right)}, \quad (2.3)$$

где  $f_1$  – нижняя кольцевая площадь поршня бабы,  $\text{мм}^2$ ;  $f_2$  – верхняя площадь поршня бабы,  $\text{мм}^2$ ;  $V_{01}$  – начальный объем нижних полостей цилиндров при наличии поковки,  $\text{мм}^3$ ;  $V_{02}$  – начальный объем верхних полостей цилиндров при наличии поковки,  $\text{мм}^3$ .

Нижняя кольцевая площадь поршня бабы  $f_1$ , мм<sup>2</sup>:

$$f_1 = \frac{\pi}{4}(D_{pc}^2 - d_{pm}^2), \quad (2.4)$$

Верхняя площадь поршня бабы  $f_2$ , мм<sup>2</sup>:

$$f_2 = \frac{\pi}{4}D_{pc}^2, \quad (2.5)$$

Начальный объем нижних полостей цилиндров при наличии поковки  $V_{01}$ , мм<sup>3</sup>:

$$V_{01} = [h_{\bar{o}} \cdot f_1 + f_3(H_k + 5)] \cdot 1,09 + f_1 \cdot h_n, \quad (2.6)$$

где  $h_{\bar{o}}$  – высота буфера,  $h_{\bar{o}} = 0,14H$ , ( $H$  – наибольший ход бабы, мм);  
 $f_3$  – нижняя кольцевая площадь поршня компрессора, мм<sup>2</sup>.

$$f_3 = \frac{\pi}{4}(D_{kc}^2 - d_{km}^2), \quad (2.7)$$

$H_k$  – ход поршня компрессора, мм;

$h_n$  – высота поковки (заготовки), мм

Начальный объем верхних полостей цилиндров при наличии поковки,  $V_{02}$ , мм<sup>3</sup>:

$$V_{02} = (f_2 \cdot H + f_4 \cdot 5) \cdot 1,04 - f_2 \cdot h_n, \quad (2.8)$$

где  $f_4$  – верхняя площадь поршня компрессора, мм<sup>2</sup>.

$$f_4 = \frac{\pi}{4}D_{kc}^2, \quad (2.9)$$

**Примечание:** число ударов молота, определенное по формулам (2.2) и (2.3), не должно отличаться более, чем на 10-15%.

**3.3 Скорость бабы в момент удара  $V$ , м/с, определяется по формуле:**

$$V = \frac{0,3b - 110}{n}, \quad (2.10)$$

где

$$b = \frac{68,5 \cdot H_k}{G} \cdot \left( \frac{f_1 \cdot f_3}{V_{01}} + \frac{f_2 \cdot f_4}{V_{02}} \right), \quad (2.11)$$

$n$  – определяется по формуле (2.3).

**3.4 Эффективная энергия удара молота  $T_{\text{э}}$ , Дж,** находится из выражения:

$$T_{\text{э}} = m \cdot V^2 / 2, \quad (2.12)$$

#### 4. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ.

4.1. Снять ограждение маховика, включить электродвигатель и измерить тахометром частоту его вращения. В приводе молота используется электродвигатель АО 51 – 4А мощностью  $N_{\text{эд}} = 4,5$  кВт и частотой вращения  $n_{\text{эд}} = 1440 \text{ мин}^{-1}$ .

4.2. Измерить диаметры ведущего  $d_{\text{н1}}$  и ведомого  $d_{\text{н2}}$  шкивов, толщину  $h$  клинового ремня и используя формулы (1.3) и (1.4) лабораторной работы №1, рассчитать передаточное отношение и клиноременной передачи. По формуле (2.2) определить число ударов молота в минуту  $n$ .

4.3. Снять крышки рабочего и компрессорного цилиндров, замерить диаметры рабочего цилиндра  $D_{\text{рц}}$ , компрессорного цилиндра  $D_{\text{кц}}$ , ход бабы  $H$ , ход поршня компрессора  $H_{\text{к}}$ .

4.4. Измерить диаметры штоков рабочего поршня  $d_{\text{рш}}$ , и компрессорного поршня  $d_{\text{кш}}$ , размеры  $H_1$ ,  $h$ ,  $L$  (см. табл.2.1.).

4.5. Произвести сборку молота.

4.6. Выполнить расчеты, изложенные в пункте 3.2.

4.7. Заполнить таблицу 2.1 и составить отчет о проделанной работе.

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

5.1. Наименование и цель работы.

5.2. Назначение молота.

5.3. Кинематическая схема молота.

5.4. Расчетные формулы и результаты расчетов.

5.5. Таблица основных параметров и размеров молота.

5.6. Выводы по работе.

#### 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Назначение молота.

- 6.2. Режим работы молота.  
 6.3. Воздухораспределение молота.  
 6.4. Конструкция основных узлов молота: станины, бабы, кри-  
 вошипного вала, механизма управления.  
 6.5. Как рассчитываются основные параметры молота?

Таблица 2.1 – Основные параметры молота

Наименование параметров и размеров	Единицы измерения	Значение
1. Масса падающих частей, $m$	кг	
2. Максимальная энергия удара, $T_э$	Дж	
3. Число ударов в минуту, $n$	уд/мин	
4. Наибольший ход бабы, $H$	мм	
5. Расстояние от оси бабы до станины, $L$	мм	
6. Расстояние от основания станины до зеркала нижнего бойка, $H_1$	мм	
7. Расстояние от зеркала нижнего бойка до нижней кромки буксы бабы, $h$	мм	
8. Ход поршня компрессора, $H_k$	мм	
9. Диаметр рабочего цилиндра, $D_{pc}$	мм	
10. Диаметр штока рабочего поршня, $d_{pш}$	мм	
11. Диаметр цилиндра компрессора, $D_{kc}$	мм	
12. Диаметр штока компрессорного поршня, $d_{кш}$	мм	
13. Сторона квадрата проковываемой заготовки, $h_n$	мм	
14. Электродвигатель: мощность, $N_{эд}$ частота вращения, $n_{эд}$	кВт мин <sup>-1</sup>	

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИНТОВОГО ДУГОСТАТОРНОГО ПРЕССА

Продолжительность работы 2 часа.

