

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Степанов Павел Иванович
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 27.02.2026 08:07:58
Уникальный программный ключ:
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра технологии машиностроения

Методические указания по выполнению курсовой работы

по дисциплине

«Гидропневмопривод оборудования»

для студентов по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств» всех форм обучения

Новоуральск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
2 МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СХЕМ	4
2.1 Исходные данные для составления схемы гидропривода.....	4
3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ГИДРОПРИВОДА.....	6
3.1 Основные зависимости для расчета гидросистем.....	7

ВВЕДЕНИЕ

Целью курсового проектирования по дисциплине «Гидропневмопривод оборудования» является закрепление теоретических знаний, полученных в ходе изучения дисциплины и приобретения практических навыков составления и расчета гидравлических схем.

В соответствии с этим курсовая работа состоит из трех основных частей:

1. По заданному циклу работы гидропривода составить принципиальную гидравлическую схему из набора типовых элементов.

2. По выбранной схеме гидропривода произвести его расчет. Выбрать необходимую гидравлическую аппаратуру.

3. Начертить разработанную принципиальную гидравлическую схему, а также, по согласованию с преподавателем, некоторые ее узлы и детали.

Данное пособие ориентировано на решение поставленных задач и состоит из следующих разделов:

1. Общие сведения об объемном гидроприводе и гидроаппаратуре.

В этом разделе дается характеристика основных типов гидроприводов и дополняются теоретические сведения о них. Здесь приводится общая закономерность выбора типа привода, его компоновка и принцип работы.

2. Методика составления гидравлических схем. В разделе 2 приведена первая часть задания и необходимые указания по его выполнению.

3. Методика расчета системы гидропривода. В этом разделе приведена вторая часть задания, а также необходимые математические данные для его выполнения. Изложена последовательность выполнения задания. Приведены некоторые справочные материалы.

4. Графическая часть, в которой приведены основные требования к ее составу.

5. Пояснительная записка.

6. Перечень рекомендуемой литературы.

7. Приложения

2 МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СХЕМ

2.1 Исходные данные для составления схемы гидропривода

Первая часть курсового проекта состоит в разработке принципиальной гидравлической схемы из заданного набора типовых элементов (аппаратов) согласно заданному циклу работы данной системы. При составлении данной схемы рекомендуется пользоваться литературой [1,2,3,6].

Для составления принципиальной гидросхемы необходимо прежде изучить по литературным источникам назначение, принцип действия и место установки каждого гидроэлемента, а затем, пользуясь принятыми графическими условными обозначениями [3] или приложением 1, вычертить 2-3 варианта схемы, произвести анализ их работы и на его основе выбрать окончательный вариант гидропривода.

В таблицах 1-3 приведены необходимые данные для выполнения 1-ой части курсовой работы.

Таблица 1 - Элементы цикла работы гидравлического привода

Номер задания	Элементы цикла работы
1, 15, 29	1-5-8-5-8
2, 16, 30	1-6-8-7-8
3, 17, 31	1-5-8-9-8
4, 18, 32	1-5-8-9-1
5, 19, 33	1-4-5-8-9-1
6, 20, 34	1-4-5-8-9-8
7, 21, 35	1-4-5-4-5-8-9-1
8, 22, 36	1-4-5-8-9-5-1
9, 23, 37	1-5-1-8-9-1
10, 24, 38	1-6-7-8-9-1
11, 25, 39	1-4-6-7-8-9-1
12, 26, 40	1-3-5-8-9-10-1
13, 27, 41	1-2-3-4-5-8-9-10-11-1
14, 28, 42	1-12-5-8-9-1

Таблица 2 - Наименование элементов цикла работы гидропривода

№ элемента цикла	Наименование элемента цикла
1	Исходное положение «Стоп»
2	Подвод заготовки
3	Зажим заготовки
4	Быстрый подвод инструмента
5	Рабочая подача
6	Рабочая подача 1
7	Рабочая подача 2
8	Реверс
9	Быстрый отвод инструмента
10	Разжим заготовки
11	Отвод заготовки
12	Зарядка аккумулятора

