

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. Королева**

**ГИДРОПРИВОД ПРЕССА ФИРМЫ
ERFURT PTr 2000 + 1200**

**Методические указания к лабораторным
работам по гидравлическому приводу и
средствам автоматики**

Самара – 2004

Составители: А.Н. Крючков, А.Б. Прокофьев, С.П. Прохоров, Е.В. Шахматов.

УДК 62-82

Гидропривод прессы фирмы Erfurt PTr 2000 + 1200: Метод. указ. / Сост. А.Н. Крючков, А.Б. Прокофьев, С.П. Прохоров, Е.В. Шахматов. Самарский государственный аэрокосмический университет. Самара, 2004. – 42 стр.

Методические указания содержат сведения по гидроприводу и автоматике прессы фирмы Erfurt модели PTr 2000 + 1200, предназначенного для получения глубокой вытяжкой деталей кузова автомобилей ВАЗ 10-й серии и ВАЗ-2123 на ОАО «АвтоВАЗ». Приведены схемы элементов гидропривода и рассмотрены основные особенности их работы.

Методические указания предназначены для студентов специальности 12.11.00 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» и могут быть использованы при подготовке к лабораторным работам, при курсовом и дипломном проектировании.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и образования РФ, Администрации Самарской области и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF Project SA-014-02) в рамках российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE).

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Рецензенты: Загузов И.С., Свербилов В.Я.

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения	4
Введение	5
1. Общие сведения о кузнечно-прессовом оборудовании	6
2. Назначение и принцип действия пресса Erfurt	8
3. Гидропривод кузнечно-прессового производства	10
4. Характеристика, системы и агрегаты гидропривода пресса Erfurt	11
4.1 Рабочая жидкость	11
4.2 Источники давления рабочей жидкости в гидроприводе пресса Erfurt	12
4.3 Исполнительные механизмы в гидроприводе пресса Erfurt	15
4.4 Аппаратура управления	16
4.5 Питательные баки, трубопроводы, их соединения	23
5. Описание работы гидропривода пресса Erfurt	26
Вопросы для проверки	40
Список литературы	41

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

K – модуль объемной упругости, Па;

V - скорость движения жидкости, м/с;

α - температурный коэффициент объемного расширения, $1/^\circ\text{C}$;

β_p - коэффициент объемного сжатия, $\text{м}^2/\text{Н}$;

Δp - потери давления, Па;

τ - касательное напряжение, Па;

μ - динамическая вязкость жидкости, Па·с;

ν - кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

ρ - плотность рабочей жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ξ - коэффициент сопротивления;

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация современных машин и агрегатов основывается на широком применении гидропривода. Все большее распространение гидроприводы получают и в кузнечно-прессовом производстве. Во многом этому способствует совершенствование гидроприводных систем, обеспечивающих повышение производительности прессов. Требования по быстродействию процессов в элементах кузнечно-прессового оборудования заставляют обращать серьезное внимание и на динамику гидравлического привода. Кроме того, динамические нагрузки в нем приводят к высокому уровню вибрации, шума, снижают надежность и работоспособность всей производственной линии.

С помощью кузнечно-прессового оборудования, работа которого в настоящее время невозможна без использования гидравлического привода, изготавливаются уникальные детали из стали, титана, легких и цветных сплавов для атомных реакторов, гидравлических и паровых турбин, судов, авиалайнеров, наземных транспортных средств.

Гидравлическим приводом называется совокупность гидромашин, гидроаппаратуры, гидролиний (трубопроводов) и вспомогательных устройств, предназначенная для передачи энергии и преобразования движения посредством жидкости. К гидромашинам относятся насосы и гидродвигатели. Гидроаппаратура – это устройства управления гидроприводом, при помощи которых он регулируется, а также средства защиты его от чрезмерно высоких и низких давлений жидкости. Вспомогательными устройствами служат так называемые кондиционеры рабочей жидкости, обеспечивающие ее качество и состояние. Перечисленные элементы связаны между собой гидролиниями, по которым движется рабочая жидкость.

В методических указаниях приводится описание гидропривода пресса фирмы Erfurt, используемого в кузнечно-прессовом производстве ОАО «АвтоВАЗ».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОМ ОБОРУДОВАНИИ

Основным элементом кузнечно-прессового оборудования являются инструментальные штампы, которые широко применяют для изготовления деталей из листового металла. Одной из важных операций штамповки являются вытяжка, с помощью которой из листового металла получают многие ответственные детали цилиндрической, конической, ступенчатой, коробчатой, сложной несимметричной формы.

Вытяжка представляет собой процесс превращения плоской (первая операция вытяжки) или полую (вторая и последующие операции вытяжки) заготовки в полую деталь заданной формы и размеров. Получение глубоких и сложных по форме деталей производят за 4...6 и более операций вытяжки. Вытяжка осуществляется инструментальными штампами на гидравлических и механических прессах одинарного или двойного действия.

Принципиальная схема штампа с прижимом для вытяжки детали из плоской заготовки (первая операция вытяжки) показана на рис. 1.1. Превращение плоской заготовки на этом штампе в полое изделие производится путем втягивания заготовки в полость матрицы под действием усилия P , приложенного к пуансону. В процессе втягивания заготовки на ее фланцевой части образуются

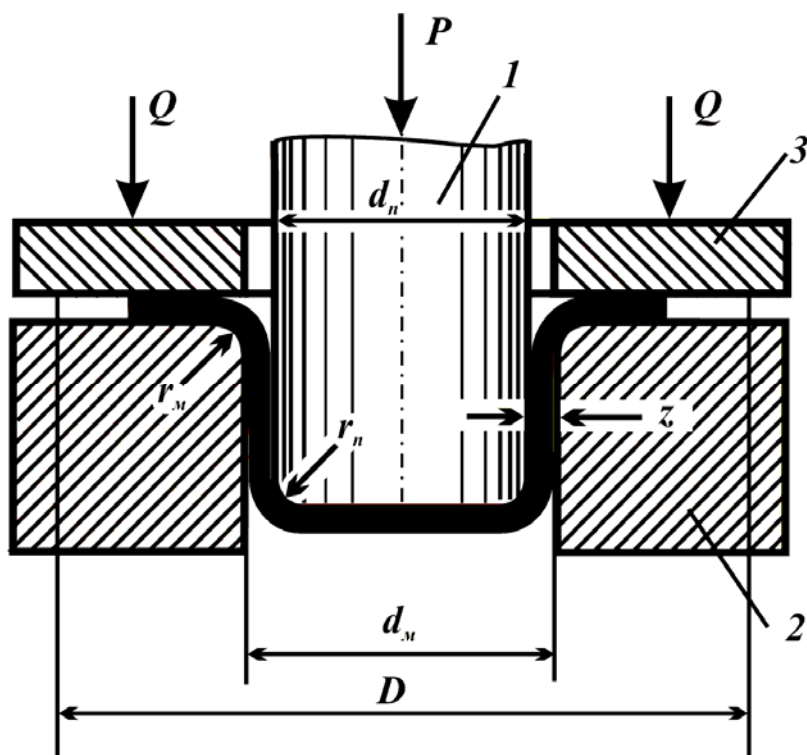


Рис. 1.1. Схема вытяжного штампа с прижимом плоской заготовки (первая операция вытяжки): 1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – прижим (складкодержатель); P – усилие вытяжки, Q – усилие прижима, D – диаметр плоской заготовки.

складки. Для предотвращения складкообразования фланец заготовки прижимается к плоской поверхности матрицы складкодержателем (прижимом). С помощью такого штампа получают изделие в виде стакана с наружным диаметром, равным диаметру матрицы d_m , или цилиндрическую деталь с фланцем, как показано на рис. 1.1.

Получение качественных деталей методом вытяжки зависит от целого ряда факторов, главными из которых являются: допустимая степень деформации (коэффициент вытяжки), величина радиуса

скругления кромки матрицы r_m и пуансона r_n , значение зазора z между пуансоном и матрицей, смазка и др.

Пресс, на котором реализуется процесс вытяжки, состоит (см. рис. 1.2) из неподвижной, как правило, нижней, и подвижной верхней части. В неподвижной части пресса монтируется матрица, а строго согласованно с ее рабочим контуром в подвижной части пресса устанавливается пуансон. Однако иногда требуются прессы, где пуансон монтируют на нижней части, а матрицу – на верхней. Точное направление движения верхней части пресса относительно нижней определяется направляющими колонками и втулками. Направляющие колонки, как правило, запрессовываются в неподвижную часть пресса, а направляющие втулки – в подвижную.

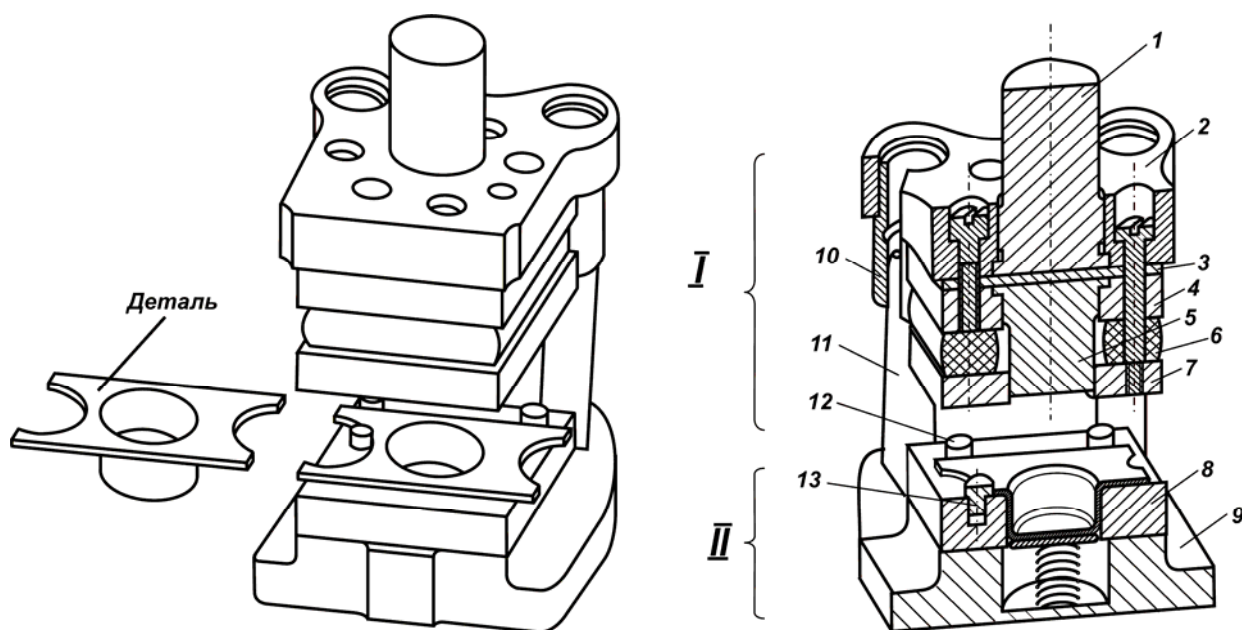


Рис. 1.2. Общий вид и разрез пресса:

I – подвижная и *II* – неподвижная части пресса;

1 – хвостовик, 2 – верхняя плита, 3 – подкладная плита, 4 – пуансонодержатель, 5 – пуансон, 6 – резина съемника, 7 – съемник, 8 – матрица, 9 – нижняя плита, 10 – направляющая втулка, 11 – направляющие упоры, 12, 13 – шаговые упоры (на чертеже хвостовик, пуансон, шаговый упор и винты для наглядности разрезаны).

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРЕССА ERFURT

Пресс фирмы Erfurt (модель PTr 2000+1200) установлен в прессовом производстве ОАО «АвтоВАЗ». Он предназначен для получения вытяжкой из плоского металлического оцинкованного листа толщиной 1,8 мм следующих деталей:

- 1) брызговики двигателя автомобилей ВАЗ 10-й серии;
- 2) арок передних колес автомобиля ВАЗ-2123.

Получение этих деталей характеризуется глубокой вытяжкой материала и весьма значительными величинами коэффициента вытяжки. Отклонение в этих условиях от строго определенного технологического процесса вытяжки приводит к следующим дефектам:

- 1) прорыв листа заготовки – при превышении предельного значения степени деформации в случае увеличения выше заданного усилия прижима складкодержателем;
- 2) складкообразование – при недостаточном усилии прижима складкодержателем.

Таким образом, обеспечение заданного усилия прижима металлического листа (заготовки) к матрице является условием высокой производительности штампа, которая во многом определяется количеством бракованных изделий. Отличительной особенностью работы штампа является то, что поставляемые металлургическим производством заготовки характеризуются достаточно высокими отклонениями толщины листа от номинального значения (1,8 мм) как в пределах одного листа, так и в пределах всей партии. Это приводит к необходимости оперативной периодической корректировки усилия прижима заготовки к матрице и является причиной специальной доработки штампа фирмой-производителем.

Схема пресса Erfurt представлена на рис. 2.1. Конструктивной особенностью штампа является неподвижный пуансон 7, установленный в неподвижной нижней плите 8. Матрица 2, установленная в матрицедержателе 1, связанном с ползуном (на схеме не показан), совершает вертикальное возвратно-поступательное движение в направляющих 3. Ползун приводится в движение от кулачкового привода мощностью 2 МВт. Заготовка 4 (металлический лист) автоматически устанавливается на прижимы 6, оснащенные соответствующей системой упоров, с помощью грейферной передачи (на схеме не показана). Прижимы 6 штоками 9 связаны с массивной подвижной подушкой 10 ($m = 2000$ кг). Подушка 10 через соединительные штоки 11 опирается на поршни 12 четырех вытеснительных гидроцилиндров 15 и поршень центрального гидроцилиндра 16.

При рабочем ходе матрица 2, приводимая в движение ползуном, опускается вниз. Прижимы 6 выполняют функцию складкодержателей и после их соприкосновения с матрицей под усилием от ползуна также опускаются вниз. При этом происходит формообразование детали. Усилие прижатия заготовки к матрице – регулируемое, и может изменяться с помощью электронной системы

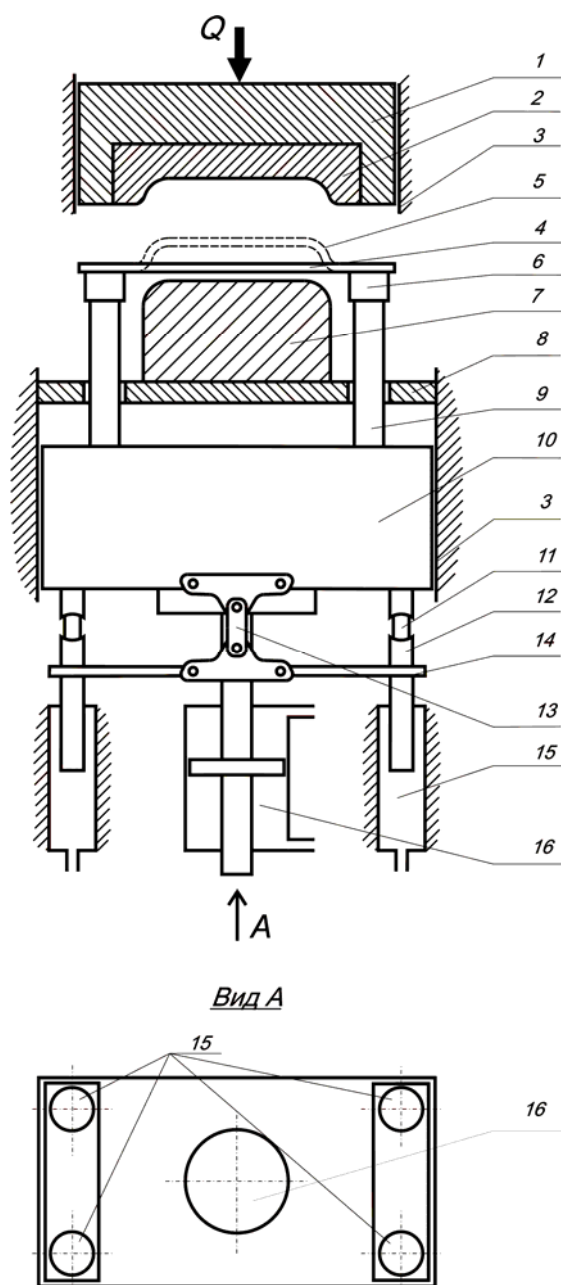


Рис. 2.1. Схема прессы Erfurt:

1 – матрицедержатель, 2 – матрица (подвижная), 3 – направляющие, 4 – заготовка, 5 – готовая деталь, 6 – прижимы, 7 – пуансон (неподвижный), 8 – нижняя неподвижная плита, 9 – штоки прижимов, 10 – подушка, 11 – соединительные штоки, 12 – плунжеры вытеснительных гидроцилиндров, 13 – соединительный механизм, 14 – ползушка, 15 – вытеснительные гидроцилиндры, 16 – центральный гидроцилиндр.