**Цель работы:** изучение устройства пресса с дугостаторным приводом и ознакомление с методикой определения его основных параметров.

**Оборудование, оснастка, инструмент.** Винтовой пресс с дугостаторным приводом модели Ф1730А номинальным усилием 1МН, алюминиевые или медные заготовки, мерительный инструмент, секундомер.

Винтовые прессы используются для различных технологических операций холодной и горячей объемной штамповки в открытых и закрытых штампах, холодной листовой штамповки, а также для чеканки, правки, калибровки деталей из черных и цветных металлов и сплавов. Универсальность прессов позволяет их использовать на предприятиях различных отраслей промышленности.

### 1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРЕССА Ф1730А И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

**1.1. Кинематическая схема.** В электровинтовых прессах с безредукторным приводом (рис. 3.1) разгон маховика 2 с винтом 3 осуществляется силами бегущего электромагнитного поля статора 1. Маховик 2 служит ротором асинхронного электродвигателя, дуговой статор 1 которого неподвижно закреплен на станине.

Вращение ротора-маховика 2 непосредственно передается шпинделю 3, ввернутому в рабочую гайку 4, жестко скрепленную с ползуном 5. Шпиндель скреплен с маховиком, имеет кольцевой бурт, опирающийся на кольцевую пятю, укрепленную снизу верхней траверсы и осевого перемещения, не имеет. Вращение шпинделя вызывает осевое перемещение гайки 4 с ползуном 5.

Реверсирование перемещения ползуна достигается переключением фаз питания трехфазной обмотки дугостаторного электродвигателя. Остановка ползуна в верхнем положении производится колодочным тормозом (рис. 3.4). Пресс состоит из следующих основных узлов: станины, ползуна, винта, привода, тормоза, выталкивателя, системы управления, пневмогидрооборудования.

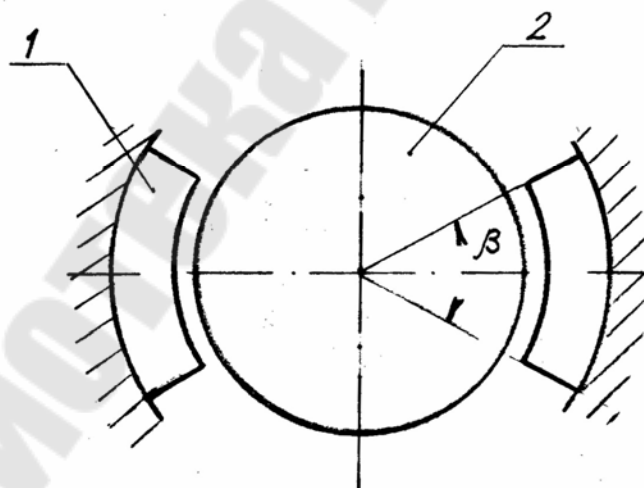
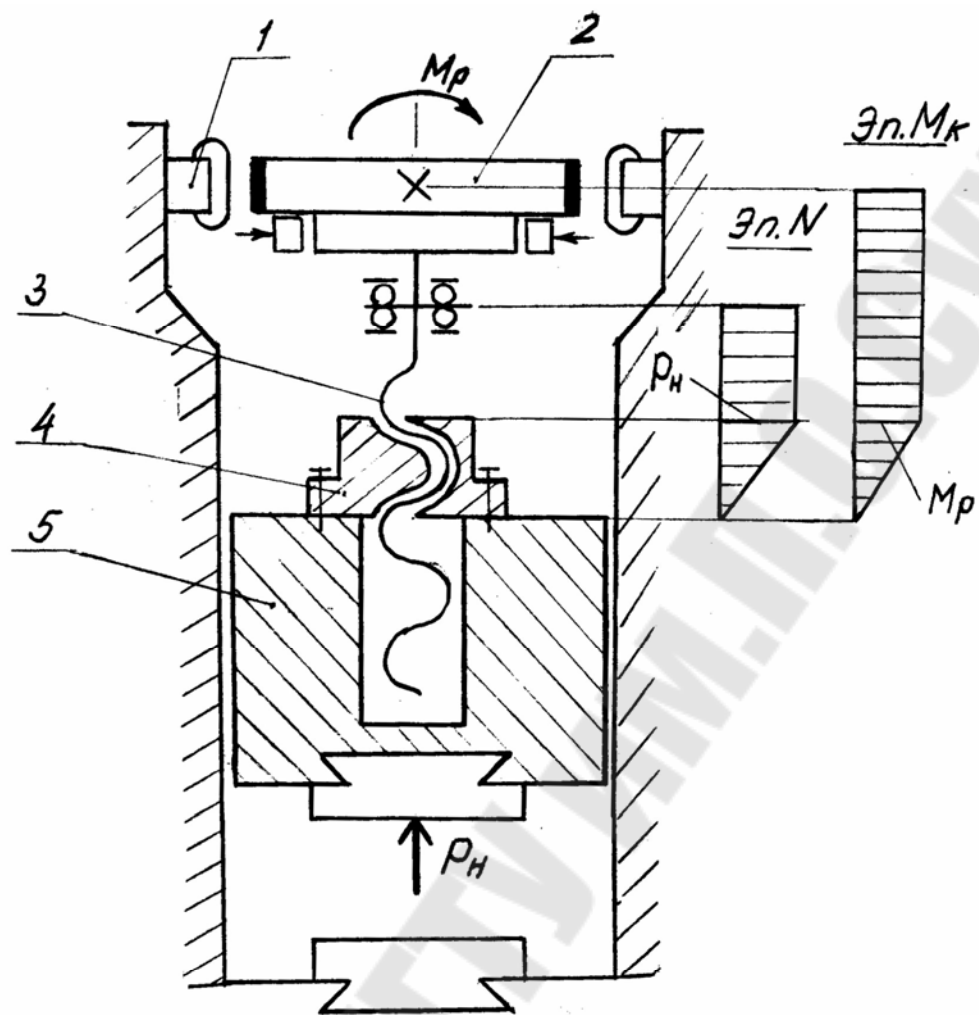


Рис. 3.1 Кинематическая схема винтового прессы с дугостаторным приводом.

