

Основы гидроавтоматики



*Раздаточный
материал
к консультационному
семинару
"Основы
функционирования
систем
гидроавтоматики"*

*Санкт-Петербург
18 – 22 июня 2012 г*

Комплект технической документации необходимый для эксплуатации гидросистемы

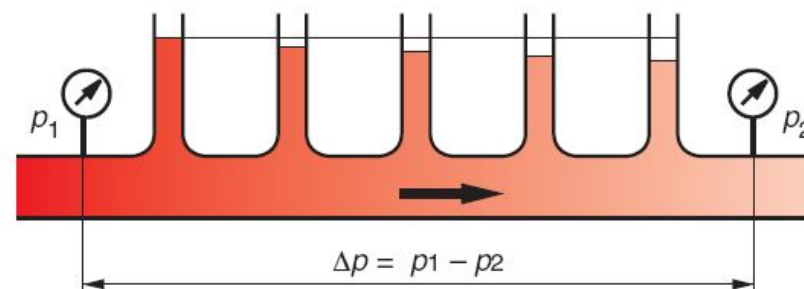
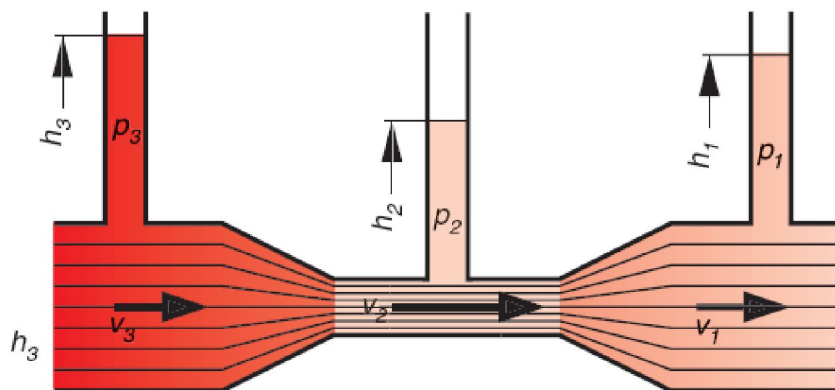
1. Описание работы машины
2. Гидравлическая схема принципиальная (ГЗ по ЕСКД)
3. Электрическая схема принципиальная (ЭЗ по ЕСКД)
4. Схема гидравлических соединений (Г4 по ЕСКД) либо сборочный чертеж со спецификацией трубопроводов и их соединений
5. Схема электрических соединений (Э4 по ЕСКД)
6. Схема расположений с обозначенными гидроэлементами и трубопроводами
7. Диаграмма «Перемещение – Шаг»
8. Диаграмма состояния входных и выходных сигналов датчиков обратной связи и электромагнитов распределителей
9. Спецификация гидроэлементов
10. Паспорта гидроэлементов
11. Ведомость ЗИП
12. Инструкция по эксплуатации включающая руководство по монтажу наладке и обслуживанию, перечень возможных неисправностей и методов их устранения.
13. Инструкция по диагностике
14. Инструкция для оператора
15. Журнал обслуживания гидросистемы

Стандартные параметры систем гидроавтоматики

Параметр	Величина
Номинальное давление, МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Номинальный расход жидкости, л/мин	1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500
Условные проходы, мм	1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Номинальная вместимость гидроба- ков, гидро- и пневмоаккумуляторов и пр., л	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000; 25000

Основные уравнения движения жидкости

Уравнение сохранения энергии при течении жидкости под давлением в закрытом канале	$\frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + \Delta h = const$
Уравнение неразрывности потока жидкости	$Q_i = V_i \cdot S_i = const$
Уравнение описывающее истечение жидкости через отверстие площадью S при перепаде давления Δp	$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$



Потери в трубопроводах гидросистемы

Примерная граница перехода ламинарного режима течения жидкости в турбулентный оценивается с помощью критерия Рейнольдса:

$$Re_{кр} = \frac{V \cdot d}{\nu} \Rightarrow \begin{array}{ll} 2300 & \text{для труб} \\ 1600 & \text{для РВД} \end{array}$$

Потери на трение:

$$\Delta p_{TR} = \frac{\lambda \cdot L \cdot \nu^2 \cdot \rho_{ж}}{2d}$$

Коэффициент потерь давления по длине трубопровода для ламинарного режима течения:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \Rightarrow \text{для труб} \qquad \lambda = \frac{80}{Re} \Rightarrow \text{для РВД}$$

Коэффициент потерь давления по длине трубопровода для турбулентного режима течения:

$$\lambda = \frac{0,316}{(Re)^{0,25}} \Rightarrow \text{для труб}$$

Вязкость рабочей жидкости. Классы вязкости

Вязкость - свойство жидкости оказывать сопротивление
относительному движению (сдвигу) частиц жидкости.

Кинематическая вязкость (мм ² /с) при t = +40 ⁰ С	Группа вязкости	Вязкость по стандарту ISO	Класс вязкости SAE	Марка масла	Область применения
4,0 ... 5,0	Маловязкие Группа 1.1 ($v_{-50} < 500 \text{сСт}$)	--	--	МГЕ-4А РМ ЛЗ-МГ-2	Гидросистемы, эксплуатируемые при температурах ниже -55 ⁰ С
9,0 ... 11,0	Средневязкие Группа 1.2А ($v_{-50} < 1500 \text{сСт}$)	ISO VG10	--	МГЕ-10А ВМГЗ АМГ10 АУП	Мобильная гидравлика в зонах с холодным климатом
19,8 ... 24,2	Средневязкие Группа 1.2 ($v_{-50} < 4000 \text{сСт}$)	ISO VG22			Стационарные установки в закрытых помещениях при нормальных температурах
28,8 ... 35,2	Вязкие Группа 1.3	ISO VG32	5	МГ-30М ИС-30	Стационарные установки в закрытых помещениях при высоких температурах
41,4 ... 50,6		ISO VG46	10		
61,2 ... 74,8		ISO VG68	20		
90,0 ... 110,0		ISO VG100	30		

Наиболее употребляемыми единицами вязкости являются:

- стокс (1 Ст = 10⁻⁴ м²/с) или сантистокс (1 сСт = 10⁻⁶ м²/с),
- в Великобритании - секунды Редвуда (RS), в Европе - градусы Энглера (°E)
- в США - универсальные секунды Сэйболта (SUS).

Соотношение различных единиц вязкости при одной температуре: 5 сСт = 42 SUS = 1,4 °E = 39 RS.

Классификация промышленных масел по ISO и SAE.

Свойства масел. Плотность, вязкость.

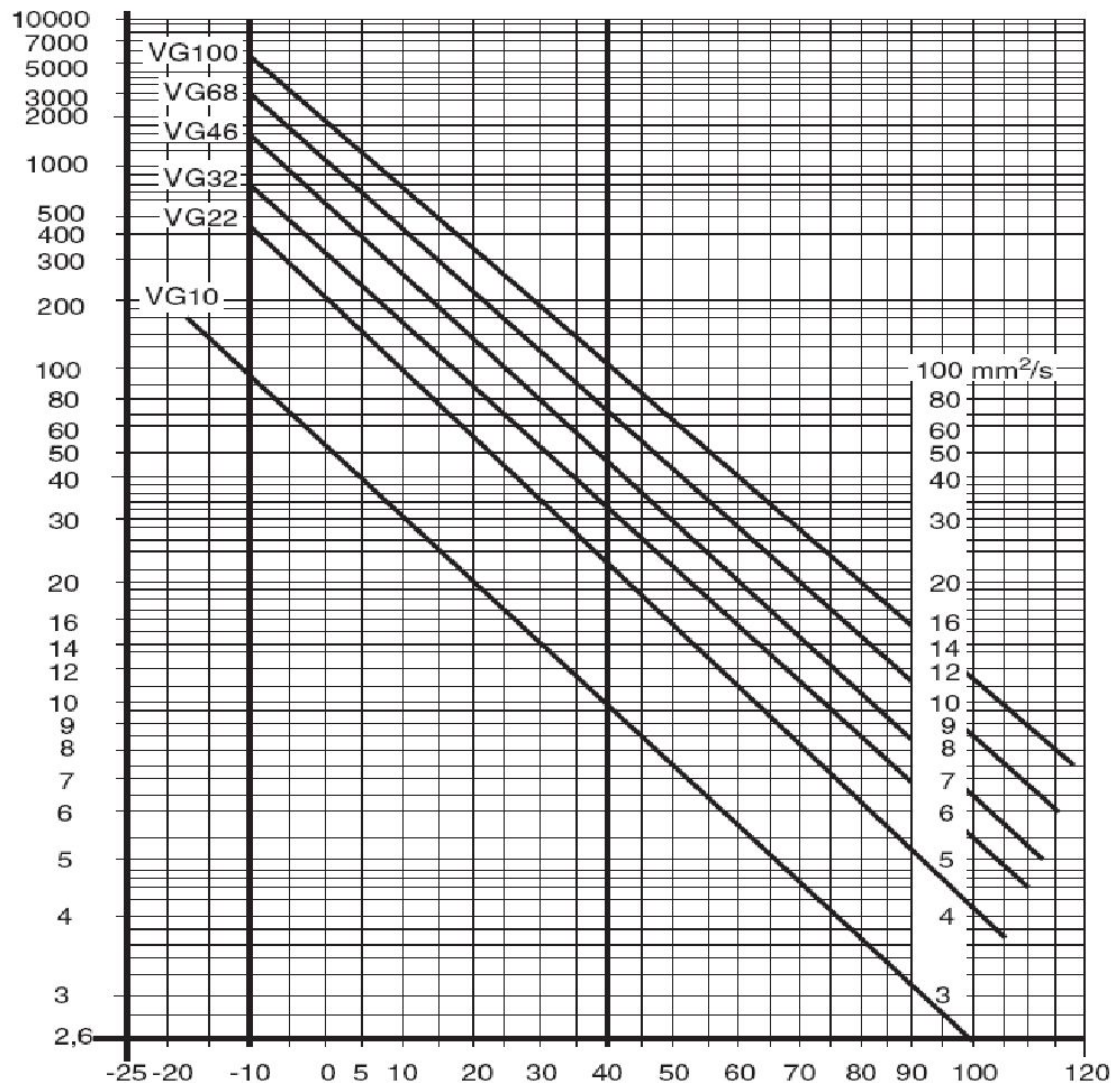
ISO класс	Эквивалентный класс по SAE	Вязкость				Плотность	
		Кинематическая Сантистоксы (1 сантистокс=1мм ² *с)		Динамическая 10 ⁻⁶ Рейны (фунт*сек /дюйм ²)		кг/м ³	фунт/дюйм ³
		40 °C	100 °C	104 °F (40°C)	212 °F (100°C)		
32	10W	32	5.4	4	0.6	857	0.0310
46	20	46	6.8	5.7	0.8	861	0.0311
68	20W	68	8.7	8.5	1.1	865	0.0313
100	30	100	11.4	12.6	1.4	869	0.0314
150	40	150	15	19	1.8	872	0.0315
220	50	220	19.4	27.7	2.4	875	0.0316

Один пуаз равен вязкости жидкости, оказывающей сопротивление силой в 1 дину взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1 см², находящихся на расстоянии 1 см друг от друга и взаимно перемещающихся с относительной скоростью 1 см/с. (Вода при температуре 25 °C имеет вязкость 0,008937 Пуаз)

$$1 \text{ Пуаз} = 0,1 \text{ Н*с} / \text{м}^2 = 0,1 \text{ Па*с}$$

$$1 \text{ Рейн} = 6894,76 \text{ Па*с}$$

Зависимость вязкости масла от температуры

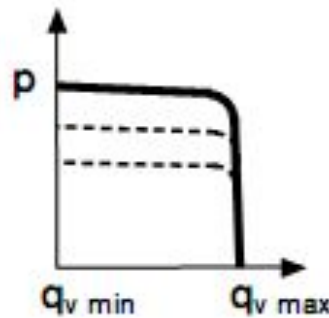
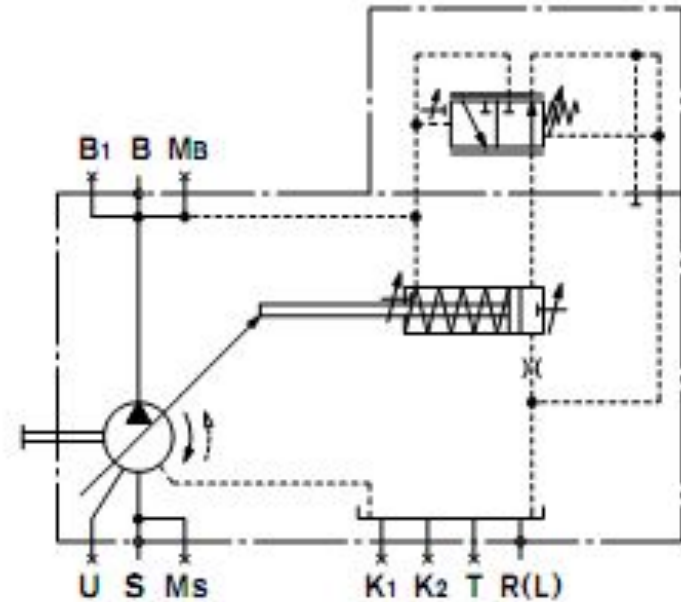
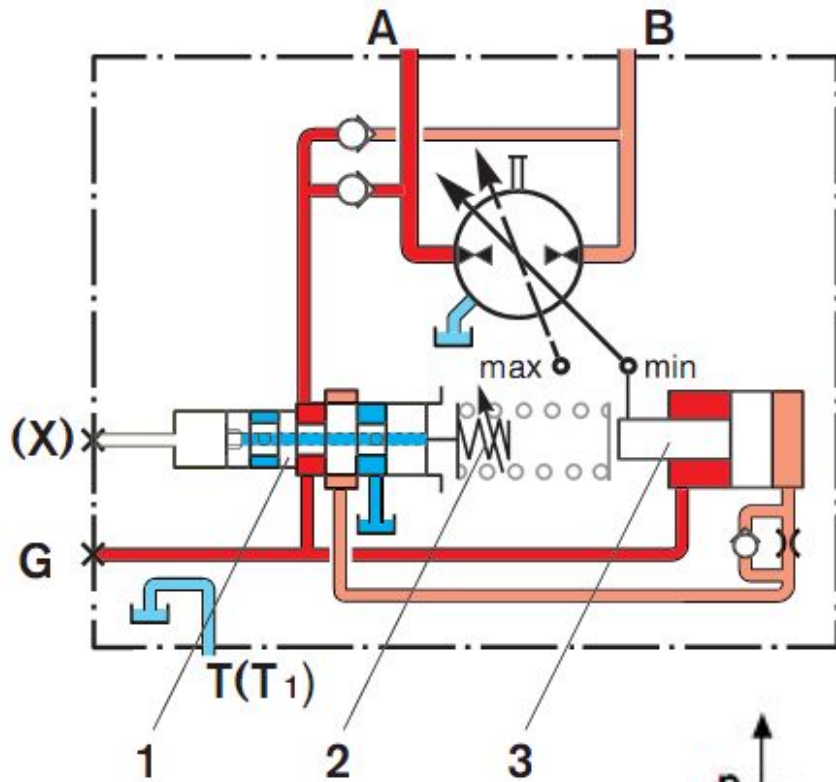


Вязкость жидкости с повышением температуры уменьшается. Для жидкостей, применяемых в гидросистемах указанное изменение можно примерно описать формулой:

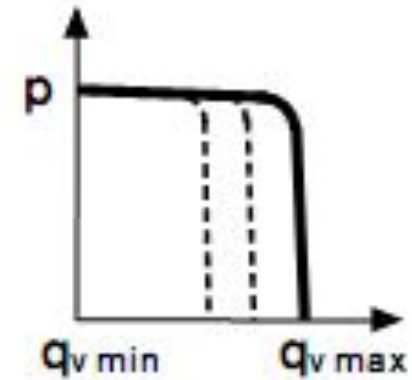
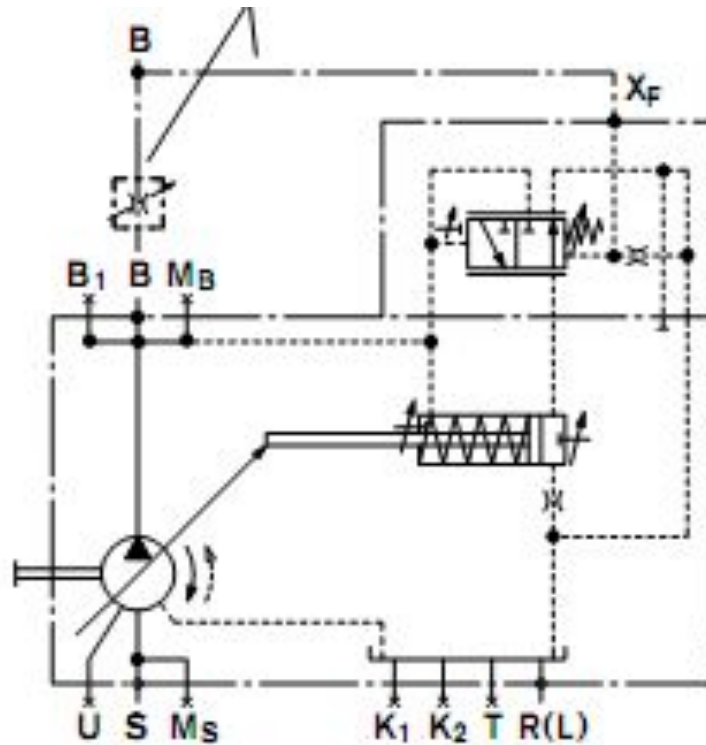
$$v_t = v_{50} \cdot \left(\frac{50}{t^0} \right)^n$$

n — показатель степени, изменяющийся в пределах от 1,3 до 3,5
 $n = \lg(v_{50}) + 2.7$

Механизмы управления регулируемых насосов. Регулятор по давлению (DR...)



