

Раздел 1. Насосное оборудование

Объемные гидромашины

Доцент ОНД ИШПР
Холодная Галина Евгеньевна

ПОДАЧА, ДАВЛЕНИЕ И НАПОР

Основные расчетные формулы

Подача – количество среды, проходящей через нагнетатель в единицу времени. Она бывает массовой M , кг/с, и объемной Q , м³/с:

$$M = \rho Q. \quad (1)$$

Давление Δp , Па, развиваемое насосами и вентиляторами, согласно стандарту, определяется как разница энергии потока на выходе (точка 2, рис. 1.1) и на входе нагнетателя (точка 1):

$$\Delta p = p_2 - p_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \rho + \rho g (h_2 - h_1). \quad (2)$$

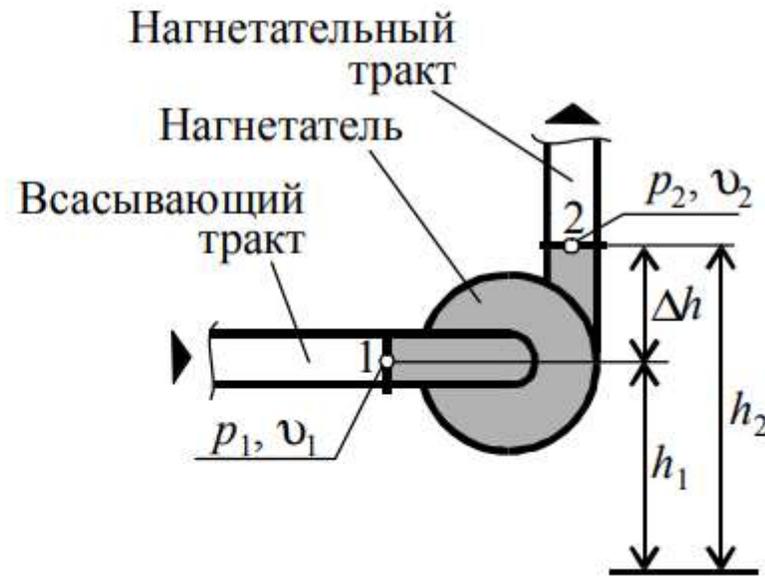


Рис. 1.1. Характеристики насоса

Статическая и динамическая составляющие развиваемого давления:

$$\Delta p_{\text{ст}} = p_2 - p_1 + \rho g (h_2 - h_1); \quad (3)$$

$$\Delta p_{\text{дин}} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \rho; \quad (4)$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ст}} + \Delta p_{\text{дин}} = p_{\text{ст}2} - p_{\text{ст}1} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \rho. \quad (5)$$

Скорость среды в трубопроводах

$$v = Q / S. \quad (6)$$

Напор – это давление, выражаемое в единицах высоты столба перемещаемой жидкости:

$$H = \frac{p}{\rho g}; \quad p = \rho g H. \quad (7)$$

Напор, развиваемый насосом,

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_2 - h_1. \quad (8)$$

Перевод единиц давления представлен в табл. 1.1.

*Таблица 1.1***Перевод единиц давления**

	Па	кгс/см²	м вод. ст.	мм вод. ст.	мм рт.ст.
Па	–	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	0,102 ($9,81^{-1}$)	0,0075
кгс/см²	98 100	–	10	10 000	735,3
м вод. ст.	9 810	0,1	–	1000	73,53
мм вод. ст.	9,81	10^{-5}	0,001	–	0,07353
мм рт. ст.	133,3	0,00136	0,0136	13,6	–

Пример: 1 мм рт. ст. = 133,3 Па; 7 мм рт. ст. = $7 \cdot 133,3 = 933,1$ Па.

Пример 1. Перевод единиц давления

Перевести 12 мм ртутного столба в метры водяного столба.

1-й способ. Так как 1 мм рт. ст. = 133,3 Па, то 12 мм рт. ст. =
= $12 \cdot 133,3 = 1600$ Па.

Так как $1 \text{ Па} = 1,02 \cdot 10^{-4}$ м вод. ст., то $1600 \text{ мм рт. ст.} = 1600 \cdot 1,02 \cdot 10^{-4} =$
= $0,163$ м вод. ст.