**1.2. Станина.** Станина прессы (рис. 3.2) закрытая, цельнолитая, в виде чугуновой отливки 1 стянута двумя стяжными болтами 2. Гайки 3 окончательно затянуты при нагреве болтов, который обеспечивает дополнительный поворот гаек относительно холодной затяжки на угол равный 175 градусам. На стойках отлиты направляющие, облицованные планками 4 из антифрикционного материала. С целью облегчения ремонтных работ стол прессы выполнен в виде отдельной стальной плиты 5 с крепежными Т-образными пазами и центральным отверстием для выталкивателя. В правой стойке смонтирован выдвижной упор 6, препятствующий опусканию ползуна при ремонтах и смене штампов. Выдвинутый упор через конечный выключатель 7 отключает пуск ползуна вниз.

Полости стоек станины используются для размещения смазочной аппаратуры и закрываются крышками. На верхней плоскости станины монтируется кольцо 8 для центрирования привода.

**1.3. Ползун, винт** (рис. 3.3). В направляющих станины смонтирован ползун 1, представляющий собой жесткую призматическую отливку с двумя цельнолитыми передними направляющими и регулируемые задними направляющими 2 (клинья). Клинья 2 крепятся в пазах ползуна с помощью шпилек 3 и упорных болтов 4, которыми осуществляется регулировка. К плоскостям прилегания пазов ползуна клинья 2 крепятся дополнительно болтами. Нижняя поверхность ползуна имеет Т-образные пазы и центральное отверстие для крепления инструмента.

На верхней части ползуна смонтирована рабочая гайка 5. Гайка своим фланцем притягивается к ползуну болтами, от поворота удерживается штифтами. На верхнем торце гайки 5 в специальной обойме смонтированы войлочный сальник 6 и резиновый буфер 7. В гайку ввернут шпиндель 8, имеющий в средней части упорный кольцевой бурт. На траверсе станины укреплен пята в виде бронзового кольца 9, заключенного в стальной корпус 10. Между опорными плоскостями кольца 9 и бурта шпинделя 8 должен выдерживаться зазор «а». Снизу к корпусу 10 закреплен жесткий стакан 11, служащий одновременно сборником смазки пяты и упором для буфера 7 при случайных соударениях в конце хода ползуна вверх. При этом визир 12, укрепленный на поверхности ползуна, переместит флажок и отключит пресс.

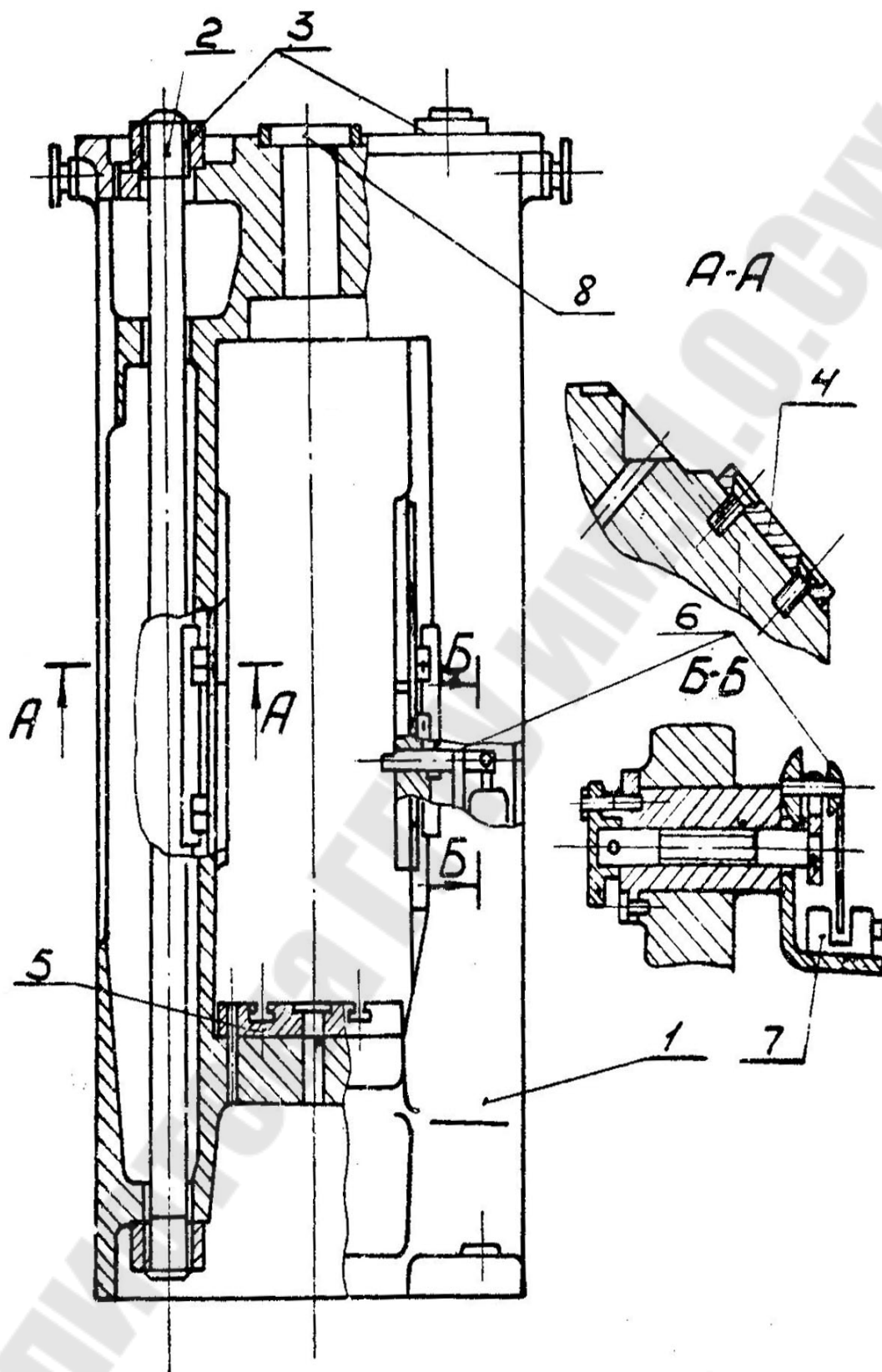


Рис. 3.2. Станина.