управления дистанционно с пульта оператора прессы. Усилие прижатия регулируется путем программируемого изменения давления в полостях вытеснительных цилиндров 15. Причем возможна индивидуальная настройка давления вытеснения в каждом отдельном гидроцилиндре.

Движение вверх матрицы 2 с матрицедержателем 1 происходит под действием усилия, передаваемого от ползуна, приводимого мощным электродвигателем. Немного отставая от матрицы, вверх поднимается также система прижимов 6 со штоками 9 и подушки 10. Движение этой системы вверх осуществляется путем подачи рабочей жидкости в нижнюю полость центрального гидроцилиндра от насосной станции высокого давления. Подушка 10, связанная через соединительный механизм 13 и ползушку 14 с плунжерами 12 вытеснительных гидроцилиндров 15, поднимает их вверх.

В верхнем положении подушка удерживается за счет запертого объема жидкости в нижней полости центрального гидроцилиндра 16.

Перемещение готовой детали осуществляется с помощью грейферной передачи.

3. ГИДРОПРИВОД КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гидравлический привод включает в себя:

- источник жидкости необходимого давления;
- рабочую жидкость;
- аппаратуру управления потоками жидкости;
- соединительные гидролинии;
- исполнительный механизм.

В кузнечно-прессовых машинах применяются в большинстве случаев гидроприводы, в которых исполнительный механизм (гидроцилиндр) является гидродвигателем поступательного движения.

Гидропривод широко используется в современных кузнечно-прессовых машинах благодаря следующим достоинствам /1/:

- 1) возможность обеспечения больших усилий на выходном звене исполнительного механизма;
- 2) компактность и небольшая масса по сравнению с механическими приводами;
- 3) возможность передачи движения и энергии при значительном расстоянии между входным (насос, пневмогидроаккумулятор) и выходным (исполнительный механизм) элементами привода с высоким коэффициентом полезного действия;
- 4) возможность бесступенчатого или дискретного регулирования скорости движения выходного звена в широких пределах;
- 5) простота контроля нагрузки и надежная защищенность от перегрузок;
- 6) простота автоматического управления в функции давления жидкости или пути выходного звена;
- 7) малая инерционность привода, благодаря чему разгон и торможение выходного звена происходят за короткое время.

Указанные достоинства гидропривода позволили существенно усовершенствовать технологические процессы в кузнечно-прессовом производстве. Так, например, на прессе с гидравлическим приводом появилась возможность изменения в широком диапазоне скоростного и силового режимов деформирования в соответствии с требованиями технологии. При этом достаточно просто реализуется контроль значения технологической нагрузки и скорости деформирования.

Использование гидропривода позволило создать прессы с несколькими исполнительными механизмами – многоползунные прессы для штамповки сложных изделий в штампах с несколькими плоскостями разъема.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА, СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ ГИДРОПРИВОДА ПРЕССА ERFURT

4.1. РАБОЧАЯ ЖИДКОСТЬ

Рабочая жидкость должна удовлетворять следующим требованиям /1/:

- 1) безопасность (нетоксичность, пожарная безопасность);
- 2) совместимость с материалами, из которых изготовлены детали, контактирующие с жидкостью;
- 3) смазывающая способность – жидкость должна образовывать устойчивые пленки на поверхностях пар трения;
- 4) вязкость жидкости не должна сильно уменьшаться при повышении температуры;
- 5) жидкость должна обладать антипенными свойствами, то есть не образовывать пены при перемешивании, которое всегда происходит во время движения жидкости в баке;
- 6) стабильность свойств – способность сохранять свойства на постоянном уровне в течение длительного срока эксплуатации;
- 7) невысокая стоимость.

В прессе Erfurt применяется нефтяное масло марки И-20А (ГОСТ 26799-88).

На работу гидропривода оказывают существенное влияние и антипенные свойства рабочей жидкости.

Плотность рабочей жидкости ρ (кг/м³) оказывает влияние на потерю давления Δp (Па) при течении жидкости через местные сопротивления:

$$\Delta p = \frac{\xi \rho V^2}{2};$$

где ξ - коэффициент сопротивления;

V - средняя скорость жидкости в сечении гидравлической линии за сопротивлением, м/с.

Плотность рабочих жидкостей растет с увеличением давления и уменьшается с увеличением температуры. При температуре 20⁰С и атмосферном давлении плотность минеральных масел составляет 850...900 кг/м³. Повышение давления от 0,1 МПа до 50МПа приводит к увеличению плотности на 3...5%, а повышение температуры от 2⁰С до 80⁰С – к ее уменьшению на 4...5%.

Зависимость плотности жидкости от температуры имеет вид:

$$\rho_t = \rho_1(1 - \alpha \Delta t),$$

где ρ_t, ρ_1 - плотность жидкости соответственно при температуре t и t_1 (⁰С);

α - температурный коэффициент объемного расширения жидкости, 1/⁰С;

$\Delta t = t - t_1$.

Для минеральных масел $\alpha \approx (7,5...8,5) \cdot 10^{-4}$ 1/⁰С.

Сжимаемость, или свойство жидкости изменять свой объем под действием давления, характеризуется коэффициентом объемного сжатия β_p (м²/Н), кото-

рый представляет собой относительное изменение объема, приходящееся на единицу давления, т. е.

$$\beta_p = -\frac{dV}{V} \frac{1}{dp}.$$

Знак минус в формуле обусловлен тем, что положительному приращению давления p соответствует отрицательное приращение (т. е. уменьшение) объема V .

Величина, обратная коэффициенту β_p , представляет собой модуль объемной упругости K . Для минеральных масел он равен приблизительно 1200...1400 МПа.

Вязкость – это свойство жидкости оказывать сопротивление сдвигу ее слоев относительно друг друга под действием касательной силы, обусловленной внутренним трением.

Минеральные масла относят к так называемым ньютоновым жидкостям, подчиняющимся Ньютону закону вязкого сдвига. Согласно этому закону касательное напряжение τ в жидкости зависит от ее рода и характера течения и при слоистом течении изменяется прямо пропорционально так называемому поперечному градиенту скорости (см. рис. 4.1):

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}.$$

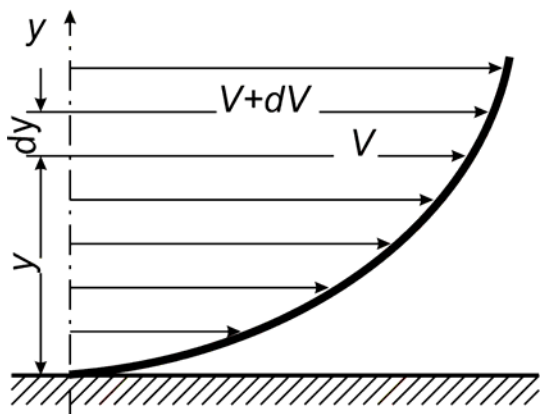


Рис. 4.1. Профиль скоростей при течении вязкой жидкости около стенки.

Коэффициент пропорциональности μ (Па·с) называют динамической вязкостью, или просто вязкостью.

Кинематической вязкостью ν ($\text{м}^2/\text{с}$) жидкости называется величина, определяемая формулой:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Кинематическую вязкость часто выражают в стоксах (Ст):

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Вязкость масел, используемых в гидроприводах прессов, находится в интервале 6...44 Ст при температуре 50°C и давлении 0,1 МПа.

4.2. ИСТОЧНИКИ ДАВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОПРИВОДЕ ПРЕССА ERFURT

Гидропривод пресса Erfurt имеет 2 независимые гидравлические подсистемы (см. раздел 5). Источником энергии в одной из них служит технологическая

пневматическая система наддува гидробаков. Источником энергии второй подсистемы является насосная станция фирмы RexRoth.

Таким образом, в первой подсистеме источник энергии – компрессорная станция – удален от пресса и не входит в его состав.

Насосная станция фирмы RexRoth (источник энергии второй подсистемы) состоит из ряда шестеренных насосов различной производительности.

Шестеренный насос относится к классу роторно-вращательных насосов, в которых рабочая камера ограничена поверхностями статора и ротора. Периодическое изменение объема камеры при вращении вала насоса обусловлено геометрией поверхностей статора и ротора.

Рабочая жидкость в насосах такого типа переходит из зоны всасывания в зону нагнетания, двигаясь вместе с ротором. Роторно-вращательные насосы – бесклапанные. Таким образом, благодаря простоте конструкции шестеренные насосы получили очень широкое распространение в качестве нерегулируемых насосов, применяемых для питания гидropередач небольшой мощности с дроссельным управлением.

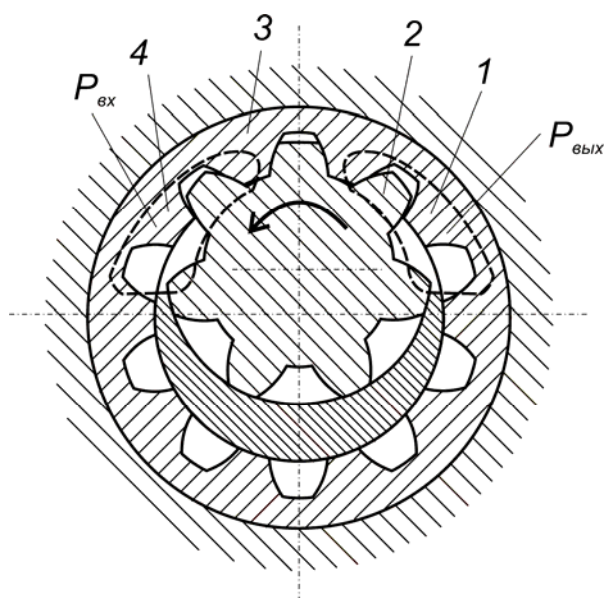


Рис. 4.2. Шестеренный насос с внутренним зацеплением.

В гидросистеме пресса Erfurt в качестве основного используется шестеренный насос фирмы RexRoth с внутренним зацеплением (рис. 4.2). Такие насосы имеют более высокие энергетические и массовые показатели по сравнению с шестеренными насосами с внешним зацеплением. Ведущей является внутренняя шестерня 2 с наружными зубьями. Подводящее 4 и отводящее 1 окна размещаются в боковых крышках корпуса. Охватывающая шестерня 3 с внутренними зубьями вращается в расточке корпуса, образуя с ним развитый подшипник скольжения, способный работать под большими нагрузками. В развитых подшипниках скольжения 6 и 7

(см. рис. 4.3) располагается и вал 8 ведущей шестерни. Охватывающая шестерня 3 опирается на секторный гидростатический подшипник 9, питаемый через отверстия 10 в шестерне 3. Подшипник расположен в зоне равнодействующей сил давления, нагружающий элемент 5 выполнен самоустанавливающимся.

К достоинствам шестеренных насосов с внутренним зацеплением следует отнести то, что при одинаковых рабочих объемах по размерам и массе они практически не уступают пластинчатым и значительно превосходят насосы с наружным зацеплением. При одинаковых габаритах шестеренные насосы с внутренним зацеплением обладают большей подачей, чем насосы с внешним

зацеплением. Кроме того, их преимуществом является симметричное расположение приводного вала относительно корпуса. Преимуществом шестеренных насосов с внутренним зацеплением перед пластинчатыми является отсутствие контактного трения, возникающего между пластинами и статором [2] и ограничивающего максимальное давление пластинчатого насоса. В насосе с внутренним зацеплением шестерни ориентированы подшипниками и всюду, кроме места зацепления, могут быть гарантированы зазоры, определяемые точностью изготовления. Если эта точность позволяет получать малые зазоры, то такие насосы способны работать с малыми утечками при давлениях, превосходящих пределы, доступные для пластинчатых гидромашин.

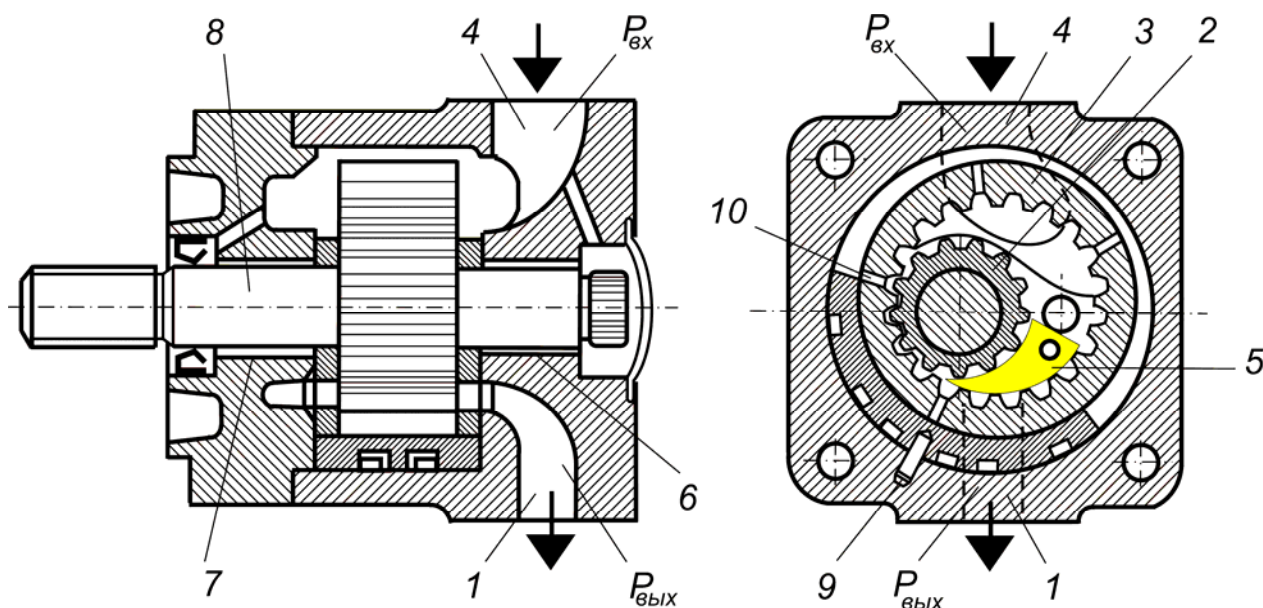


Рис. 4.3. Шестеренный насос с внутренним зацеплением и гидростатическим уравновешиванием радиальных сил.

К недостаткам шестеренных насосов следует отнести несколько большую сложность изготовления, а также то, что их напороспособность несколько ниже, чем у насосов с внешним зацеплением. Последнее объясняется тем, что путь переноса рабочих камер в этих насосах гораздо короче, чем в насосах с внешним зацеплением, а следовательно, меньше степень герметичности. Кроме того, при высоких давлениях фактором, ограничивающим давление насоса с внутренним зацеплением, становится работоспособность подшипников скольжения.

Все шестеренные насосы насосной станции имеют привод от электродвигателей постоянной частоты вращения. Частота вращения роторов всех насосов постоянная (нерегулируемая) и составляет 1450 об/мин. Основной насос, служащий для питания центрального гидроцилиндра, имеет мощность 55 кВт и производительность 116 л/мин. Максимальное давление на выходе из насоса ограничивается предохранительным клапаном и составляет 25,5 МПа.

Дополнительные насосы предназначены:

- а) для прокачки рабочей жидкости через водо-масляный теплообменник с целью охлаждения рабочей жидкости, сливаемой в гидробак. Насос нерегулируемый, мощность привода – 4 кВт, производительность – 100 л/мин;
- б) для прокачки рабочей жидкости через сепараторную установку с целью очистки масла. Мощность привода – 1,1 кВт, производительность – 17 л/мин.

4.3. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ В ГИДРОПРИВОДЕ ПРЕССА ERFURT

Исполнительные механизмы гидравлических прессов – это гидроцилиндры. В гидроприводе пресса Erfurt применяются гидроцилиндры 2 типов (рис. 4.4):

а) плунжерные гидроцилиндры – 4 вытеснительных цилиндра 15 (см. рис. 2.1) – являются силовыми устройствами одностороннего действия (см. рис. 4.4, а);

б) поршневой гидроцилиндр – центральный гидроцилиндр 16 (см. рис. 2.1) – силовое устройство в общем случае двухстороннего действия (см. рис. 4.4, б).