Таким образом, 12 мм рт. ст. = 0,163 м вод. ст.

2-й способ. $h_2 = h_1 \frac{\rho_1}{\rho_2} = 12 \cdot 10^{-3} \frac{13\ 600}{1000} = 0,163 \text{ м вод. ст.}$

Пример 2. Перевод напора в развиваемое давление

Насос развивает напор 30 м. Какое при этом насос развивает давление, если он перекачивает: а) холодную воду ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$); б) горячую воду ($\rho = 972 \text{ кг/м}^3$); в) фреон ($\rho = 1330 \text{ кг/м}^3$).

Перевод осуществляем по формуле $p = \rho g H$.

$$\text{а) } p = 30 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 294\,300 \text{ Па} = 0,294 \text{ МПа};$$

$$\text{б) } p = 30 \cdot 972 \cdot 9,81 = 286\,100 \text{ Па} = 0,286 \text{ МПа};$$

$$\text{в) } p = 30 \cdot 1330 \cdot 9,81 = 391\,400 \text{ Па} = 0,391 \text{ МПа}.$$

Пример 3. Расчет напора, развиваемого насосом

Насос перекачивает воду. Манометр во всасывающем тракте показывает разрежение 0,05 атм, манометр на нагнетательном тракте – избыточное давление 0,85 атм. Расстояние между манометрами по вертикали 30 см. Диаметры всасывающего и нагнетательного трубопроводов одинаковы. Определить развиваемый насосом напор.

$$\text{Напор определяется по формуле } H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta h.$$

Так как $d_1 = d_2$, то $v_1 = v_2$. Переводим давление в Па:

$$p_1 = -0,05 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = -4905 \text{ Па (знак «-» показывает разрежение);}$$

$$p_2 = 0,85 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 83385 \text{ Па.}$$

$$\text{Напор: } H = \frac{83385 + 4905}{9,81 \cdot 1000} + 0,3 = 9,3 \text{ м.}$$

Давление без перевода в Па можно сразу перевести в м вод. ст.:

$$H_1 = -0,05 \cdot 10 = -0,5 \text{ м вод. ст.}; \quad H_2 = 0,85 \cdot 10 = 8,5 \text{ м вод. ст.};$$

$$H = H_1 + H_2 + \Delta h = 8,5 + 0,5 + 0,3 = 9,3 \text{ м.}$$

Контрольная задача №1

Насос перекачивает воду с подачей Q , м³/мин (табл. 1.2). Диаметр всасывающего тракта d_1 , мм, нагнетательного – d_2 , мм. Манометр на всасывающем тракте показывает разрежение p_1 , мм рт. ст., на нагнетательном – избыточное давление p_2 , кгс/см². Расстояние по вертикали между манометрами 40 см. Пренебрегая потерями на трение и местные сопротивления, определить напор, развиваемый насосом.

Таблица 1.2

Варианты задания

№	Q	d ₁	d ₂	p ₁	p ₂	№	Q	d ₁	d ₂	p ₁	p ₂	№	Q	d ₁	d ₂	p ₁	p ₂
1	15,3	300	300	160	4,4	11	8,0	250	350	135	3,3	21	12,4	230	360	105	3,5
2	6,3	240	340	180	3,7	12	10,2	260	350	120	3,2	22	13,1	220	340	185	2,2
3	12,6	240	360	105	4,4	13	14,6	260	370	160	3,5	23	8,4	260	400	150	2,6
4	10,9	260	350	195	3,1	14	13,8	280	390	140	2,5	24	12,3	220	320	120	2,1
5	11,4	230	340	135	3,5	15	11,0	260	340	115	3,5	25	10,5	230	310	140	3,4
6	15,9	240	330	150	2,6	16	6,6	230	310	130	2,3	26	14,1	260	390	195	2,4
7	7,0	220	380	160	2,1	17	13,9	220	330	190	4,8	27	15,8	290	380	160	4,6
8	9,8	290	400	110	3,2	18	14,8	210	400	125	3,1	28	9,9	280	380	195	2,8
9	9,4	290	320	175	3,6	19	11,9	260	300	115	2,1	29	9,4	240	300	130	4,9
10	8,2	300	300	170	2,6	20	6,4	250	310	160	3,2	30	12,0	270	340	190	2,9