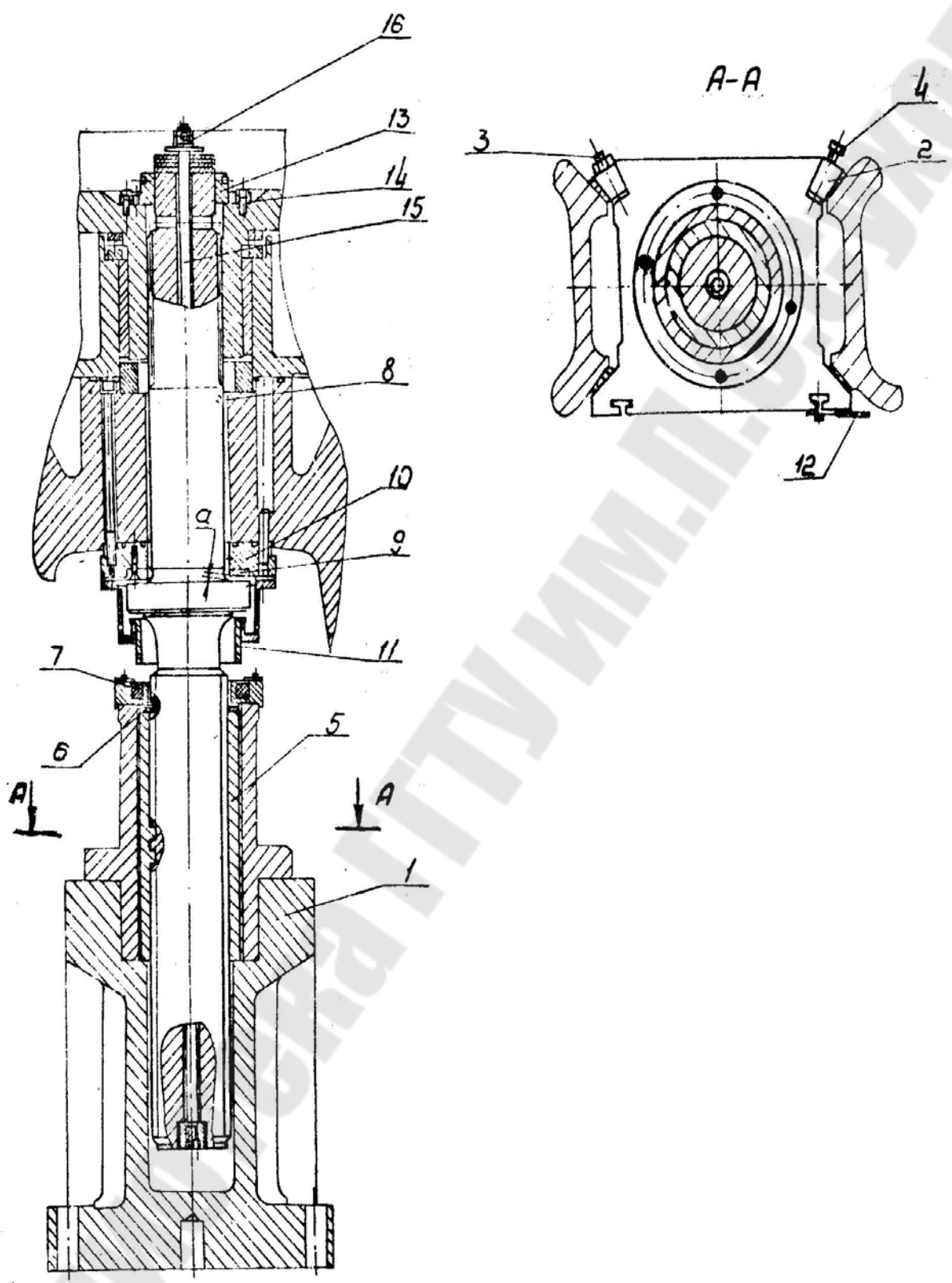


Рис. 3.3. Ползун, винт.

Верхняя часть шпинделя имеет посадочное место для ротора – маховика и резьбовой хвостовик для гайки 13 осевого соединения шпинделя с маховиком. Гайка 13 удерживается от проворота венцом 14 и служит для регулировки зазора «а». Соединение маховика со шпинделем – шлицевое. Сквозь осевое отверстие в шпинделе проходит предохранительная тяга 15, нижний конец которой неподвижно закреплен в шпинделе 8, на верхнем конце тяги 15 имеется гайка 16, которая служит опорой для подвижных частей пресса в случае разрушения шпинделя.

**1.4. Тормоз** (рис. 3.4). На двух рычагах 1, шарнирно связанных с корпусом привода осями 2, смонтированы тормозные колодки 3, охватывающие тормозной барабан маховика. Внутренние поверхности колодок облицованы фрикционной лентой 4.

Колодки с помощью осей 5 шарнирно соединены с рычагами 1, на концах которых шарнирно смонтирован пневмоцилиндр 6 совместно с тормозящей пружиной 7, усилие которой регулируется резьбовой муфтой 8. Под действием пружины рычаги обеспечивают прижим колодок 3 к тормозному барабану и надежно удерживают от перемещений подвижные части пресса. Во время работы пресса в левую и правую полости пневмоцилиндра попеременно поступает сжатый воздух. Подача воздуха в левую полость обеспечивает перемещение поршня вправо и сжатие пружины 7. Рычаги отводят колодки от барабана. При этом металлический флажок 9, укрепленный на правом рычаге, входит в точку срабатывания бесконтактного датчика 10, который дает сигнал, разрешающий включение двигателя. Ход рычагов «г» ограничивается регулировочными болтами 11. Кромка датчика 9 в исходном положении выходит из точки срабатывания датчика 10 на величину «В». Включение двигателя обеспечивает разгон маховика и перемещение ползуна.