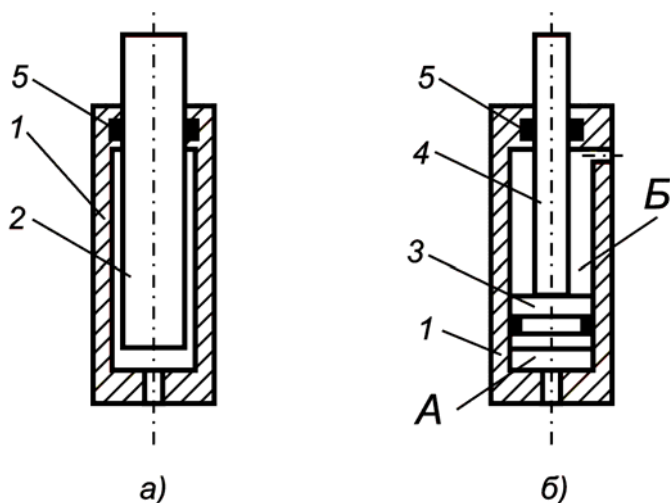


Рис. 4.4. Типы гидроцилиндров, применяемых в гидравлических прессах:

а – плунжерный; б – поршневой;

1 – цилиндр; 2 – плунжер; 3 – поршень;

4 – шток; 5 – уплотнительное устройство;

А – поршневая полость; Б – штоковая полость.

Вытеснительные гидроцилиндры плунжерного типа предназначены для обеспечения заданного усилия прижатия заготовки в процессе рабочего хода, которое регулируется величиной давления в полости цилиндра. При движении подушки 10 (см. рис. 2.1) вверх вслед за ней увлекаются и плунжеры 12 через соединительный механизм 13 и ползушку 14. Объем полости вытеснительного гидроцилиндра увеличивается и происходит ее заполнение рабочей жидкостью из гидробака

под давлением его наддува воздухом. Во время рабочего хода подушка 10, увлекаемая вниз силой давления ползуна, давит на плунжеры 12. В рабочей полости вытеснительных цилиндров создается высокое давление (порядка 12 МПа), поддерживаемое постоянным соответствующей аппаратурой управления за счет регулирования величины слива рабочей жидкости в гидробак. Данное давление (величину которого можно регулировать с пульта управления прес-

сом) и обеспечивает заданное усилие прижатия заготовки, гарантирующее исключение прорывов и складкообразования.

Центральный гидроцилиндр поршневого типа имеет 2 рабочие полости, независимые друг от друга. Нижняя полость соединена с насосной станцией (см. раздел 4.2). При ее заполнении под высоким давлением (20 МПа) от основного шестеренного насоса происходит подъем подушки 10 (см. рис. 2.1) вверх. При этом верхняя полость соединена со сливом. Во время рабочего хода нижняя полость соединяется со сливом, а верхняя полость заполняется жидкостью из гидробака под давлением его наддува сжатым воздухом.

4.4. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Аппаратура управления гидропривода может быть разделена на распределительную, регулирующую и защитную.

Распределительная аппаратура обеспечивает распределение потоков рабочей жидкости в соответствии с циклом работы машины. К ней относятся клапанные и золотниковые распределители, а также клапаны, пропускающие жидкость только в одном направлении – так называемые обратные клапаны и некоторые специальные устройства на их базе (поддерживающие клапаны и гидрозамки).

В гидроприводах, где в качестве рабочей жидкости применяют минеральное или синтетическое масло, используют золотниковые распределители. Вместо термина «золотниковый распределитель» иногда используется термин «золотник». В этом случае под словом «золотник» понимают как распределитель в сборе, так и запорно-регулирующий элемент распределителя. Принцип действия распределителя поясняется схемой, приведенной на рис. 4.5. Данный распределитель предназначен для управления движением жидкости по четырем гидролиниям. В корпусе 1 запрессована втулка 2, в которой с возможностью относительного осевого перемещения установлен золотник (плунжер) 3. Плунжер 3 расчленен на запорно-регулирующие звенья 4, 5 и 6. Втулка 2 имеет окна, которые соединены с каналами I-IV, предназначенными для подвода и отвода жидкости. Канал I соединяют с источником жидкости высокого давления, канал II – с линией слива, каналы III и IV – с полостями, например, поршневого гидроцилиндра, управляемого данным распределителем. В нейтральном положении, показанном на рис. 4.5, запорно-регулирующие звенья 4, 5 и 6 перекрывают каналы I и II. Таким образом, каналы III и IV отсоединены от напорной и сливной линий. В крайнем левом положении золотника канал III будет соединен со сливом, а канал IV – с насосом. В крайнем правом положении канал III будет соединен с насосом, а канал IV со сливом.

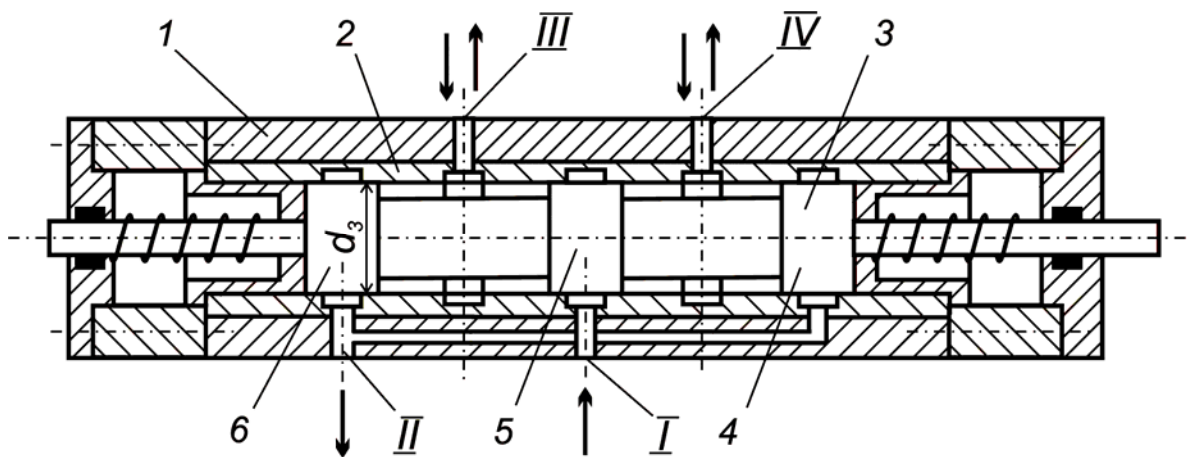


Рис. 4.5. Золотниковый распределитель.

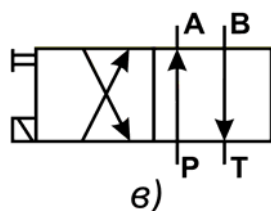
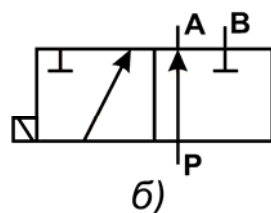
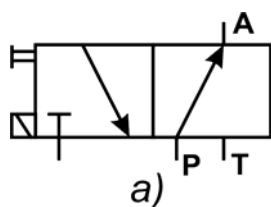


Рис. 4.6. Условные обозначения двухпозиционных золотниковых распределителей.

Схемы распределения потоков жидкости золотниковыми распределителями, используемыми в гидросистеме пресса Erfurt, представлены на рис. 4.6. Двухпозиционные распределители а) и б) относятся к трехходовым золотникам; в) – к четырехходовым.

У золотникового распределителя рис. 4.6,а потребитель *A* подключается либо к напорной линии *P* (в правом положении золотника), либо к линии слива *T* (в левом положении золотника).

Золотниковый распределитель рис. 4.6,б имеет 2 рабочих положения. В правом положении золотника потребитель *A* соединен с напорной линией *P*; окно подвода жидкости к потребителю *B* перекрыто соответствующей кромкой золотника. В левом положении к напорной линии *P* подключается потребитель *B*; каналы потребителя *A* перекрыты.

У четырехходового распределителя рис. 4.6,в в правом положении золотника напорная линия *P* подсоединена к потребителю *A*, линия потребителя *B* соединена со сливом *T*. В левом положении к напорной линии *P* подключается потребитель *B*, потребитель *A* соединяется со сливом.

Перемещение золотников осуществляется при помощи электромагнитов. Кроме того в распределителях рис. 4.6, а и в предусмотрена возможность перемещения золотника вручную.

Обратные клапаны предназначены для пропускания жидкости в одном направлении. Они самоуправляемы, т. е. их состояние – открытое или закрытое –

зависит от направления потока жидкости. Обратные клапаны выполняют с шариковым, тарельчатым, золотниковым и коническим запирающими элементами. Шариковые обратные клапаны применяют в гидросистемах с небольшими расходами. При больших расходах рациональней использовать конические клапаны, которые имеют меньшие габариты. Схема обратного конического клапана показана на рис. 4.7. Условное обозначение обратного клапана на принципиальной схеме гидросистемы представлено на рис. 4.8. Пружина предназначена для ускорения посадки клапана на седло при «запрещенном» направлении потока.

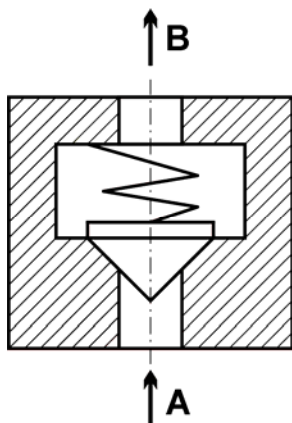


Рис. 4.7. Схема обратного клапана.



Рис. 4.8. Условное обозначение обратного клапана:
а) нагруженный пружиной;
б) ненагруженный.

В некоторых случаях необходимо применять управляемые обратные клапаны, т. е. гидрозамки, которые позволяют запираеть систему, а при необходимости пропускать жидкость в обоих направлениях. Такие клапаны применяют, например, при удержании грузоподъемного устройства длительное время под нагрузкой с отключенным насосом, при необходимости поддерживать постоянное давление в системе с отключенным насосом, для надежного предохранения гидроцилиндра от перемещения при изменении направления приложения

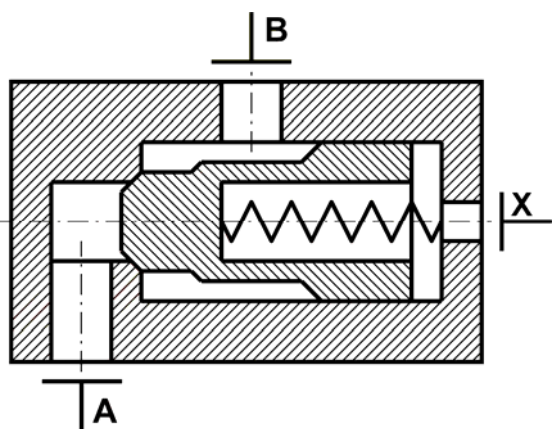


Рис. 4.9. Схема гидрозамка.

внешней нагрузки. Гидрозамки (рис. 4.9) представляет комбинацию обратного клапана и клапанного распределителя с гидравлическим управлением. Условное обозначение гидрозамка на принципиальной схеме гидросистемы показано на рис. 4.10. Для разъединения линий А и В необходимо в полость поршня подать жидкость под достаточным давлением (например, под давлением в линии В) через линию управления Х.

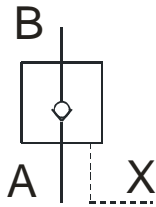


Рис. 4.10. Условное обозначение гидрозамка.

ку клапана относительно седла, и пружину 2 (чаще с опорным шарниром 1), размещенные в корпусе 4. К камере 5 корпуса присоединены подводящий 8 и отводящий 9 каналы. Запорно-регулирующий элемент 6 прижат к седлу 7 пружиной 2, которая при сборке клапана нагружена значительным начальным усилием. Канал 8 соединен с напорной линией, а канал 9 – со сливной. При достижении расчетного давления запорно-регулирующий элемент 6 отжимается и канал 8 соединяется со сливом. Условное обозначение предохранительного клапана на принципиальной схеме гидросистемы представлено на рис. 4.12.

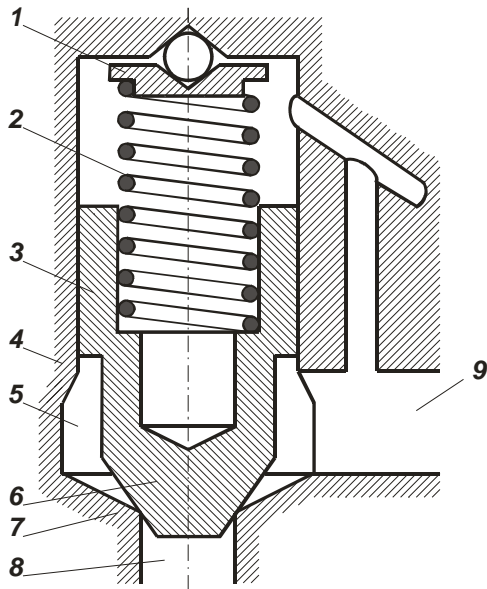


Рис. 4.11. Предохранительный клапан прямого действия.

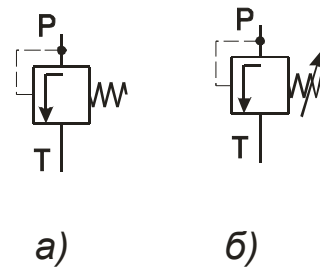


Рис. 4.12. Условное обозначение предохранительного клапана: а) с фиксированной настройкой, б) регулируемый.

Регулирующую аппаратуру можно разделить на два класса: 1) аппаратуру управления давлением жидкости и 2) аппаратуру управления расходом жидкости.

Аппаратура управления расходом жидкости в гидросистеме пресса Erfurt представлена блоком «демпфирования конечных положений». Он предназначен для уменьшения скорости подъема подушки 10 (см. рис. 2.1) при приближении ее к крайнему верхнему положению за счет уменьшения количества жидкости, поступающей в подпоршневую полость центрального гидроцилиндра 16. Это осуществляется делением потока жидкости, нагнетаемой насосной станцией RexRoth (см. раздел 4.2) с постоянной подачей, на два потока, один из которых направляется в подпоршневую полость центрального цилиндра 16, а другой – на слив. Изменение соотношения расходов в двух потоках достигается при помощи дросселя поэтому такое регу-

лирование скорости называется дроссельным. Дроссель, или дроссельный клапан, представляет собой местное гидравлическое сопротивление, устанавливаемое в одной из гидравлических линий (в рассматриваемой гидросистеме пресса Erfurt – в линии слива надпоршневой полости центрального гидроцилиндра). Коэффициент сопротивления дросселя, а, следовательно, перепад давлений и расход жидкости, проходящей через дроссель, могут бесступенчато регулироваться в широких пределах путем изменения площади проходного сечения. Стоимость гидропривода с дроссельным регулированием ниже, чем с объемным благодаря использованию менее дорогих насосов с постоянной подачей. Недостаток дроссельного регулирования – пониженный КПД гидропривода из-за того, что часть нагнетаемой насосом жидкости высокого давления вытесняется в бак и, следовательно, не совершает полезной работы. На рис. 4.13 показан дроссельный клапан осевого типа (стрелки показывают направление движения жидкости). Если в полостях 3 и 4 клапана отсутствует командное давление $P_{ком1}$ или $P_{ком2}$, то дроссель 1 под действием пружины 2 занимает положение, отвечающее наибольшей площади проходного сечения. При подаче командного давления $P_{ком2}$ в полость 4 дроссель 1 смещается влево от исходного положения, уменьшая площадь проходного сечения. Подача командного давления $P_{ком1}$ в полость 3 приводит к увеличению площади проходного сечения и расхода рабочей жидкости через клапан. Принципиальная схема блока демпфирования конечных положений представлена на рис. 4.14. Данный блок состоит из командного золотника 1 и исполнительного золотника 2. Исполнительный золотник 2 является двухпозиционным двухходовым. Через него проходит вся рабочая жидкость из надпоршневой полости центрального цилиндра на слив. При переводе золотника в положение, соответствующее меньшей площади проходного сечения, давление в надпоршневой полости центрального цилиндра возрастает. При этом в напорной линии насосной установки, подающей жидкость в подпоршневую полость центрального цилиндра, также увеличивается давление вследствие появления существенного противодействия рабочей жидкости в надпоршневой полости. Это сопровождается увеличением слива в гидробак через предохранительный клапан на выходе шестеренного насоса. Таким образом, подача рабочей жидкости в подпоршневую полость центрального цилиндра, обеспечивающая подъем поршня, уменьшается, что соответствует снижению скорости подъема подушки при приближении ее к верхней мертвой точке. Трехпозиционный четырехходовой командный золотник 1 управляет состоянием исполнительного золотника 2. Подвод к нему рабочей жидкости осуществляется по линии P (см. рис. 4.14) от насосной станции. По линии T он соединен со сливом. Управление командным золотником осуществляется электрическим сигналом, вырабатываемым электронной системой управления прессом и подаваемым на электромагнит 3. Данный электрический сигнал подается на электромагнит 3 только при замыкании контактов соответствующего реле системы измерения пути подушки, которое происходит при приближении ее к крайнему верхнему положению. Другим условием подачи электрического сигнала на электромагнит 3 является положительное значение величины ($P_{зад}$ –

$P_{цил}$), где $P_{зад}$ – заданное значение давления в надпоршневой полости центрального цилиндра, задаваемое электронной системой управления прессом, $P_{цил}$ – замеренная датчиком электронной системы величина давления в полости гидроцилиндра.

