



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет»(БГТУ)

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО БГТУ

_____ О.Н. Федонин
«29» 04 2022г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации самостоятельной работы студентов
по учебной дисциплине

ОП.14. Основы проектирования технологической оснастки

Специальность:	15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Программа подготовки специалиста среднего звена (ППССЗ):	базовая
Присваиваемая квалификация:	Техник
Форма обучения:	очная
Срок получения СПО по ППССЗ:	3 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	основное общее образование
Год приема на обучение на 1-й курс:	2022

Брянск 2022

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

по учебной дисциплине

ОП.14. Основы проектирования технологической оснастки

для специальности:

15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)

Разработал(и):

– преподаватель ПК БГТУ

Сиротина В.А.

РП рассмотрена и одобрена на заседании предметно-цикловой комиссии «Автоматизация технологических процессов и производств» ПК БГТУ (далее — ПЦК)

от 29.04. 2022г., протокол № 9

Председатель ПЦК

Сергеева Е.Г.

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ

по учебно-методической работе

Т.Е. Балашова

© Кипенская Н.Н.

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Содержание

Введение	4
1. Задания для самостоятельной работы студентов	6
2. Методические рекомендации по решению задач	12
3. Приложения	22
Список использованной литературы	29

Введение

Самостоятельная работа студентов – одна из важнейших форм организации учебного процесса при изучении курса «Гидравлические и пневматические системы». Она играет особую роль в профессиональной подготовке специалистов, являясь формой, с одной стороны, организации самостоятельной работы студентов, с другой – развития их познавательной активности.

Существующая система профессионального образования ориентирована на овладение студентом всей системой эмпирического и фундаментального теоретического знания. Студент, оказавшись не в состоянии найти и переработать необходимую ему информацию, неизбежно попадает в ситуацию информационного выбора. Необходимо развивать познавательную самостоятельность студентов, чтобы они «научились учиться», в том числе выбирать и усваивать ту информацию, которая необходима им в первую очередь.

Особое значение в профессиональном образовании отводится его гуманитаризации, которая актуализирует проблему как трансформации его содержания, так и процесса его обучения, в котором главным становится «сотворчество» студента и преподавателя. Гуманитаризация образования направлена на активизацию познавательной самостоятельности студента, на воспитание творческой личности специалиста с высокой профессиональной компетентностью, на развитие его эстетического мировосприятия и этического отношения к действительности.

Формирование познавательной самостоятельности и активности сегодня приобретает особую актуальность в связи с непрерывным увеличением объема научной информации и процессом быстрого «старения» знаний. Остро встает необходимость формирования умения и навыков самообразования учащихся, развития их способностей самостоятельного приобретения знаний, быстрого реагирования на все новые «вызовы» жизни.

Самостоятельная работа представляет собой особый вид учебной деятельности – она осуществляется под руководством, но без непосредственного вмешательства; потому что именно такая работа наиболее отвечает потребностям сегодняшних учащихся сделать что-то самим. Самостоятельная работа – это, прежде всего, умение, необходимая мотивация и сильная воля. Это наличие творческих начал, присущих каждому студенту, это радость открытий.

Критерии к определению явления самостоятельности разнообразны:

1. внесение студентом в выполнение задания нового по отношению к образцу;
2. собственное побуждение к выполнению работы и осознание ее цели и смысла (в качестве мотивации могут играть роль относительная свобода действий при выполнении работы, желание проверить себя, свои силы и способности, осознание ответственности);
3. готовность к самостоятельности и преодолению трудностей;
4. соединение собственных мыслей с действием;
5. проявление инициативы и творчества.

Под самостоятельностью можно рассматривать как организационнотехническую сторону процесса, так и познавательную и практическую деятельность. Но более всего для развития самостоятельности учащихся имеет значение познавательная сторона, а не организационная. А именно – самостоятельные наблюдения, выводы, творческое применение знаний.

Структура самостоятельной работы включает три этапа: подготовительный, исполнительный и проверочный, в которые входят анализ задания, поиск способов его осуществления, составления плана работы, выполнение, проверка и оценка результатов. Эту структуру учащиеся должны знать и уметь применять на практике. Поэтому от этапа объяснения, показа на практике, закрепления и применения знаний учащимися до формирования умений и навыков самостоятельной работы – долгий и непростой путь.

На первом этапе предполагается совместная работа преподавателя и студента по алгоритму последовательных указаний на необходимость совершения определенного действия:

- * выполнение воспроизводящих самостоятельных работ по образцу;
- * выполнение конструктивных самостоятельных работ (воспроизведение не просто знаний, а структуры знаний в целом, расширение сферы их применения, собственные выводы, достижение уровня продуктивной деятельности);
- * выполнение эвристических работ (разрешение проблемных ситуаций, создаваемых учителем, приобретение опыта поисковой деятельности, овладение элементами творчества);
- * выполнение исследовательских работ, приобретение опыта высказывания собственных суждений, умения оценивания на основе анализа.

На втором этапе возможна полная самостоятельность (видение и формирование проблемы в заданной ситуации, выдвижение гипотез их решения, разработка программы реализации, реализация, результат, рефлексия).

Постепенное развитие и нарастание самостоятельности учащихся и уровня их активности приведет к возможности выбора индивидуального способа изучения материала на уроке и в последующем выполнении домашнего задания.

В связи с этим, целью и задачей выполнения самостоятельных заданий по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы» является приобретение умения применить теоретические знания на практике при решении практических задач.

1. Задания для самостоятельной работы студентов

(условия задач)

Тема 1.1 Рабочие жидкости для гидроприводов

Задача 1. Определить условную (относительную) вязкость масла в ° ВУ и коэффициент кинематической вязкости. Установить тип масла и рассчитать динамический коэффициент вязкости. Исходные данные помещены в таблице.