При торможении подвижных частей двигатель отключается, в правую полость пневмоцилиндра подается воздух, который действует совместно с пружиной 7, обеспечивая эффективное торможение.

**1.5. Выталкиватель** (рис. 3.5). В нижней полости стола станины посредством двух шпилек 10 закреплен цилиндр 3 с поршнем 4 и штоком 1. К этой же плоскости стола закреплен корпус 8 с размещенной в нем косозубой зубчатой парой и втулкой 7. Втулка 7 соединена с шестерней 9 резьбой и предохранена от проворота ригелем 13.

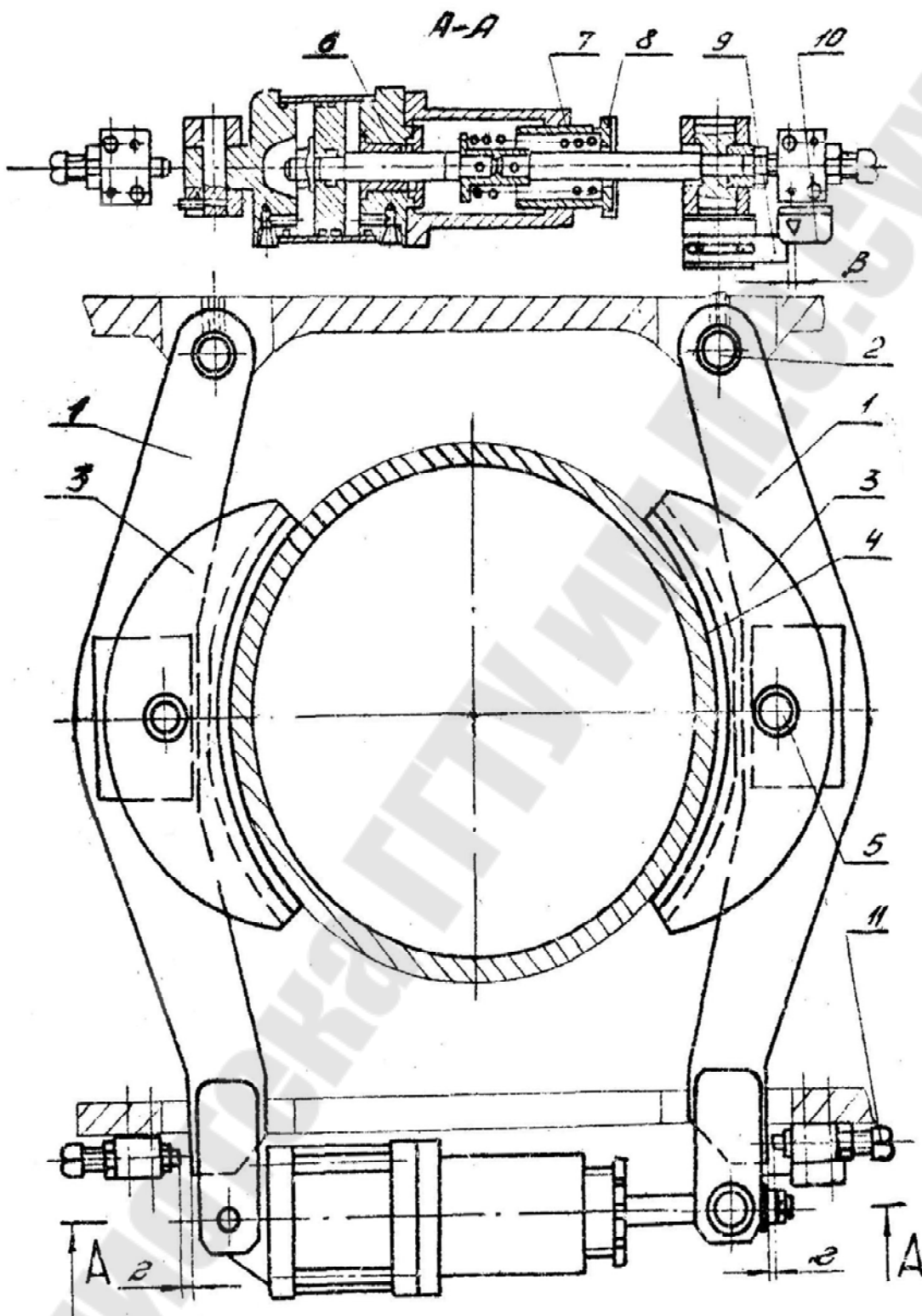


Рис. 3.4. Тормоз.