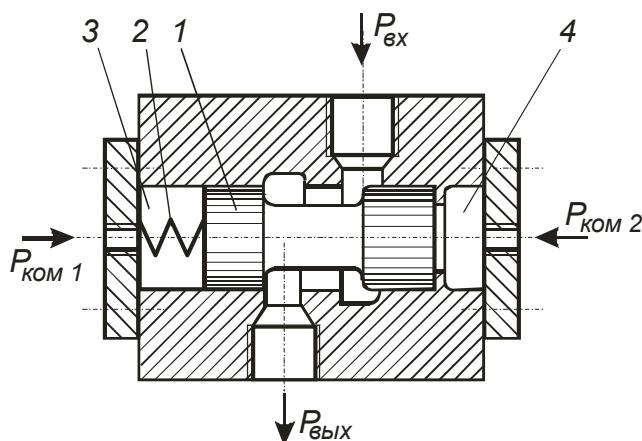


Рис. 4.13. Дроссельный клапан осевого типа.

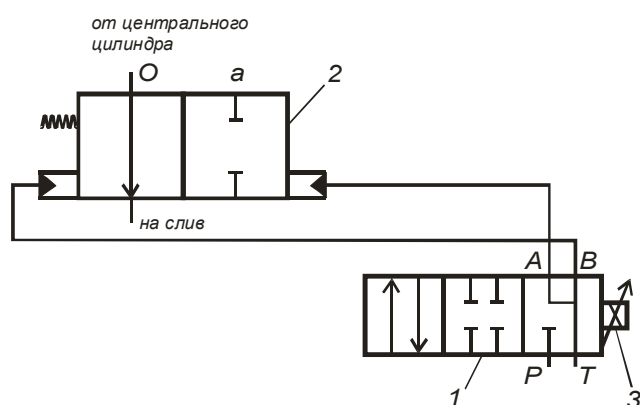


Рис. 4.14. Принципиальная схема блока демпфирования конечных положений.

Четырехпозиционный четырехходовой командный золотник 1 управляет состоянием исполнительного золотника. Подвод к нему рабочей жидкости осуществляется по линии P (см. рис. 4.15) от насосной станции (см. раздел 4.2). По линии T он соединен со сливом. Управление командным золотником осуществляется электрическим сигналом, вырабатываемым электронной системой управления прессом и подаваемым на электромагнит 3. Величина данного электрического сигнала прямо пропорциональна давлению в полости вытеснительного цилиндра, регистрируемого соответствующим датчиком.

Блок регулировки давления вытеснения имеет два режима: ждущий и следящий.

Аппаратура управления давлением жидкости в гидросистеме пресса Erfurt представлена блоком «регулирования давления вытеснения» в вытеснительном цилиндре. Он предназначен для поддержания заданного давления в полости вытеснительного цилиндра при рабочем ходе пресса, которое обеспечивает необходимое усилие прижима металлического листа (заготовки) к матрице и исключает складкообразование. Принципиальная схема блока регулировки давления вытеснения представлена на рис. 4.15. Данный блок состоит из командного золотника 1 и исполнительного золотника 2. Исполнительный золотник 2 является двухпозиционным двухходовым. Через него проходит вся рабочая жидкость из вытеснительного цилиндра на слив. Регулировка давления в вытеснительном цилиндре осуществляется изменением площади проходного сечения, пропускающего поток жидкости на слив.

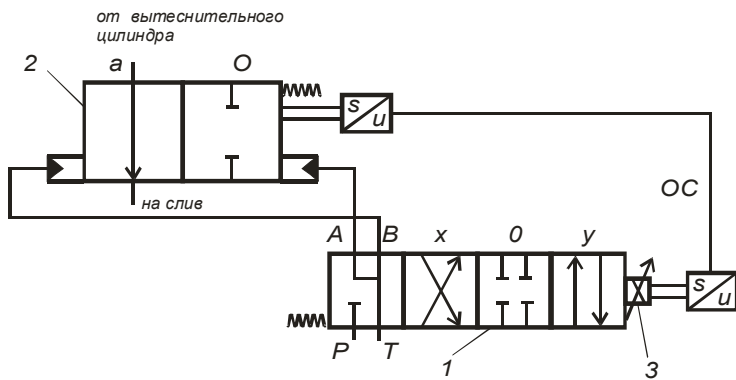


Рис. 4.15. Принципиальная схема блока регулирования давления вытеснения.

цилиндра). Электрический сигнал на реле командного золотника 1 не подается и его каналы (*A* и *B*) соединены со сливом. Также со сливом соединены полости 3 и 4 (см. рис. 4.16) исполнительного золотника (через каналы командного золотника). Под действием пружины 2 золотник находится в крайнем левом положении, перекрывая своими кромками канал от вытеснительного цилиндра. Поток жидкости из вытеснительного цилиндра на слив отсутствует.

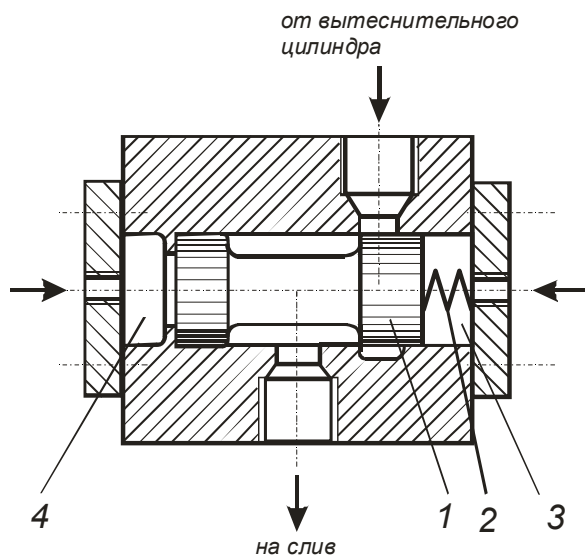


Рис. 4.16. Схема исполнительного золотника блока регулирования давления вытеснения.

При движении подушки вниз под действием усилия от ползуна система измерения пути выдает электрический сигнал на электромагнит 3 командного золотника 1 (см. рис. 4.15), что переводит его в положение 0. При этом каналы *A* и *B* командного золотника 1 отсоединяются как от линии нагнетания, так и от линии слива. Полости 3 и 4 исполнительного золотника (см. рис. 4.16) заперты. При движении командного золотника 1 в положение 0 он на некоторое время занимает положение *x* (см. рис. 4.15). Жидкость под давлением от насосной станции поступает в канал *B* и в левую полость исполнительного золотника 2. Исполнительный золотник 1 (см. рис. 4.16) за это время перемещается на некоторое расстояние вправо, незначительно приоткрывая проходное сечение, через которое полость вытеснительного цилиндра соединяется со сливом. После того, как командный золотник занимает положение 0 и полости 3 и 4 исполнительного золотника оказываются запертыми, сам золотник 1 остается в положении, соответствующем некоторому минимальному открытому проход-

Ждущий режим реализуется либо когда вытеснительный цилиндр заполняется рабочей жидкостью при движении подушки вверх, либо когда подушка находится в верхнем мертвом положении. При этом давление в полости вытеснительного цилиндра мало и приблизительно равно давлению наддува гидробака (компенсирующего

цилиндра). Ждущий режим реализуется либо когда вытеснительный цилиндр заполняется рабочей жидкостью при движении подушки вверх, либо когда подушка находится в верхнем мертвом положении. При этом давление в полости вытеснительного цилиндра мало и приблизительно равно давлению наддува гидробака (компенсирующего

ному сечению. Это необходимо для исключения значительных забросов давления при соприкосновении ползуна и подушки вследствие имеющейся инерционности системы регулирования. После соприкосновения матрицы с пуансоном возникает усилие на штоках вытеснительных цилиндров, что приводит к росту давления в полости гидроцилиндра. Усиленный электрический сигнал с датчика давления поступает на электромагнит 3 командного золотника 1 (см. рис. 4.15). Золотник 1 переводится в положение *x*. Жидкость под давлением от насосной станции поступает в канал **B** и в левую полость исполнительного золотника. Правая полость командного золотника через канал **A** соединяется со сливом. Золотник 1 (см. рис. 4.16) начинает перемещаться вправо, открывая расход жидкости из полости вытеснительного цилиндра на слив. Давление в вытеснительном цилиндре уменьшается. При уменьшении давления в вытеснительном цилиндре до величины ниже заданного значения, процесс регулирования происходит в обратном порядке. Командный золотник 1 (см. рис. 4.15) переводится в положение *y*. Левая полость исполнительного золотника 2 через канал **B** соединяется со сливом. В правую полость исполнительного золотника 2 через канал **A** поступает рабочая жидкость под давлением от насосной станции. Золотник 1 (см. рис. 4.16) перемещается влево, уменьшая площадь проходного сечения и расход жидкости из вытеснительного цилиндра. Давление в вытеснительном цилиндре начинает увеличиваться. Недостатком данной системы регулирования является то, что командный золотник 1 (см. рис. 4.15) переводится в новое положение только тогда, когда давление в вытеснительном цилиндре уменьшится до величины, меньшей заданного значения. Вследствие некоторой инерционности исполнительного золотника 2 заданное значение давления как бы «проскакивается», в результате чего переходный процесс получается длительным и колебательным. Для исключения данного недостатка в блок регулирования давления вытеснения введена электрическая местная отрицательная обратная связь ОС по положению исполнительного золотника. Эта обратная связь через электромагнит 3 командного золотника 1 изменяет скорость движения исполнительного золотника 2 и тем самым улучшает качество переходных процессов.

4.5. ПИТАТЕЛЬНЫЕ БАКИ, ТРУБОПРОВОДЫ, ИХ СОЕДИНЕНИЯ

Как уже отмечалось выше, гидропривод пресса Erfurt состоит из 2 независимых гидравлических систем: насосной системы (источником энергии в которой служит насосная станция) и системы, наддуваемой давлением воздуха из технологической пневматической системы цеха. Соответственно в гидроприводе имеется две группы гидробаков:

- 1) гидробак насосной системы подачи (объем $V = 1000$ л);
- 2) два гидробака, наддуваемые давлением воздуха (объем каждого $V = 1000$ л). Эти гидробаки называются компенсирующими цилиндрами, так как

конструктивно (из соображений экономии производственной площади) они выполнены в форме вертикально расположенных цилиндров.

Гидробаки предназначены для заливки рабочей жидкости в объеме, обеспечивающем нормальную работу гидропривода. Объем жидкости в баке определяется по соотношению:

$$V_{\delta} = (200...300)Q_{НАС}$$

где V_{δ} - объем жидкости, соответствующей ее верхнему уровню, м^3 ;

$Q_{НАС}$ - подача одновременно работающих насосов, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для увеличения жесткости бака предусмотрены перегородки.

Одним из наиболее распространенных элементов гидропривода являются трубопроводы. Различают трубопроводы низкого давления ($P \leq 1,6$ МПа) и высокого давления ($P \geq 5$ МПа). Скорость движения жидкости (масла) в трубопроводах низкого давления не должна превышать 2,5...3 м/с, а в трубопроводах высокого давления – 5...6 м/с. Такое различие допустимых значений скорости объясняется тем, что при движении жидкости с большой скоростью по трубопроводу низкого давления потери давления ΔP , пропорциональные квадрату скорости жидкости, могут оказаться соизмеримыми со значением давления в трубопроводе.

Разъемные соединения трубопроводов различают двух видов: фланцевые и с накидными гайками.

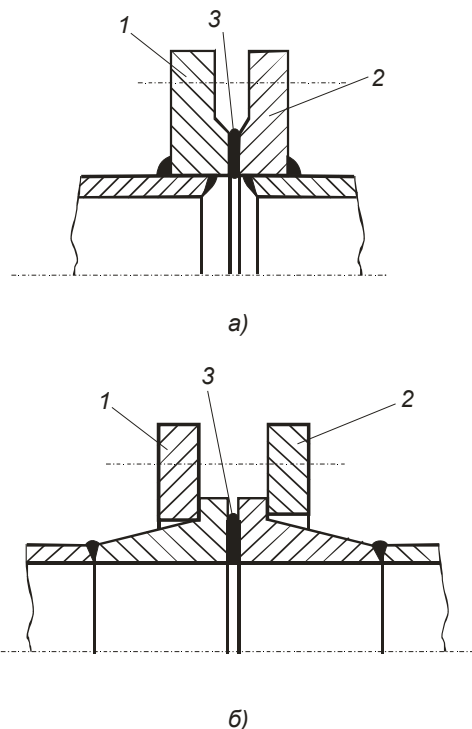


Рис. 4.17. Фланцевые соединения трубопроводов низкого давления.

На рис. 4.17 показаны варианты фланцевых соединений, применяемых в трубопроводах низкого давления. Уплотнительные прокладки 3 из меди или алюминия деформируются при затяжке болтового соединения, стягивающего фланцы 1 и 2.

В соединениях трубопроводов высокого давления (см. рис. 4.18) прокладка размещается в кольцевом объеме, образованном выступом и впадиной на соединяемых деталях. В варианте, показанном на рис. 4.18, в место прокладки применена так называемая самоустанавливающаяся линза. Линза выполняется из того же материала, что и соединяемые трубопроводы. Преимущество линзового соединения – возможность небольшого относительного поворота соединяемых трубопроводов, что позволяет уменьшить величину монтажных напряжений.

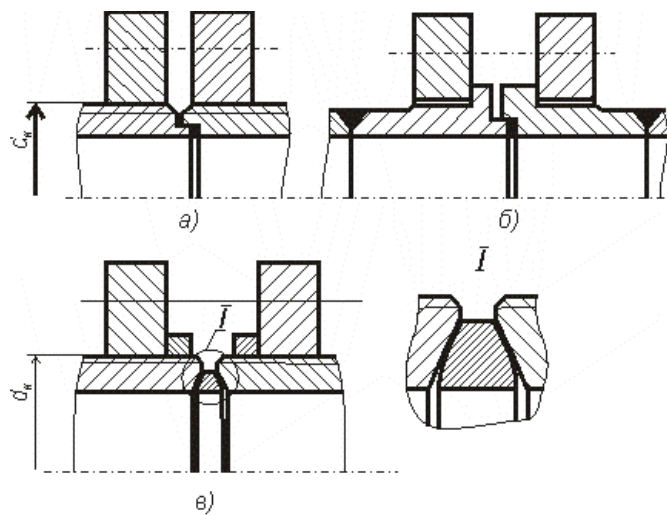


Рис. 4.18. Фланцевые соединения трубопроводов высокого давления:
 а) с установкой фланцев на резьбе;
 б) с установкой на приваренных штуцерах (переходниках);
 в) линзовое соединение.

На рис. 4.19 показана конструкция соединения с накидной гайкой, используемого при давлении до 32 МПа. К одному из соединяемых трубопроводов приварен штуцер 1, к другому – ниппель 2. Между ними расположена медная или алюминиевая прокладка 3. Необходимое контактное давление обеспечивается осевой силой при затяжке накидной гайки 4. Из-за того, что при больших размерах соединения требуется значительная величина момента затяжки накидной гайки, вызывающая затруднения при сборке, соединения данного типа применяются при диаметре трубопроводов $d_H \leq 48$ мм.

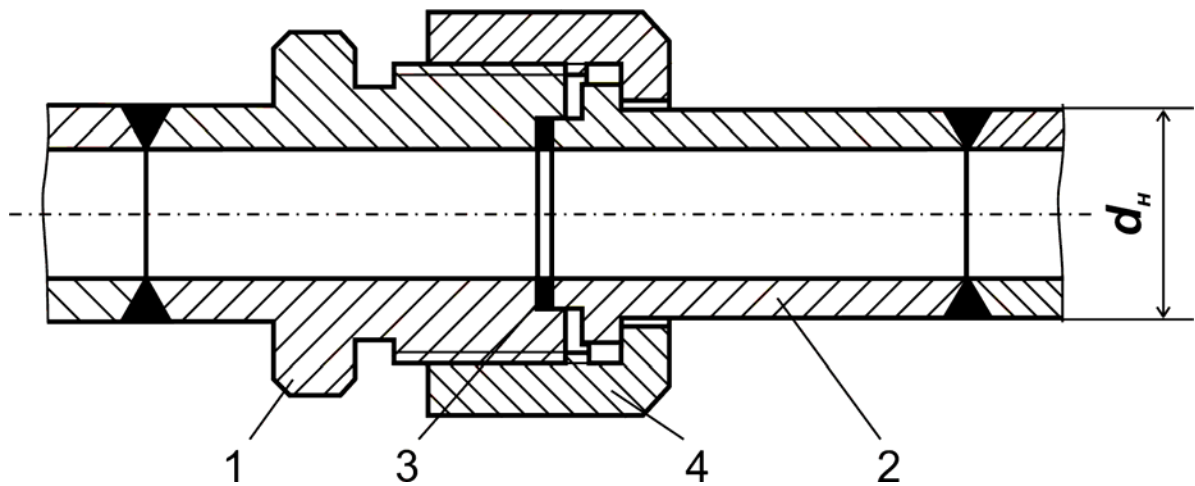


Рис. 4.19. Трубное соединение с накидной гайкой.

5. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДА ПРЕССА ERFURT

Работу гидропривода целесообразно рассмотреть совместно с основными этапами движения элементов пресса Erfurt. Функциональная диаграмма представлена на рис. 5.1. Она показывает изменение положения и состояния основных элементов пресса и гидропривода во времени в течение рабочего цикла. Принципиальная схема гидропривода представлена на рис. 5.2-5.5.

Как уже отмечалось выше, гидравлическая система пресса Erfurt состоит из двух независимых подсистем. Одна из них, имеющая источником энергии насосную станцию RexRoth, обеспечивает подачу и слив жидкости из подпоршневой полости центрального гидроцилиндра 16 (см. рис. 2.1). Данная подсистема предназначена для подъема подушки 10. Вторая подсистема содержит два гидробака (компенсирующих цилиндра), наддуваемых давлением воздуха из технологической пневмосистемы завода. Она обеспечивает подачу и слив жидкости из вытеснительных цилиндров 15 и надпоршневой полости центрального цилиндра 16. Данная подсистема предназначена для создания заданной регулируемой величины прижатия заготовки 4 к матрице 2 и матрицедержателю 1 при рабочем ходе пресса за счет управления давлением рабочей жидкости в полости вытеснительных цилиндров 15.

Рассмотрим схему и принцип действия насосной станции фирмы RexRoth (см. рис. 5.2). Гидробак насосной станции состоит из трех отдельных камер разделенных перегородками:

- всасывающей камеры, из которой производится забор рабочей жидкости на питание подпоршневой полости центрального цилиндра и всех командных золотников;
- камеры обратного хода, в которую производится слив рабочей жидкости из подпоршневой полости центрального цилиндра и из командных золотников;
- полости для дополнения, которая заполняется рабочей жидкостью через горловину 1.

Заливаемая жидкость проходит через фильтр 2 с тонкостью фильтрации 25 мкм. В заливной горловине предусмотрен сапун 3 для удаления воздуха из полости для дополнения.

В полости для дополнения размещен уровнемер 4 с сигнализаторами минимального 5 (80 л) и максимального 6 (100 л) уровней рабочей жидкости. При уменьшении уровня до величины, отвечающей объему 80 л, на пульте управления прессом загорается красная лампа «Минимальный уровень в полости для дополнения». При увеличении уровня до величины, отвечающей объему 100 л, на пульте управления прессом загорается лампа «Максимальный уровень в полости для дополнения».

Масло из полости для дополнения перекачивается в камеру обратного хода посредством насоса 7 сепараторной установки, предназначенной для тонкой очистки рабочей жидкости. Насос 7 и центрифуга 8 сепараторной установки имеют общий электропривод 9. Во всасывающей магистрали сепараторной установки размещены кран 10 и дополнительный фильтр 11. Предельное давле-

ние рабочей жидкости на выходе насоса сепараторной установки ограничивается регулируемым предохранительным клапаном 12, перепускающим в случае необходимости масло на вход насоса. Жидкость с выхода насоса поступает в подогреватель масла 15 через кран 13 и обратный клапан 14. Подогреватель 15 предназначен для повышения эффективности очистки масла в центрифуге 8 путем снижения вязкости жидкости. На участке между обратным клапаном 14 и подогревателем 15 расположены датчик температуры рабочей жидкости 16 с сигнализатором 17, выдающим сигнал на отключение нагревательного элемента в подогревателе 15 при температуре масла 75°C и выше; дополнительный регулируемый предохранительный клапан 18, предназначенный для резервного дублирования клапана 12; кран 19 для слива рабочей жидкости на выходе из насоса 7. Управление потоком жидкости, прошедшей через подогреватель 15, осуществляется трехходовым двухпозиционным золотниковым распределителем 20 с электроприводом. При отсутствии электрического сигнала на контактах электромагнита золотник под действием пружины занимает положение *b*. При этом весь поток рабочей жидкости с выхода насоса 7 направляется на очистку в центрифугу 8 сепараторной установки. При подаче электрического сигнала на электромагнит золотник 20 занимает положение *a* и пропускает поток масла с выхода насоса 7 через обратный клапан 21 в камеру обратного хода, минуя центрифугу 8. На входе центрифуги 8 установлен датчик температуры рабочей жидкости с указателем 22, а на выходе манометр 23. Очищенная жидкость с выхода центрифуги через кран 24 и обратный клапан 25 поступает в камеру обратного хода. Предусмотрена возможность слива очищенного масла с выхода центрифуги 8 во внешнюю емкость при открытии крана 26.

Слив жидкости из полости для дополнения в случае необходимости может осуществляться при открытии крана 27.

В камеру обратного хода производится слив рабочей жидкости из подпоршневой полости центрального цилиндра, командных золотников и от предохранительных клапанов напорной магистрали основного шестеренного насоса 35. Заполнение камеры обратного хода осуществляется очищенным маслом из сепараторной установки по сигналу от датчика уровня 33 и сигнализатора 34 минимального уровня рабочей жидкости ($V_{min} = 200 л$). Во всасывающую камеру рабочая жидкость перекачивается насосом 28 с электроприводом 29 через водомасляный теплообменник 30. На выходе из насоса 28 установлен регулируемый предохранительный клапан 31, осуществляющий перепуск рабочей жидкости в камеру обратного хода при превышении заданной максимальной величины давления. Подача охлаждающей воды к теплообменнику 30 осуществляется золотниковым распределителем 32 с электроприводом, управляемым по сигналу от сигнализатора 45 температуры масла во всасывающей камере.

Слив жидкости из камеры обратного хода в случае необходимости может осуществляться при открытии крана 36.

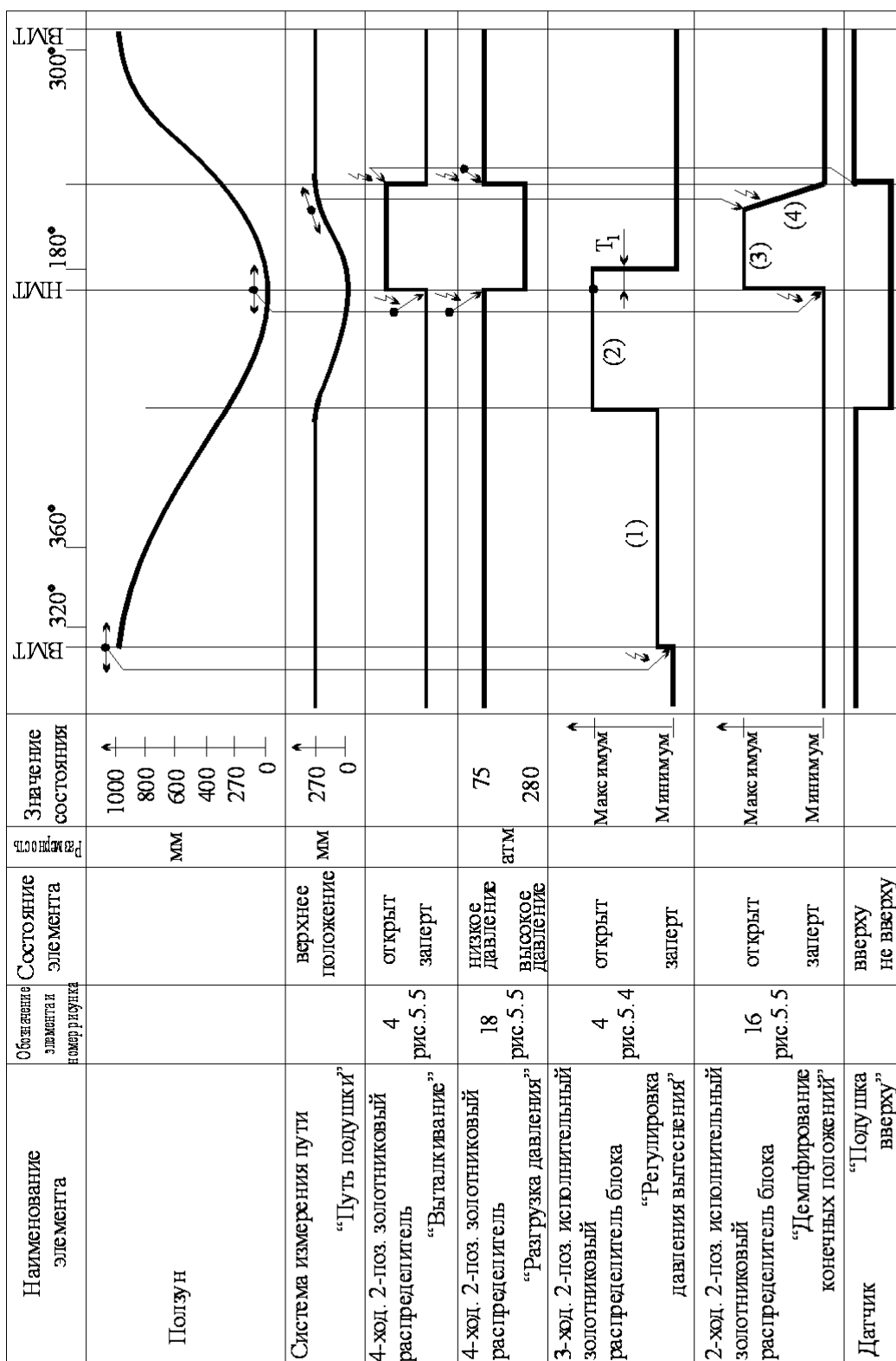


Рис. 5.1. Функциональная диаграмма прессы Erfurt.

ВМТ – крайнее верхнее положение ползуна; НМТ – крайнее нижнее положение ползуна;

(1) – приоткрытое положение исполнительного золотникового распределителя блока «Регулировка давления вытеснения»; (2) – регулировка давления вытеснения; (3) – форсированный подъем подушки; (4) – демпфирование конечных положений; T_1 – время снижения давления.

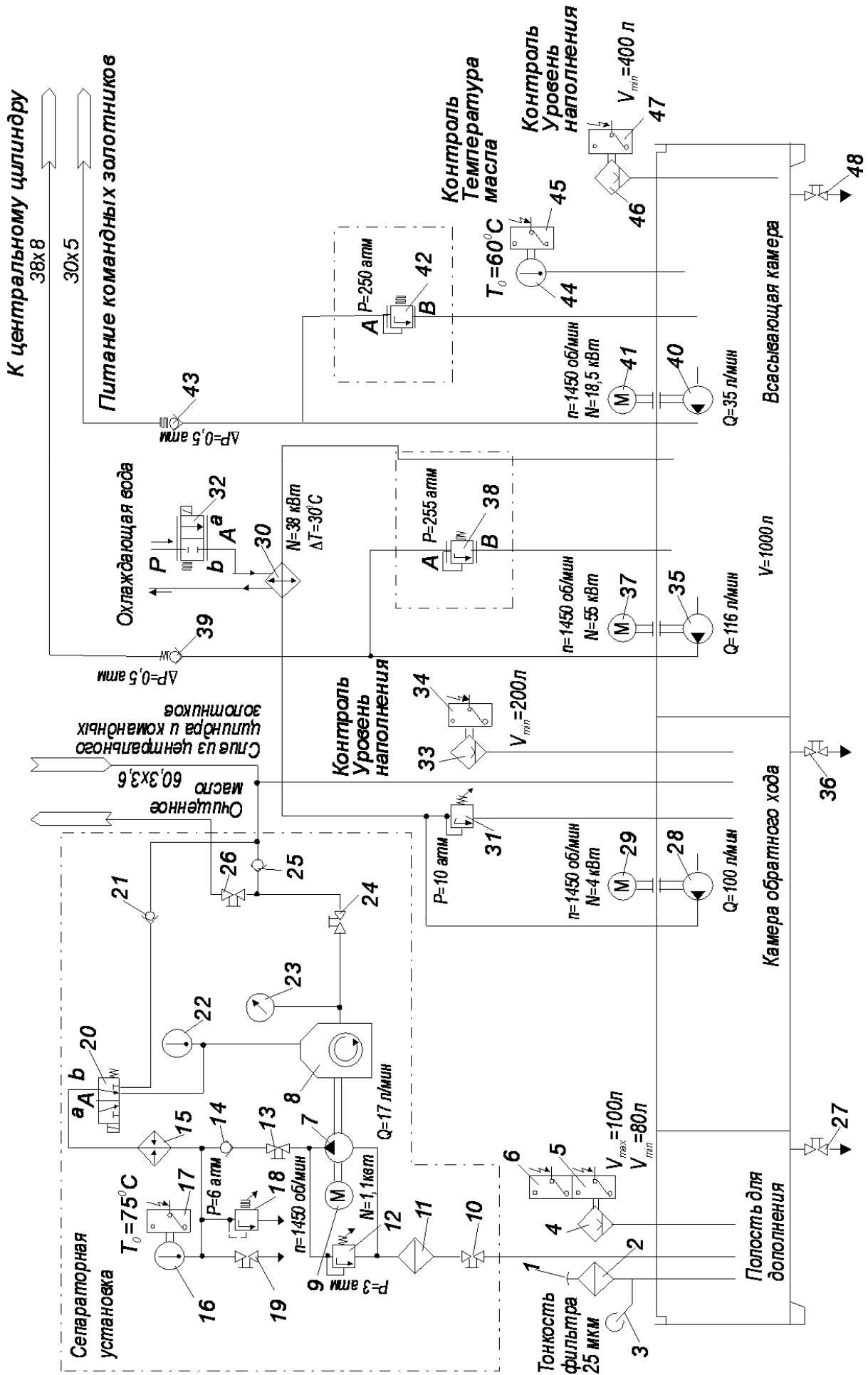


Рис. 5.2. Схема насосной станции фирмы RexRoth.

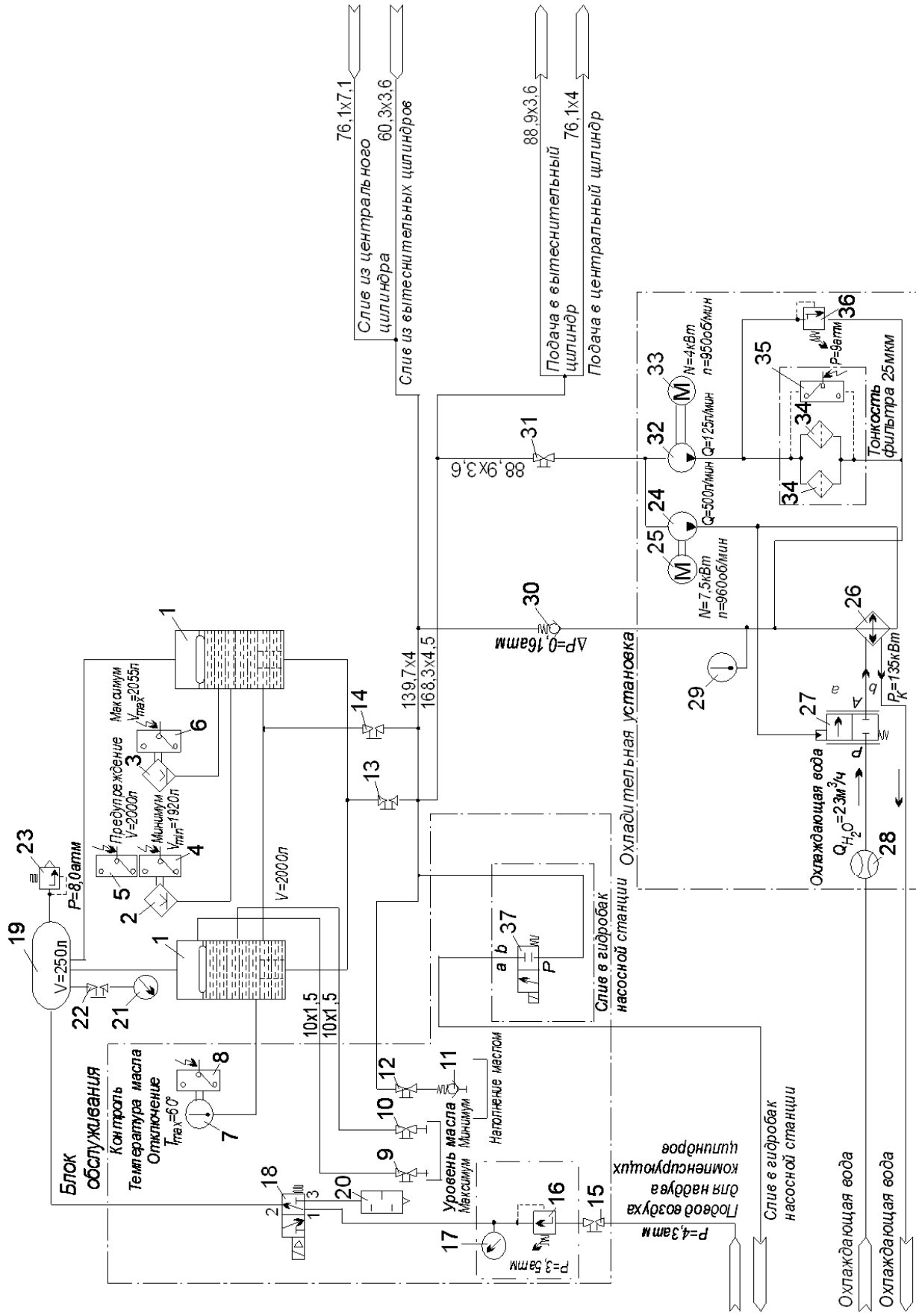


Рис. 5.3. Схема автономной гидросистемы гидропривода пресса Erfurt.