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

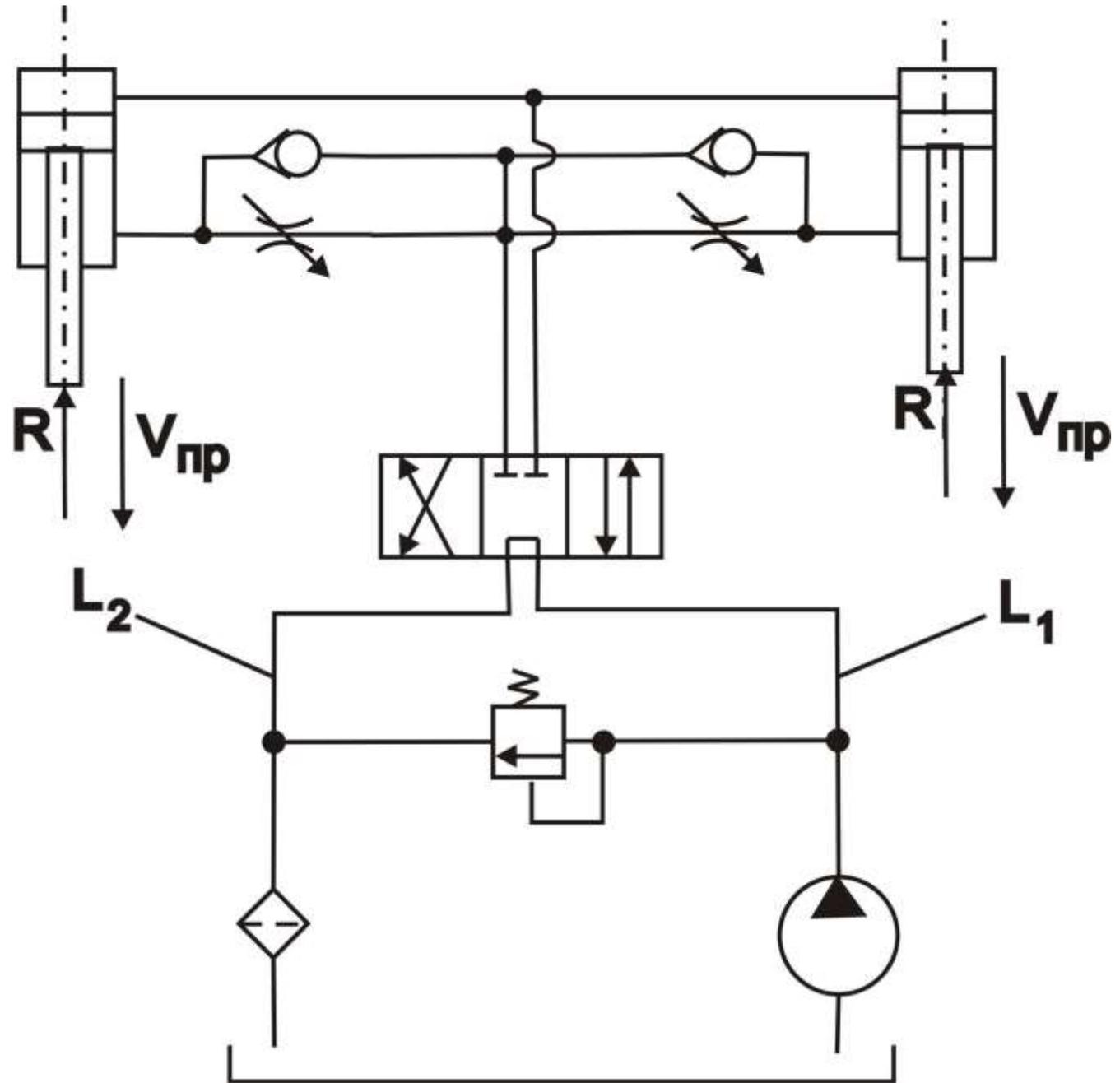
Изучить теоретические аспекты работы и нормативную документацию по условным графическим обозначениям (УГО) гидравлических систем.