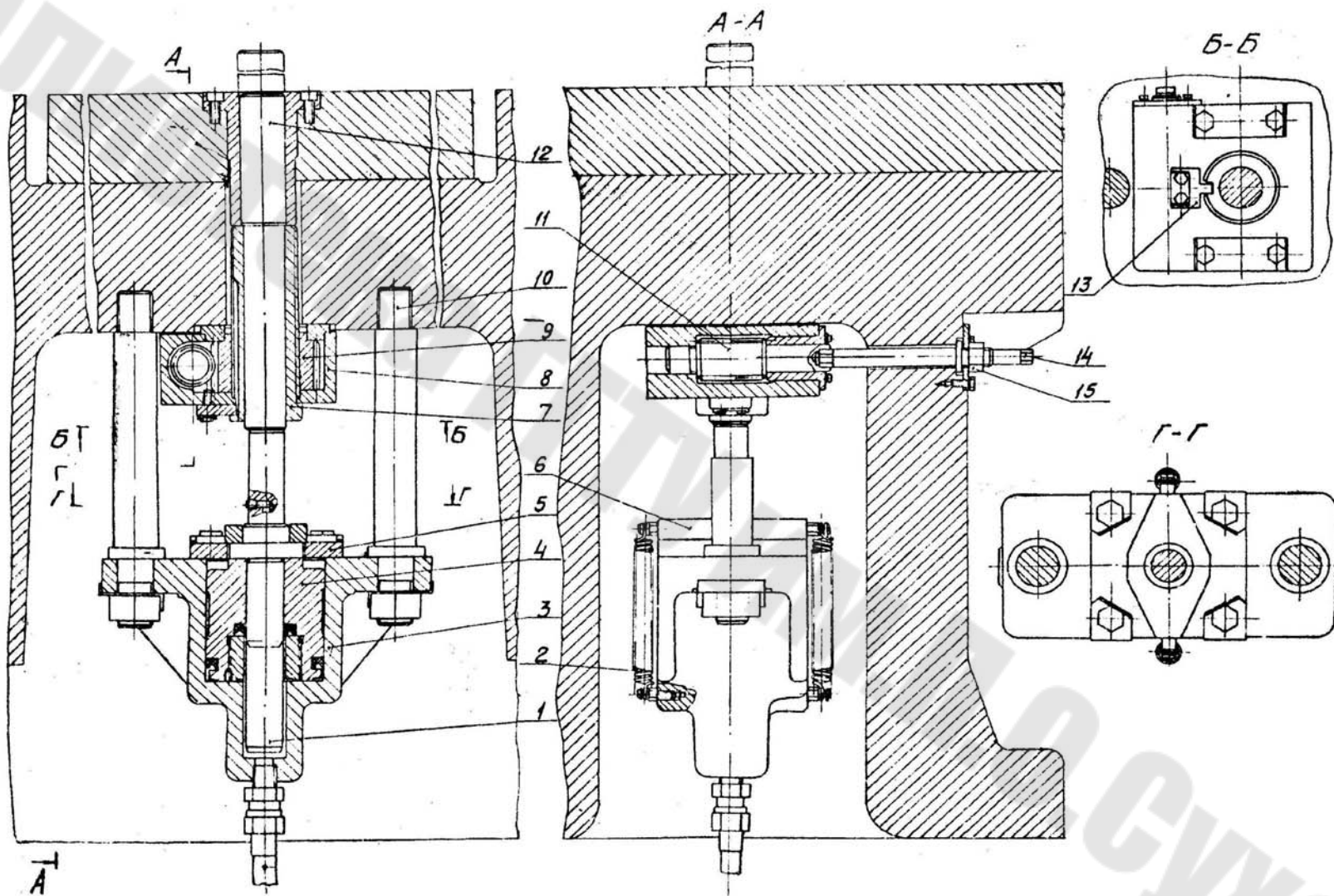


Рис. 3.5. Выталкиватель.

При подаче масла в нижнюю полость цилиндра 3 поршень 4 со штоком 1 перемещается вверх, воздействуя через толкатель 12 и выталкиватель штампа на заготовку. Поднявшись вверх до соприкосновения с крышкой 5, жестко закрепленной на верхней плоскости цилиндра, поршень останавливается, а шток 1 продолжает перемещение заготовки самостоятельно. Ход вверх штока 1 вместе с планкой 6 происходит до упора планки 6 в нижний торец втулки 7.

Величина хода штока 1 зависит от положения втулки 7, т.е. изменение величины хода выталкивателя достигается вращением оси 14, скрепленной с валом – шестерней 11. После установки необходимой величины хода выталкивателя ось 14 закрепляют гайкой 15. Пружины 2 возвращают шток 1 и поршень 3 в исходное положение.

**1.6. Система управления** (рис. 3.6). Управление прессом заключается в установлении технологически необходимого хода ползуна и энергии удара, что достигается соответствующим положением флажков, действующих на рабочие точки установленных бесконтактных датчиков.

На стойках станины закреплены планки 1, к которым крепятся датчики через специальные пластики 2. Пластики, с закрепленными на них датчиками, могут перемещаться в пазу планки, что позволяет с необходимым зазором выставить датчики по отношению к флажкам 11, 12, 13, 14.

Флажки, закрепленные на визирах 4, через сухари 3, имеющие возможность перемещаться по пазам, крепятся на ползуне болтами. Положение флажков при настройке пресса на необходимый ход ползуна и энергию удара определяется линейками 5.

Зоны расположения датчиков и флажков защищены ограждениями 6, с укрепленными на них табличками 5, 8, 9, 10, стрелки которых А, Б, В, Г указывают положение точек срабатывания датчиков.

При движении ползуна вниз флажок 12 проходит точку срабатывания датчика 16 (стрелка Б) и дает сигнал на отключение двигателя. Дальнейшее движение ползуна вниз продолжается по инерции. Перед ударом флажок 11 пересекает точку срабатывания датчика 15 (стрелка А) и дает сигнал на включение двигателя для хода вверх.

При движении вверх флажок 14 выходит из точки срабатывания датчика 18 (стрелка Г) и дает сигнал на отключение двигателя и включение тормоза. Ползун проходит путь торможения и останавливается в крайнем верхнем положении.