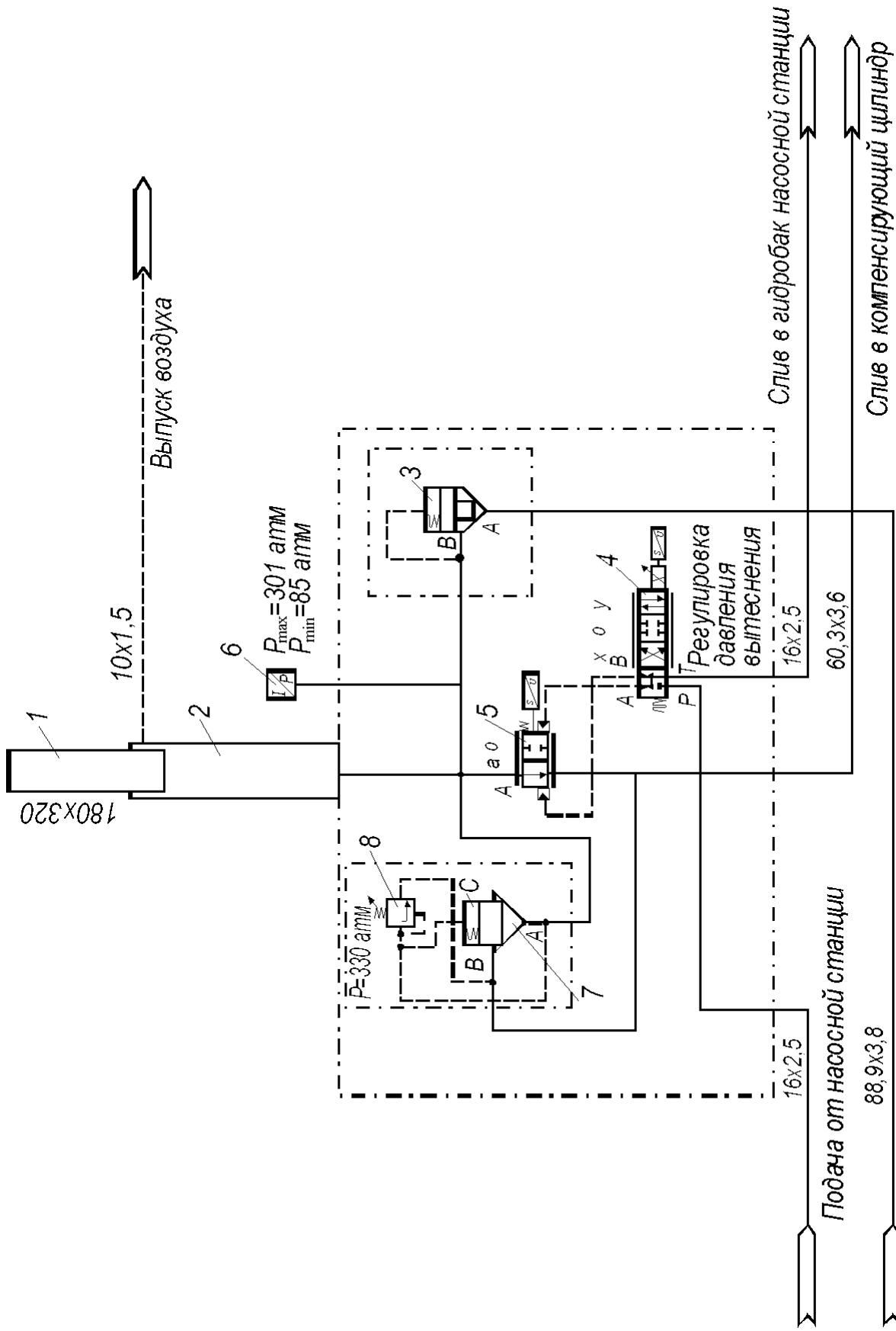


Рис. 5.4. Схема подсистемы вытеснительного цилиндра.

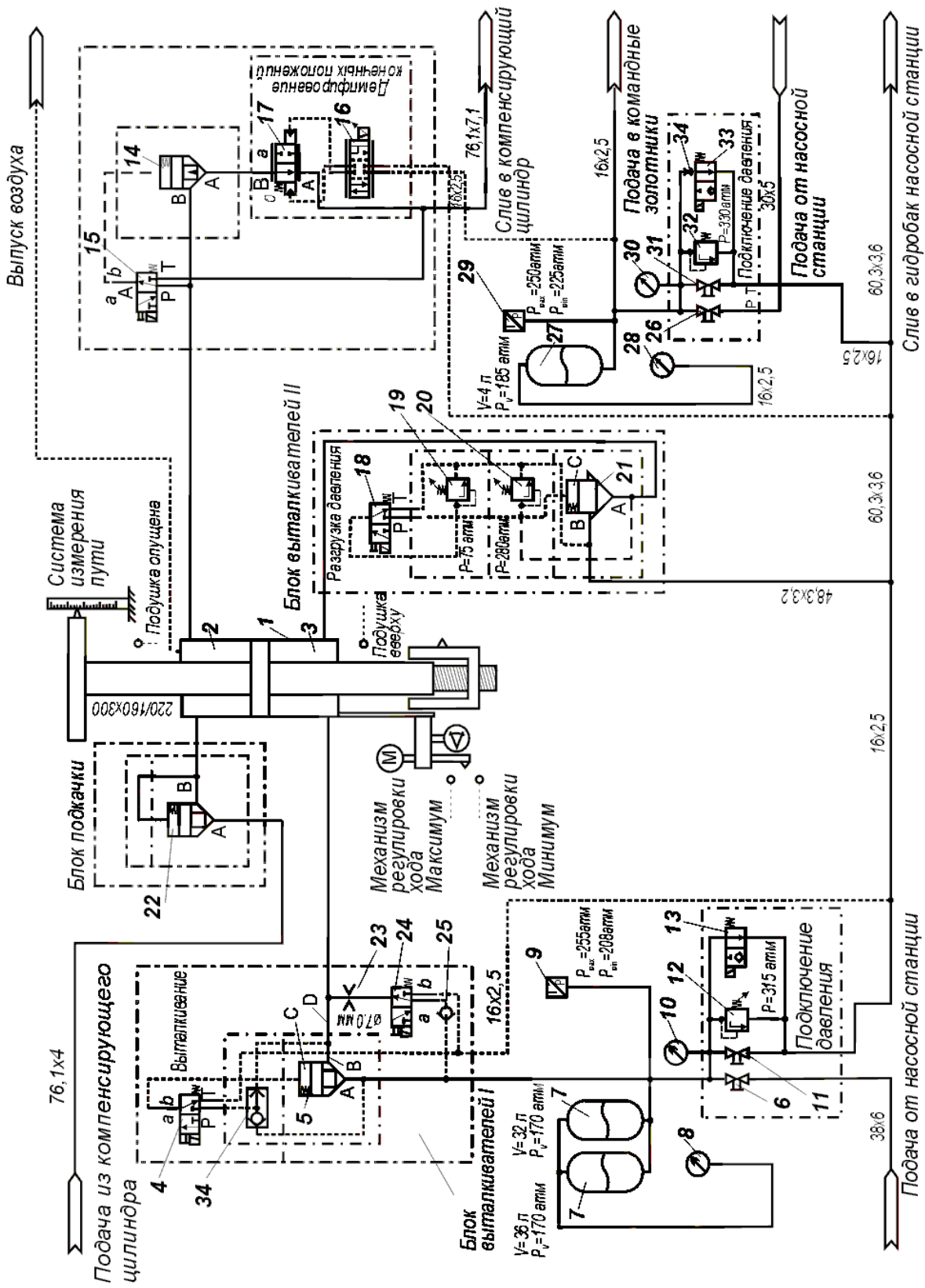


Рис. 5.5. Схема подсистемы центрального цилиндра гидротриода пресса Erfurt.

Всасывающая камера гидробака предназначена для размещения рабочей жидкости, используемой для питания командных золотников и заполнения с заданным давлением подпоршневой полости центрального цилиндра при подъеме подушки вверх.

Рабочее давление в напорной магистрали центрального цилиндра создается основным шестеренным насосом 35 внутреннего зацепления с электроприводом 37. Максимально допустимая величина давления в напорной магистрали ($P = 25,5$ МПа) контролируется предохранительным клапаном 38, перепускающим рабочую жидкость с выхода насоса обратно во всасывающую камеру при превышении заданной величины давления. На выходе из насоса 35 также установлен нагруженный пружиной обратный клапан 39.

Для питания рабочей жидкостью командных золотников гидропривода предусмотрен автономный насос 40 со своим электроприводом 41. Его напорная магистраль содержит те же элементы, что и напорная магистраль основного шестеренного насоса 35: предохранительный клапан 42, настроенный на давление $P = 250$ атм; нагруженный пружиной обратный клапан 43.

Во всасывающей камере установлен датчик температуры 44 рабочей жидкости и сигнализатор 45, который при увеличении температуры масла до 60°C переводит золотник 32 в положение *a*, открывая расход охлаждающей воды через теплообменник 30.

Для контроля уровня рабочей жидкости во всасывающей камере предусмотрен датчик 46. Сигнализатор 47 минимального уровня наполнения всасывающей камеры ($V_{min} = 400$ л) выдает сигнал на включение электропривода насоса 28, перекачивающего рабочую жидкость из камеры обратного хода во всасывающую камеру.

Слив жидкости из всасывающей камеры в случае необходимости может осуществляться при открытии крана 48.

Вторая автономная гидросистема гидропривода пресса Erfurt (см. рис. 5.3), обеспечивающая подачу и слив рабочей жидкости из четырех вытеснительных цилиндров и надпоршневой полости центрального гидроцилиндра, состоит из двух связанных друг с другом гидробаков (компенсирующих цилиндров), блока обслуживания, охладительной установки, системы трубопроводов и соответствующей аппаратуры управления.

В этой системе имеется два гидробака цилиндрической формы 1 (компенсирующих цилиндра). Номинальный объем рабочей жидкости, содержащейся в этих соединенных друг с другом переливными трубопроводами баках, составляет 2000 л. Число баков и их форма выбрана из условия наиболее рационального (с точки зрения экономии рабочей площади) их размещения в цеху.

В правом (по схеме) компенсирующем цилиндре размещено два датчика уровня рабочей жидкости 2 и 3 и три сигнализатора:

- сигнализатор 4 минимального уровня рабочей жидкости ($V_{min} = 1920$ л). При его срабатывании на пульте управления прессом загорается лампа «Минимальный уровень в компенсирующих цилиндрах».

- сигнализатор 5 «Предупреждение». При его срабатывании на пульте управления прессом загорается лампа «Полная заправка маслом компенсирующих цилиндров». Объем рабочей жидкости в компенсирующих цилиндрах при этом $V=2000$ л.

- сигнализатор 6 максимально допустимого уровня масла в компенсирующих цилиндрах ($V_{max}=2055$ л). Превышение этого уровня может привести к нежелательному попаданию масла через систему наддува баков в технологическую пневматическую линию цеха. При срабатывании данного сигнализатора на пульте управления прессом загорается лампа «Максимальный уровень в компенсирующих цилиндрах».

В случае неисправности датчиков уровень рабочей жидкости в компенсирующих цилиндрах можно проверить визуально. Если при открытии крана 9 из соединительного трубопровода осуществляется подача масла, значит его уровень превышает свое максимально допустимое значение. Если при открытии крана 10 из соединительного трубопровода не осуществляется подача масла, значит его уровень ниже минимально допустимого значения.

Наполнение компенсирующих цилиндров рабочей жидкостью осуществляется от передвижной насосной установки через нагруженный пружиной обратный клапан 11 при открытых кранах 12, 13 и 14.

В левом (по схеме) компенсирующем цилиндре установлен датчик температуры 7 рабочей жидкости с сигнализатором максимальной температуры 8. При превышении значения температуры масла $T_{max} = 60^{\circ}C$ он включает охлаждающую установку.

Как уже отмечалось выше, компенсирующие цилиндры наддуваются сжатым воздухом из технологической пневматической системы цеха, номинальное давление в которой составляет 4,3 атм. В случае необходимости наддув компенсирующих цилиндров можно отключить, закрыв кран 15. Для обеспечения постоянной величины давления наддува компенсирующих цилиндров в пневматической магистрали установлен регулируемый воздушный редуктор 16, давление на выходе которого составляет $P = 3,5$ атм. Для контроля давления на выходе из воздушного редуктора предусмотрен манометр 17. Золотниковый распределитель 18 с электроприводом предназначен для стравливания воздуха из ресивера (емкости) 19 и компенсирующих цилиндров при отключении их наддува (при закрытом кране 15). Для снижения аэродинамического шума стравливаемого воздуха предусмотрен глушитель 20. Давление воздуха в ресивере 19 контролируется по манометру 21 при открытом кране 22. Также в пневматической магистрали предусмотрен предохранительный клапан 23, исключающий возможность увеличения давления воздуха в ресивере выше заданной величины $P=8$ атм.

Основной насос 24 охлаждающей установки имеет электропривод 25. Он включается при подаче сигнала с сигнализатора 8 максимальной температуры рабочей жидкости в компенсирующих цилиндрах. Насос 24 перекачивает масло с расходом $Q=500$ л/мин через водомасляный теплообменник 26. Подача охлаждающей воды к теплообменнику 26 осуществляется через нормально закры-

тый золотниковый распределитель 27. Открытие расхода воды через золотник 27 осуществляется путем его переключки в положение *a* по гидравлическому сигналу (давлению), выдаваемому при включении насоса 24. Расход охлаждающей воды через теплообменник 26 контролируется расходомером 28. На выходе из теплообменника 26 установлен указатель температуры рабочей жидкости 29 и нагруженный пружиной обратный клапан 30. Подача рабочей жидкости к охладительной установке возможна только при открытом кране 31.

В составе охладительной установки имеется блок фильтрации рабочей жидкости с тонкостью фильтрации 25 мкм. Блок фильтрации содержит постоянно включенный насос 32 с подачей $Q=125$ л/мин. Привод насоса 32 – от электродвигателя 33. В блоке фильтрации размещено два параллельно подключенных фильтра 34. По мере загрязнения фильтроэлементов увеличивается перепад давления на них, регистрируемый сигнализатором 35. При перепаде давления на фильтрах 4 атм. сигнализатор 35 выдает сигнал, по которому на пульте управления прессом загорается лампа «Загрязнение фильтроэлементов охладительной установки». Прочность фильтроэлементов мала, поэтому, чтобы исключить их разрушение при увеличении перепада давлений, предусмотрен предохранительный клапан 36, который при давлении на выходе из насоса 32 $P_{\text{вых}}=9$ атм полностью открывается и пропускает весь поток жидкости из входного канала в выходной, минуя фильтроэлементы.

В системе компенсирующих цилиндров предусмотрена возможность заполнения гидробака насосной станции маслом, сливаемым из компенсирующих цилиндров. Для этого с пульта управления прессом необходимо подать сигнал на электрически управляемый нормально закрытый золотник 37, который при его открытии перепускает рабочую жидкость через краны 13 или 14 из компенсирующих цилиндров в камеру обратного хода (см. рис. 5.2).

Рассмотрим работу подсистемы вытеснительного цилиндра (рис. 5.4). При подъеме подушки вверх она через соединительный механизм и ползушку увлекает за собой плунжеры 1 вытеснительных цилиндров 2. При этом в полости вытеснительного цилиндра создается разрежение, открывающее гидрозамок 3. Рабочая жидкость под действием давления наддува компенсирующих цилиндров заполняет полость вытеснительного цилиндра.

При рабочем ходе (движении подушки вниз) в полости вытеснительного цилиндра должно поддерживаться постоянное (заданное) давление для обеспечения требуемого усилия прижатия заготовки к матрице. Данная функция реализуется путем использования блока «Регулировка давления вытеснения» (см. раздел 4.4), основными элементами которого являются командный 4 и исполнительный 5 золотниковые распределители, датчик давления 6.