Механизмы управления регулируемых насосов. Регулятор по расходу (подаче) (FR)



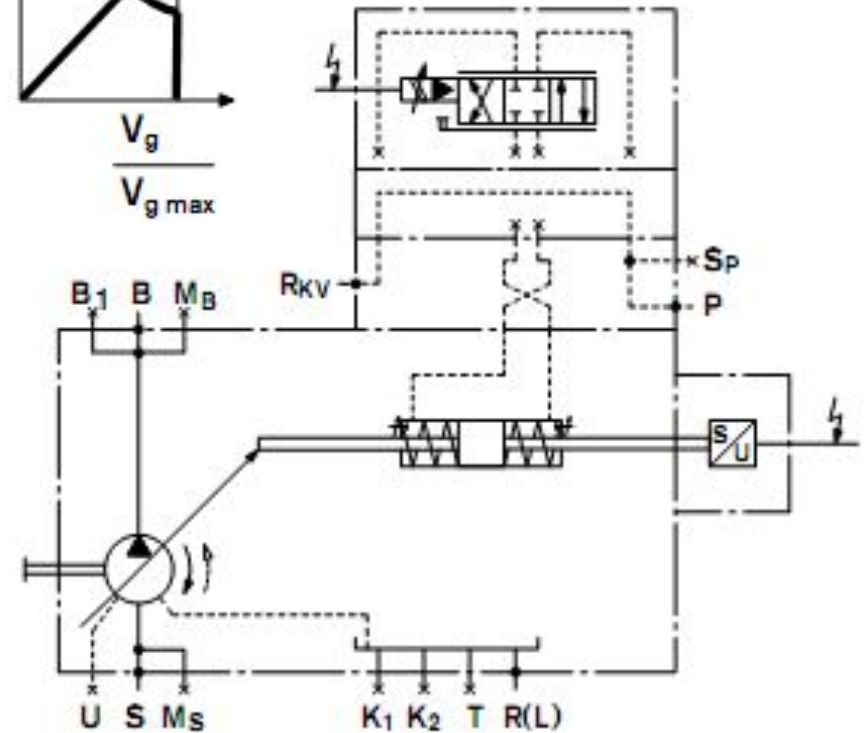
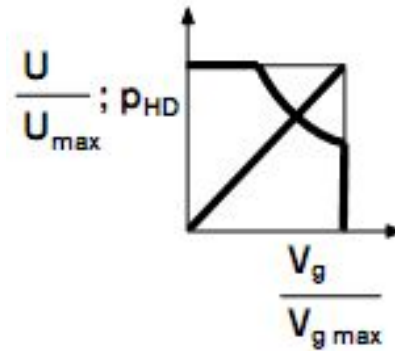
Регулируемый насос с электронным управлением



Датчик давления

Электронный блок управления

Клапан с пропорциональным управлением



Выбор насоса по рабочим характеристикам

$$q = \frac{1000 \cdot Q}{n \cdot \eta_{об}} \quad [\text{см}^3/\text{об}]$$

$$Q = \frac{q \cdot n \cdot \eta_{об}}{1000} \quad [\text{л/мин}]$$

$$N = \frac{p \cdot Q}{60 \cdot \eta} \quad [\text{кВт}]$$

$$M = \frac{1.59}{1000} \cdot \frac{p \cdot q}{2\pi \cdot \eta_{эм}} \quad [\text{Нм}]$$

$$\eta = \eta_{об} \cdot \eta_{эм}$$

η – общий .. (0,8...0,85)

$\eta_{об}$ – объёмный .. (0,9...0,95)

$\eta_{эм}$ – гидромеханический .. (0,9...0,95)

Q – подача насоса, л/мин;

q – рабочий объём насоса, см³/об;

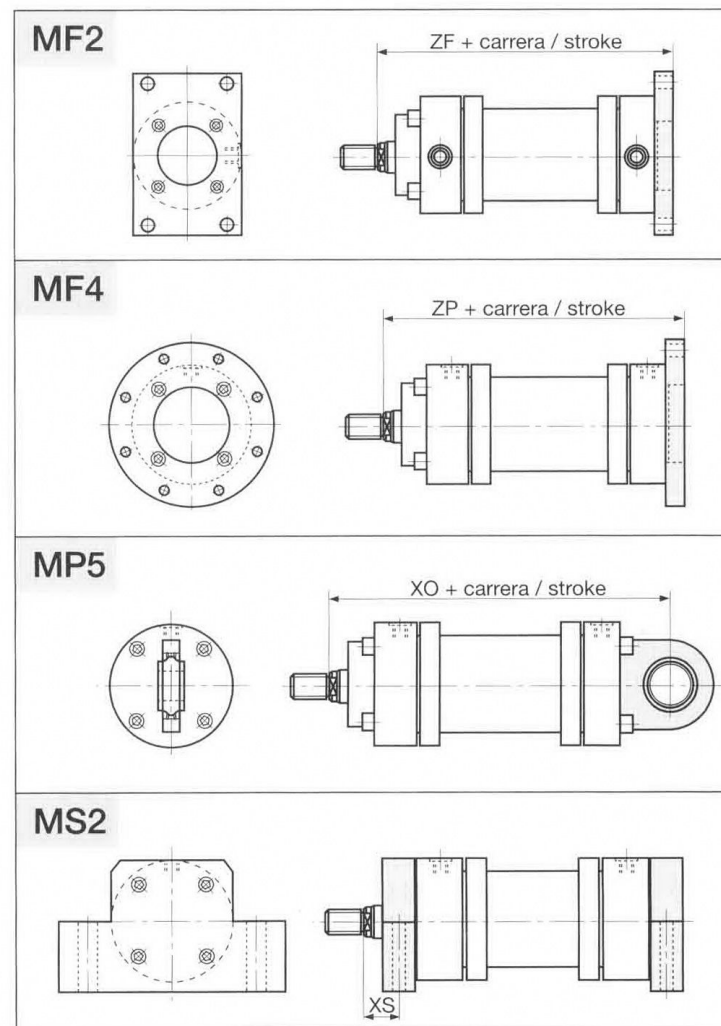
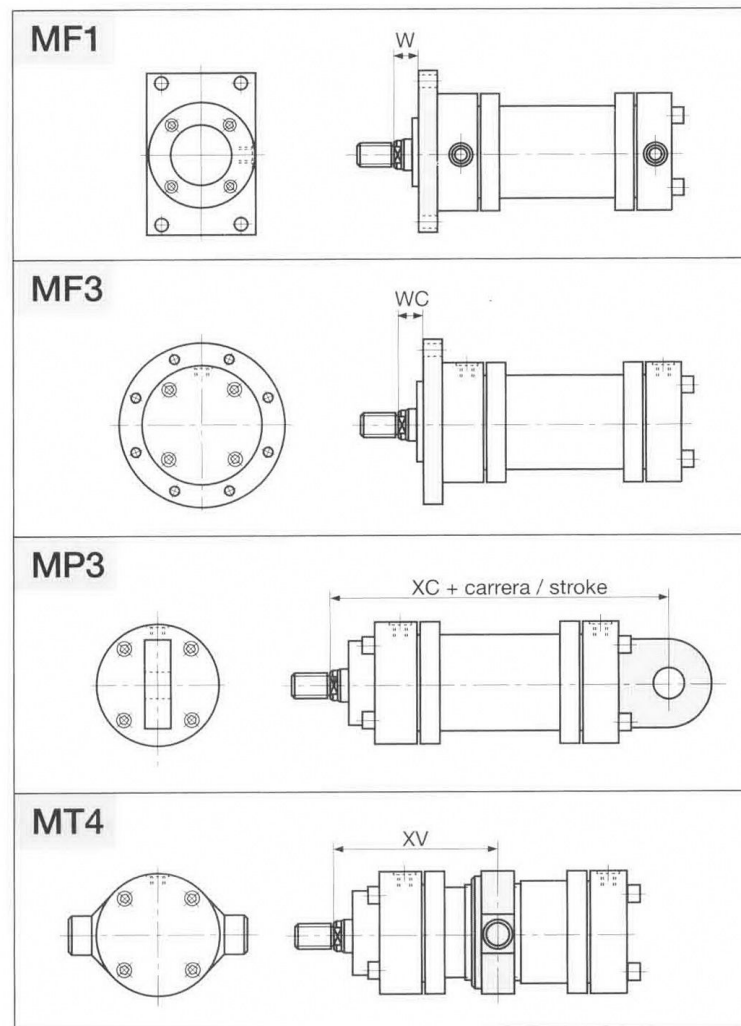
n – частота вращения вала насоса, об/мин;

N – мощность, кВт;

p – давление на выходе из насоса, МПа

M – крутящий момент, приложенный к валу насоса, Нм;

Типы крепления гидроцилиндров



Проектировочный расчет гидроцилиндра

$$D = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi \cdot p \cdot \eta_{эм}}} \quad [\text{мм}]$$

$$\frac{d}{D} \approx 0,4 \dots 0,8$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 0,01 \quad [\text{см}^2]$$

$$S_{ш} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 0,01 \quad [\text{см}^2]$$

$$F_1 = \frac{p \cdot \pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta_{эм} \cdot 0,001 \quad [\text{кН}]$$

$$F_2 = \frac{p \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta_{эм} \cdot 0,001 \quad [\text{кН}]$$

$$V = \frac{Q}{S_i} \cdot \frac{\eta_{об}}{6} \quad [\text{м/с}]$$

D – диаметр поршня, мм;

d – диаметр штока, мм;

S_p – площадь поршня, см²;

$S_{ш}$ – площадь штока;

p – рабочее давление, МПа;

F_1 – усилие при выдвигании штока, кН;

F_2 – усилие при втягивании штока, кН;

V – скорость движения поршня, м/с;

Q – подача насоса, л/мин;

Устойчивость гидроцилиндров

Расчет по Эйлеру

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\nu \cdot L_K^2} \quad \text{при } \lambda > \lambda_g$$

$E = 2,1 \times 10^5$ модуль упругости в Н/мм² (для стали)

I = момент инерции площадей в мм⁴

$\nu = 3,5$ коэффициент запаса прочности

L_K = свободная длина при продольном изгибе в мм

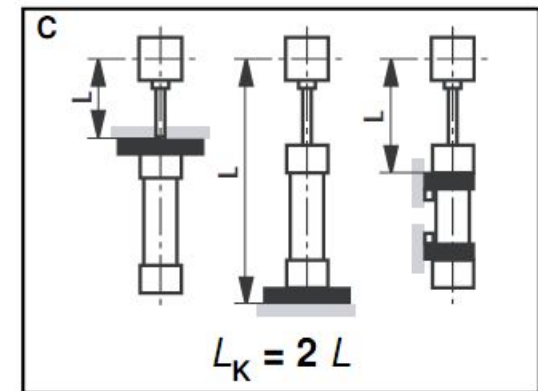
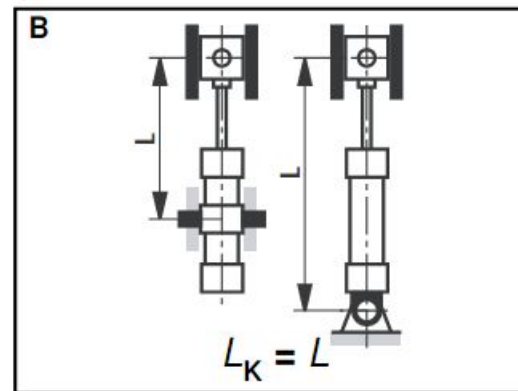
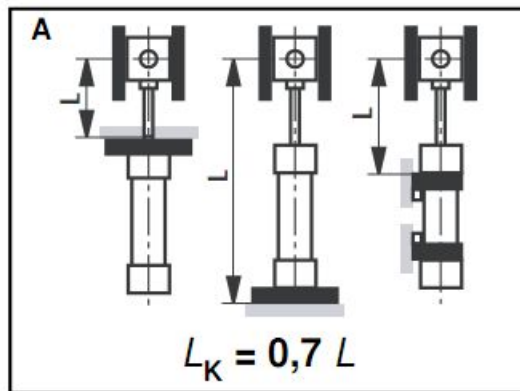
d = диаметр штока в мм

Расчет по Тетмайеру

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi (335 - 0,62 \cdot \lambda)}{4 \cdot \nu} \quad \text{при } \lambda \leq \lambda_g \quad \lambda = \frac{4 \cdot L_k}{d} \quad \text{- коэффициент удлинения}$$

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,8\sigma}}$$

σ — предел упругости материала штока



Номограмма для приблизительного расчета параметров гидроцилиндра

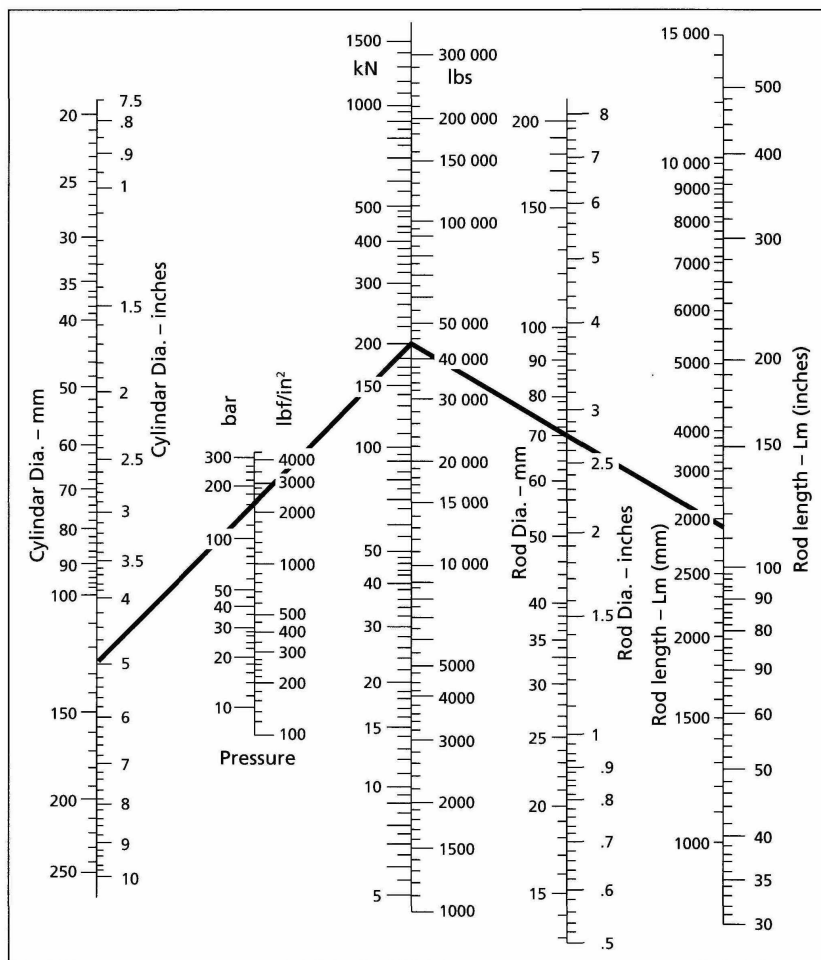
Расчет наибольшего хода с учетом типа крепления гидроцилиндра (L_a)