Таблица 1

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время течения масла, T1	с	175	250	110	90	335	350	235	105	95	355
Водное число вискозиметра T2	с	52	51	52	51	52	51	52	51	52	52
Ускорение свободного падения g	м/с ²	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Погрешность прибора α_1		0,96	0,98	0,96	0,98	0,96	0,98	0,98	0,96	0,96	0,96

Тема 1.2 Гидростатическое давление

Задача 2. Плоский прямоугольный щит шириной B, расположенный под углом к горизонту, поддерживает уровень воды в прямоугольном канале глубиной H. Определить силу гидростатического давления на щит в ординату центра давления (точки D).

Сделать вывод относительно взаимного расположения центра давления и центра тяжести смоченной стенки. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица 2

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
B	м	1,7	2,3	1,5	1,2	1,3	0,8	1,8	1,6	2,5	1,4
α	град	32	48	68	88	75	45	50	20	35	80
H	м	3,4	4,6	3,0	2,4	2,6	1,6	3,6	3,2	5,0	2,85

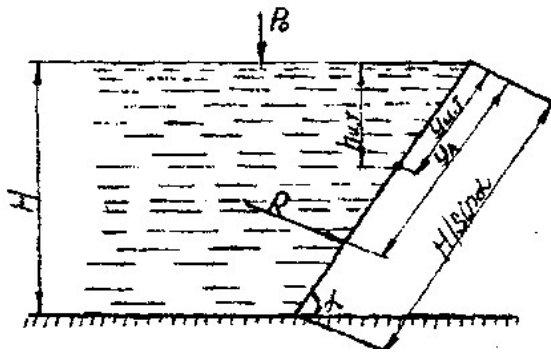


Рисунок 1 к задаче 2

Тема 1.3 Теоретические основы гидродинамики

Задача 3. Определить расход Q воды в горизонтальном трубопроводе переменного сечения, скорость V на каждом из участков и построить пьезометрическую линию, если заданы H, d_1, d_2, d_3 . Исходные данные приведены в таблице. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

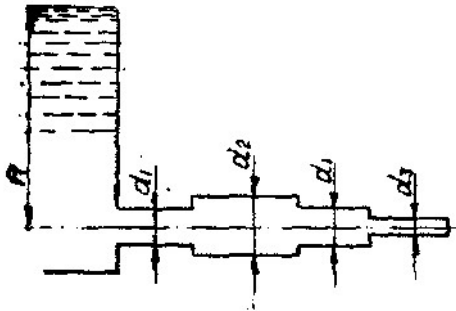


Рисунок 2 к задаче 3

Таблица 3

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
H	м	5	6	7	8	9	3	4	5	5	7
d1	м	0,016	0,015	0,013	0,015	0,018	0,017	0,015	0,016	0,014	0,016
d2	м	0,021	0,018	0,020	0,023	0,025	0,028	0,026	0,027	0,020	0,022
d3	м	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Тема 1.4 Гидравлические сопротивления в трубопроводах

Задача 4. По горизонтальному трубопроводу диаметром d_1 и длиной l подается масло со скоростью V . Рассчитать полную потерю напора, если на нем установлены обратный клапан ($\xi_1 = 0,8$), задвижка ($\xi_2 = 0,15$)

и имеется колено под углом 90° ($\xi_3=1,2$). Коэффициент кинематической вязкости масла ν . Плотность масла ρ . Исходные данные для решения задачи приведены в таблице.

Таблица 4

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d	мм	10	12	14	16	18	20	22	24	28	30
l	м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
ρ	кг/м ³	800	880	900	910	800	860	850	900	910	850
ν	м/с	0,2510	0,2210	0,2310	0,2410	0,2110	0,2610	0,2010	0,2310	0,2210	0,2410
ν	сСт	20	30	46	50	22	28	32	36	46	48

Тема 1.5 Расчет простых трубопроводов

Задача 5. Произвести гидравлический расчет трубопровода для насоса производительностью Q , работающего на масле индустриальном, имеющим вязкость ν . Исходные данные помещены в таблице.

Таблица 5

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q	л/мин	8	18	50	35	70	12	25	10	16	60
ν	сСт	0,2	0,2	0,3	0,3	0,45	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3

Тема 2.4 Роторные и центробежные насосы

Задача 6. Вычислить подачу радиально-поршневого роторного насоса, если эксцентриситет e , диаметр поршней d , число поршней Z , частота вращения n , объемный КПД $\eta_0=0,9$. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 6. Решить задачу для двух значений e_1 и e_2 и сделать вывод о влиянии величины эксцентриситета ротора на подачу насоса. Объяснить другие факторы, влияющие на подачу насоса.

Таблица 6

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d	м	0,040	0,030	0,012	0,018	0,025	0,030	0,040	0,050	0,060	0,030
Z	шт	7	5	11	9	9	7	5	7	5	7
e₁	м	0,030	0,019	0,008	0,011	0,016	0,020	0,026	0,032	0,039	0,018
n	с⁻¹	40	20	24,16	24,16	23,66	23,66	16	24,16	16	16

Задача 7. Подача центробежного насоса Q_1 , частота вращения n_1 , потребляемая мощность N_1 , напор H_1 .
Определить подачу Q_2 , развиваемый напор H_2 и потребляемую мощность N_2 , если частота вращения изменена до величины n_2 . Исходные данные для решения задачи даны в таблице 7. Сделать вывод о необходимости применения подобных расчетов для определения параметров насоса при новой частоте вращения.

Таблица 7

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q₁	м³/с	0,55	0,10	0,025	0,08	0,045	0,024	0,0125	0,045	0,005	0,06
H₁	м	140	66	22	17,5	20	87	54	32,5	19,5	0,06
N₁	кВт	135	100	75	20	14,5	55	14	30	2,2	75
n₁	с⁻¹	24	16	24	24	24	48	48	24	48	48
n₂	с⁻¹	16	24	48	48	16	24	24	48	24	24

Тема 2.5 Исполнительная подсистема гидроприводов

Задача 8. Определить усилия R и скорость V штока поршневого гидроцилиндра, если жидкость подается в бесштоковую полость под рабочим давлением $P_{раб}$ производительностью Q . Исходные данные приведены в таблице.