Таблица 3 - Элементы (аппараты) гидропривода

Номер задания	Элементы гидропривода
1.	1, 8(B), 12, 14, 16, 20, 26, 38, 39, 40
2.	1, 8, 15, 17, 27, 31, 38, 39, 40
3.	1, 3, 12, 16, 21, 23, 27, 38, 39, 40
4.	1, 3, 17, 27, 31, 38, 39, 40
5.	1, 3, 11, 16, 29, 35, 38, 39, 40
6.	1, 3, 11, 15, 20, 29, 33, 38, 39, 40
7.	1, 1, 5, 11, 11, 18, 19, 22, 31, 38, 39, 40
8.	1, 8, 11, 15, 22, 35, 38, 39, 40
9.	1, 10, 17, 19, 27, 31, 38, 39, 40, 19
10.	1, 8, 11, 15, 15, 19, 21, 27, 33, 38, 39, 40
11.	1, 5, 16, 17, 27, 27, 32, 38, 39, 40
12.	1,1,5,5,11,11,15,19,21,24,31,37,38,39,40
13.	1,1,5,5,8,11,11,12,15,19,21,24,24,31,37,38,39,40
14.	1, 3, 11, 15, 19, 19, 21, 21, 24, 37, 38, 39, 40, 41
15.	1,8(B), 11, 17, 19, 32, 38, 39, 40
16.	1,3, 11, 15, 15, 20, 26, 30, 38, 39, 40
17.	1, 5(B), 12, 14, 16, 19, 21, 24, 38, 39, 40
18.	1, 6(B), 12,14, 18, 19, 21, 24, 25, 38, 39, 40
19.	1, 8, 11, 16, 21, 24, 25, 27, 38, 39, 40
20.	1, 1, 5, 11, 11, 18, 19, 21, 32, 38, 39, 40
21.	1, 5, 11, 15, 29, 31, 38, 39, 40
22.	1, 5, 17, 21, 24, 27, 38, 39, 40
23.	1, 10, 11, 16, 19, 19, 27, 35, 38, 39, 40
24.	1, 3, 15, 17, 27, 27, 31, 38, 39, 40
25.	1,3, 12, 15, 15, 21, 21, 23, 27, 38, 39, 40
26.	1, 3, 7, 11, 11, 15, 19, 21, 24, 38, 39, 40
27.	1,3,3,7,11,12,15,19,21,21,21,24,24,37,38,39,40
28.	1, 3, 11, 18, 19, 21, 23, 38, 39, 40, 41
29.	1, 8(B), 12, 14, 16, 20, 23, 52, 38, 39, 40
30.	1, 5, 12, 15, 16, 20, 26, 30, 38, 39, 40
31.	1, 5, 11, 15, 19, 36, 38, 39, 40
32.	1, 9, 11, 15, 19, 19, 21, 23, 38, 39, 40
33.	1, 6(B), 14, 17, 19, 27, 31, 38, 39, 40
34.	1, 5(B), 11, 14, 15, 21, 29, 34, 38, 39, 40
35.	1, 3, 12, 15, 19, 21, 28, 33, 38, 39, 40
36.	1, 5, 12, 16, 21, 24, 27, 38, 39, 40
37.	1, 10, 17, 19, 19, 27, 32, 38, 39, 40
38.	2, 3, 11, 15, 27, 28, 31, 38, 39, 40
39.	1, 8, 11, 15, 22, 27, 31, 38, 39, 40
40.	1, 5, 7, 11, 12, 13, 16, 19, 21, 23, 38, 39, 40
41.	1,1,5,5,7,11,11,11,16,19,21,24,32,37,38,39,40
42.	1, 8, 11, 11,16,19, 19,21,24,38,39,40,41

Примечание. Встречавшийся в таблице индекс «В» означает вертикальное положение цилиндра.

3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ГИДРОПРИВОДА

Согласно разработанной схеме произвести расчет гидропривода. Для этого из таблицы 4 выбрать исходные данные своего варианта.