$$L_a = L_m \times K$$

Крепление

K

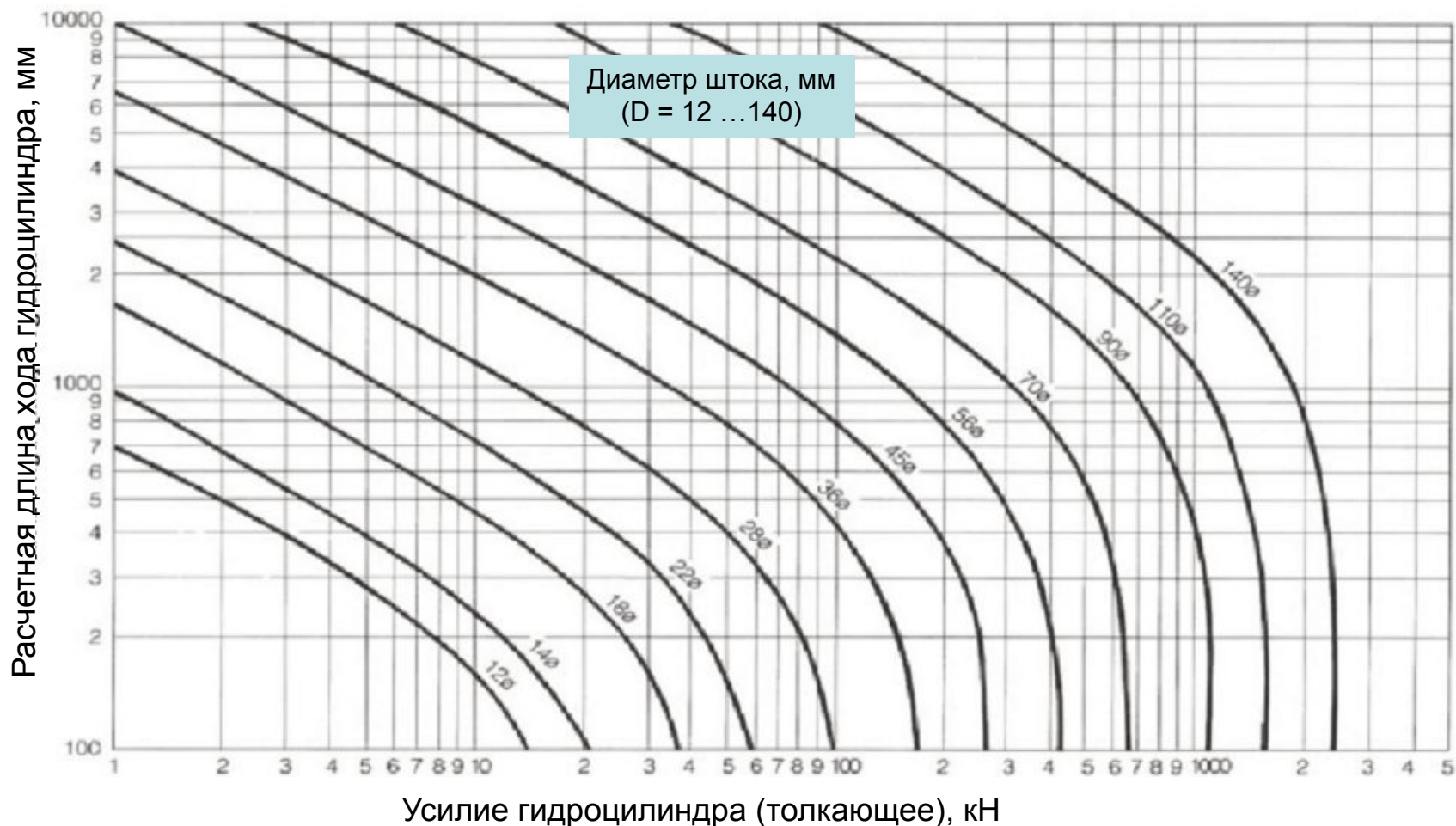
Корпус закреплен, шарнир на штоке	– 0,8
Корпус закреплен, шток в направляющих	– 1,0
Передний фланец, шарнир на штоке	-- 0,8
Передний фланец, шток в направляющих	– 1,0
Задний фланец, шарнир на штоке	-- 0,4
Задний фланец, шток в направляющих	-- 0,8
Шарнирное крепление штока и корпуса	-- 0,3
Корпус в цапфах, шток - шарнирно	– 0,3
Корпус в цапфах, шток – в направляющих	– 0,8



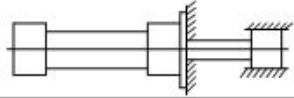
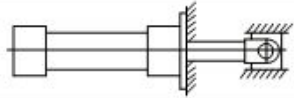
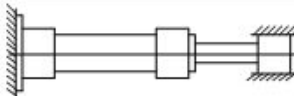
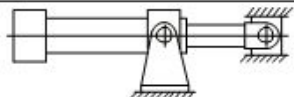
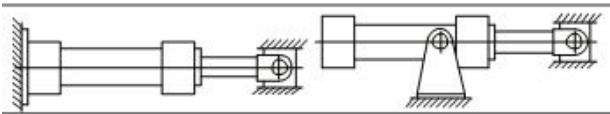
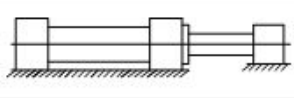
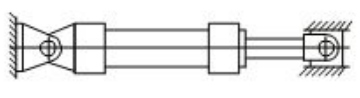
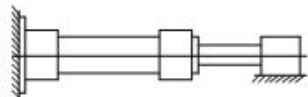
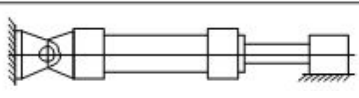
Приблизительный расчет штока гидроцилиндра

Расчетная длина хода гидроцилиндра

$$L_{\text{ЭА}} = H \times F_C$$



Поправочный коэффициент для расчета диаметра штока (F_c)

	0.5
	0.7
	1.0
	1.0
	1.5
	2.0
	2.0
	4.0
	4.0

К.п.д. гидромашин
(для предварительных расчетов)

Тип гидромашины, гидроустройства	Механический кпд η_m	Объемный кпд η_o	Общий КПД η
1 Роторно – пластинчатые насосы	0,70÷0,90	0,60÷0,95	0,60÷0,85
2 Роторно - поршневые радиальные насосы	0,80÷0,95	0,85÷0,98	0,76÷0,93
3 Роторно - поршневые аксиальные насосы	0,82÷0,90	0,88÷0,98	0,82÷0,96
4 Шестеренные насосы	0,70÷0,85	0,75÷0,92	0,54÷0,80
5 Роторно - пластинчатые гидромоторы	0,70÷0,90	0,60÷0,95	0,50÷0,85
6 Роторно – поршневые радиальные гидромоторы	0,85÷0,95	0,95÷0,98	0,90÷0,94
7 Роторно – поршневые аксиальные гидромоторы	0,82÷0,90	0,97÷0,98	0,80÷0,87
8 Шестеренные гидромоторы	0,70÷0,85	0,95÷0,96	0,87÷0,90
9 Гидрораспределители золотниковые	1	0,97÷0,99	0,92÷0,98
10 Гидроцилиндры	0,85÷0,97	0,98÷0,99	0,92÷0,94

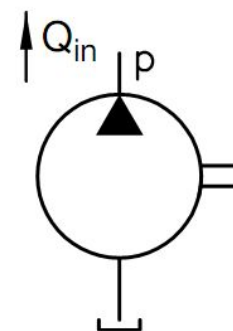
Выбор насоса и электродвигателя

Предварительно следует определиться с величиной рабочего давления:

$$P = 5,0 \dots 35,0 \text{ МПа.}$$

Частота вращения вала приводного электродвигателя:

$$n = 750, 1000, 1500, 3000 \text{ об/мин}$$



$$Q = V \cdot S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V$$

$$Q = q \cdot n \cdot \eta_o \dots (\eta_o \approx 0.9)$$

$$q_{расч} = \frac{Q}{n \cdot \eta_o} \Rightarrow q$$

$$N_{расч} = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta} \approx \frac{p \cdot Q}{500}$$

$$M = \frac{p \cdot q}{2\pi \cdot \eta_M}$$

Применение формул:

$$Q [\text{lpm}] \approx \frac{V [\text{m}^3] \cdot n [\text{min}^{-1}]}{1000}$$

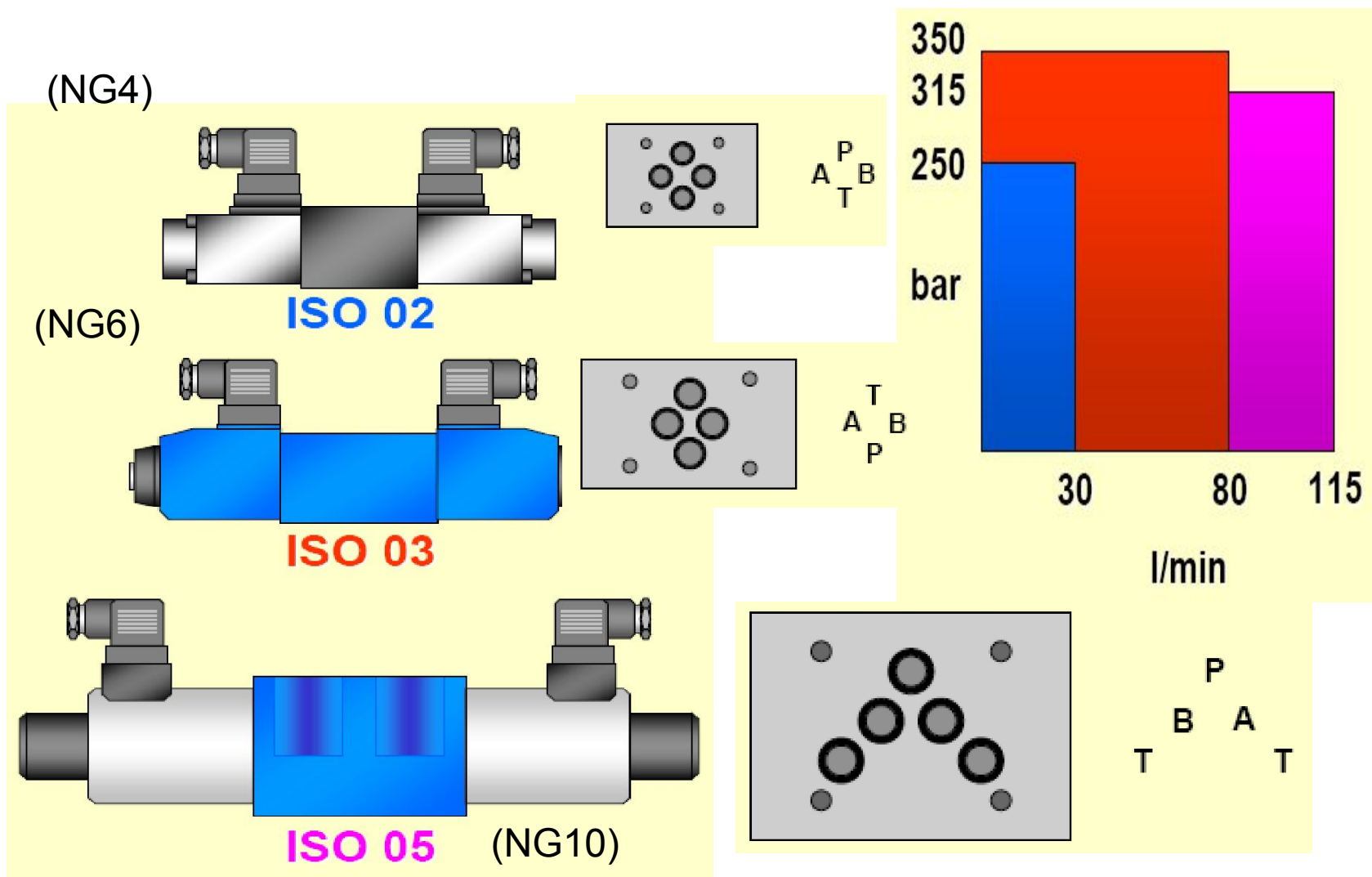
$$M [\text{Nm}] \approx \frac{V [\text{cm}^3] \cdot \Delta p [\text{bar}]}{62}$$

$$P_{\text{hyd}} [\text{kW}] \approx \frac{\Delta p [\text{bar}] \cdot Q [\text{lpm}]}{612}$$

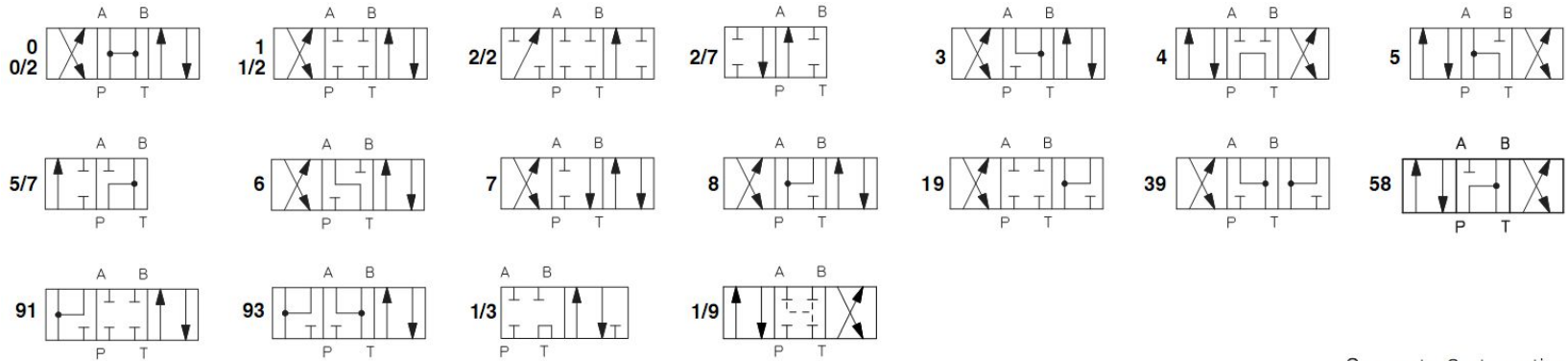
$$P_{\text{drive}} [\text{kW}] \approx \frac{\Delta p [\text{bar}] \cdot Q [\text{lpm}]}{500}$$

$$P_{\text{out}} [\text{kW}] \approx \frac{\Delta p [\text{bar}] \cdot Q [\text{lpm}]}{740}$$