Таблица 8

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_{раб}	МПа	6,3	10	2,5	20	30	50	2,5	6,3	10	20
Q	л/мин	50	60	35	100	18	12,5	25	70	25	300

D	мм	200	180	150	250	125	80	60	120	100	140
η_m		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Задача 9. Определить диаметр D поршневого гидроцилиндра, количество требуемой жидкости для выдвижения штока со скоростью V и по каталогу подобрать необходимый насос. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица 9

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F	Н	15000	250000	750000	600000	170000	4000	94000	30000	200000	22000
V	м/мин	0,572	3,1	0,545	1,57	1,1	3,84	1,5	3,6	1,2	3,6
P _{раб}	МПа	1,2	10	30	20	6,5	2,5	6,3	2,5	10	2,5
η_m		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Задача 10. В гидроприводе с одностороннем штоком рассчитать усилие R на штоке при его втягивании, если диаметр поршня D, диаметр штока d, давление рабочей жидкости на поршень равно P_{раб}. Механический КПД силового цилиндра $\eta_m=0,95$. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице. Таблица 10

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D	м	0,040	0,050	0,060	0,090	0,0100	0,125	0,045	0,55	0,070	0,09
d	м	0,020	0,025	0,032	0,040	0,030	0,020	0,028	0,036	0,02	0,02
P _{раб}	МПа	10	10	10	8	6	6	10	10	8	6

Тема 3.2 Основные газовые законы.

Задача 11. В баллоне емкостью V находится кислород при избыточном давлении P₁ и температуре t₁. Атмосферное давление, приведенное к 0 °C, равно 745 мм рт.ст. После израсходования части кислорода избыточное давление стало P₂, а температура t₂. Масса израсходованного кислорода M. Определить одну из указанных величин. Данные к задаче выбрать в таблице 11 по последней цифре шифра.

Таблица 11

Вели	Едини	Последняя цифра варианта									
------	-------	--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

чина	цы измере ния	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	л	50	60	50	?	60	100	80	?	70	80
P1	МПа	10	?	8	12	?	9	12	5	?	10
t1	°C	37	27	25	20	32	35	27	30	27	27
P2	МПа	8	7	?	8	2	6	?	2	3	4
M	кг	?	3	2	2	3	?	3	2	3	?
t2	°C	17	3	5	10	10	20	7	10	7	7

Тема 4.2 Исполнительная подсистема пневмоприводов

Задача 12. Определить усилие в штоке R диафрагменного пневмоцилиндра (рис.6), если диаметр цилиндра D, диаметр опорной шайбы d; усилие возвратной пружины R1, расчетное давление сжатого воздуха P_v . Исходные данные приведены в таблице.

Таблица 12

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D	м	0,3	0,4	0,25	0,15	0,35	0,45	0,32	0,125	0,16	0,20
d	м	0,6	0,8	0,4	0,03	0,05	0,06	0,05	0,032	0,036	0,05
R1	Н	50	60	55	40	80	70	60	45	65	44
P_v	МПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

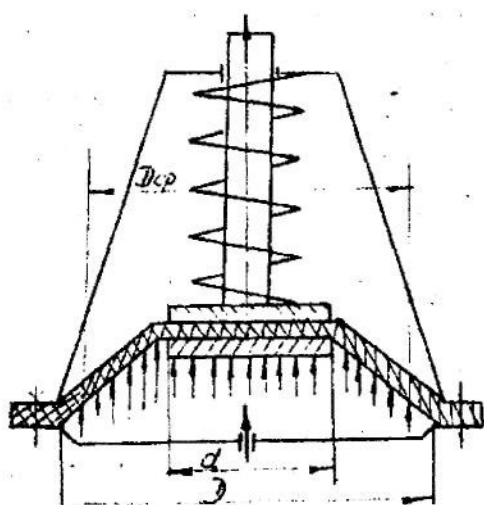


Рисунок 3 к задаче 12

Тема 4.3 Направляющая и регулирующие подсистемы

Задача 13. Произвести расчет пневмопривода, имеющего 1 шт одинаковых поршневых пневмоцилиндров, усилием R на штоке, с длиной хода L и частотой рабочих циклов n, принимая расчетное давление воздуха P_в и скорость сжатого воздуха в трубопроводе V. Исходные данные помещены в таблицу.

Таблица 13

Величина	Единицы измерения	Последняя цифра варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	H	2500	3000	2000	3500	4500	4000	1750	270	1250	5045
i	шт	3	2	2	2	2	1	3	2	1	1
L	м	0,4	0,4	0,5	0,32	0,3	0,35	0,42	0,5	0,3	0,8
n	цикл/час	850	800	825	750	800	700	725	780	600	800
P _в	МПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
V	м/с	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

2. Методические рекомендации по решению задач

Задача 1. 200 см³ минерального масла при температуре +50 вытекает из вискозиметра Энглера за время T₁=175 с, водное число прибора T_ц=52 с, погрешность прибора a=0,96, ускорение свободного падения g=9,81 м/с². Определить условную вязкость, установить тип масла и рассчитать динамический коэффициент вязкости.

Расчет:

- 1 Определение условной (относительной) вязкости производится по формуле

$$\eta_{\text{в}} = a \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}} = 0,96 \frac{175}{52} = 3,23 \text{ } ^\circ\text{BY}$$

- 2 Коэффициент кинематической вязкости определяется по формуле: $\nu = (0,0731 \cdot \eta_{\text{в}} - 0,0631) \cdot 10^{-4}$, м²/с

$$\nu = (0,0731 \cdot 3,23 - \frac{0,0631}{3,23}) \cdot 10^{-4} = 0,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} = 20 \text{ сСт}$$

- 3 Тип минерального масла устанавливаем по таблице 2: индустриальное 20, т.е. ИС-20, плотность $\rho = 890$ кг/м³

м³

$$\mu = \nu \cdot \rho = 0,2 \cdot 10^{-4} \cdot 890 = 1780 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Задача 2. Плоский прямоугольный щит шириной $B=2$ м, расположенный под углом 60° к горизонту, поддерживает уровень воды в прямоугольном канале глубиной $H=4$ м. Определить силу гидростатического давления на щит в ординату центра давления. Плотность воды принять равной 1000 кг/м^3 . Дано: $B=2$ м, $\alpha=60^\circ$, $H=4$ м.