Для исключения возможности возникновения в рассматриваемой подсистеме чрезмерного давления (например, в случае отказа блока «Регулировка давления вытеснения») предусмотрено предохранительное устройство, состоящее из гидрозамка 7 и предохранительного клапана 8. Давление в линии *A* подается на вход в предохранительный клапан 8 и в надпоршневую полость *C* гидрозамка 7. Гидрозамок 7 под действием этого давления заперт и не пропускает жид-

кость на слив (в линию *B*). При превышении давлением заданной величины ($P=330$ атм) происходит срабатывание предохранительного клапана 8. При этом уменьшается давление на входе в предохранительный клапан 8, и следовательно, в полости *C* гидрозамка 7. Под действием давления в линии *A* (которое больше, чем давление в полости *C* вследствие существенного различия диаметров подводящего трубопровода и трубопроводов управления) гидрозамок 7 открывается, соединяя линию *A* со сливной магистралью *B*.

Применение такого двухступенчатого предохранительного устройства необходимо в данном случае для обеспечения пропускания значительного расхода рабочей жидкости за короткий промежуток времени. Одноступенчатые предохранительные клапаны (см. рис. 4.11), способные обеспечить такой расход масла имели бы слишком большие габариты и инерционность.

Рассмотрим работу подсистемы центрального цилиндра 1 (рис. 5.5). Выше уже отмечалось, что надпоршневая полость 2 соединена с гидросистемой компенсирующих цилиндров, а подпоршневая полость 3 – с гидросистемой насосной станции.

Управление потоком рабочей жидкости для обеспечения подъема подушки и удержания ее в крайнем верхнем положении осуществляется блоком выталкивателей I, состоящим из командного золотника 4, гидрозамка 5, дросселя 23, золотникового распределителя 24, обратного клапана 25, сдвоенного обратного клапана 34. Для подъема подушки на командный золотник 4 подается электрический сигнал, который переводит его в положение *b*. Надпоршневая полость *C* гидрозамка 5 соединяется со сливом и под действием давления в линии *A* он открывает проход рабочей жидкости в полость 3 центрального гидроцилиндра. Рабочая жидкость подводится к гидрозамку 5 под давлением от насосной станции через открытый кран 6. Для обеспечения равномерного нагружения и уменьшения потребной подачи насоса и мощности электродвигателя предусмотрено два параллельно установленных пневмогидроаккумулятора 7. Пневмогидравлический аккумулятор 7 – это емкость, предназначенная для аккумуляирования и возврата энергии рабочей жидкости, находящейся под высоким давлением. В период паузы между технологическими нагружениями, насос «заряжает» аккумулятор, закачивая в него жидкость под соответствующим давлением. При подъеме подушки жидкость высокого давления поступает из аккумулятора в подпоршневую полость 3 центрального гидроцилиндра. Таким образом, при наличии аккумулятора насос и приводной электродвигатель нагружаются практически равномерно в течение всего цикла работы пресса. В этом состоит главное преимущество насосно-аккумуляторного привода перед безаккумуляторным, в котором насос и электродвигатель работают под расчетной нагрузкой лишь небольшую часть времени цикла. Верхняя полость пневмогидроаккумулятора 7 заполнена сжатым воздухом под давлением 170 атм. Для контроля давления сжатого воздуха в газовой полости пневмогидроаккумулятора 7 предусмотрен манометр 8. Давление масла в напорной магистрали измеряется датчиком 9 и может визуально контролироваться по манометру 10. Для обеспечения возможности перепуска в случае необходимости рабочей жидко-

сти из напорной магистрали на слив предусмотрен кран 11. Для ограничения максимального давления жидкости в напорной магистрали установлен регулируемый предохранительный клапан 12, настроенный на заданное давление 315 атм. В штатных условиях эксплуатации в напорной магистрали поддерживается давление в диапазоне 208-255 атм путем открытия или прикрытия золотникового распределителя 13 блока «Подключение давления». Управление золотниковым распределителем 13 осуществляется по сигналу от датчика давления 9. При достижении в напорной магистрали давления 255 атм золотник 13 приоткрывается, перепуская часть жидкости на слив. При снижении давления ниже 208 атм золотник закрывает проходное сечение, отсоединяя напорную магистраль от слива.

При подъеме подушки из надпоршневой полости 2 центрального цилиндра происходит вытеснение рабочей жидкости через гидрозамок 14, который открывается переводом командного золотника 15 в положение *a*. Управление командным золотником 15 осуществляется системой измерения пути с помощью электромагнита. Командный золотник 15 имеет также механизм ручного управления, обеспечивающий его перевод в положение *a* и отключение блокировки гидрозамка 14. Снижение скорости подъема подушки при приближении ее к верхнему положению реализуется блоком «Демпфирование конечных положений», состоящим из командного 16 и исполнительного 17 золотников. Работа блока «Демпфирование конечных положений» подробно описана в разделе 4.4.

Всасывающая линия системы компенсирующих цилиндров при подъеме подушки отсоединена гидрозамком 21, запертым усилием пружины в верхней полости.

Блок выталкивателей II предназначен для:

- 1) ограничения максимального давления жидкости (280 атм) в подпоршневой полости центрального цилиндра при подъеме подушки;
- 2) поддержания давления в подпоршневой полости центрального цилиндра на уровне 75 атм при рабочем ходе пресса, что обеспечивает дополнительное прижатие заготовки к матрице.

Блок выталкивателей II состоит из: электроуправляемого золотникового распределителя 18; предохранительного клапана 19, настроенного на давление 75 атм; предохранительного клапана 20, настроенного на давление 280 атм; гидрозамка 21.

При подъеме подушки (когда в подпоршневую полость центрального цилиндра поступает рабочая жидкость под давлением от насосной станции) золотник 18 по сигналу от системы измерения пути находится в положении *b*. При этом гидрозамок 21 заперт давлением рабочей жидкости, подводимой в полость *C* из линии *A*, и усилием пружины в верхней полости. Линия *P*, связанная с магистралью *A*, перекрыта кромками золотника 18. Одновременно давление из магистрали *A* подводится к предохранительному клапану высокого давления 20. Входная и выходная магистрали предохранительного клапана низкого давления 19 связаны со сливом. В случае превышения в подпоршневой полости центрального цилиндра заданной величины давления 280 атм происхо-

дит открытие предохранительного клапана 20 и перепуск части жидкости на слив. Одновременно уменьшается давление по входной линии предохранительного клапана 20 и в связанной с ней полости *C* гидрозамка, что приводит к его открытию и уменьшению давления в подпоршневой полости центрального цилиндра. Таким образом, работа данного блока аналогична функционированию блока выталкивателей I.

При рабочем ходе пресса (когда из подпоршневой полости центрального цилиндра осуществляется вытеснение рабочей жидкости) золотник 18 по сигналу от системы измерения пути находится в положении *a*. При этом гидрозамок 21 заперт давлением рабочей жидкости, подводимой в полость *C* из линии *A*. Линия *P*, связанная с магистралью *A*, через золотник 18 соединена со входом предохранительного клапана низкого давления 19. Одновременно давление из магистрали *A* подводится также к предохранительному клапану высокого давления 20. Таким образом, в данном случае оба предохранительных клапана подключены параллельно и в первую очередь произойдет срабатывание клапана 19 при давлении 75 атм. В случае превышения в подпоршневой полости центрального цилиндра заданной величины давления 75 атм происходит открытие предохранительного клапана 19 и перепуск жидкости на слив. Одновременно уменьшается давление во входной линии предохранительного клапана 19 и связанной с ней через золотник 18 полости *C* гидрозамка 21, что приводит к его открытию и уменьшению давления в подпоршневой полости центрального цилиндра.

При рабочем ходе пресса под действием ползуна подушка опускается вниз вместе с жестко связанным с ней поршнем центрального цилиндра. Жидкость из подпоршневой полости вытесняется в гидробак насосной станции. При этом давление в полости с помощью блока выталкивателей II поддерживается на уровне 75 атм. В напорную линию насосной станции жидкость не попадает, так как гидрозамок 5 заперт за счет того, что золотник 4 системой измерения пути переведен в положение *a*. При этом давление в полости *C* равно давлению в линии *A*. В случае, если давление в подпоршневой полости центрального цилиндра при движении поршня вниз, превысит давление в напорной линии насосной станции (что может быть при нарушении работоспособности предохранительного клапана 19), возможно нежелательное открытие гидрозамка 5 и обратный поток рабочей жидкости от гидроцилиндра к насосному агрегату. Для исключения этого явления предусмотрен сдвоенный обратный клапан 34. В рассматриваемом случае запорный элемент обратного клапана, который в штатном режиме находится в правом (по схеме) положении, изменит свое положение и перекроет проход рабочей жидкости из линии *D* в линию *A*. Таким образом, полость *C* гидрозамка 5 при нахождении золотникового распределителя 4 в положении *a* всегда связана с линией большего давления (либо *A*, либо *D*), что гарантирует запертое положение гидрозамка при удержании подушки в крайнем верхнем положении и при ее движении вниз.

В надпоршневую полость центрального цилиндра, в которой движущимся вниз поршнем создается разрежение, поступает масло под давлением наддува

компенсирующих цилиндров. Гидрозамок 22 при этом разблокирован, так как давление в линии *B*, меньше, чем в *A*.

Сливная линия в компенсирующие цилиндры отсоединена от надпоршневой полости запертым гидрозамком 14. Блокировка гидрозамка 14 осуществляется переводом золотника 15 в положение *в* по сигналу от системы измерения пути. При этом давление в нижней и верхней полостях гидрозамка 14 приблизительно равно и он заперт усилием достаточно жесткой пружины.

В крайнем верхнем положении подушка удерживается запертым объемом жидкости в подпоршневой полости центрального цилиндра. При этом подпоршневая полость отсоединена от напорной линии насосной станции закрытым гидрозамком 5 (запирание которого производится переводом золотника 4 в положение *а* по сигналу от системы измерения пути), а от сливной линии – гидрозамком 21, управляемым предохранительным клапаном 20, настроенным на давление 280 атм. Однако вследствие технологических и эксплуатационных зазоров возможны утечки рабочей жидкости из подпоршневой полости, что может привести к медленному самопроизвольному опусканию подушки. Для исключения этого явления предусмотрен дроссель 23 с минимальным проходным сечением $\varnothing 7$ мм, обеспечивающий подпитку подпоршневой полости рабочей жидкостью под давлением от насосной станции. Дроссель 23 соединен с напорной линией через золотниковый распределитель 24 и обратный клапан 25. В процессе эксплуатации пресса электроуправляемый распределитель 24 находится в положении *в*. При переводе золотника 24 в положение *а* (вручную или по электрическому сигналу с пульта управления прессом) подпоршневая полость центрального цилиндра через дроссель 23 соединяется со сливом, что обеспечивает медленное опускание подушки вниз. Это используется при проведении регламентных и ремонтных работ на прессе.

В напорной линии насоса, обеспечивающего подачу рабочей жидкости к командным золотникам, предусмотрены все те же основные агрегаты, что и в напорной линии основного шестеренного насоса:

- кран 26, закрытием которого прерывается подача рабочей жидкости к командным золотникам;
- пневмогидроаккумулятор 27 (объемом $V=4$ л), предусмотренный для аккумуляирования и возврата энергии рабочей жидкости;
- манометр 28 для контроля давления в газовой полости пневмогидроаккумулятора 27;
- датчик давления 29;
- манометр 30 для контроля давления в напорной линии командных датчиков;
- кран 31 для принудительного перепуска рабочей жидкости из напорной в сливную линию;
- предохранительный клапан 32, предназначенный для исключения возможности увеличения давления выше 330 атм;
- золотниковый клапан 33, перепускающий жидкость по сигналу от датчика 29 из напорной линии на слив;
- дроссель 34, ограничивающий расход перепускаемой на слив жидкости.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ.

1. Основные дефекты изделий в процессе вытяжки.
2. Назначение вытеснительных цилиндров гидропривода пресса Erfurt.
3. Состав гидропривода.
4. Достоинства гидропривода.
5. Требования к рабочей жидкости гидропривода.
6. Достоинства и недостатки шестеренных насосов внутреннего зацепления.
7. Типы гидроцилиндров, применяемых в гидроприводе пресса Erfurt.
8. Схема и принцип действия золотниковых распределителей.
9. Схема и принцип действия гидрозамка.
10. Схема и принцип действия предохранительного клапана.
11. Схема и принцип действия блока демпфирования конечных положений.
12. Схема и принцип действия блока регулирования давления вытеснения.
13. Способы фланцевых соединений трубопроводов.
14. Принцип трубного соединения с накидной гайкой.
15. Назначение каждой из камер гидробака насосной станции гидропривода пресса Erfurt.
16. Назначение, основные агрегаты и функционирование сепараторной установки гидропривода пресса Erfurt.
17. Охлаждение рабочей жидкости в насосной станции гидропривода пресса Erfurt. Агрегатный состав и функционирование.
18. Назначение компенсирующих цилиндров гидропривода пресса Erfurt. Агрегатный состав и функционирование подсистемы наддува компенсирующих цилиндров.
19. Основные агрегаты и функционирование охлаждающей установки автономной гидросистемы гидропривода пресса Erfurt.
20. Работа подсистемы вытеснительного цилиндра при подъеме подушки.
21. Работа подсистемы вытеснительного цилиндра при опускании подушки.
22. Функционирование и основные агрегаты блока выталкивателей I подсистемы центрального цилиндра.
23. Функционирование и основные агрегаты блока выталкивателей II подсистемы центрального цилиндра.
24. Работа подсистемы центрального цилиндра при подъеме подушки.
25. Работа подсистемы центрального цилиндра при опускании подушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов В. В., Сеницкий В. М. Гидропривод в кузнечно-штамповочном оборудовании. - М.: Машиностроение. 2002.-224 с.
2. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов/ Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др.- 2-е изд., перераб. – М: Машиностроение, 1982.-423 с.

Гидропривод прессы фирмы Erfurt PTr 2000+1200

Составители: Крючков Александр Николаевич
 Прокофьев Андрей Брониславович
 Прохоров Сергей Петрович
 Шахматов Евгений Владимирович

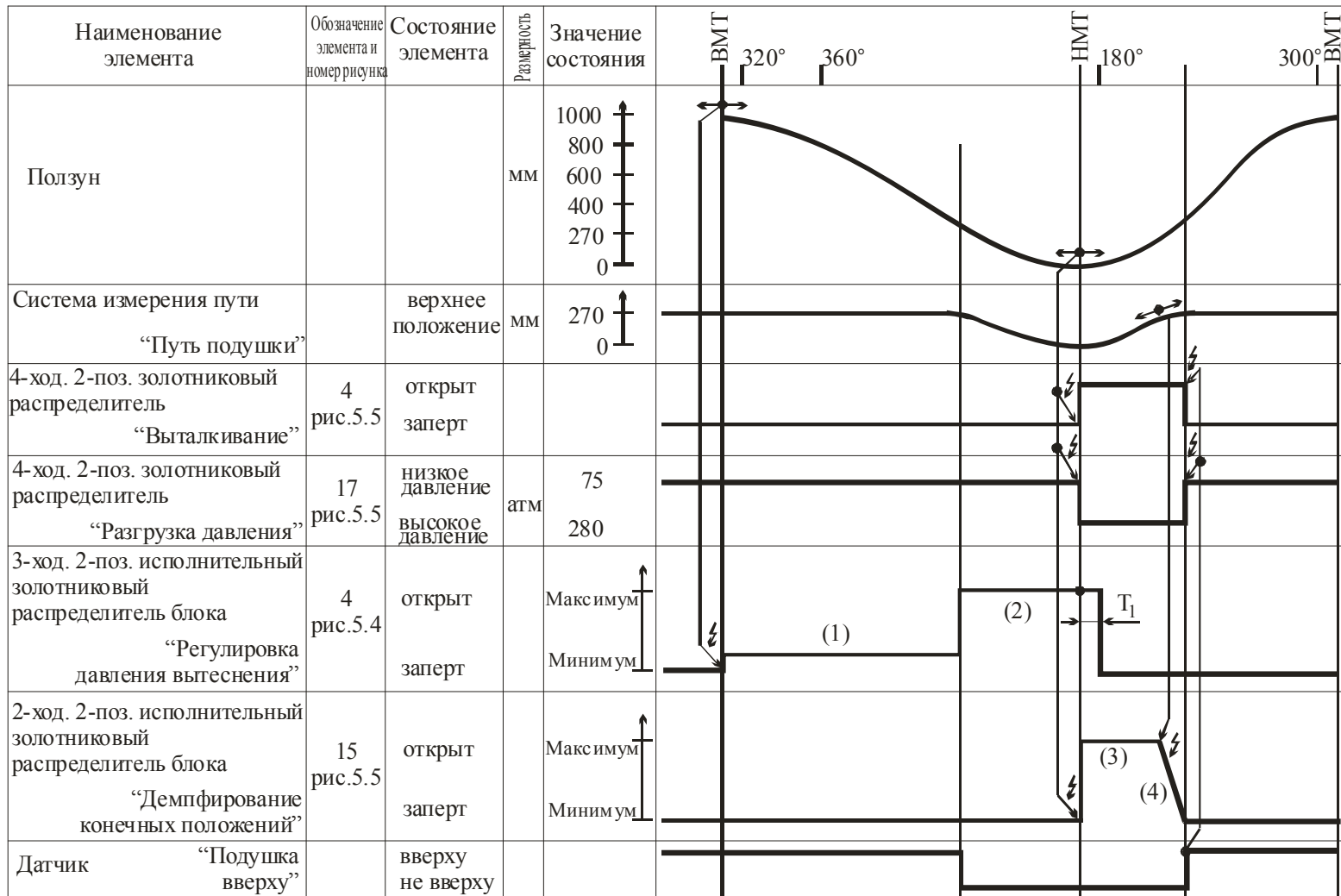


Рис. 5.1 Функциональная диаграмма пресса ERFURT:

ВМТ – крайнее верхнее положение ползуна; НМТ – крайнее нижнее положение ползуна;
 (1) – приоткрытое положение исполнительного золотникового распределителя блока; (2) – регулировка давления вытеснения; (3) – форсированный подъем подушки; (4) – демпфирование конечных положений;
 T_1 – время снижения давления.