Пропускная способность распределителей

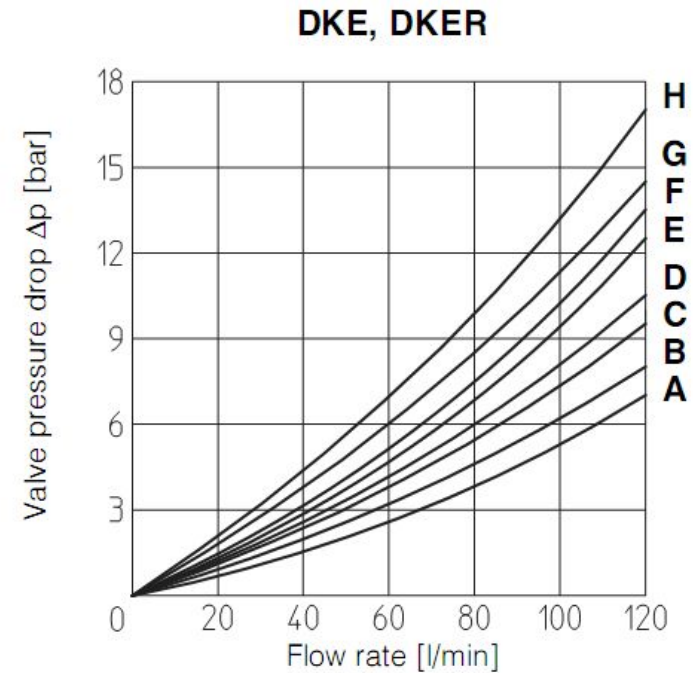


Потери давления в гидрораспределителях

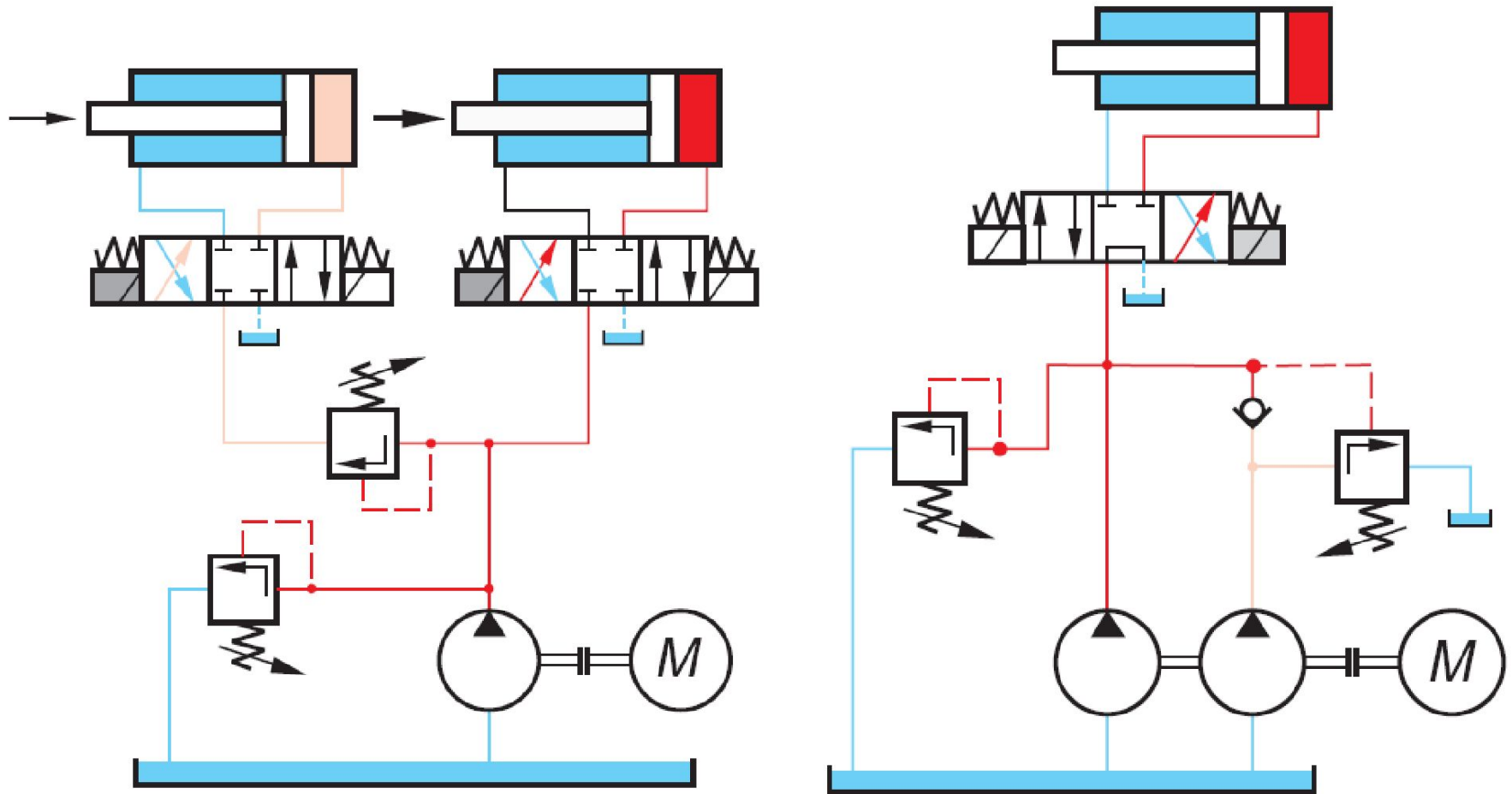


See note 3 at section

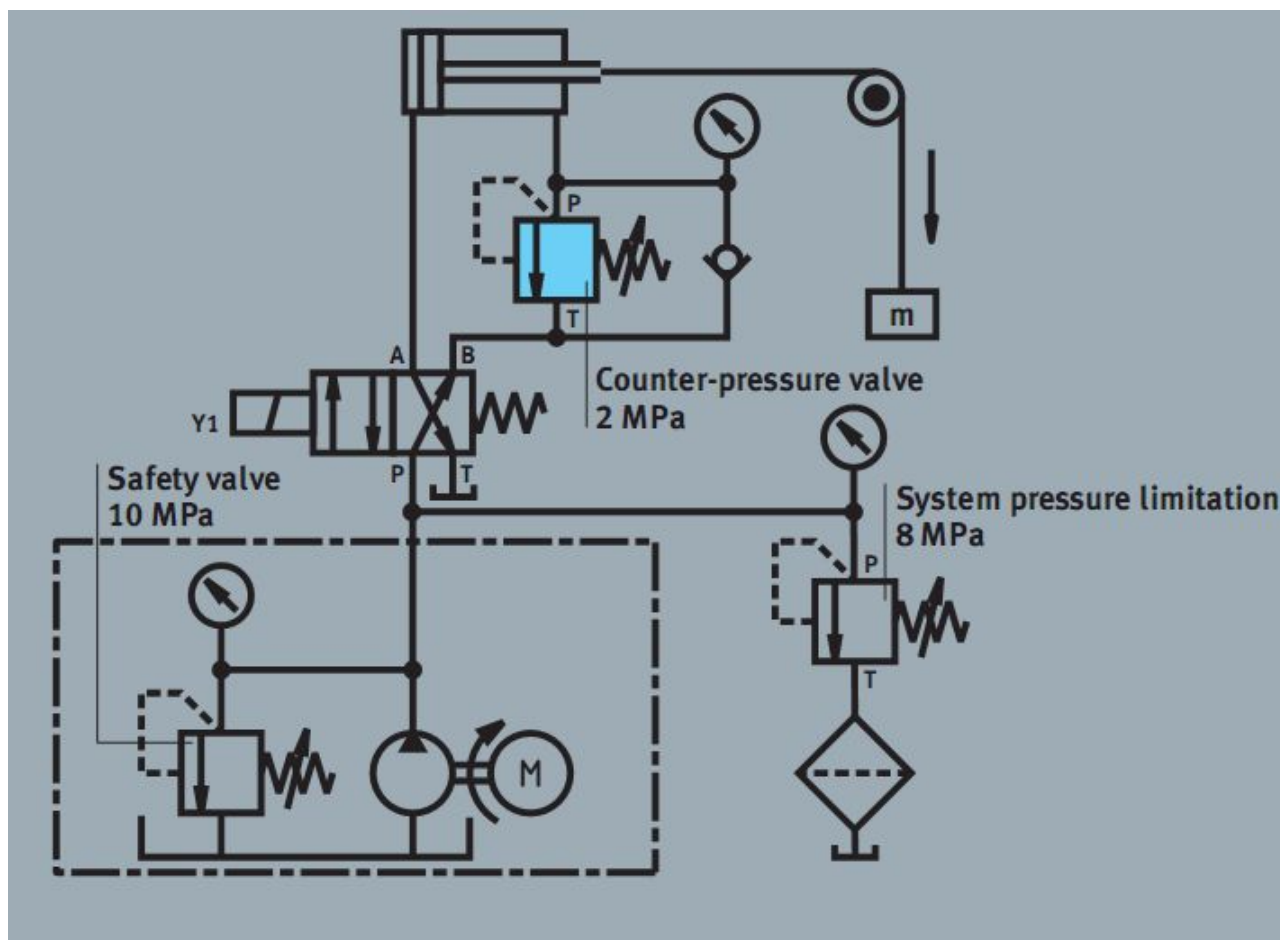
Flow direction \ Spool type	Flow direction					
	P→A	P→B	A→T	B→T	P→T	B→A
0, 0/1, 0/2, 2/2	A	A	B	B		
1, 1/1, 1/3, 6, 8	A	A	D	C		
3, 3/1, 7	A	A	C	D		
4	B	B	B	B	F	
5	A	B	C	C	G	
1/2	B	C	C	B		
2/7	D			F		
5/7	B			A	E	
19	A	D	C			H



Управление при помощи гидроклапанов последовательности



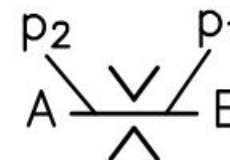
Схемы включения предохранительного клапана тормозной клапан



Дроссель: расход и потери давления

Расход через дроссель

$$Q = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad \text{л/мин}$$



Применение формул:

Потери давления на дросселе

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{4Q}{\mu \cdot \pi \cdot d} \right)^2$$

d – диаметр отверстия;

ρ – плотность рабочей среды;

$\mu = 0,78$ – коэффициент расхода

$$Q \approx 0.55 d^2 [\text{mm}] \cdot \sqrt{\Delta p [\text{bar}]}$$

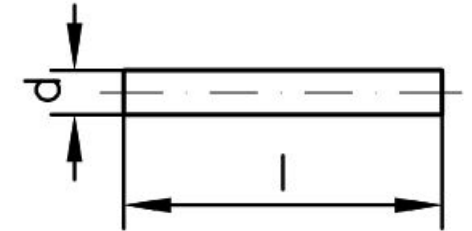
$$d \approx 1.37 \cdot \frac{Q [\text{lpm}]}{\sqrt{\Delta p [\text{bar}]}}$$

$$\Delta p \approx \left(\frac{1.81 \cdot Q [\text{lpm}]}{d^2 [\text{mm}]} \right)^2$$

Потери давления в трубопроводах

Допустимые скорости течения в трубопроводах:

- напорный – 2 ... 5 м/с;
- возвратный (сливной) – 1,5 ... 2,5 м/с;
- всасывающий – 0,6 ... 1 м/с



Применение формул:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \leq 2300$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot V}{2}$$

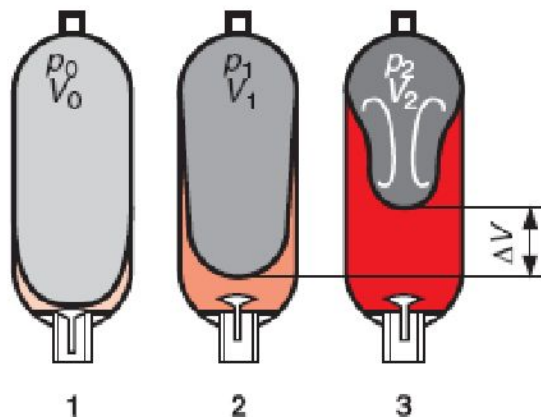
$$Q [\text{lpm}] \leq 0.108 \cdot d [\text{mm}] \cdot v \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \right]$$

$$d [\text{mm}] \geq \frac{9.2 Q [\text{lpm}]}{v \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \right]}$$

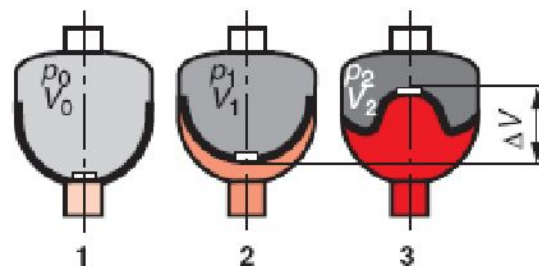
$$\frac{\Delta p}{l} \left[\frac{\text{bar}}{\text{m}} \right] \approx \frac{6.1 \cdot v \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \right] \cdot Q \left[\frac{\text{l}}{\text{pm}} \right]}{d^4 [\text{mm}]}$$

Основные характеристики ГПА

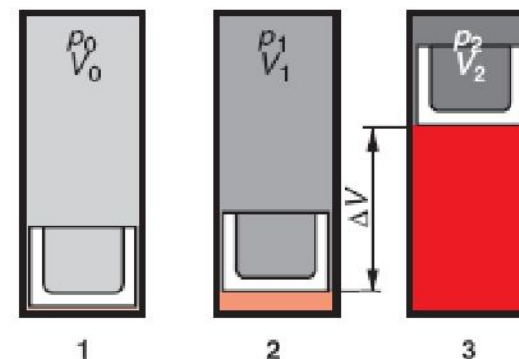
Балонные



Мембранные



Поршневые



p_0 = давление зарядки азотом
 p_1 = наименьшее рабочее давление
 p_2 = наибольшее рабочее давление
 V_0 = эффективный объём газовой полости
 V_1 = объём газа при давлении p_1
 V_2 = объём газа при давлении p_2
 ΔV = объём вытесняемой жидкости

Предварительный расчет гидропневмоаккумулятора

$$\Delta V = V_0 \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \right]$$

$\kappa=1.4$ – показатель адиабаты;

ΔV – вытесняемый объём жидкости;

V_0 – объём гидроаккумулятора;

p_0 – давление зарядки азотом;

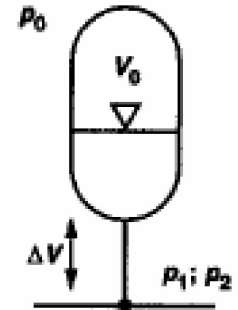
p_1 – минимально допустимое давление жидкости;

p_2 – наибольшее давление жидкости в системе;

$$p_0 \leq 0.9 \cdot p_1;$$

$$\Delta V = Q \cdot t$$

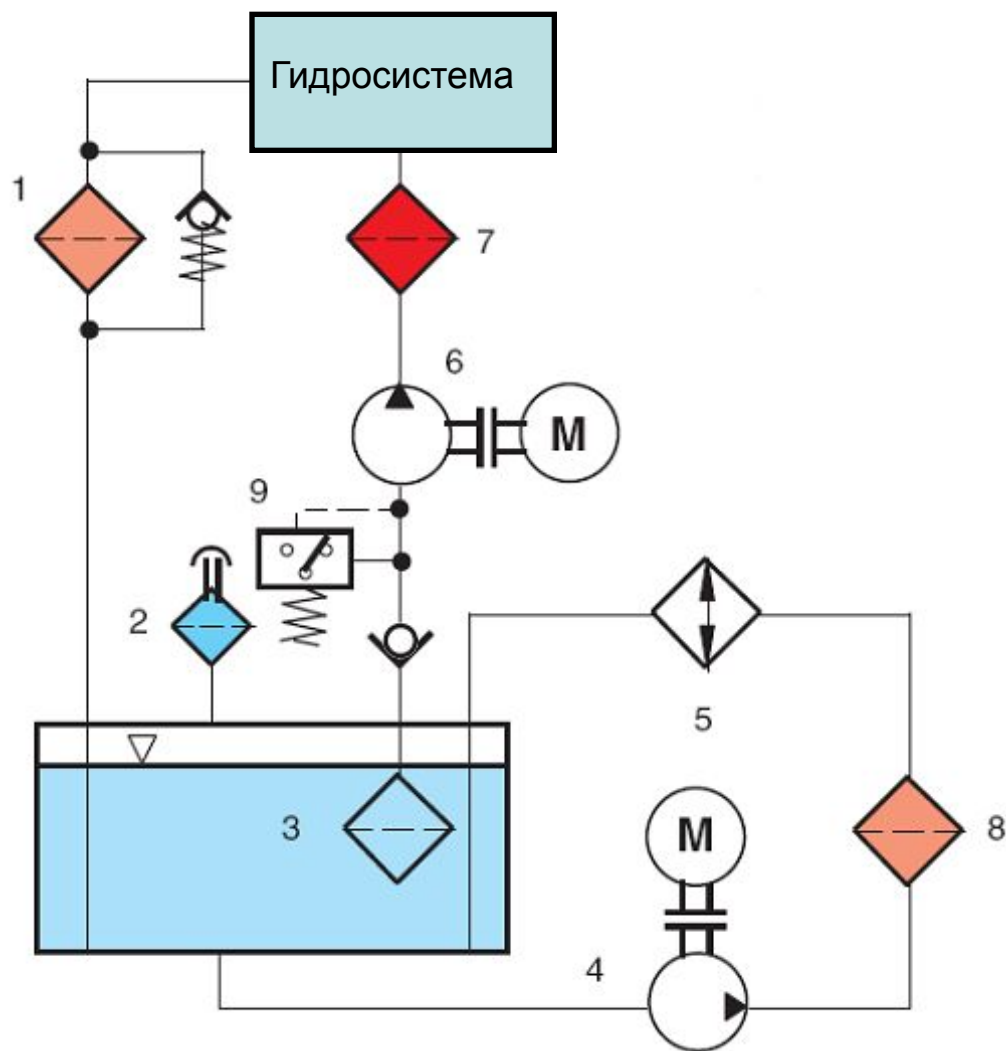
В дальнейшем необходимо скорректировать объём с учетом поправочных коэффициентов, приводимых в каталогах фирм-изготовителей.



$$p_2 = \frac{p_1}{\left[1 - \frac{\Delta V}{V_0 \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}}} \right]^{\kappa}}$$

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} \right]}$$

Фильтрация в гидросистемах

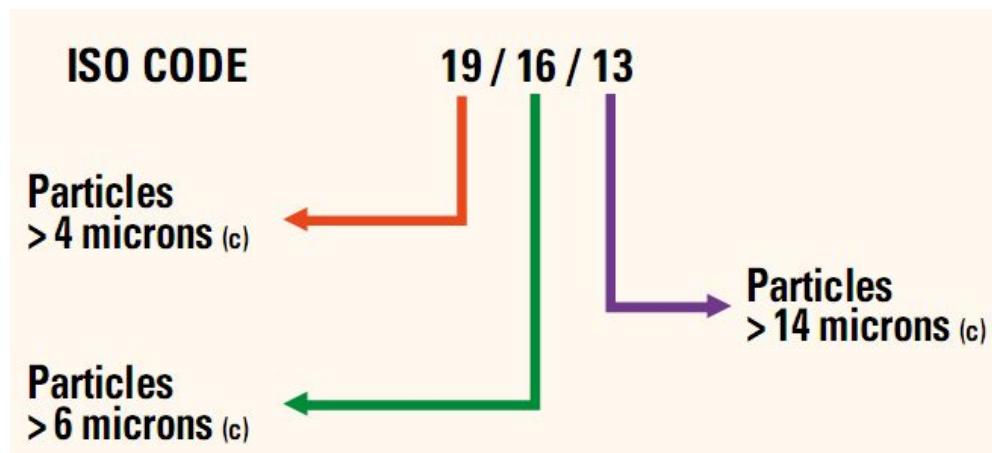


1. Возвратный фильтр (фильтрация на сливе)
2. Фильтр-сапун
3. Всасывающий фильтр
4. Насос вспомогательной фильтрующей системы
5. Теплообменник
6. Основной насос
7. Фильтр высокого давления
8. Фильтр вспомогательной фильтрующей системы
9. Реле давления (вакуума)

Классы чистоты жидкостей по ГОСТ 17216-2001

Класс чистоты жидкостей	Число частиц загрязнителя в $(100 \pm 0,5)$ см ³ жидкости при размере частиц, мкм, не более									Масса загрязнителей, %, не более	
	от 0,5 до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 5	св. 5 до 10	св. 10 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	волокна		
00	800	400	32	8	4	1	Отсутствие	АО	АО	Не нормируется	
0	1600	800	63	16	8	2					
1		1600	125	32	16	3					
2			250	63	32	4	1	Отсутствие	Отсутствие		
3	Не нормируется			125	63	8	2				
4				250	125	12	3				
5				500	250	25	4	1			
6				1000	500	50	6	2	1		0,000032
7				2000	1000	100	12	4	2		0,000064
8				4000	2000	200	25	6	3		0,000125
9				8000	4000	400	50	12	4	0,00025	
10				16000	8000	800	100	25	5	0,0005	
11				31500	16000	1600	200	50	10	0,001	
12				63000	31500	3150	400	100	20	0,002	
13		63000	6300	800	200	40	0,004				
14		125000	12500	1600	400	80	0,008				
15			25000	3150	800	160	0,016				
16			50000	6300	1600	315	0,032				
17				12500	3150	630	0,064				

Коды чистоты масла по ISO 4406



Range Number	Micron (c)	Actual Particle Count Range (per ml)
19	4+	2,500 - 5,000
16	6+	320 - 640
13	14+	40 - 80

ISO 4406 Chart		
Range Number	Number of particles per ml	
	More than	Up to and including
24	80,000	160,000
23	40,000	80,000
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	.64	1.3
6	.32	.64

Тонкость фильтрации и области применения

Рекомендуемая тонкость фильтрации ($\beta = 100$), мкм	Число частиц загрязнений в 100 см ³ , при размере частиц, мкм		Класс чистоты по Гост 17216-71	Класс чистоты по SAE, ASTM, AJA	Тип гидроустановки
	5	15			
1 – 2	3000	200	6...7	0	Высококачественные гидросистемы авиационной техники с прогнозируемой надежностью, лабораторные исследования.
2...5	9000	700	8	2	Гидросистемы автоматического управления с высокими динамическими характеристиками, работающие в области высоких давлений (авиационная техника, роботы-манипуляторы, станки с ЧПУ, системы стабилизации)
5...10	25000	2000	9...10	3	Высокоточные промышленные гидросистемы с высокой эксплуатационной надежностью и заданным сроком службы отдельных элементов (наиболее чувствительны к загрязнению сервоклапаны и пропорциональные регуляторы).
10...20	80000	6000	11...12	5	Гидравлические установки общего назначения и гидросистемы подвижных машин, для средних давлений и размеров
15...25	200000	14000	13	6	Гидросистемы, применяемые в тяжелой промышленности, в области низких давлений или системы с ограниченным сроком службы.
20...40	700000	50000	14	-	Гидросистемы низкого давления с большими зазорами.