Определить: R, l_d .

Расчет:

Сила гидростатического давления определяется по формуле

$$F = \rho \cdot g \cdot h_{cm} \cdot A, \text{ Н}$$

В нашем случае глубина погружения центра тяжести смоченной поверхности щита

$$A = B \cdot \frac{H}{2} = \frac{2 \cdot 4}{2} = 2 \text{ м}$$

Площадь смоченной поверхности щита

$$A = B \cdot \frac{H}{\sin \alpha} = 2 \cdot \frac{4}{0,866} = 9,237 \text{ м}^2$$

$$\text{Тогда } F = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot 9,237 = 181247 \text{ Н} = 0,18 \text{ МН}$$

Положение центра давления (т.е. ординату точки D) определяем из выражения

$$l_d = l_{cm} + \frac{Y_{cm} \cdot A}{F}$$

$$Y_{cm} \cdot A$$

где ордината центра тяжести смоченной поверхности щита

$$l_{cm} = \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{0,866} = 2,3 \text{ м}$$

Момент инерции смоченной площади относительно ее центра тяжести

$$I_{x-} = \frac{B}{12} \cdot \left(\frac{H}{\sin \alpha} \right)^3 = \frac{2}{12} \left(\frac{4}{0,86} \right)^3 = 16,42 \text{ м}^4$$

$$\text{Следовательно } l_d = 2,3 + \frac{16,42}{181247}$$

$$= 3,07 \text{ м}$$

$$2,3 \cdot 9,237$$

Вывод: действительно, центр давления D расположен ниже центра тяжести, т.к. $l_d > l_{cm}$.

Задача 3. Определить расход воды Q воды в горизонтальном трубопроводе переменного сечения, скорость V на каждом из участков и построить пьезометрическую линию, если заданы $H=5\text{ м}$, $d_1=0,015\text{ м}$, $d_2=0,020\text{ м}$, $d_3=0,01\text{ м}$. Определить Q , V_1 , V_2 , V_3 и построить пьезометрическую линию.

Расчет:

Уравнение Бернулли для сечения 0-0 и 3-3 при совмещении плоскости сравнения с осью трубы будет иметь вид:

$$Z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g} + \alpha \frac{V_0^2}{2g} = Z_3 + \frac{P_3}{\rho \cdot g} + \alpha \frac{V_3^2}{2g}$$

Принимаем $\alpha = 1$.

В данном случае $Z_0 = H$, $Z_3 = 0$. В связи с тем, что в сечениях 3-3 давление равно атмосферному, L -Ж-Ш, $H = \text{const}$, а скорость в сечении 0-0 $V_0 = 0$, скорость в выходном сечении 3-3 определяют из зависимости:

$$\frac{P_0}{\rho \cdot g} = \frac{P_3}{\rho \cdot g} = \frac{P_{\text{ат}}}{\rho \cdot g}$$

Расход воды в трубопроводе

$$= V_3 \cdot S_3 = V_3 \frac{\pi d_3^2}{4} = 9,9 \frac{3,14 \cdot 0,01^2}{4} = 0,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Скорость в сечении 1-1

$$V_1 = \frac{4Q}{3,14 \cdot 0,015^2} = \frac{4 \cdot 0,78 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,015^2} = 4,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Скорость в сечении 2-2

$$V_2 = \frac{4Q}{3,14 \cdot 0,02^2} = \frac{4 \cdot 0,78 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 2,48 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Скорость в сечении 3-3

$$V_3 = \frac{4Q}{3,14 \cdot 0,01^2} = \frac{4 \cdot 0,78 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,01^2} = 9,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Пьезометрическую линию строят исходя из следующих положений.

Поскольку задача решается без учета потерь энергии, то напорная линия (линия полной энергии) будет представлять собой горизонтальную прямую, являющуюся продолжением свободной поверхности воды в сечении 0-0. Пьезометрическая линия расположится ниже напорной

V^2 линии на величину ____ в
каждом сечении.

$$2g V^2$$

Таким образом, отложив вниз от напорной линии величины ____ в сечениях,

$$2g$$

соответствующих изменению диаметра трубопровода, получив ряд точек, соединив которые, построим пьезометрическую линию (Рисунок)

При этом

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{4,4^2}{2 \cdot 9,81} = 0,987 \text{ м}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{2,48^2}{2 \cdot 9,81} = 0,312 \text{ м}$$

$$\frac{V_3^2}{2g} = \frac{9,9^2}{2 \cdot 9,81} = 5 \text{ м}$$

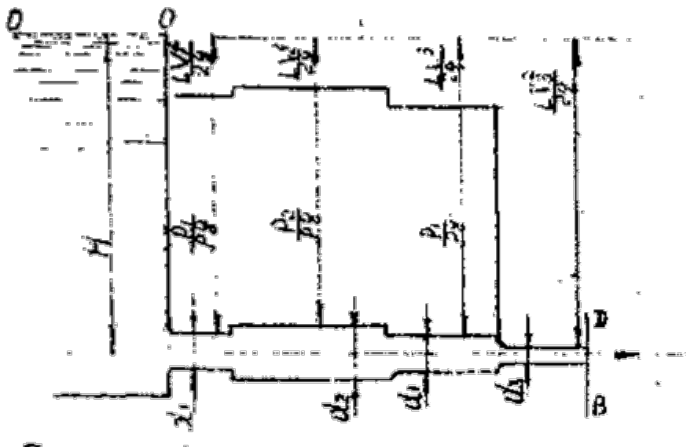


Рисунок 4

Задача 4. По горизонтальному трубопроводу диаметром $d = 0,02$ м и длиной $l = 20$ м подается масло со скоростью $V = 1,2$ м/с. Рассчитать полную потерю напора, если на нем установлены обратный клапан ($\xi_1=0,8$), задвижка ($\xi_2=0,15$) и имеется колено под углом 90° ($\xi_3=1,2$). Коэффициент кинематической вязкости масла $\nu=0,15$ ·сСт