Рекомендуемая литература для выполнения задания:

Акуленко В.М., Компанец В.А., Суров О.Э., Угай С.М. Практические и контрольные работы по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортнотехнологических машин и оборудования»: для студентов направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» очной и заочной форм обучения: учебно-методическое пособие / Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2018. – [87 с.]. *См. стр. 5-22.*

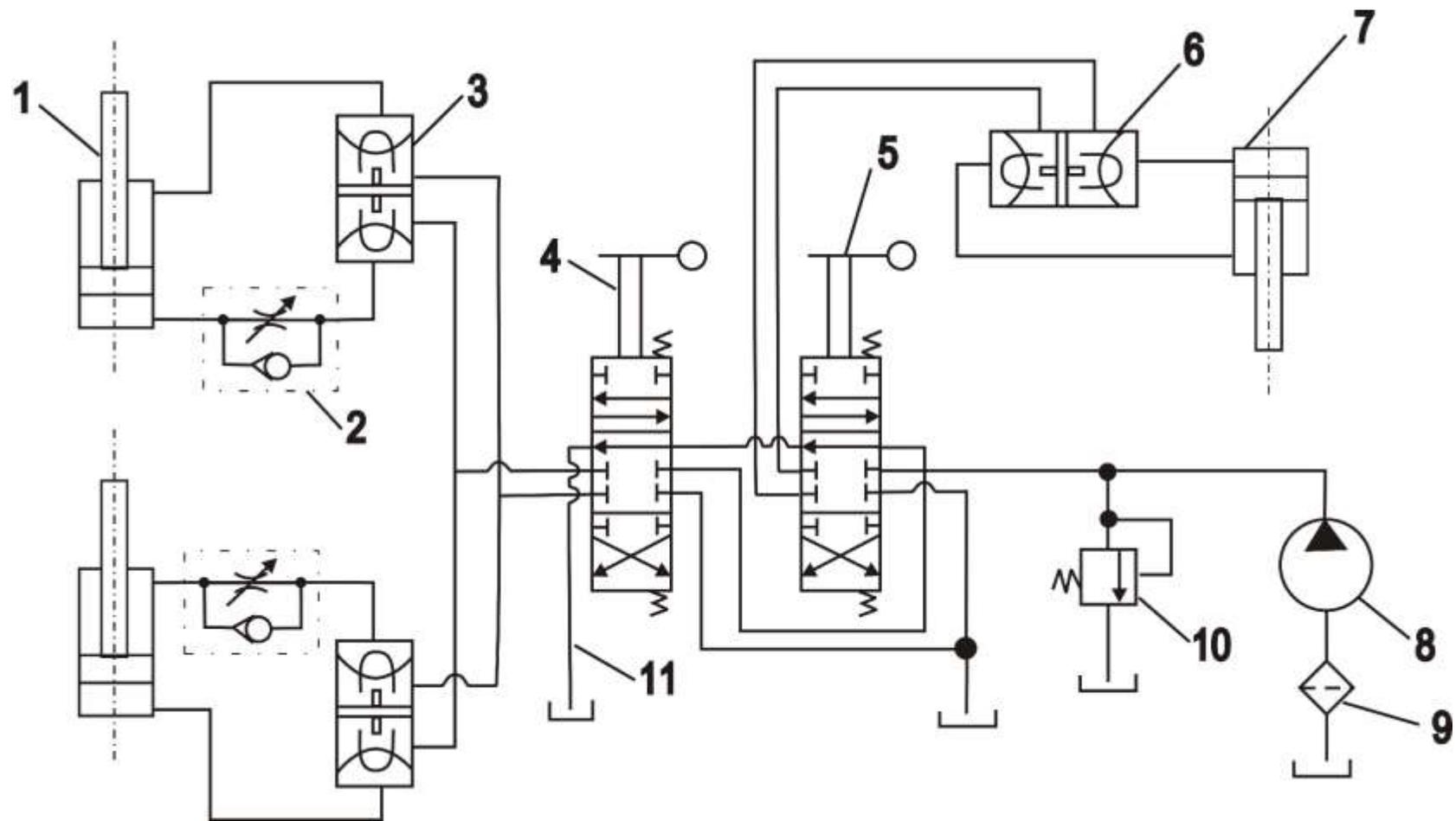
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проанализировать
изображение УГО
указанных элементов.