Таблица 4. Исходные данные для расчета гидропривода

№ задания	Нагрузка на рабочем органе, Н	Рабочая подача, м ³ /мин/с ⁻¹	Скорость быстрого перемещения, м/мин/с ⁻¹	Диаметр цилиндра, м	Диаметр штока, м	Рабочий объем гидромотора, м ³	Максимально допустимая температура масла, °С
1.	25000	0,06	-	0,125	0,050	-	8
2.	11500	0,10/0,15	-	0,100	0,065	-	45
3.	4	135	185	-	-	8·10 ⁻⁶	55
4.	18,5	60	80	-	-	35·10 ⁻⁶	60
5.	5	100	155	-	-	8·10 ⁻⁶	65
6.	10	100	160	-	-	18·10 ⁻⁶	45
7.	13000	0,05	0,100	0,075	0,035	-	50
8.	2500	0,10	0,150	0,045	0,025	-	55
9.	12000	0,02	0,06	0,105	0,045	-	60
10.	6500	0,06/0,08	0,12	0,065	0,032	-	65
11.	3500	0,08/0,10	0,30	0,050	0,035	-	45
12.	10000	0,05	0,08	0,090	0,055	-	55
13.	9500	0,07	0,10	0,100	0,065	-	55
14.	14,5	75	100	-	-	35·10 ⁻⁶	60
15.	8000	0,20	-	0,075	0,040	-	65
16.	11	80/40	-	-	-	18·10 ⁻⁶	45
17.	26500	0,07	0,10	0,125	0,075	-	50
18.	15000	0,08	0,12	0,100	0,065	-	55
19.	12500	0,10	0,15	0,090	0,055	-	60
20.	10500	0,09	0,20	0,075	0,040	-	65
21.	22000	0,07	0,12	0,105	0,055	-	45
22.	6000	0,04	0,10	0,065	0,035	-	50
23.	23500	0,06	0,08	0,125	0,075	-	55
24.	5,5	55/65	195	-	-	8·10 ⁻⁶	60
25.	9,5	60/80	120	-	-	18·10 ⁻⁶	65
26.	13,5	85	125	-	-	35·10 ⁻⁶	45
27.	10,5	110	170	-	-	18·10 ⁻⁶	50
28.	3,5	100	140	-	-	8·10 ⁻⁶	55
29.	2800	0,25	-	0,045	0,032	-	60
30.	8500	0,09/0,13	-	0,100	0,075	-	65
31.	9000	0,05	0,15	0,090	0,065	-	45
32.	18500	0,07	0,12	0,105	0,050	-	50
33.	9500	0,12	0,16	0,075	0,035	-	55
34.	5000	0,05	0,08	0,065	0,025	-	60
35.	2	3	4	5	6	7	8
36.	9	100	140	-	-	18·10 ⁻⁶	65
37.	26500	0,07	0,10	0,125	0,065	-	45
38.	10500	0,12	0,20	0,090	0,060	-	50
39.	4,5	120/140	160	-	-	8·10 ⁻⁶	55
40.	1500	0,10/0,15	0,30	0,045	0,035	-	60
41.	4500	0,09	0,14	0,075	0,045	-	65
42.	16000	0,04	0,06	0,100	0,055	-	45
43.	3500	0,10	0,25	0,065	0,045	-	50

3.1 Основные зависимости для расчета гидросистем

Порядок расчета гидропривода может быть различным. При определении основных расчетных параметров рекомендуется использовать литературные данные [1, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13]. С целью сокращения объема труда наиболее распространенные зависимости определения параметров гидросистем, а также последовательность расчетов приведена в таблице 5. Принятые условные обозначения приведены в приложении 3.