Дано: $d=0,02$ м, $l=20$ м, $\xi_1=0,8$ м\с, $\xi_2=0,15$ м\с, $\xi_3=1,2$ м\с, $\nu=0,15$ сСт, $V=1,2$ м/с Определить: h_{1-2} Расчет:

Определить число Рейнольдса по формуле

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

$$Re = \frac{1,2 \cdot 0,02}{15 \cdot 10^{-6}} = 1600$$

Полученное число $1600 < 2300$ (т.е. $Re < Re_{кр}$), следовательно, режим – ламинарный. Тогда коэффициент гидравлического трения определяется из выражения:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1600} = 0,04$$

Потери напора по длине

$$h_l = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$h_l = 0,04 \cdot \frac{20}{0,02} \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 2,9 \text{ м}$$

Потери напора в местных сопротивлениях

$$\sum h_i = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3) \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$\sum h_i = (0,8 + 0,15 + 1,2) \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,158 \text{ м}$$

Полная потеря напора $h_{1-2} = h_l + \sum h_i = 2,9 + 0,158 = 3,1 \text{ м}$

Задача 5. Произвести гидравлический расчет трубопровода для насоса производительностью $Q = 8 \text{ л/мин}$, работающего на масле индустриальном ИС⁻²⁰, имеющим вязкость 20 сантистокс ($\nu = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.) Расчет:

Определение внутреннего диаметра производится по формуле $d = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{V_{ср}}}$, м

$V_{ср}$

где Q – производительность насоса в $\text{м}^3/\text{с}$. $V_{ср}$ – средняя скорость движения жидкости в м/с , которую можно принять из таблицы 14 **Таблица 14**

Q	л/мин	до 12	11-30	31-50	свыше 50
$V_{ср}$	м/с	0,1	0,083	0,067	0,05

$$= 1,13 \sqrt{\frac{0,00013}{0,1}} = 0,041 \text{ м}$$

Приняв $V = 0,1 \text{ м/с}$, получаем d

Принимаем $d_y = 6 \text{ мм}$ по ГОСТ 16516-80 (приложение 2)

Определение действительной скорости жидкости в принятом трубопроводе d_y .

$$Q = \frac{8}{60 \cdot 1000} = 0,00013, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_g = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_y^2} = \frac{4 \cdot 0,00013}{3,14 \cdot 0,06^2} = 0,046 \text{ м/с}$$

Проверка трубопровода на режим течения жидкости

$$Re = \frac{V_g \cdot d_y}{\nu} = \frac{0,046 \cdot 0,06}{0,2 \cdot 10^{-4}} = 138$$

Так полученное $Re = 138 < 2300$ – то режим течения – ламинарный.

Внутренний диаметр трубопровода (условный проход) рассчитан правильно.

Задача 6. Вычислить подачу Q радиально-поршневого роторного насоса, если эксцентриситет $e = 0,0095 \text{ м}$, диаметр поршней $d = 0,030 \text{ м}$, число поршней $Z = 5$, частота вращения $n = 20 \text{ с}^{-1}$, объемный КПД $\eta_{об} = 0,9$.

Дано: $e = 0,0095 \text{ м}$, $d = 0,030 \text{ м}$, $Z = 5$, $n = 20 \text{ с}^{-1}$, $\eta_{об} = 0,9$.

Определить: Q Расчет:

Расчет подачи радиально-поршневого роторного насоса определяется из выражения:

$$Q = \frac{\pi d^2}{2} \cdot Z \cdot e \cdot n \cdot \eta_{об}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,030^2}{2} \cdot 5 \cdot 0,0095 \cdot 20 \cdot 0,9 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Задача 7. Подача центробежного насоса $Q_1 = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$, частота вращения $n_1 = 960 \text{ об/мин}$, напор $H_1 = 66 \text{ м}$, КПД насосной установки с учетом потерь $\eta_{об} = 0,65$.

Определить:

– какой мощности и с какой частотой вращения необходимо установить электрический двигатель для того, чтобы повысить подачу до $Q_2 = 530 \text{ м}^3/\text{ч}$.

- как при этом измениться напор насоса Н2 применения подобных расчетов для определения параметров насоса при новой частоте вращения.

Дано: $Q_1 = 360 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_1 = 66 \text{ м}$, $n_1 = 960 \text{ об/мин}$, $Q_2 = 520 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\eta_{об} = 0,65$.

Определить: N_1, n_2, N_2, H_2 .

Расчет:

По заданным Q_1, H_1 и определим мощность электрического двигателя

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_1 \cdot H_1}{\eta_{об}} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 360 \cdot 66}{3600 \cdot 0,65} = 100 \text{ кВт}$$

$$= ; \quad \frac{Q_1 n_1}{Q_2 n_2} \text{ Так как}$$

$$\text{То } n_2 = Q_2 \frac{n_1}{Q_1}$$

$$n_2 = \frac{520 \cdot 960}{360} = 1387 \text{ об/мин}$$

$$\text{что } \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 ; \quad \begin{matrix} N_1 & n_1 \text{ Известно} \\ N_2 & n_2 \end{matrix}$$

Тогда мощность нового двигателя

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot n_2^3}{n_1^3} = \frac{100 \cdot 1387^3}{960^3} = 302 \text{ кВт}$$

Новый напор определяем, воспользовавшись соотношением

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 ;$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

$$H_2 = \frac{H_1 \cdot n_2^2}{n_1^2} = \frac{66 \cdot 1387^2}{960^2} = 138 \text{ м}$$

Задача 8. Определить усилия R и скорость V штока поршневого гидроцилиндра диаметром $D=0,2 \text{ м}$, если жидкость подается в бесштоковую полость под рабочим давлением $P_{раб}=6,3 \text{ МПа}$ и производительностью $Q = 50 \text{ л/мин}$.