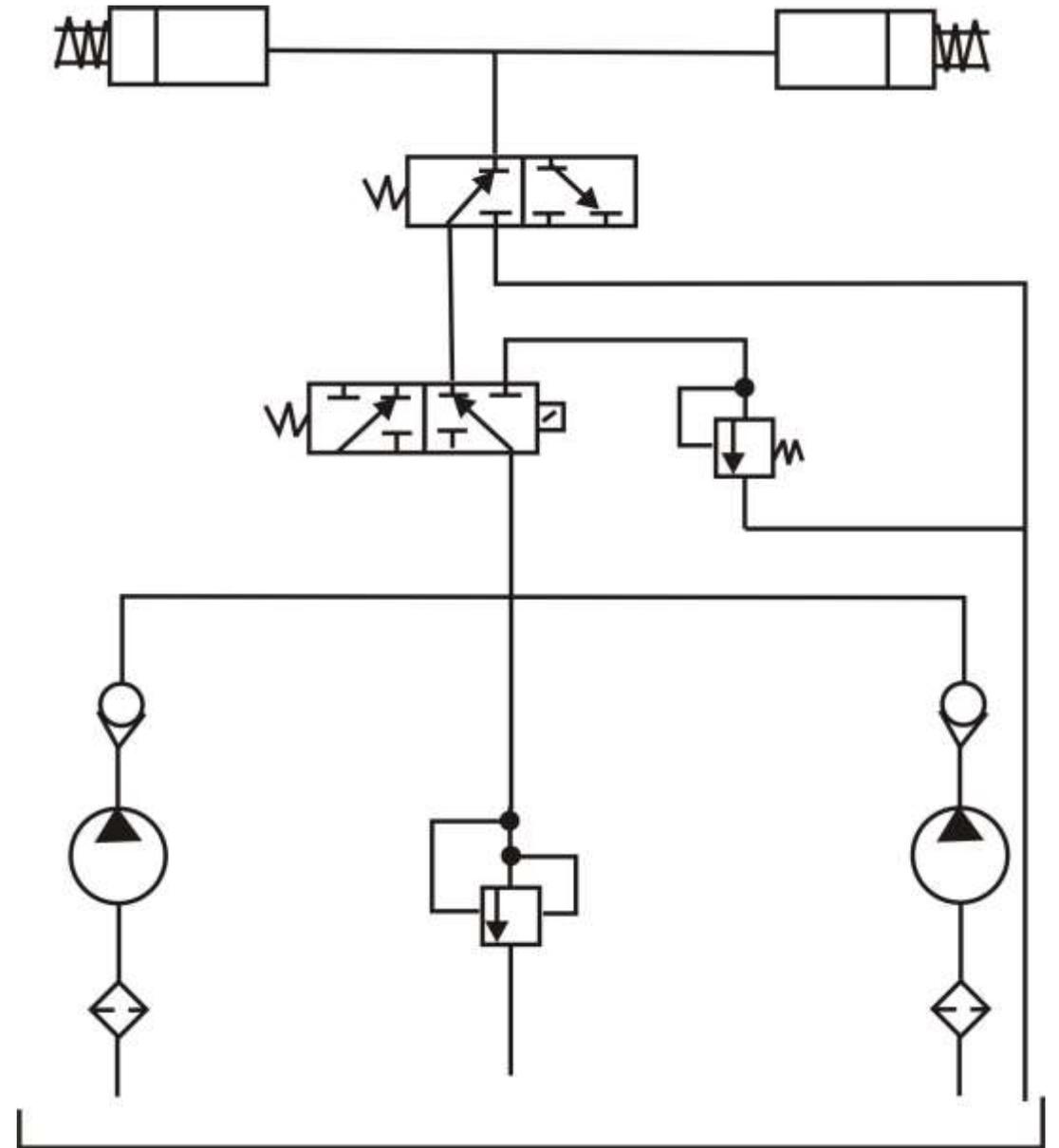
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проанализировать изображение УГО указанных элементов.