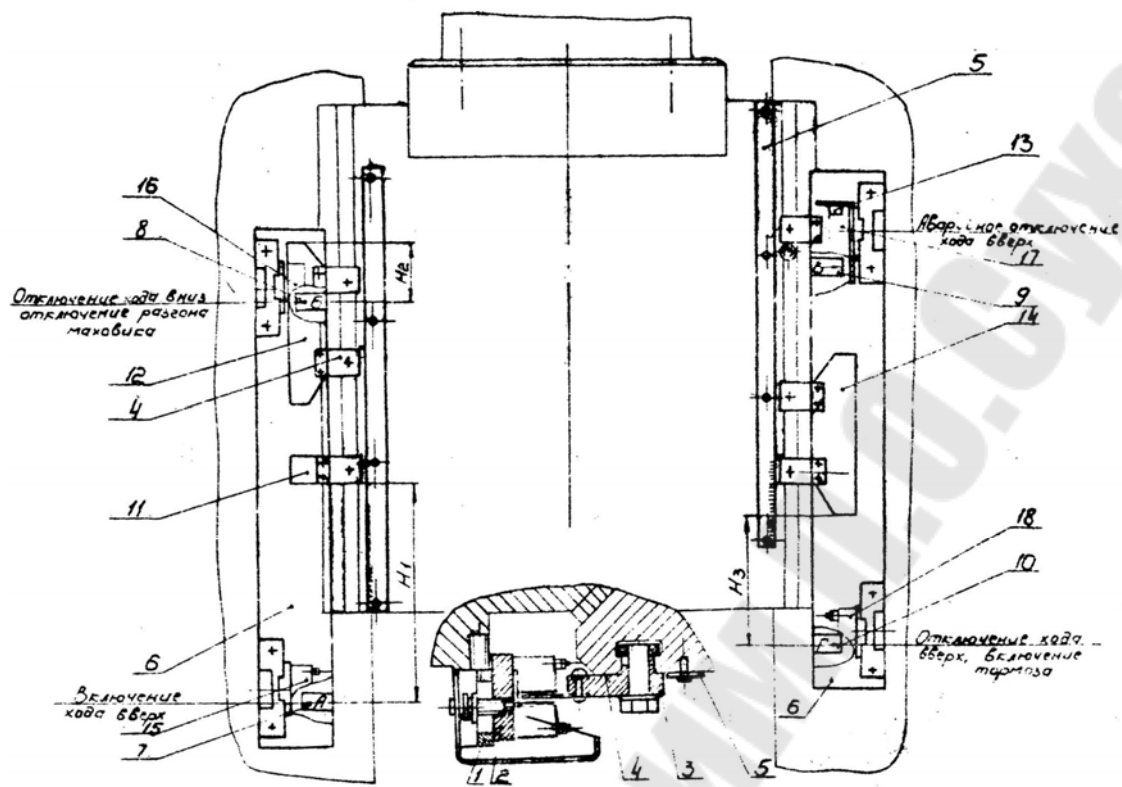


Рис. 3.6. Система управления

Для работы прессы в автоматическом режиме необходимо включить ножную педаль.

В момент окончания торможения и полной остановки ползуна в верхнем положении срабатывают контакты датчика типа ВК, который дает сигнал включения двигателя на повторный ход. В результате поступления команд от этого датчика ползун совершает непрерывно возвратно – поступательные движения.

Величина хода ползуна  $H_1$ , величина разгона  $H_2$  и путь торможения  $H_3$  для необходимого оптимального технологического режима обработки изделия устанавливаются перемещением соответствующих флажков по пазам на ползуне.

Система управления прессы обеспечивает следующие режимы работы: 1. Наладка (толчковые перемещения ползуна). 2. Одиночные ходы. 3. Непрерывные возвратно – поступательные движения ползуна вниз – вверх (автоматические ходы).

Перед пуском ползуна в любом из режимов необходимо включить вентилятор охлаждения двигателя, так как работа прессы возможна только при включенном охлаждении. В случае опасного пере-

грева двигателя на пульте управления загорается сигнальная лампа и тепловая защита отключает пресс.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССА

При проектировании электровинтовых прессов согласно ГОСТ 713 – 81 задается номинальное усилие  $P_n$ , эффективная энергия удара  $T_э$ , ход ползуна (наибольший)  $S_m$ , число ходов ползуна в минуту  $n$ , размеры стола, ползуна и др.; требуется определить размеры винта, гайки, маховика, средний крутящий момент, синхронную угловую скорость, число пар полюсов и другие параметры, необходимые для проектирования.

**Допускаемое усилие пресса,  $P_{дон}$ , МН, принимается равным:**

$$P_{дон} = 1,6 \cdot P_n, \quad (3.1)$$

где  $P_n$  - номинальное усилие пресса, МН.

**Угол  $\alpha$  подъема винтовой линии шпинделя (винта)** определяется соотношением:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{i \cdot t}{\pi \cdot d_2}, \quad (3.2)$$

где  $i$  – число заходов резьбы;  $t$  – шаг резьбы, мм;  $d_2$  – средний диаметр резьбы винта, мм.

Наиболее нагруженной деталью дугостаторного пресса является винтовая шпиндель. Винты с вращательным движением испытывают совместное сжатие и кручение на участке от гайки, закрепленной в ползуне, до верхней опоры винта (см. рис. 3.1).

**Эквивалентное напряжение,  $\sigma_{экр}$ , МПа, определяется:**

$$\sigma_{экр} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma], \quad (3.3)$$

где  $\sigma$  – напряжение сжатия в опасном сечении;  $\tau$  – напряжение кручения в опасном сечении;  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение сжатия.

$\sigma = P_n / F = 4 \cdot P_n / \pi \cdot d_2^2$  ( $F$  расчетная площадь поперечного сечения винта);

$\tau = M_k / W_p = 0,5 \cdot P_n \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \rho) / 0,2 \cdot d_2^3 = 2,5 \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \rho) / d_2^2$ ;  $\rho$  –

угол трения в винтовом соединении;  $\rho = \arctg f$  ( $f$  – коэффициент трения);

В расчетах принимается  $\rho = 3^\circ$ ;  $[\sigma] = 135$  МПа (для стали 40ХН)

**Средний крутящий момент электродвигателя  $M_{cp}$ , Н·м,** определяется уравнением:

$$M_{cp} = \frac{T_{\varepsilon}}{k_p \cdot \varphi_m \cdot \eta_p \cdot \eta_{\varepsilon}}, \quad (3.4)$$

где  $T_{\varepsilon}$  – эффективная энергия удара, Дж.,  $T_{\varepsilon} = 6000$  Дж;  $k_p = 0,6 - 0,7$  – коэффициент использования наибольшего перемеще-

ния для разгона;  $\varphi_m = \frac{2 \cdot S_m}{d_2 \cdot tg \alpha}$  – наибольшее угловое перемещение

маховика ( $S_m$  – максимальный ход ползуна);  $\eta_p = 0,30 - 0,35$  – средний КПД электродвигателя при разгоне;  $\eta_{\varepsilon}$  – КПД винтового механизма, определяется по формуле:

$$\eta_{\varepsilon} = tg(\alpha - \rho) / tg \alpha;$$

**Требуемый угол охвата  $\beta$ , рад,** двумя дугами статора:

$$\beta = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varpi_m \cdot \Pi}{\nu \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{\varpi_m \cdot \Pi}{\nu_1 (1 - \varepsilon)}, \quad (3.5)$$

где  $\varpi_m$  – угловая скорость маховика,  $\varpi_m = \frac{\pi \cdot n_m}{30}$  ( $n_m$  – частота вращения маховика;  $n_m = 250$  мин<sup>-1</sup>);  $\Pi = 2$  – число пар полюсов;  $\nu$  – круговая частота электрического тока,  $\nu = 2 \cdot \pi \cdot \nu_1$ ;  $\nu_1 = 50$  Гц – частота электрического тока;  $\varepsilon = 0,12 - 0,20$  – номинальное скольжение электродвигателя.