Рекомендации в отношении качества очистки
рабочей жидкости при фильтрации основного
потока.

Гидроагрегаты	Размещение фильтра в системе	Номинальная тонкость фильтрации, мкм	Класс чистоты
Клапаны давления на $P_{ном} = 16 \dots 32$ МПа	В напорной линии	10...25	11...12
Аксиально-поршневые гидромашины	На всасывании	10...16	11...12
Аксиально-поршневые гидромашины	На линии слива и (или) напора	16...25	12...13
Гидрораспределители золотниковые ($Dy = 20, 25, 32$, $P_{ном} = 16 \dots 31$ Мпа)	В напорной линии	16...25	12...13
Шестеренные, радиально- поршневые гидромашины	На линии слива и (или) напора	40...63	14...16
Распределители, регуляторы расхода, запорные клапаны	На линии слива и (или) напора	40...63	14...16
Гидроцилиндры	На линии слива и (или) напора	40...80	14...17

Чистота рабочей жидкости. Рекомендации по выбору фильтров

ГОСТ 17216-71 "Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей" устанавливает 19 классов чистоты рабочих жидкостей.

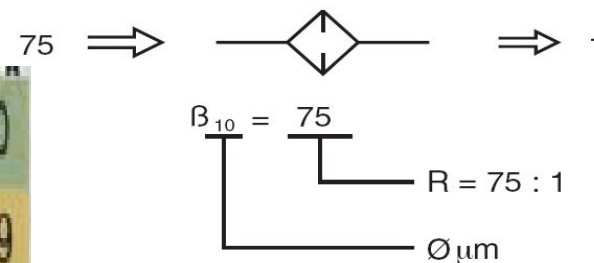
Практически чистота рабочей жидкости гидросистем находится в пределах 6..14 классов

Номинальная тонкость фильтрации (ГОСТ 14066-68) – минимальный размер частиц, задерживаемый фильтром, число которых составляет не менее 90% от числа частиц того же размера, находящихся в не фильтрованной жидкости ($\beta = 90\%$).

Абсолютная тонкость фильтрации определяется размером наиболее крупной частицы, которая еще может пройти через фильтр ($\beta = 100\%$).

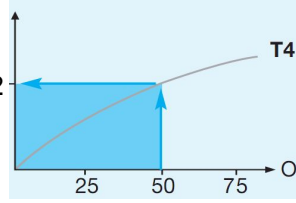
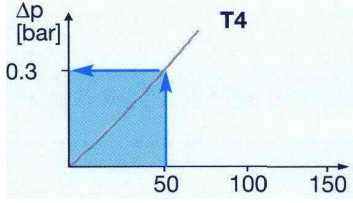
ГОСТ 14066-88 устанавливает следующий ряд значений номинальной тонкости фильтрации, мкм: 5, 10, 16, 25, 40, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250.

β_x	1	2	5	10	20	75	100	200	1000	5000
Уровень очистки, %	0	50	80	90	95	98,7	99	99,5	99,98	99,99



Рекомендации по выбору воздушного теплообменника

(по методике фирмы AKG Thermotechnik International GmbH&Co.KG)

1	<p>Определение исходных данных для расчета: N_T – отводимая тепловая мощность; Q – поток масла через теплообменник; T_1 – температура масла на входе в теплообменник; T_2 – температура охлаждающего воздуха</p>	<p>кВт л/мин $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$</p>	<p>$P_{\text{req}} = 12 \text{ kW}$ $V_{\text{Oil}} = 50 \text{ l/min}$ $T_{\text{Oil}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{caf}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$</p>																				
2	<p>Определение коэффициента теплоотвода K_T</p>	<p>кВт / $^{\circ}\text{C}$</p>	$K_T = \frac{N}{\Delta T} = \frac{12}{70 - 30} = 0.3$																				
3	<p>Выбор теплообменника по графикам каталога и вычисление реальной отводимой мощности</p>	<p>кВт</p>																					
4	<p>Определение потерь давления на теплообменнике и падения температуры масла по графикам каталога и формуле:</p> $\Delta T = 33 \cdot \frac{N}{Q}$	<p>$^{\circ}\text{C}$</p>	 $\Delta T = 33 \cdot \frac{12.8}{50} = 8.4$ $v = 30 \text{ cСт}$																				
5	<p>Корректировка потерь давления в зависимости от вязкости масла</p> $\Delta p = \Delta p_0 \cdot f$	<p>бар</p>	<table border="1" data-bbox="1105 1116 1781 1259"> <tr> <td>$\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}, \text{cСт}$</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>f</td> <td>0.5</td> <td>0.65</td> <td>0.75</td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>2.1</td> <td>2.8</td> </tr> </table>	$\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}, \text{cСт}$	10	15	20	30	40	50	60	80	100	f	0.5	0.65	0.75	1.0	1.2	1.4	1.6	2.1	2.8
$\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}, \text{cСт}$	10	15	20	30	40	50	60	80	100														
f	0.5	0.65	0.75	1.0	1.2	1.4	1.6	2.1	2.8														

Графики для выбора теплообменника

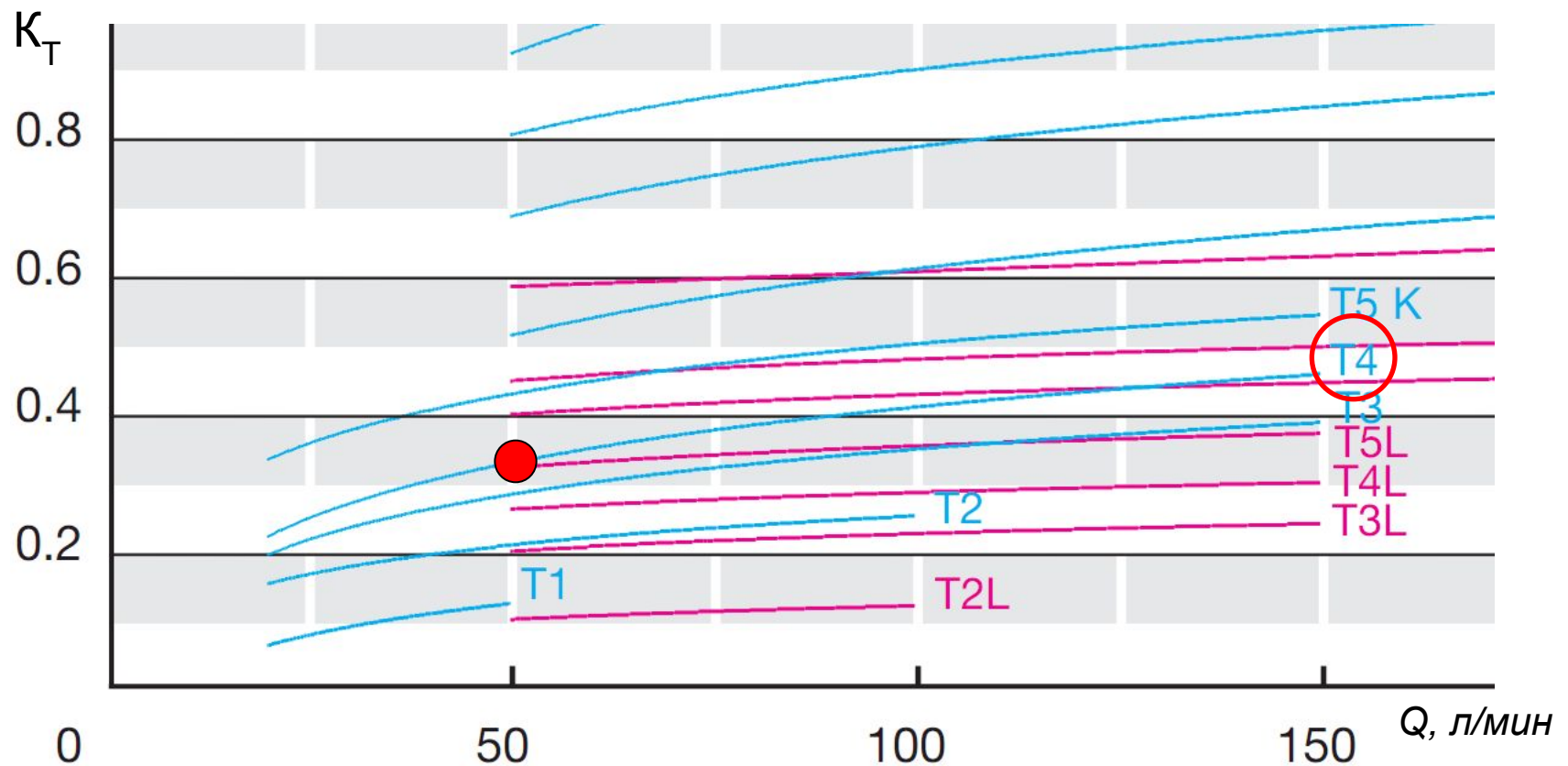
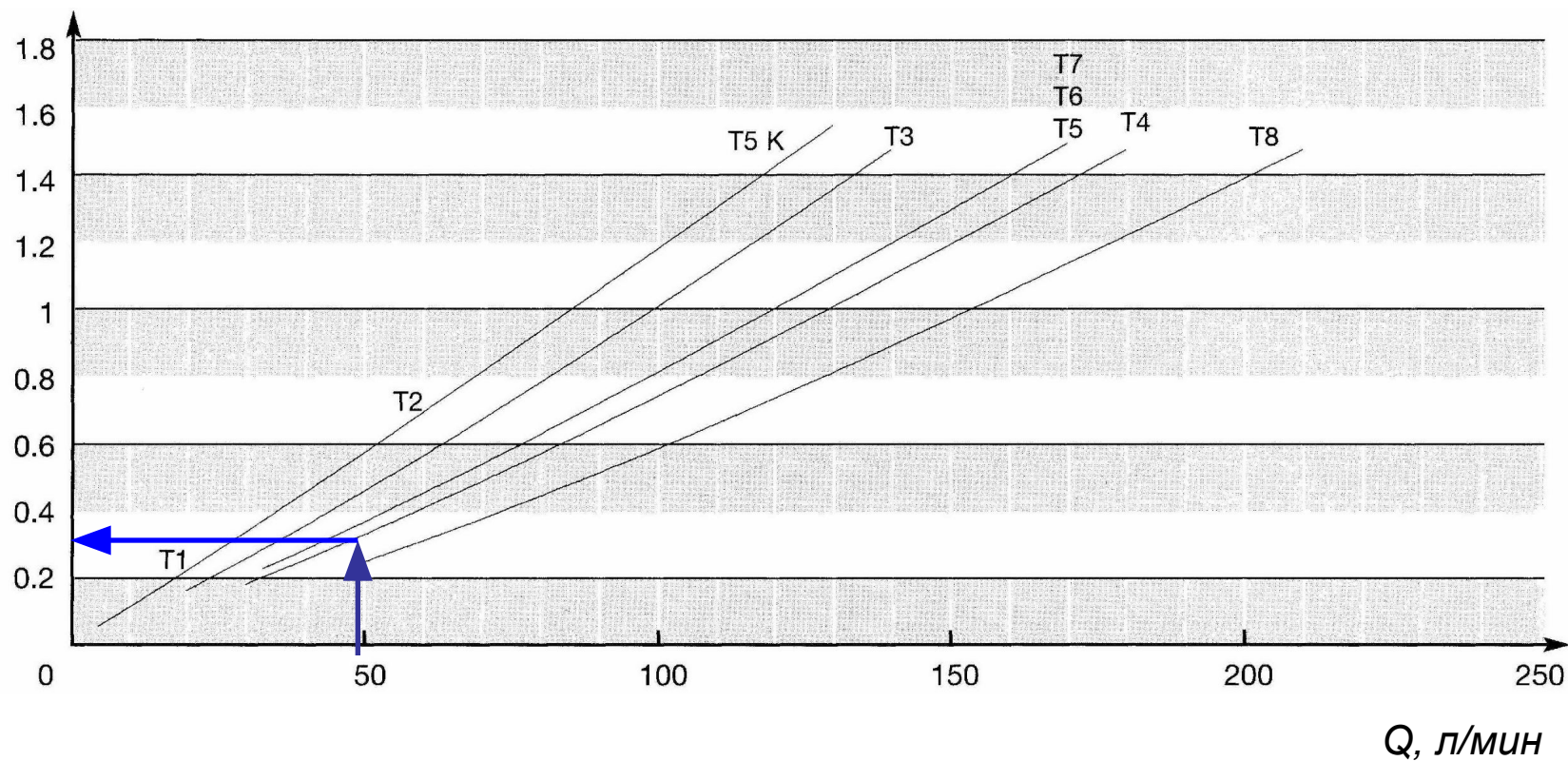
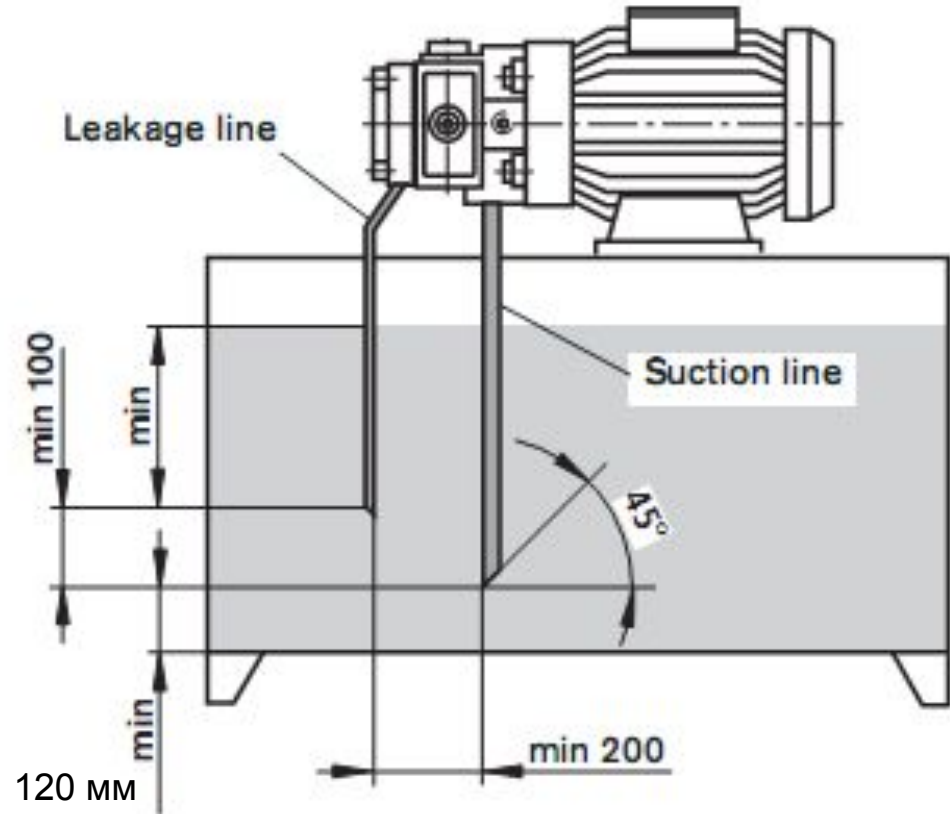
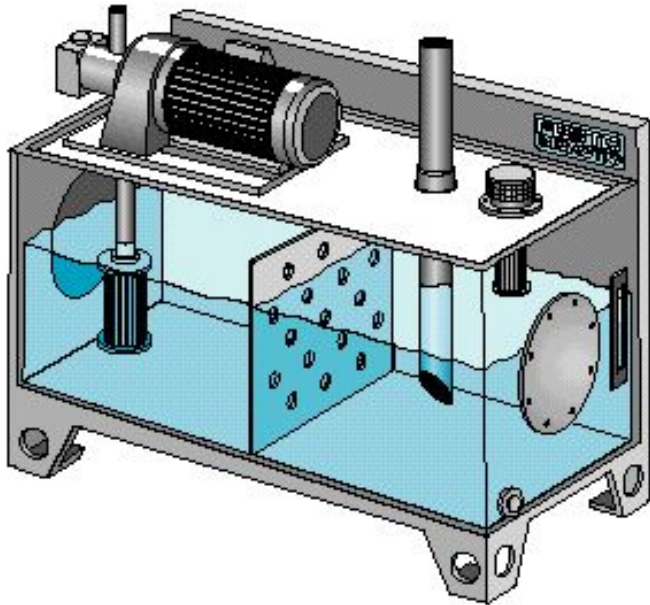