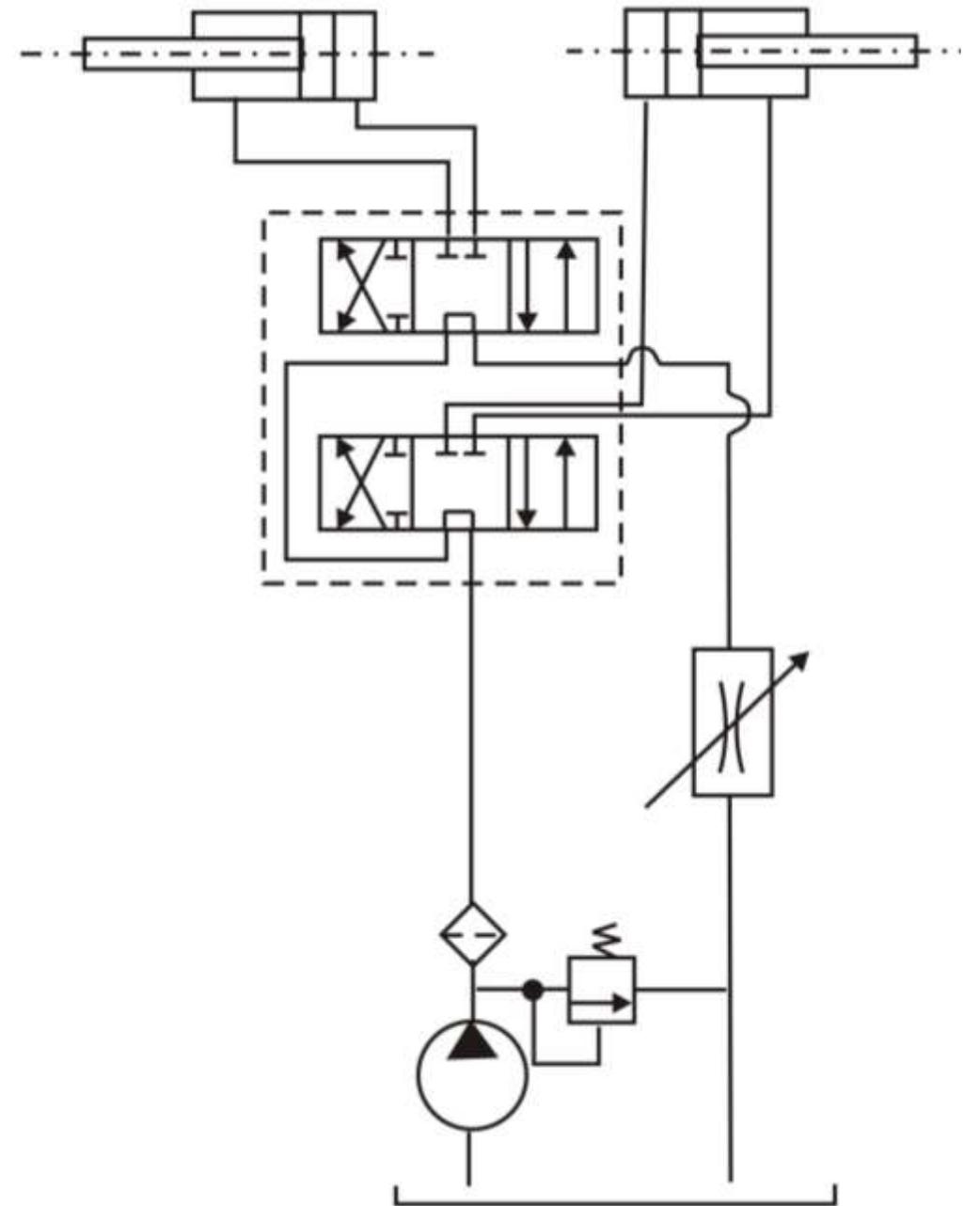
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проанализировать
изображение УГО
указанных элементов.