Определить усилия на штоке при его выдвигении у поршневого цилиндра

$$R = \frac{\pi D^2}{4} \cdot P_{\text{раб}} \cdot \eta_m = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot 6,3 \cdot 10^6 \cdot 0,95 = 187929 \text{ Н}$$

Скорость штока

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 50}{3,14 \cdot 0,2^2} \cdot \frac{1}{6000} = 0,26 \text{ м/с}$$

м

с

1

т.к. 1м³/с=6000 литров/с, то в формуле введена величина $\frac{1}{6000}$.

Задача 9. Определить диаметр D поршневого гидроцилиндра, количество требуемой жидкости Q для выдвижения штока со скоростью V = 0,572 м/мин и усилием F = 15000 Н. Рабочее давление жидкости P_{раб} = 1,2 Мпа.

По каталогу (приложение 5) подобрать необходимый насос.

Расчет:

Диаметр цилиндра определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot P_{\text{раб}} \cdot \eta_m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,95}} = 0,129 \text{ м}$$

Рассчитанный диаметр цилиндра округляют до ближайшего большего значения как основного, так и вспомогательного рядов по ГОСТ 6540-68.

Приложение 1. В данном случае диаметр гидроцилиндра принимается D=130 мм.

Количество жидкости, необходимой для обеспечения заданной скорости штока

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V = \frac{3,14 \cdot 0,13^2}{4} \cdot 0,01 = 0,000133 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q = 7,98 \text{ л/мин } V = 0,572 = 0,01 \text{ м/с}$$

60

По каталогу насосов (приложение 5) принимаем насос шестеренный Г1121. Его P_{раб} = 1,2 Мпа и производительность Q = 8 л/мин.

Задача 10. Рассчитать усилие на штоке в гидроцилиндре с односторонним штоком при его втягивании, если диаметр поршня D=0,05 м, диаметр штока d=0,03 м, давление рабочей жидкости на поршень P= 6МПа. Механический КПД силового цилиндра η_м=0,95.

Определить: F Расчет:

Усилие на штоке поршня гидроцилиндра определяется по формуле

$$F = \frac{P \cdot \pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta_{\text{м}}, \text{ Н}$$

$$F = \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 3,14 (0,05^2 - 0,03^2) \cdot 0,95}{4} = 7159 \text{ Н}$$

Задача 11. В баллоне емкостью $V=30 \text{ л}=0,3 \text{ м}^3$ находится кислород при избыточном давлении $P_1=5 \text{ МПа}$ и температуре $t_1=27^\circ \text{С}$. Атмосферное давление, приведенное к 0°С , равно $P_0=745 \text{ мм рт.ст.}$ После израсходования части кислорода избыточное давление стало $P_2=2 \text{ МПа}$, а температура $t_2=17^\circ \text{С}$. Определить массу израсходованного кислорода M .

Расчет:

По таблице IVс. 318 определяем газовую постоянную воздуха

$$R_g = 287 \text{ Дж}/(\text{кгК})$$

Переводим температуру в «К»

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 17 + 273 = 290 \text{ К}$$

Определяем абсолютное давление воздуха $P_{a1} = P_1 + P_0 = 5 + 745 \cdot 133 \cdot 10^{-6} = 5,1 \text{ МПа}$

$$P_{a2} = P_2 + P_0 = 2 + 745 \cdot 133 \cdot 10^{-6} = 2,1 \text{ МПа}$$

Запишем уравнение состояния для двух состояний рабочего тела и определяем массу M_1 и M_2 .

$$P_{a1} \cdot V = M_1 \cdot R \cdot T_1 \rightarrow M_1 = \frac{P_{a1} \cdot V}{R \cdot T_1}, \text{ кг}$$

$$P_{a2} \cdot V = M_2 \cdot R \cdot T_2 \rightarrow M_2 = \frac{P_{a2} \cdot V}{R \cdot T_2}, \text{ кг}$$

Тогда масса израсходованного воздуха равна разности M_1 и M_2 .

$$M = M_1 - M_2 = \frac{P_{a1} \cdot V}{R \cdot T_1} - \frac{P_{a2} \cdot V}{R \cdot T_2}; T_{\text{к.}} V = \text{const}$$

$$M = V \cdot \left(\frac{P_{a1}}{R \cdot T_1} - \frac{P_{a2}}{R \cdot T_2} \right), \text{ кг}$$

$$M = \frac{0,3}{287} \cdot \left(\frac{5,1 \cdot 10^6}{300} - \frac{2,1 \cdot 10^6}{290} \right) = 10 \text{ кг}$$

Задача 12. Определить усилие на штоке диафрагменного пневмоцилиндра (рисунок 5). Если диаметр цилиндра $D=0,2$ м, диаметр опорной шайбы $d=0,05$ м, усилие возвратной пружины $R_1=44$ Н. Расчетное давление воздуха $P_v=0,4$ МПа.

Расчет:

Усилие на штоке диафрагменного пневмоцилиндра с учетом усилия R_1 , возвратной пружины определяется как у любого цилиндра, по формуле

$$R = \Delta A \cdot P_v \cdot \eta_t + R_1, \text{ Н}$$

Площадь диафрагмы A , на которую действует сжатый воздух, в сечении представляет трапецию, поэтому ΔA определяется по среднему диаметру трапеции.

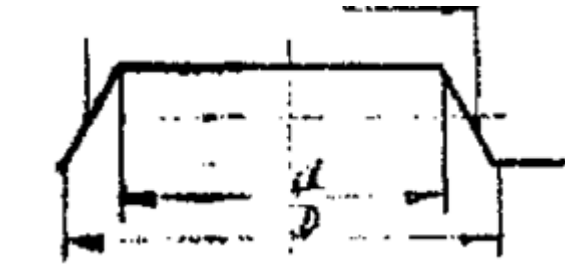


Рисунок 5

$$D_{cp} = \frac{(D+d)}{2}, \text{ м} \quad D_{cp} = \left(\frac{0,2+0,05}{2} \right) = 0,125 \text{ м}$$

$$\Delta A = \frac{\pi \cdot D_{cp}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad \Delta A = \frac{3,14 \cdot 0,125^2}{4} = 0,012 \text{ м}^2$$

Движение штока осуществляется за счет деформации диафрагмы, на которую затрачивается определённое усилие. Так величина хода штока в стандартах диафрагменных цилиндров относительно мала (обычно меньше $0,22D$), то и усилие на диафрагменную деформацию незначительно и им в практике пренебрегают.

$$R = 0,012 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,95 + 44 = 4604 \text{ Н}$$

Задача 13. Произвести расчет пневмопривода, имеющего количество одинаковых поршневых цилиндров $i=3$ шт, усилием в штоке $F=2500$ Н, с длиной хода штока $L=0,4$ м и частотой рабочих циклов $n=850$ циклов/час. Давление воздуха $P_v=0,4$ МПа, скорость воздуха в трубопроводе $V=15$ м/с.