**Средняя требуемая мощность электродвигателя  $N_{cp}$ , Вт,** во время разгона рабочих масс вниз определяется по выражению:

$$N_{cp} = M_{cp} \cdot \varpi_m, \quad (3.6)$$



**Средняя выходная мощность электродвигателя:**

$$N \geq \frac{N_{cp}}{1 - S_f}, \quad (3.7)$$

где  $S_f = 0,15 - 0,17$  – суммарные относительные потери мощности в роторе – маховике.

**Площадь активной поверхности статора,  $S_c$ ,  $см^2$ :**

$$S_c = \frac{N}{k \cdot P_g}, \quad (3.8)$$

где  $k = 2$  – для статора с двумя дугами;  $P_g \approx 20$  Вт/ $см^2$  – удельная электромагнитная мощность.

**Высота статора  $H_c$ , мм, определяется по формуле:**

$$H_c = \frac{S_c \cdot 10^2}{2 \cdot \pi(R_m + \Delta)}, \quad (3.9)$$

где  $R_m$  – наружный радиус ротора – маховика, мм;  $\Delta$  – магнитный зазор между ротором – маховиком и статором.

По паспорту прессы Ф1730А  $R_m = 399$  мм,  $\Delta = 2,0 - 2,2$  мм.

### 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

3.1. Ознакомиться с устройством и работой винтового дугостаторного прессы (см. п. 1).

3.2. Включить пресс и в режиме «автоматическая работа» определить число ходов  $n$  ползуна в минуту используя секундомер (работа прессы без заготовки не допускается).

3.3. В режиме «наладка» переместить ползун из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение и измерить величину хода ползуна  $S_m$  и расстояние между столом и ползуном прессы в его нижнем положении («закрытая» высота прессы).

3.4. Измерить наружный  $d$ , внутренний  $d_1$  диаметр резьбы, число заходов  $i$  и шаг резьбы  $t$ .

3.5. Рассчитать средний диаметр  $d_2$  резьбы ( $d_2 = (d + d_1)/2$ ) и угол подъема резьбы винта  $\alpha$  по формуле (3.2).

3.6. Произвести проверку винта на прочность, используя формулу (3.3).

3.7. Рассчитать величину допускаемого усилия  $P_{дон}$ , угол обхвата статора  $\beta$  и высоту статора  $H_c$ .

3.8. Замерить размеры стола и ползуна пресса, расстояние между направляющими в свету.

3.9. Заполнить таблицу 3.1 основных данных пресса и составить отчет о проделанной работе.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

4.1. Наименование и цель работы.

4.2. Назначение пресса и краткое описание его основных узлов.

4.5. Кинематическая схема пресса.

4.4. Расчетные формулы и результаты расчетов.

4.5. Таблица основных параметров и размеров пресса.

4.6. Выводы о проделанной работе.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Назначение пресса.

5.2. Работа пресса по кинематической схеме.

5.3. Назначение, конструкция и работа основных узлов пресса

5.4. Основные параметры пресса и их определение.

Таблица 3.1 – Основные параметры и размеры пресса

Наименование параметров и размеров	Единицы измерения	Значение
1. Номинальное усилие, $P_n$	кН	1000
2. Допускаемое усилие, $P_{дон}$	кН	1600
3. Эффективная энергия, $T_\varepsilon$	Дж	6000
4. Ход ползуна (наибольший), $S_m$	мм	
5. Число ходов ползуна в минуту при наибольшем ходе, $n$	$мин^{-1}$	
6. Расстояние между направляющими в свету	мм	
7. Размеры ползуна спереди – назад	мм	
8. Размеры стола слева – направо	мм	
спереди – назад	мм	
9. Наименьшее расстояние между столом и ползуном в его крайнем нижнем положении	мм	
10. Габаритные размеры пресса с электрошкафом и пневмопанелью слева – направо	мм	
спереди – назад	мм	
11. Масса пресса	кг	6940

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнечно-штамповочное оборудование /А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, А.С. Добринский и др. М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
2. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных машин. М.: Машиностроение. – 379 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т2. М.: Машиностроение, 1980. – 559 с.
4. Прессы однокривошипные открытые простого действия. Руководство по эксплуатации. КД.00.000 РЭ. М.: Станкоимпорт, 1983. – 48 с.
5. Техническая документация к молоту М410. Хабаровск; ЦБТИ, 1966. – 46 с.
6. Винтовой пресс с дугостаторным приводом усилием 100 т.с. Руководство по эксплуатации Ф1730А-00-001РЭ. М.: Станкоимпорт, 1982. – 38 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ .....	3
Лабораторная работа № 1 Изучение устройства и определение основных параметров двухстоечного однокривошипного пресса.....	4
Лабораторная работа № 2 Изучение устройства и расчет основных параметров приводного пневматического молота.....	19
Лабораторная работа № 3 Изучение устройства и определение основных параметров винтового дугостаторного пресса .....	29
Литература .....	43

**Буренков Валерий Филиппович  
Стрикель Николай Иванович**

**ТЕОРИЯ, РАСЧЕТЫ И КОНСТРУКЦИИ  
ПРЕССОВО-ШТАМПОВОЧНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**  
**Лабораторный практикум**  
**по одноименной дисциплине для студентов**  
**специальности 1-36 01 05 «Машины и технология**  
**обработки материалов давлением»**  
**заочной формы обучения**

Подписано в печать 22.06.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,4.

Изд. № 33.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.