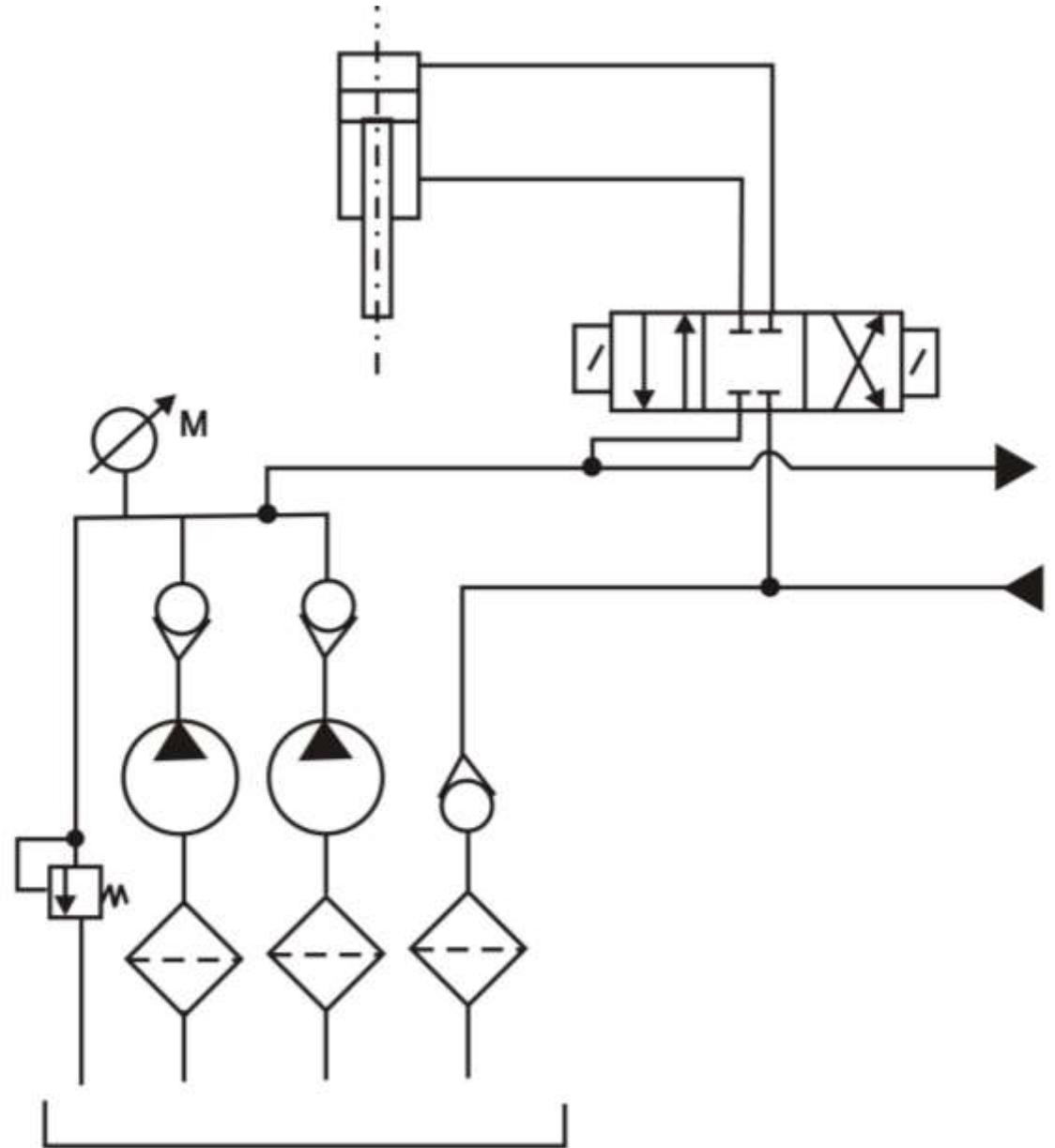
УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проанализировать
изображение УГО
указанных элементов.



УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

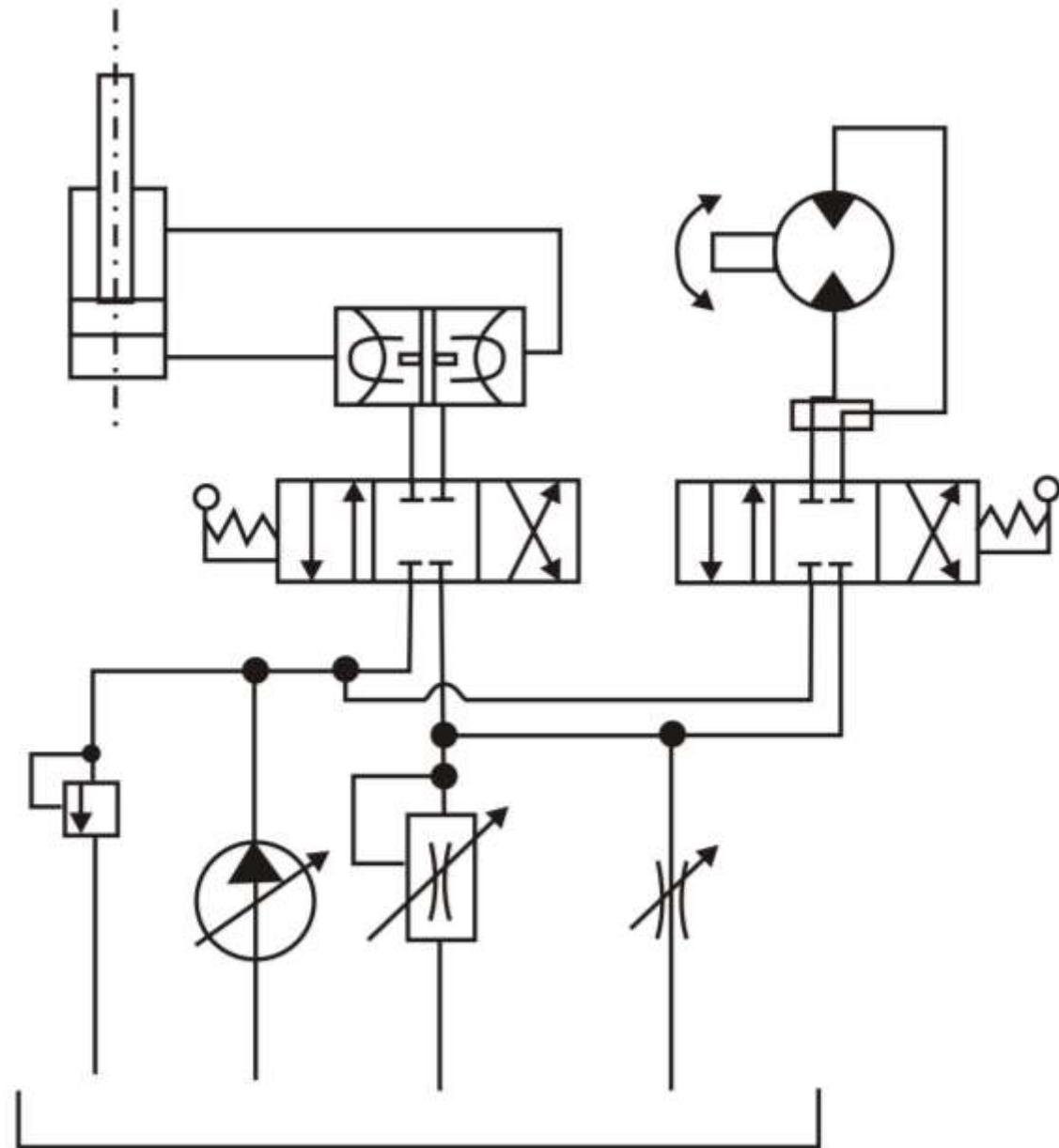
Проанализировать
изображение УГО
указанных элементов.



Контрольная задача №2

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Письменно
проанализировать
изображение УГО
указанных элементов.



ЧИСТОТА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Изучить теоретические аспекты работы и нормативную документацию по оценке чистоты рабочих жидкостей ТиТТМиО (Техническая эксплуатация транспортных и транспортнотехнологических машин и оборудования).

Рекомендуемая литература для выполнения задания:

Акуленко В.М., Компанец В.А., Суров О.Э., Угай С.М. Практические и контрольные работы по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортнотехнологических машин и оборудования»: для студентов направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» очной и заочной форм обучения: учебно-методическое пособие / Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2018. – [87 с.]. См. стр. 33-39.

Контрольное задание №3

ЧИСТОТА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

Ответить на вопросы:

1. Какие используются схемы установки фильтров в гидросистемах?
2. Что такое тонкая фильтрация?
3. Сколько классов чистоты жидкости установлено ГОСТ 17216-2001?
4. Какие классы чистоты жидкости рекомендуются для гидропривода?
5. Как выбираются код тонкости фильтрации и место установки фильтра по данным Vickers?
6. По какой формуле определяется индекс загрязненности жидкости?
7. Какие приборы используются для определения загрязненности?