Расчет:

Определение внутреннего диаметра поршневого пневмоцилиндра производится по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P_v \cdot 10^6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2500}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,089 \text{ м}$$

Принимаем $D=90$ мм по ГОСТ 6540-74 (приложение 1)

Определение теоретического расхода сжатого воздуха

$$Q_{\text{т}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n = \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 850 = 2,16 \text{ м}^3/\text{час}$$

Определение действительного расхода сжатого воздуха

$$Q_{\text{д}} = 1,25 \cdot Q_{\text{т}} \cdot i = 1,25 \cdot 2,16 \cdot 3 = 8,1 \text{ м}^3/\text{час}$$

Определение внутреннего диаметра трубопровода (условного прохода трубопровода)

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{д}}}{\pi \cdot 3600 \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,1}{3,14 \cdot 3600 \cdot 15}} = 0,014 \text{ м}$$

Принимаем $d=16\text{мм}$ по ГОСТ 16516-80 (приложение 2)

3. Приложения

Приложение 1

Ряд диаметров цилиндров и штоков по ГОСТ 6540-74, мм

Основной ряд	16	20	25	32	50	60	80	100	125	140	160	180	210	250	280
Вспомогательный ряд	18	22	28	36	55	70	90	110	130	150	170	200	220	240	320

Приложение 2

Условные проходы d, мм ГОСТ 16516-80		
1,0	10	100
-	12	125
1,6	16	160
2,0	20	200
3,0	32	-
4,0	40	-
5,0	50	-
6,0	63	-
8,0	80	-

Приложение 3

Ряд рабочих давлений, МПа

Ряд Р 25	1,0	1,2*	-	1,6	2,5	4	5	6,3	8
----------	-----	------	---	-----	-----	---	---	-----	---

Ряд Р10	10	12,5	14	16	25	28	40	50	63
---------	----	------	----	----	----	----	----	----	----

Примечание: значения давлений, помеченные * по возможности не применять.

Приложение 4

Значение коэффициента местных потерь

№ пп	Вид (тип) местного сопротивления	Значение коэффициента
1	Присоединительные штуцеры	0,15
2	Золотниковые распределители	4,0
3	Обратные клапаны	3,0
4	Предохранительные клапаны (места соединения)	0,2
5	Гидрозамок	0,3-0,4
6	Фильтр на нагнетающем трубопроводе	0,5
7	Дроссель регулируемый	0,4
8	Вход масла в полость гидроцилиндра	1,0-2,0
9	Выход масла из полости гидроцилиндра	0,5
10	Разветвление потока на два направления	1,0-1,5
11	Соединения 2-х потоков в один	2,0-2,5

Приложение 5

Насосы

Шестеренные насосы типа Г11-2. Обозначение по ГОСТ 2.782-68

Характеристика	Г11-21А	Г1121	Г11-22А	Г1122	Г11-23А	Г1123	Г11-24А	Г1124	Г11-2АА	Г1125
Типоразмеры										
Производительность, л\мин	5	8	12	18	25	35	50	70	100	140
Рабочее давление, МПа	1,2	1,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Общий КПД	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,72	0,73	0,75	0,8	0,8
Масса, кг	2,0	2,25	2,25	6,2	6,2	6,2	8,7	15,0	21,0	25,0

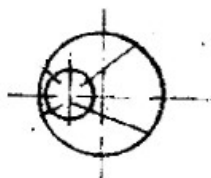
Шестеренные насосы типа НШ

Характеристика	НШ-10Д	НШ-16	НШ-32Д	НШ-40В	НШ-46Д
Типоразмеры					

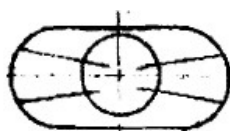
Производительность, л\мин	16	25	50	60	75
Рабочее давление, МПа	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Общий КПД	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Масса, кг	-	-	-	-	-

Пластинчатые насосы типа Г12-2

Обозначение по ГОСТ 2.782-68



Одинарного действия



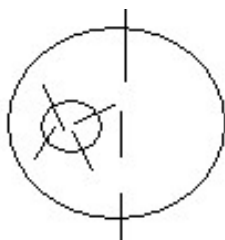
Двойного действия

Характеристика	Г1221	Г12-22А	Г1222	Г12-23А	Г1223	Г12-24А	Г1224	Г12-25А	Г1225	Г12-26А
Типоразмеры										
Производительность, л\мин	8	12	18	25	35	50	70	100	150	200
Рабочее давление, МПа	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Общий КПД	0,5	0,67	0,67	0,73	0,79	0,71	0,76	0,81	0,85	-
Масса, кг	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	26,2	26,2	26,2	138	138

Поршневые насосы

Обозначение по ГОСТ 2.782-68

Радиально-поршневые. Типа НПР, НПМ, НПС, НПД

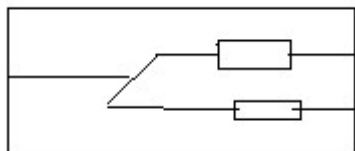


Характеристика	НПР 717	НПР 705М	НПР 713	НПР 715	НПР 50М	НПР 100	НПР 200	НПР 300	НПР 400
Типоразмеры									
Производительность,	800	100	200	400	50	100	200	300	400

л\мин									
Рабочее давление, МПа	10,0	10,0	10,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Общий КПД	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,67	0,67	0,72	0,77
Масса, кг	2000	350	630	800	350	630	1500	1500	2000