Таблица 5. Рекомендуемые зависимости определения основных параметров гидросистем

Номер формул	Наименование расчетных параметров	Расчетная формула	Размерность
1. Расчет параметров потока и гидролиний			
3-1	Удельный вес жидкости	$\gamma = \rho \cdot g$	Н/м ³
3-2	Динамический коэффициент вязкости	$\mu = \rho \cdot \nu$	Н·с/м ² =Па·с
3-3	Максимальный расход жидкости для гидропривода с цилиндром (предв. расчет)	$Q_{\max} = (1,1 \dots 1,2) \cdot v_{\max} \cdot S_{\text{эф}}$	м ³ /с
3-4	Максимальный расход жидкости для гидропривода с гидромотором (предв. расчет)	$(1,2 \dots 1,3) \cdot \omega_{\max} \cdot g$	м ³ /с
3-5	Внутренний диаметр гидролинии	$d_i \geq 1,13 \cdot Q_{\max}$	м
3-6	Число Рейнольдса	$Re_i = v_i \cdot d_i / \nu$	безразмерное
3-7	Коэффициент потерь для ламинарного потока	$\lambda_i = K / Re_i$, где K=75 – для жестких трубопроводов K=150 – для гибких шлангов	то же
3-8	Коэффициент потерь для турбулентного потока	$\lambda_i = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d_i} + \frac{68}{Re_i} \right)^{0,25}$	то же
3-9	Потери давления по длине	$\Delta P_{e_i} = \lambda_i \gamma \cdot \frac{l_i \cdot V_i^2}{d_i \cdot 2g}$	Н/м ² =Па
3-10	Потери давления на местных сопротивлениях	$\Delta P_{M_i} = \varphi_i \cdot \gamma \cdot \frac{v_i^2}{2g}$	Н/м ² =Па
3-11	Суммарные потери давления	$\sum \Delta P = \sum \Delta P_{e_i} + \sum \Delta P_{M_i}$	Н/м ² =Па
2 Расчет параметров гидропривода			
3-12	Давление, развиваемое насосом	$P_n = P_1 + \sum \Delta P$	Н/м ² =Па
3-13	Давление в напорной полости гидроцилиндра	$P_1 = \frac{R + P_2 \cdot S_2 + \sum T}{S_1}$	Н/м ² =Па

3-14	Силы трения в уплотнениях и направляющих	$\Sigma T = 0,1R$	Н
3-15	Давление в напорной полости гидромотора	$P_1 = \frac{2\pi}{q} \cdot (M_n + M_c + \Sigma M_{тр})$, где $M_c = \frac{P_2 \cdot q}{2\pi}$ $\Sigma M_{тр} \approx 0,1 M_n$	Н/м ² =Па Н·м Н·м
3-16	Производительность насоса (дроссельный способ регулирования)	$Q_n = \frac{Q_{max} + \Sigma \Delta Q + Q_{кл}}{\eta_0}$ где $Q_{кл} = (5..7) \cdot 10^{-5}$	м ³ /с м ³ /с
3-17	Производительность насоса (объемный способ регулирования)	$Q_n = \frac{Q_{max} + \Sigma \Delta Q}{\eta_0}$ Для зажимных устройств производительность насоса определяется исходя из заданного времени срабатывания (2...5 с)	м ³ /с
3-18	Расход жидкости, потребляемой гидродвигателем	$Q_{max} = \frac{q \cdot \omega_{max}}{2\pi}$	м ³ /с
3-19	Расход жидкости, потребляемой гидроцилиндром: -при прямом ходе -при обратном ходе	$Q_{max1} = V_{max1} \cdot S_{эф1}$ $Q_{max2} = V_{max2} \cdot S_{эф2}$	м ³ /с м ³ /с
3-20	Объемные потери на одном элементе гидропривода	$\Delta Q_i = K_{ут} \cdot \Delta P$	м ³ /с
3-21	Перепад давлений: -на гидродвигателе -на аппарате	$\Delta P = P_1 - P_2$ $\Delta P = P_{вх} - P_{вых}$	Н/м ² =Па Н/м ² =Па
3-22	Мощность, потребляемая насосом	$N_n = \frac{P_{кл} \cdot Q_n}{\eta_n \cdot \eta_z}$ где $\eta_r = 1$, $P_{кл} = P_n + (0,2..0,3)$	Н·м/с=Вт безразм. Н/м ² =Па
3-23	Мощность приводного электродвигателя	$N_э = N_n / \eta_э$, где $\eta_э = 0,85..0,95$	Н·м/с=Вт безразмер.
3. Тепловой расчет гидропривода			
3-24	Мощность, расходуемая на нагревание жидкости	$N_T = N_n \cdot (1 - \eta_c)$, где $\eta_c = 0,4..0,6$	Н·м/с=Вт
3-25	Тепловой поток, идущий на нагревание жидкости	$Q_T = N_T$	Н·м/с=Вт