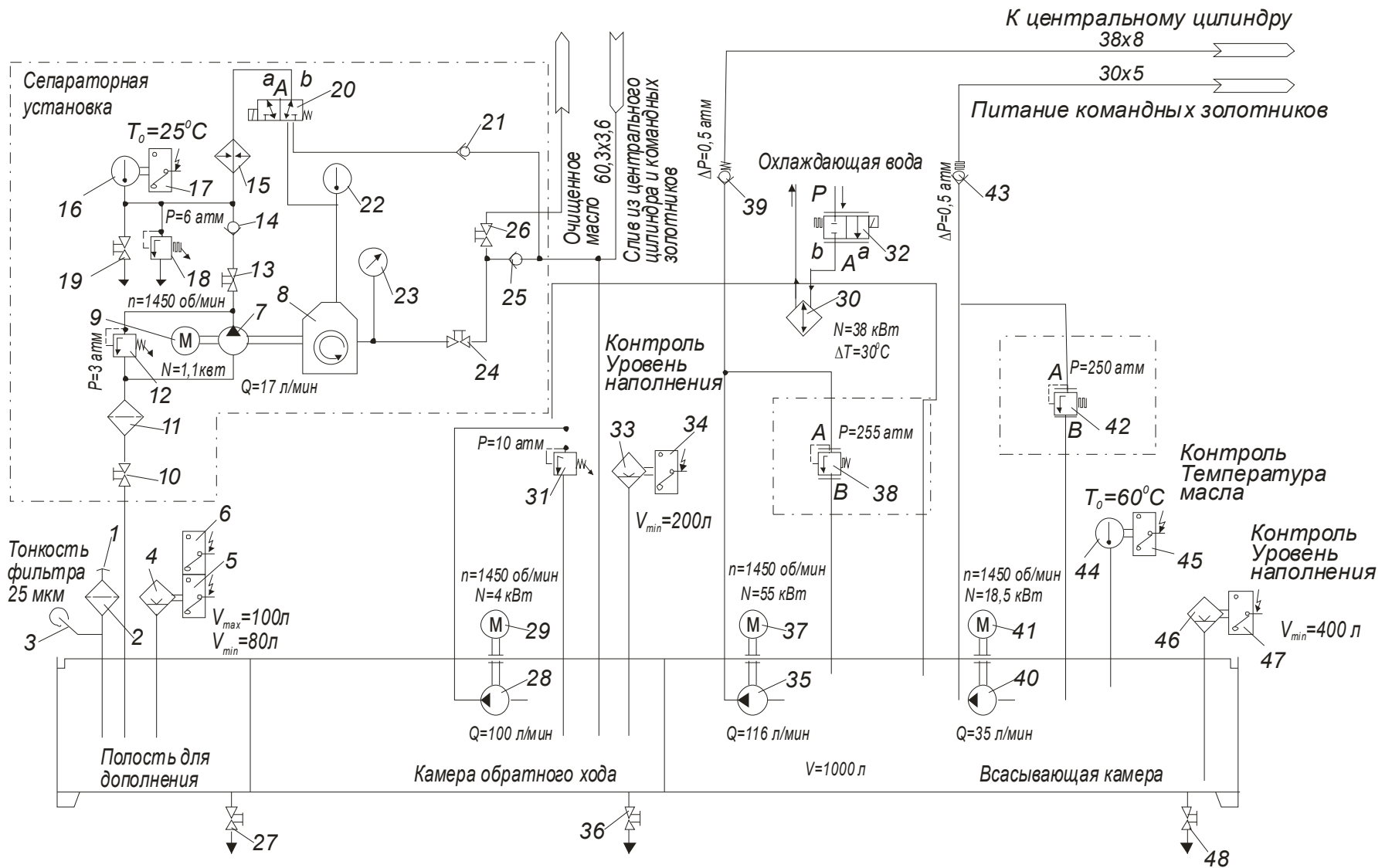


Рис. 5.2 Схема насосной станции фирмы RexRoth.

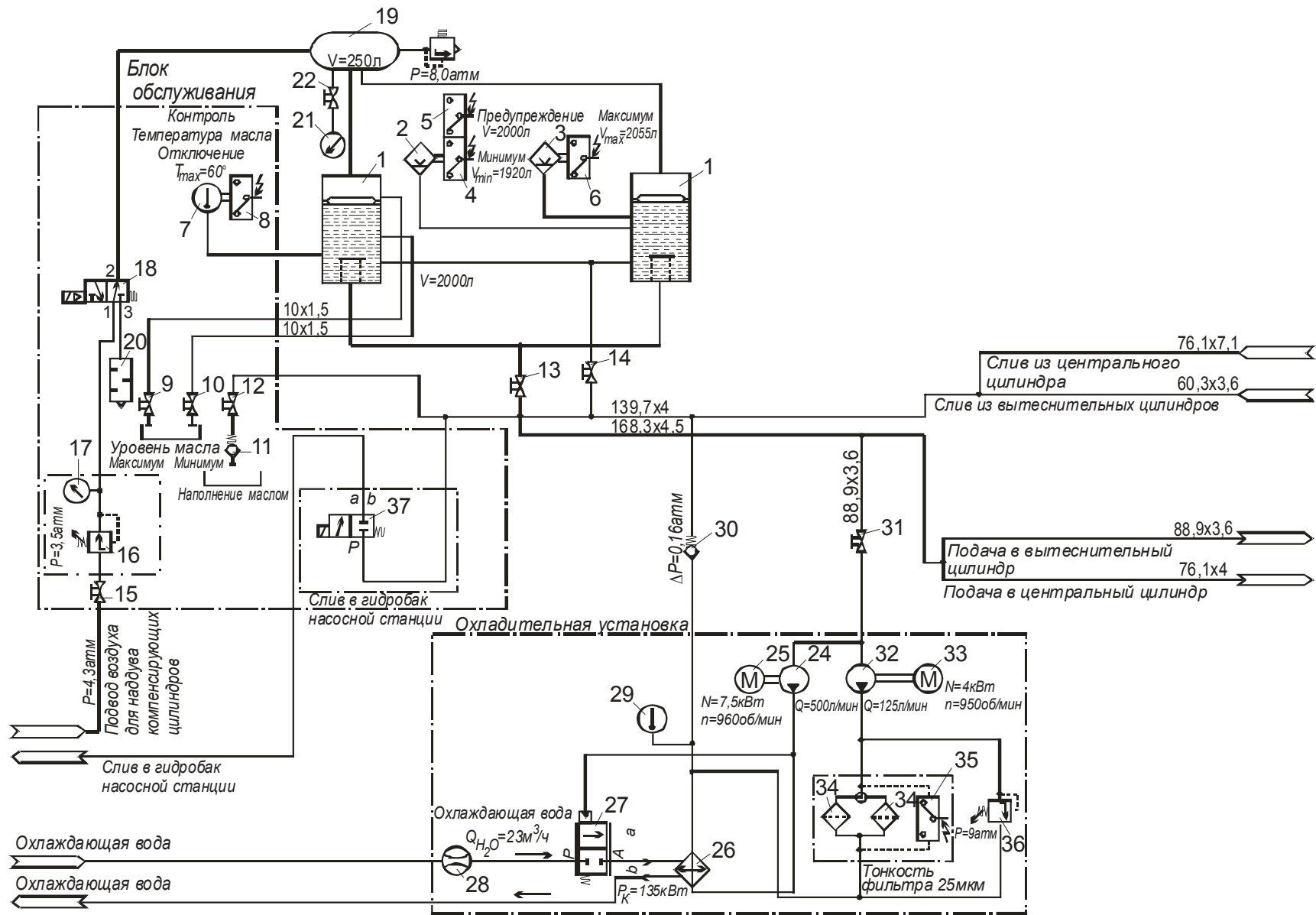


Рис. 5.3 Схема автономной гидросистемы гидропривода пресса Erfurt.

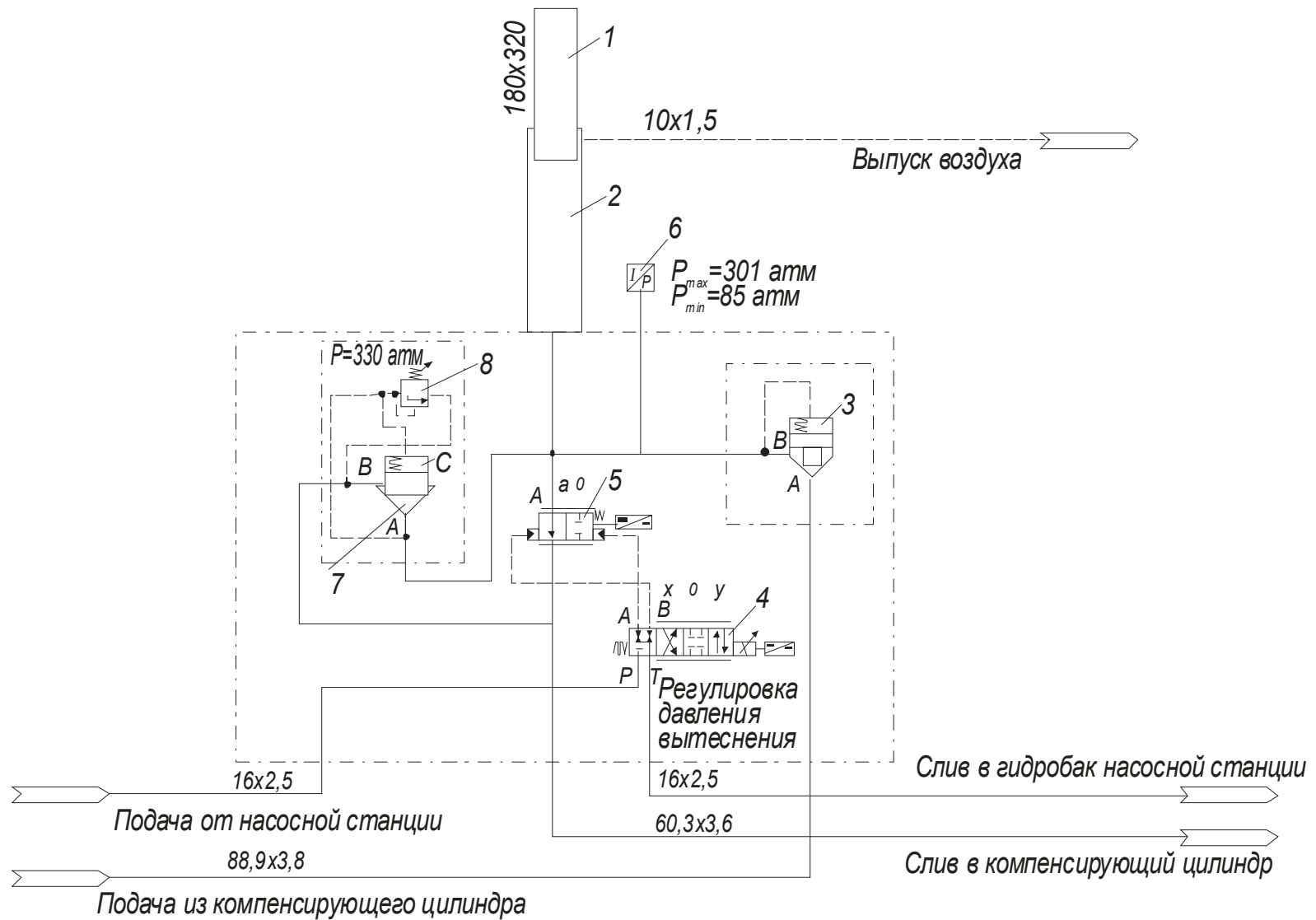


Рис. 5.4 Схема подсистемы вытеснительного цилиндра.

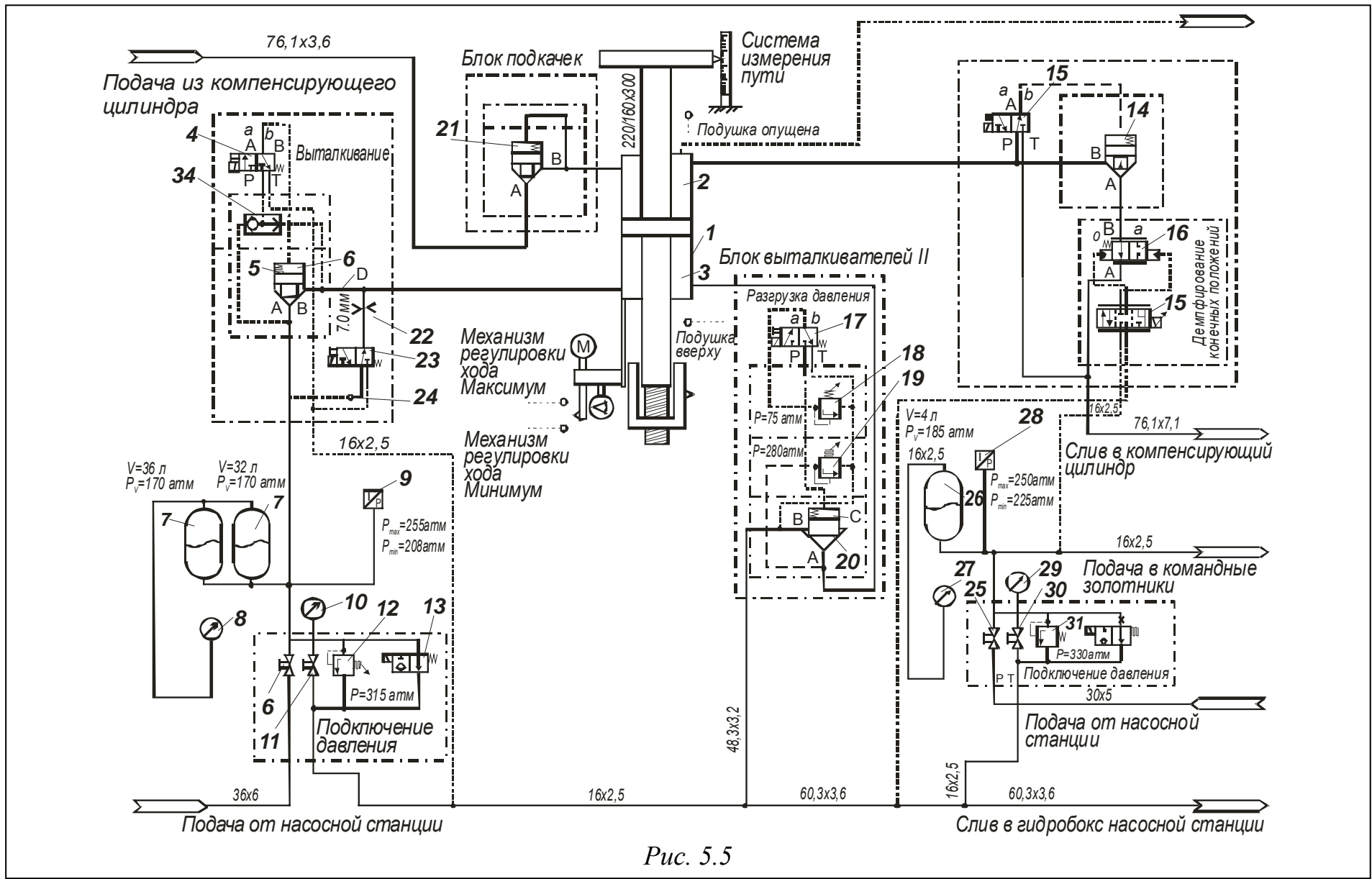


Рис. 5.5