График для определения потерь давления на теплообменнике воздушного охлаждения

Δp , бар



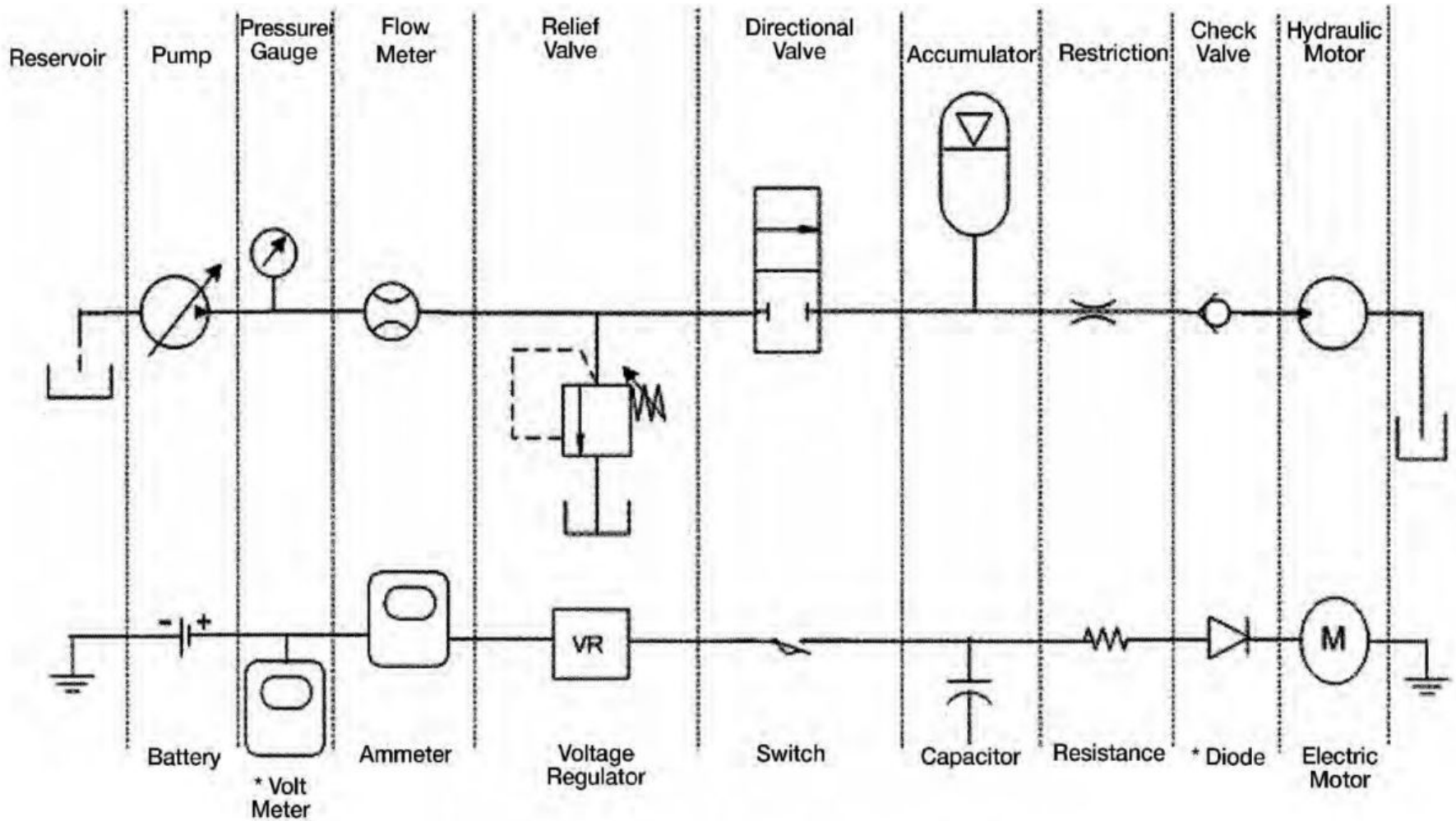
Бак гидравлический





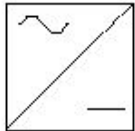

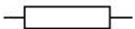

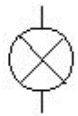


Изменение давления при движении масла через гидросистему с дроссельным регулированием



Электро-гидравлическая аналогия



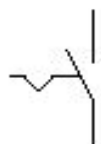
Обозначения на электросхемах

Постоянный ток	
Переменный ток	
Преобразователь тока	
Постоянный магнит	
Резистор	
Индукционное сопротивление	
Индикатор тока	
Емкостное сопротивление	
Заземление	

Обозначения электроконтактов



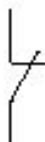
Нормально открытый контакт



Нормально открытый контакт с фиксацией



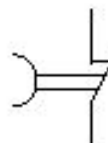
Нормально открытый контакт, закрываемый в ручном режиме



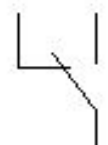
Нормально закрытый контакт



Нормально закрытый контакт, с фиксацией



Нормально закрытый контакт, открываемый в ручном режиме



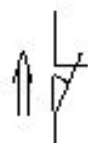
Перекидной контакт



Нормально открытая кнопка, с фиксацией

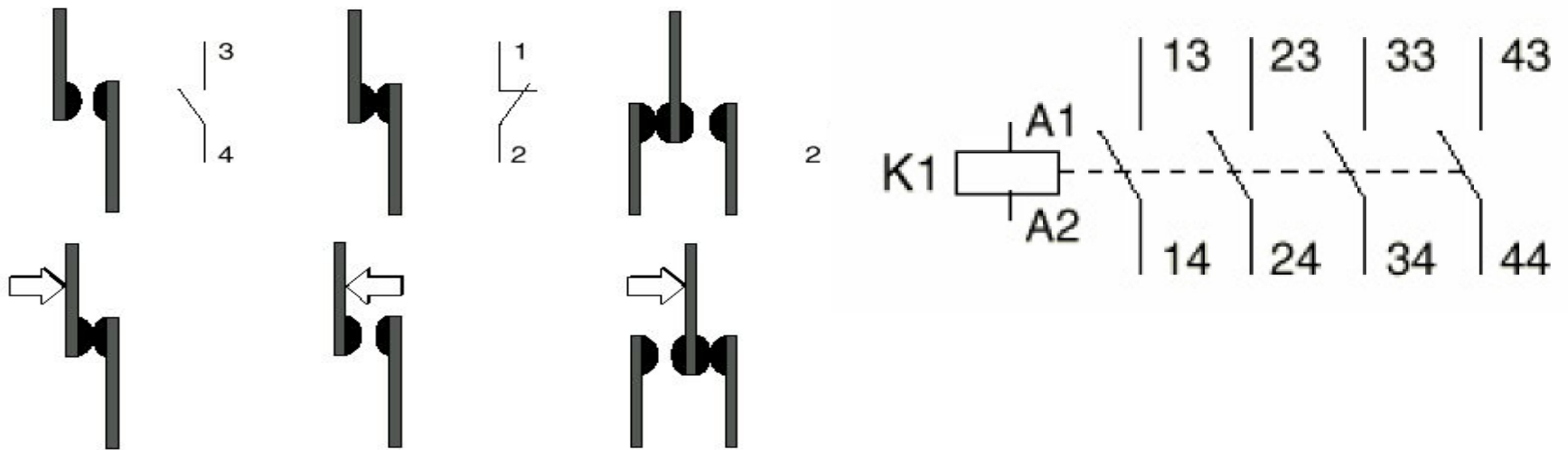


Конечный выключатель, механический



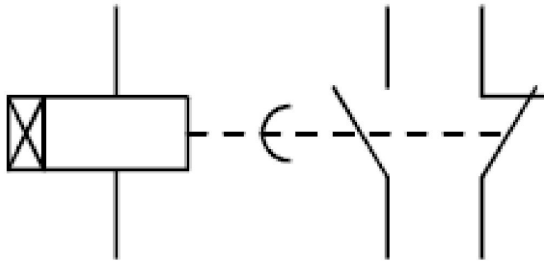
Конечный выключатель, механический, нормально открытый, активированный (нажатый) в данный момент

Типы электроконтактов, кнопки

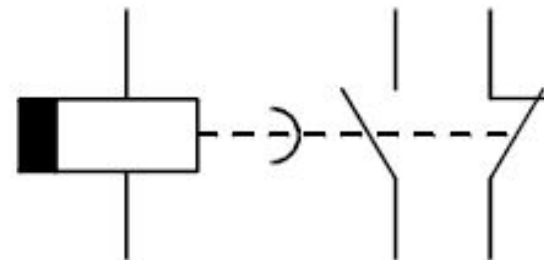


Электромеханическое реле времени

Реле времени с задержкой на включение

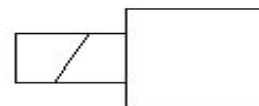


Реле времени с задержкой на отключение

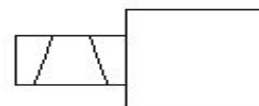


Обозначения электромагнитов на гидросхемах

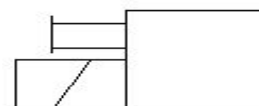
Односторонний электромагнит



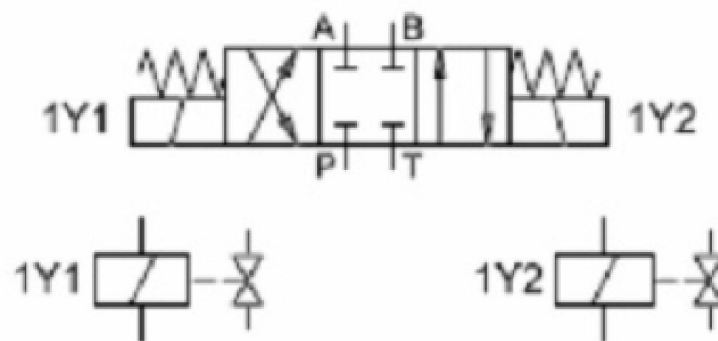
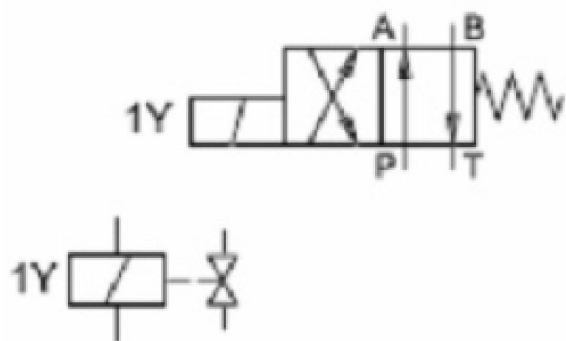
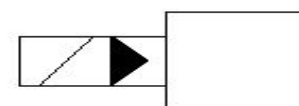
Двухсторонний электромагнит



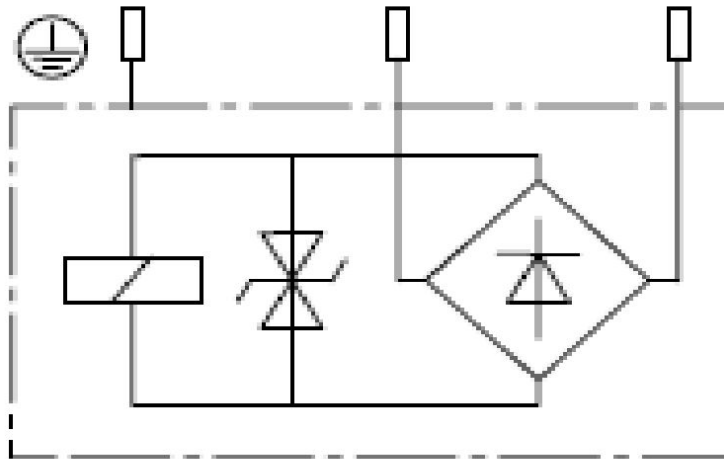
Односторонний электромагнит
с ручным дублированием



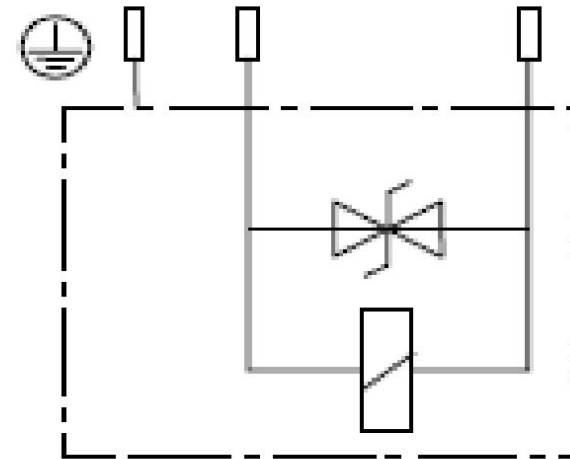
Электрогидравлический
преобразователь



Электромагниты гидрораспределителей

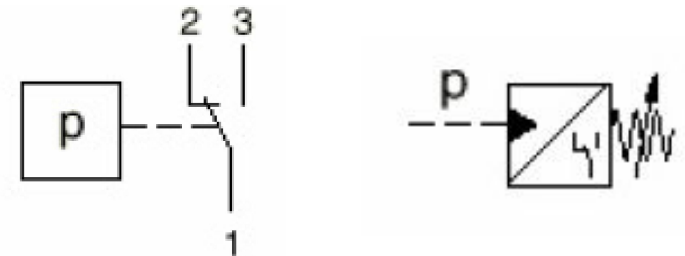
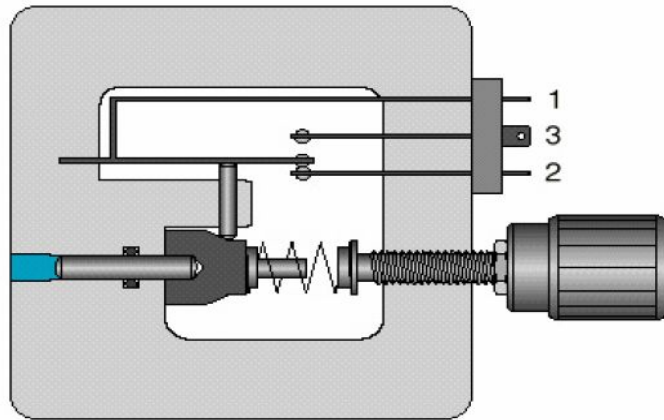