Аксиально-поршневые

Типа П-Д; П-Р



Характеристика	ПД №0,5	ПД №1,5	ПД №2,5	ПД №5	ПД №10	ПД №20	ПД №30
Типоразмеры							
Производительность, л\мин	9	26	47	102	204	360	490
Рабочее давление, МПа	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Общий КПД	0,72	0,72	0,77	0,77	0,8	0,8	0,8
Масса, кг	20	45	95	160	240	400	600

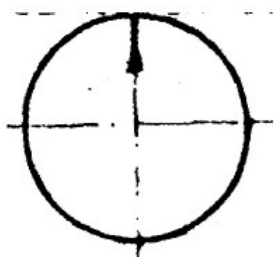
Типа НАР, НАС, НАМ, НАД

Тип насоса	Рабочее давление, МПа	Производительность, л/мин	Масса, кг	Вспомогательный насос	
				л/мин	МПа
НАР-16/200	20,0	25	31	3	2,5
НАР-40/200	20,0	55	60	8	2,5
НАР-63/200	20,0	85	80	8	2,5
НАР-125/200	20,0	200	163	12	2,5
НАР-400/200	20,0	400	230	32	2,5
НАР-16/320	20,0	25	30	3	2,6

НАР-40/320	32,0	55	54	8	2,8
НАР-63/320	32,0	85	75	8	2,5
НАР-125/320	32,0	172	111	12	2,6
НАР-400/320	32,0	400	230	32	2,5

Клапанные (эксцентриковые)

Обозначение по ГОСТ 2.782-68



Типа Н-400

Характеристика	Н-400	Н-401	Н-403	Н-450	Н-451	Н-453
Типоразмеры						
Производительность, л\мин	5	18	35	3	5	8
Рабочее давление, МПа	30,0	30,0	30,0	50,0	50,0	50,0
Общий КПД	0,75	0,77	0,80	0,72	0,77	0,77
Масса, кг	13,5	42,6	45,6	20	54	55,7

Типа НР

Тип насоса	Рабочее давление, МПа	Производительность, л/мин	Объемный КПД	Общий КПД	Масса, кг
НР-1,6	50,0	1,8	0,75	0,72	20,0
НР-2,5	50,0	3,2	0,78	0,75	23,6
НР-4	50,0	5,0	0,80	0,75	43,0
НР-6	50,0	8,0	0,80	0,75	51,0

HP-10	50,0	12,5	0,85	0,75	79,0
HP-16	50,0	20,0	0,85	0,75	92,0
HP-25	50,0	32,0	0,86	0,77	130,0
HP-40	50,0	50,0	0,86	0,77	212,0
HP-50	50,0	76,0	0,86	0,77	300,0

Приложение 6

Условные обозначения элементов гидропривода

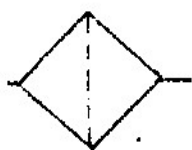


$P_6 = P_0$

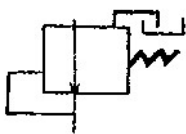
Бак открытый ГОСТ 2.780-68



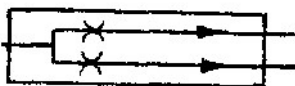
Бак закрытый $P_6 < P_0$



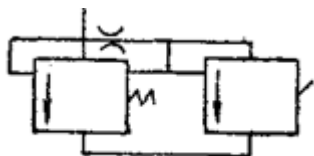
Фильтр для жидкости или воздуха



Клапан редукционный гидравлический



Делитель потока гидравлический на два потока

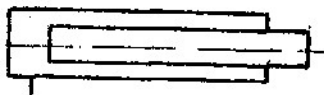


ГОСТ 2.781-68

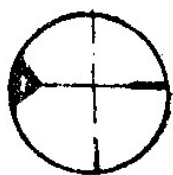
Клапан предохранительный двойного действия



Дроссель регулируемый



Гидроцилиндр плунжерный



Гидромотор неререверсивный



Моментный гидроцилиндр



Цилиндр двухстороннего действия – поршневой

Приложение 7 Основные

единицы СИ

Таблица 1.1

Величина	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Количество вещества	моль	моль

Сила света	кандела	кд
------------	---------	----

Производные единицы СИ

Таблица 1.2

Величина	Наименование	Обозначение
Частота	герц	Гц
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Энергия, работа, количество теплоты	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Момент силы	Ньютон-метр	Н м
Удельная теплоемкость (удельная энтропия)	Джоуль на килограммкельвин	Дж/(кгК)
Удельный термодинамический потенциал (энтальпия)	Джоуль на килограмм	Дж\кг

Список использованной литературы

Основные источники

- 1 Егорушкин В.Е., Циплович Б.И. Основы гидравлики и теплотехники. - М.: Машиностроение, 1981.
- 2 Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы. – М.: Машиностроение, 2005.
- 3 Рабинович Е.З. Гидравлика. – М.: Недра, 1987.
- 4 Сборник задач по машиностроительной гидравлике./под ред. Куколевского И.И., Подвиза Л.Г. – М.: Машиностроение ,1981.
- 5 Холин К.М., Никитин О.Ф. Основы гидравлики и объемные гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1989.

Дополнительные источники

- 1 БаштаТ.М.,Руднев С.С. и др. Гидравлика,гидромашины и гидроприводы. – М.:Машиностроение,1982.
- 2 Кузнецов В.Г. Приводы станков с программным управлением. – М.: Машиностроение, 1983.
- 3 Столбов Л.С., Перова А.Д., Ложкин О.В. – Основы гидравлики и гидропривод станков. – М.: Машиностроение, 1988.
- 4 Государственные стандарты:
ГОСТ 2.704-68 Правила выполнения гидравлических схем

ГОСТ 2.780-68 Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей.

ГОСТ 2.781-68 Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая, гидравлическая и пневматическая.

ГОСТ 2.782-68 Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.

ГОСТ 17398-72 Насосы. Термины и определения.

ГОСТ 17411-81 Гидроприводы объемные. Общетехнические требования