1	2	3	4
3-26	Тепловой поток, отводимый через охлаждающую поверхность бака	$Q_T = \alpha \cdot S_B \cdot \Delta t^\circ,$ где $\Delta t^\circ = t_{\text{м}}^\circ - t_{\text{о}}^\circ,$ $t_{\text{о}}^\circ = (15 \dots 20)^\circ\text{C},$ $t_{\text{м}}^\circ = 60^\circ\text{C}$ $\alpha = 4,5 \dots 7$ – для гидробака, расположенного в нише или вблизи стен в помещении; $\alpha = 12 \dots 17$ – расположенного на открытых местах; $\alpha = 17 \dots 23$ – при охлаждении поверхности бака вентилятором	Н·м/с=Вт град(°C) град(°C) град(°C) Вт/м ² град Вт/м ² град Вт/м ² град
3-27	Объем масла в баке, выраженный через площадь поверхности теплоотдачи	$V_M = 0,003 \cdot \sqrt{S_\phi^3}$	м ³
3-28	Объем масла в баке (предварительный расчет)	$V_M = (120 \dots 180) \cdot Q_H$ Если величина V_M , вычисленная по формуле (3-27), значительно превышает V_M , определенную по формуле (3-28), в гидроприводе необходима установка теплообменника	м ³
4. Расчет фильтра			
3-29	Активная площадь фильтра	$S_\phi = 6 \cdot 10^7 \cdot \frac{Q_H}{K \cdot \Delta P} \cdot \mu,$ где $\Delta P = (0,05 \dots 0,15)$ МПа	м ² Н/м ² =Па
5. Расчет аккумулятора			
3-30	Пружинный аккумулятор	$C \cdot h = (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) \cdot S_\phi$ где $P_{\text{max}}/P_{\text{min}} \leq 1,3$	
3-31	Наибольший объем жидкости, накапливаемой в пружинном аккумуляторе	$V = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}}{C} \cdot S_\phi^2$	м ³
3-32	Наибольший объем жидкости, накапливаемой в газгидравлическом аккумуляторе	$V = V_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} - 1 \right),$ Где для приближенных расчетов можно принять: $V_1 = (8 \dots 10) \cdot V, \quad V_k = (9 \dots 10) \cdot V,$ $P_{\text{max}}/P_{\text{min}} = 0,9$ $P_{\text{min}}/P_{\text{max}} = 0,5 \dots 0,7$ Минимальную полезную емкость аккумулятора обычно принимают $V = 1,5 \cdot Q_H$	м ³

Местные сопротивления, помимо локальных сопротивлений в трубопроводах включают в себя и гидравлическое сопротивление элементов гидроаппаратуры. Эти сопротивления являются паспортными характеристиками гидроаппаратов, величины их следует производить в 2 этапа:

1. По усредненным данным (таблица 11) назначить ориентировочное падение давления на гидроаппарате.

2. После конкретизации типа гидроаппарата уточнить его сопротивление по его паспорту или по литературным данным.

В итоге общие потери давления состоят:

$$\sum \Delta P = \sum \Delta P_1 + \sum \Delta P_M = \sum \Delta P_1 + (\sum \Delta P_{г.а.} + \sum \Delta P_{м.т.}),$$

Где $\sum \Delta P_{г.а.}$ – потери давления на всех гидроаппаратах;

$\sum \Delta P_{м.т.}$ – потери давления на местных сопротивлениях в трубопроводе.