AC Coil

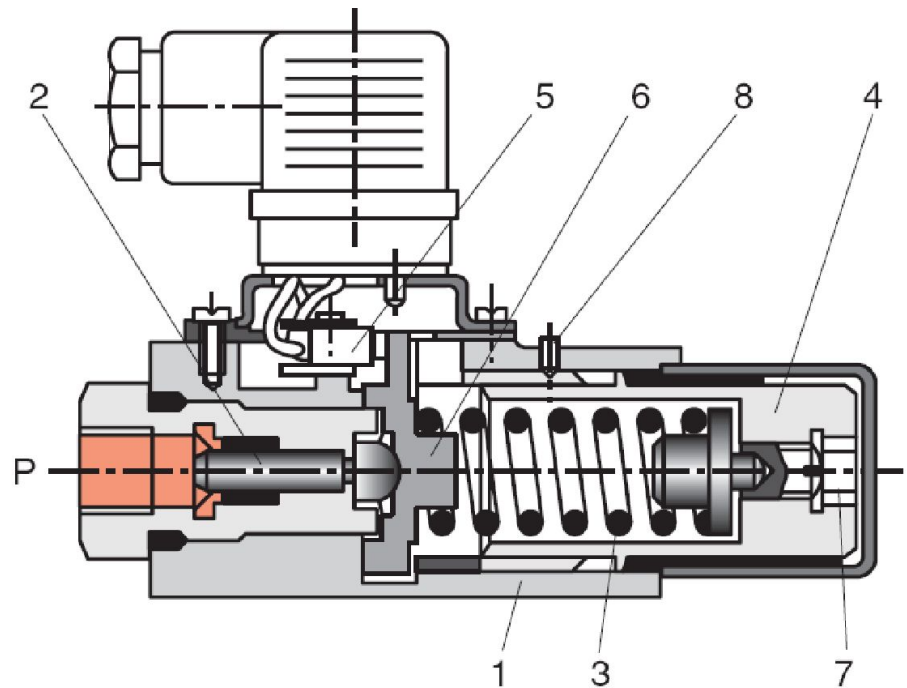
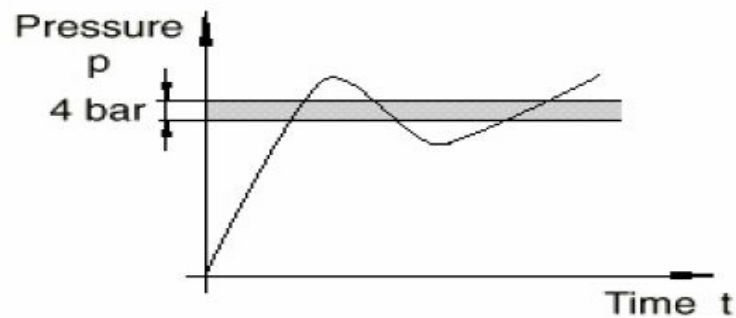


DC Coil

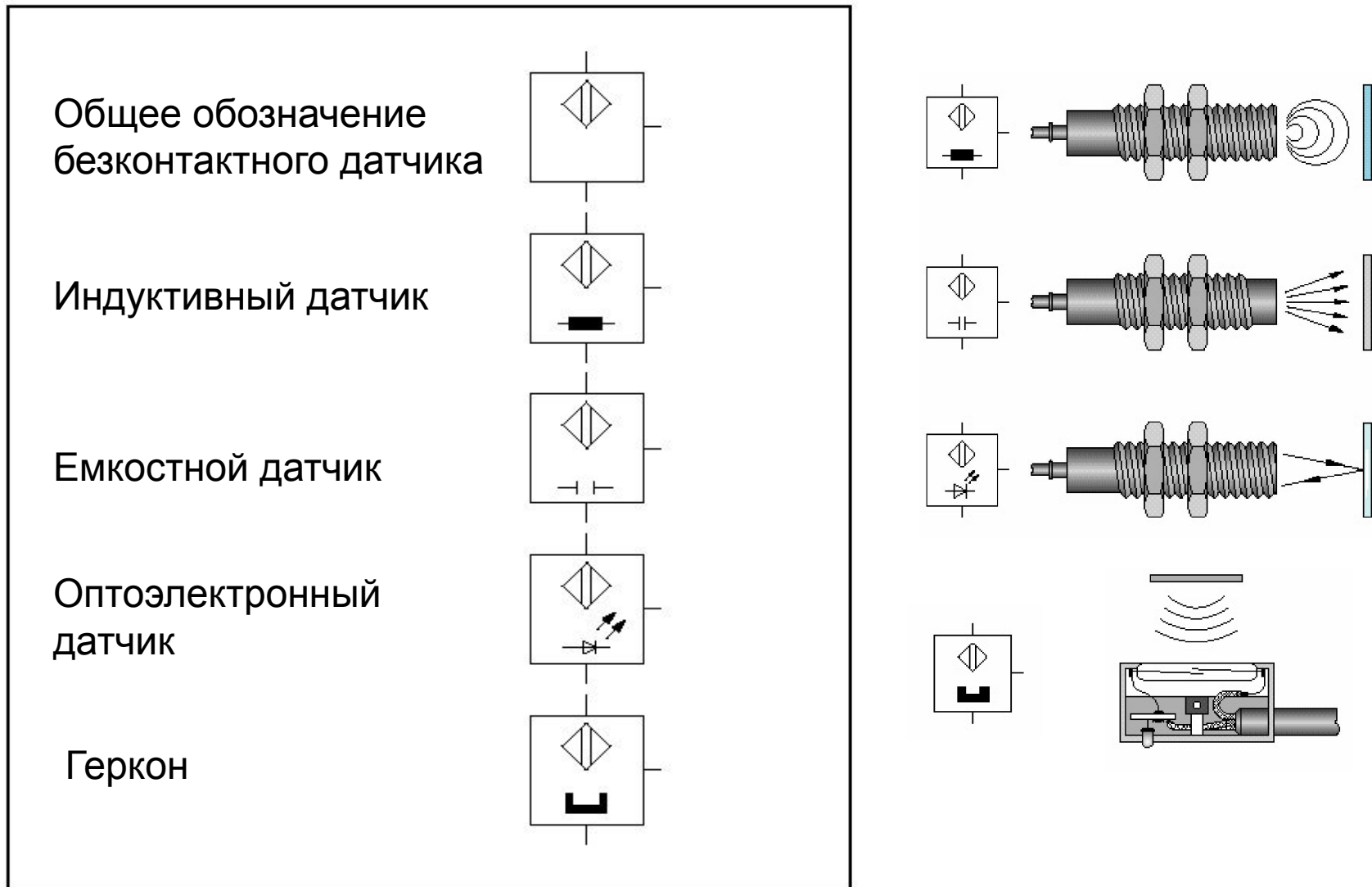
Реле давления



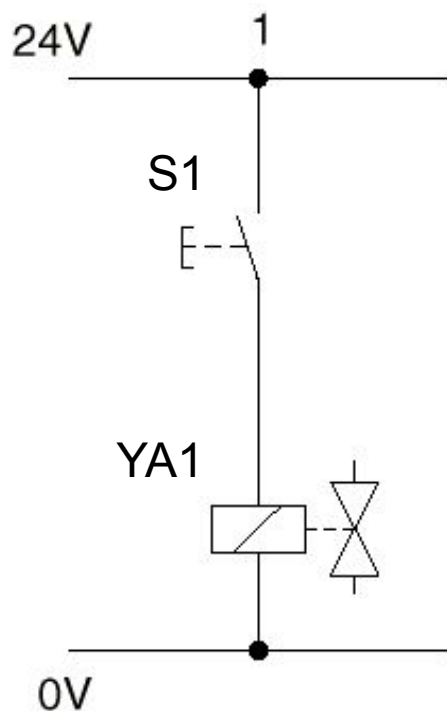
Явление гистерезиса



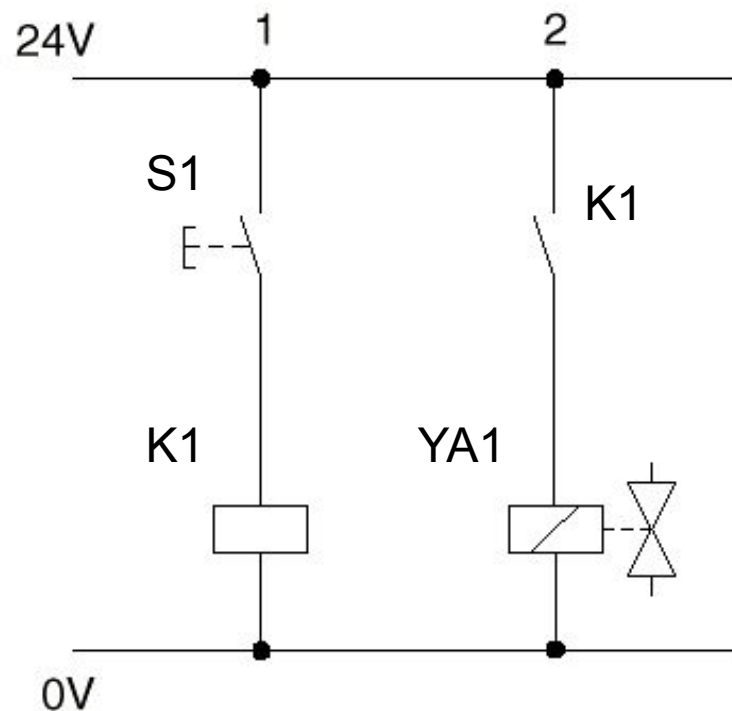
Обозначения бесконтактных датчиков



Электроуправление гидрораспределителями

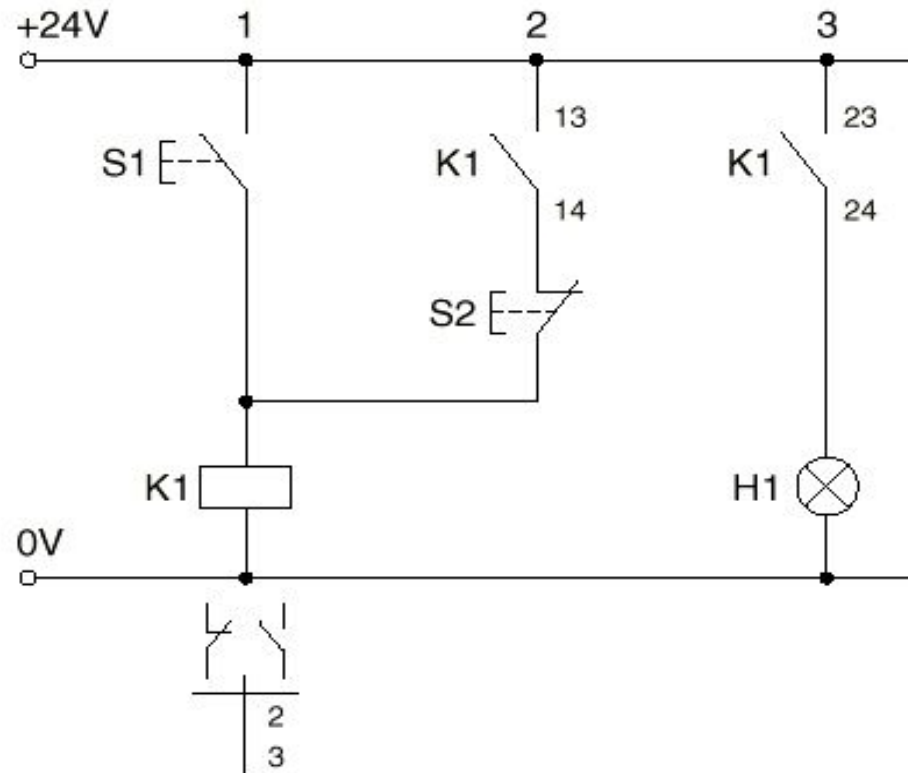


Прямое управление

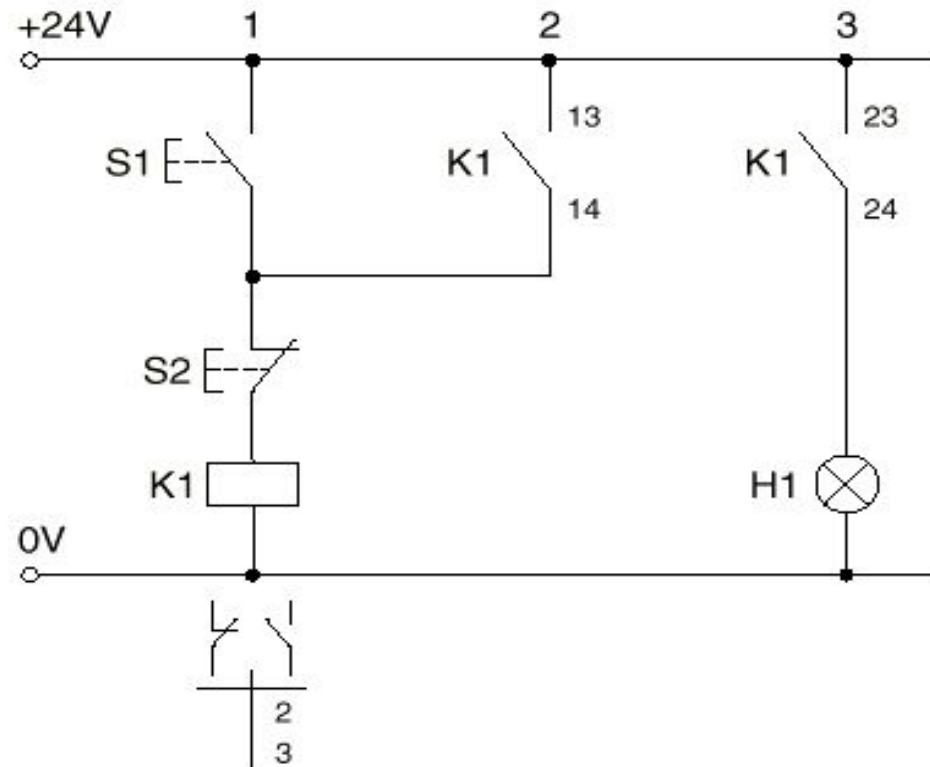


Непрямое управление

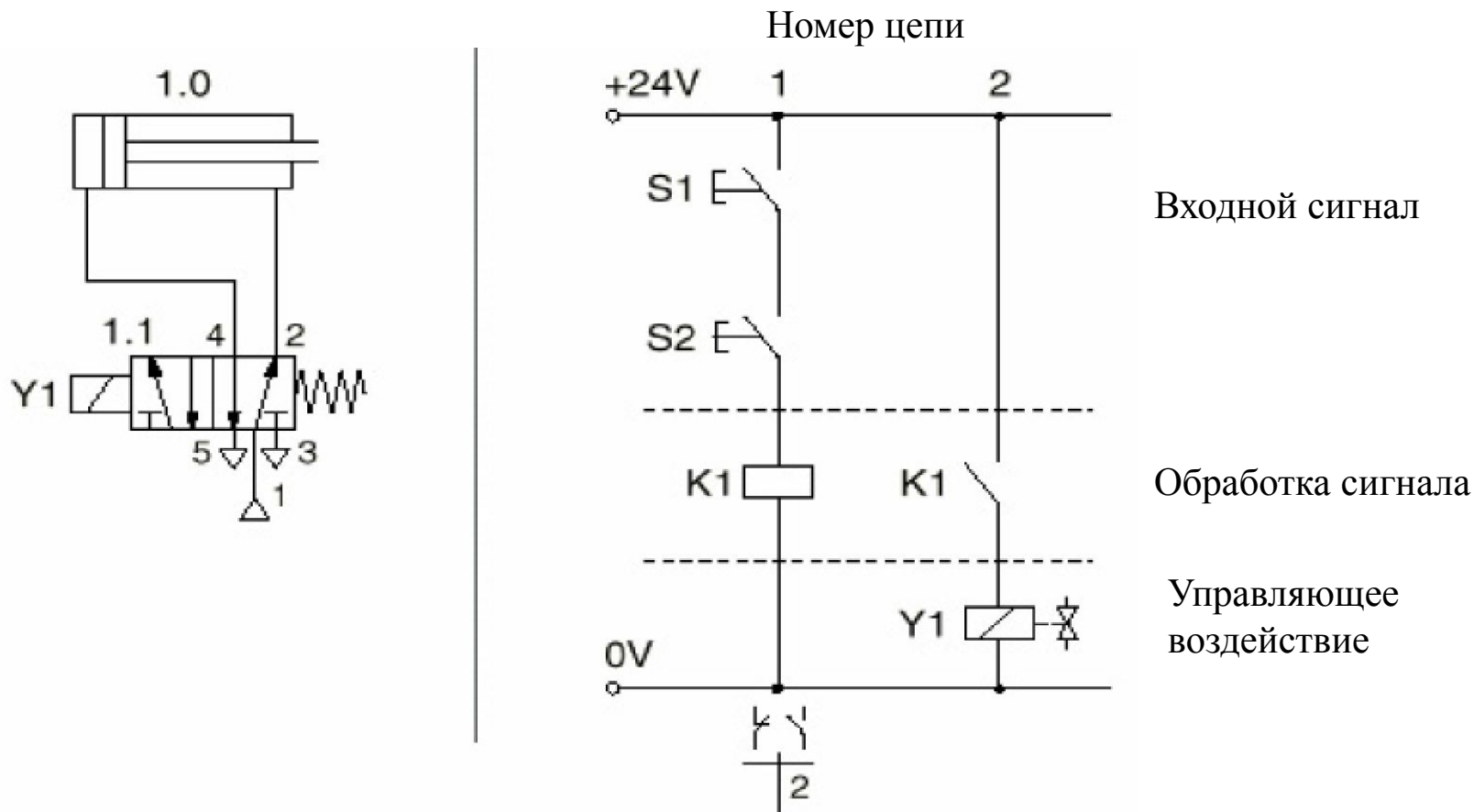
Доминирующее включение



Доминирующее отключение



Изображение на электрогидравлической схеме

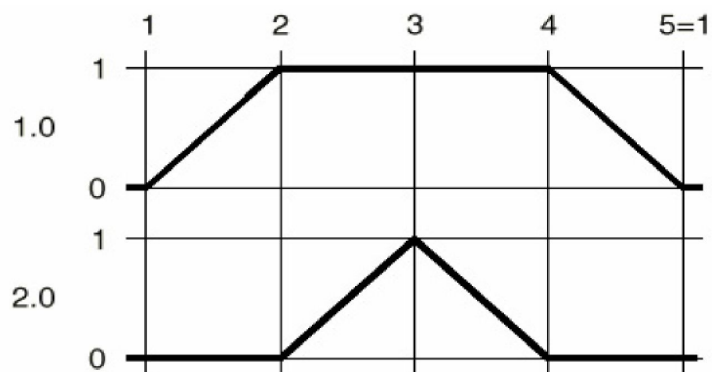


Адресация и обозначение контактов на электросхеме

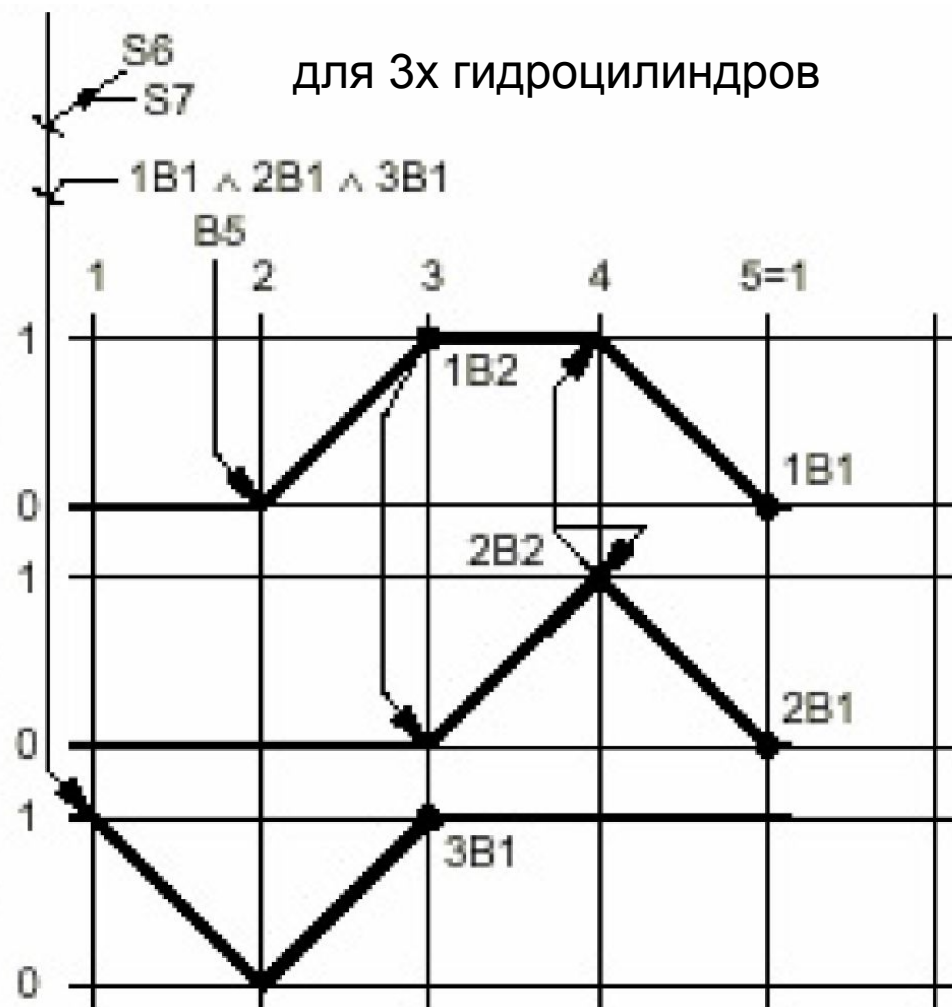


Диаграмма «ШАГ – ПЕРЕМЕЩЕНИЕ»

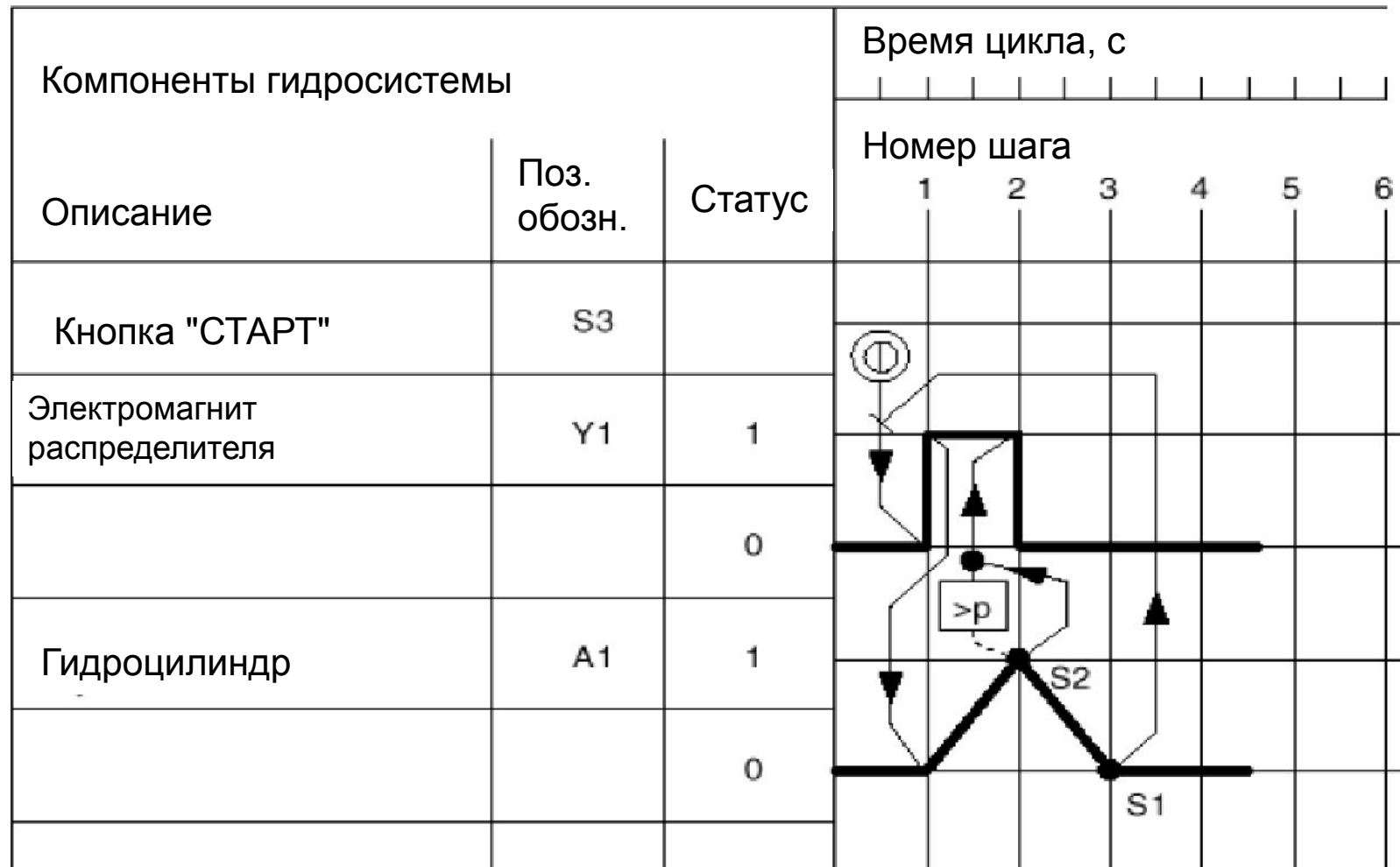
для 2х гидроцилиндров



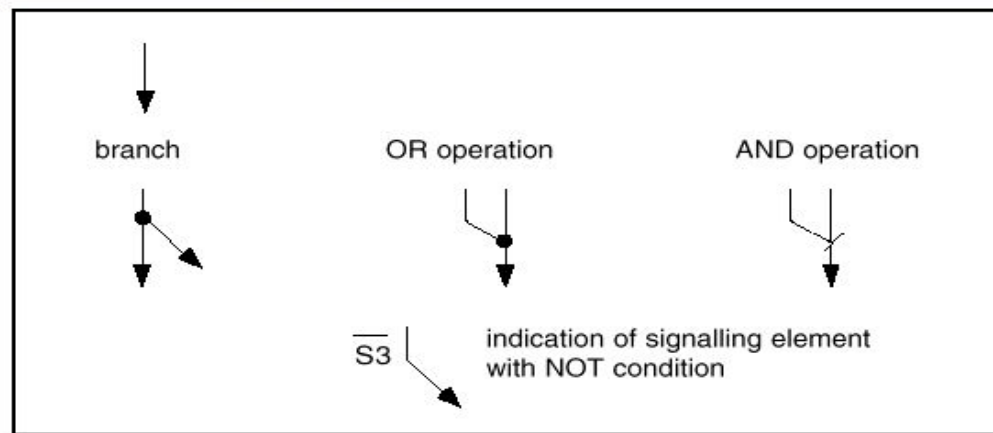
для 3х гидроцилиндров



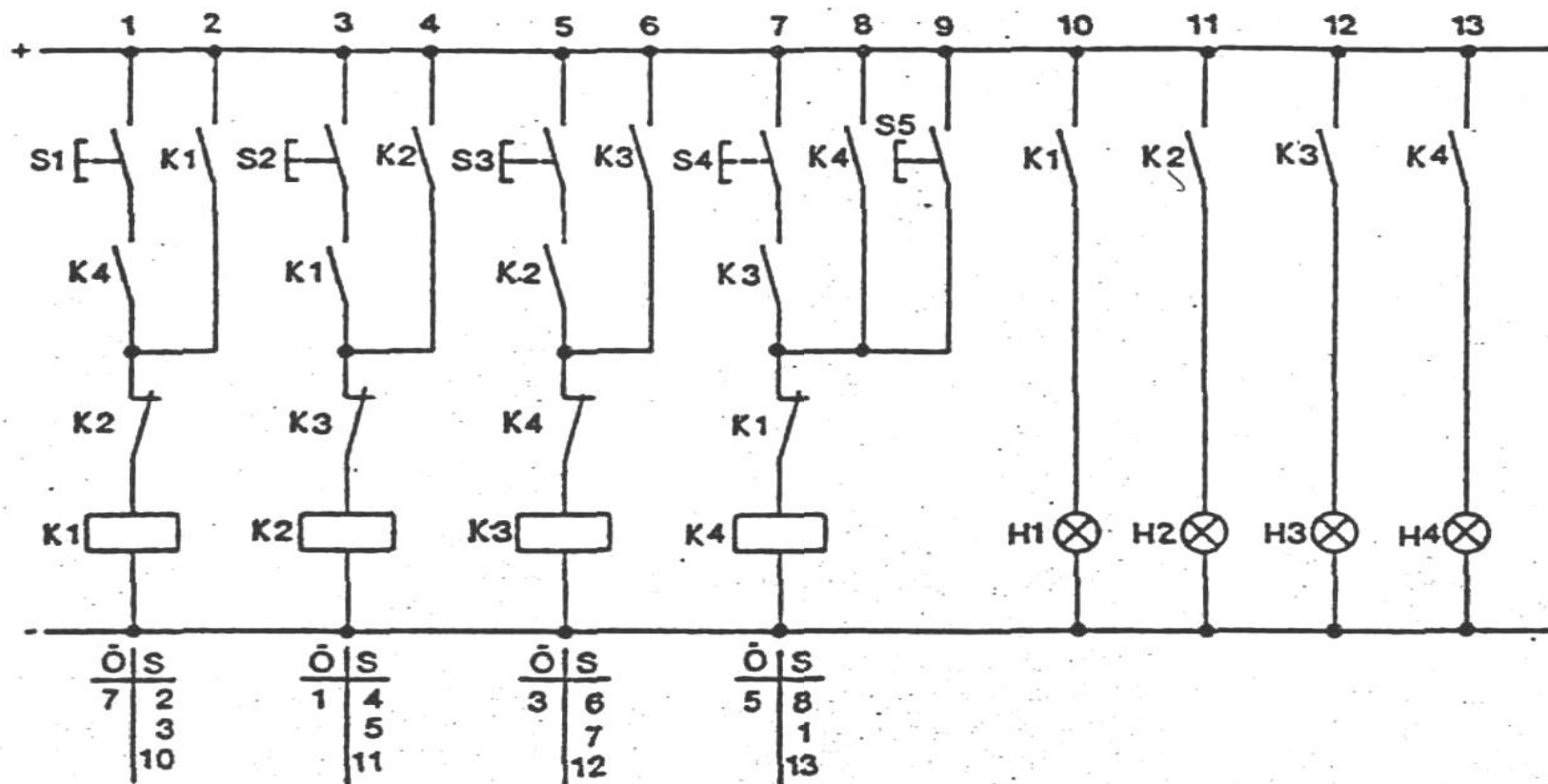
Функциональная диаграмма



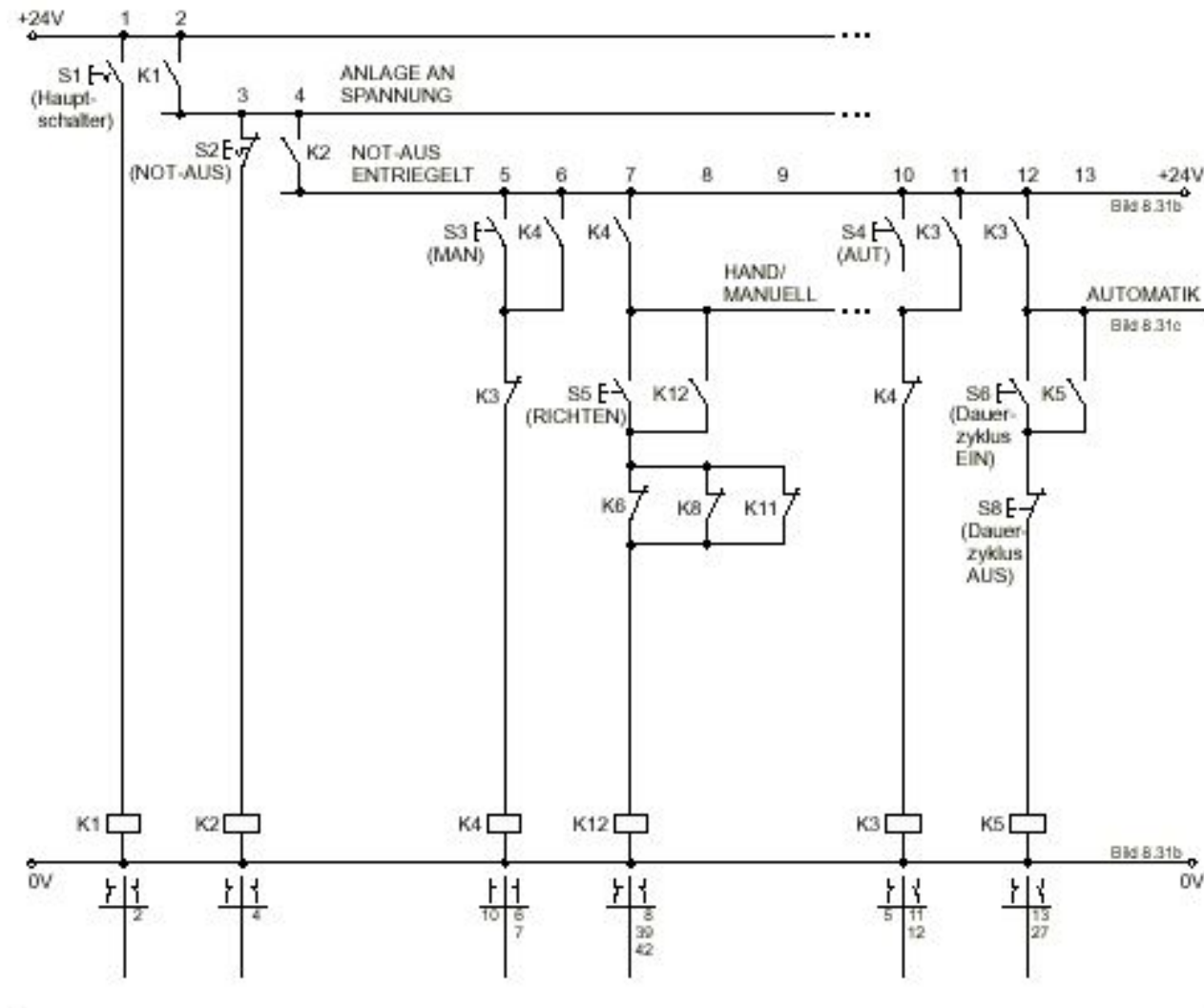
Символы сигналов и логических операций



Переключающий регистр с отключением предыдущего сигнала



Реализация сервисных функций



От релейно-контактной системы электроуправления – к контроллеру

