

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Председатель редакционно-
издательского совета УО «ВГТУ»

_____ В.В.Пятов
«___» _____ 200 г.

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор УО «ВГТУ»

_____ С.И.Малашенков
«___» _____ 200 г.

**ГИДРОПНЕВМОПРИВОД МАШИН ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности 1 – 36 08 01, специализации 1-36 08 01 01
«Машины и аппараты легкой промышленности»
заочной формы обучения

Витебск
2008

УДК 67/68.05

Гидропневмопривод машин легкой промышленности: методические указания и контрольные задания для студентов специальности 1-36 08 01, специализации 1-36 08 01 01 «Машины и аппараты легкой промышленности» заочной формы обучения.

Министерство образования Республики Беларусь, Витебск, УО «ВГТУ», 2008г.

Составитель: проф. Сункуев Б.С.,
доц. Бувевич А.Э.

В методических указаниях излагается содержание дисциплины, тематика лекционных и лабораторных занятий, приводятся указания по выполнению контрольных работ.

Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 08 01, специализации 1-36 08 01 01 заочного факультета.

Одобрено кафедрой «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ», протокол № 6 от 19 декабря 2007 г.

Рецензент: доц. Угольников А.А.

Редактор: доц. Кириллов А.Г.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 5 от 26 декабря 2007 г.

Ответственный за выпуск: Данилова И.А.

Компьютерная графика: Белова Н.В.

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.- изд. лист _____

Печать ризографическая. Тираж _____ Заказ № _____ Цена _____ руб.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Лицензия 02330/0133005 от 01.04.2004 г.
210035, Витебск, Московский пр., 72

Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи преподавания и изучения дисциплины	4
2. Содержание дисциплины	4
3. Контрольные задания и методические указания к их выполнению	7
4. Пример выполнения задания 1	11
5. Пример выполнения задания 2	18
Литература	29

1. Цели и задачи преподавания и изучения дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины

Основная цель преподавания дисциплины - дать студентам знания по гидравлическим и пневматическим исполнительным устройствам легкой промышленности и практические навыки в применении этих методов при проектировании данных устройств для машин легкой промышленности.

1.2. Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины перед студентом ставятся следующие основные задачи:

- иметь представление об устройстве, принципах работы устройств гидро- и пневмопривода;
- знать основные методы проектирования и расчета гидравлических и пневматических исполнительных устройств;
- знать конструкцию и технические характеристики элементов гидро- и пневмопривода;
- уметь использовать практические навыки по экспериментальному исследованию характеристик гидро- и пневмопривода.

1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины

№№ п.п.	Название дисциплины	Раздел (тема)
1	Машины и агрегаты легкой промышленности	Машины и агрегаты швейного производства Машины и агрегаты обувного производства Оборудование текстильной промышленности
2	Гидравлика и гидравлические машины; теоретическая механика	Расчет и конструирование гидропривода
3	Теоретическая механика	Расчет и конструирование пневмопривода

2. Содержание дисциплины

2.1. Лекции (10 часов)

№ № п.п.	Тема и план лекции	Кол-во часов	Цель и задачи темы
1	Введение. Предмет и задачи дисциплины. Область применения гидропневмопривода в легкой промышленности. Потери напора и виды потерь. Насосы, их параметры и рабочие характеристики.	2	Дать общие сведения о гидро-и пневмоприводе

2	Элементы гидропривода. Предохранительные клапаны, их классификация, устройство, рабочие характеристики. Распределительные и регулирующие устройства гидропривода.	2	Дать сведения о предохранительных клапанах
3	Исполнительные устройства гидропривода, гидроцилиндры и гидромоторы, аккумуляторы. Конструкция и расчет гидроцилиндров. Проектный и поверочный расчеты насосного и насосно-аккумуляторного гидропривода	2	
4	Структура пневмопривода. Подготовка сжатого воздуха. Элементы пневмопривода. Распределительные, регулирующие и исполнительные устройства.	2	
5	Конструкция и расчеты пневмоцилиндра. Проектный расчет пневмопривода. Расчет времени подготовительного периода пневмопривода. Расчет времени движения поршня пневмоцилиндра.	2	

2.2. Лабораторные занятия

№№ п.п	Темы лабораторных занятий	Кол-во часов	Цель и задачи темы	Форма контроля
1	Изучение конструкции элементов гидропривода	1	Изучение конструкции и принципа работы гидропривода	Опрос
2	Исследование работы гидравлического исполнительного устройства	2	Изучение конструкции и принципа работы гидропривода	Опрос
3	Изучение конструкции элементов пневмопривода	1	Изучение конструкции и принципа работы пневмопривода	Опрос
4	Исследование работы пневматического исполнительного устройства	2	Изучение конструкции и принципа работы пневмопривода	Опрос

2.3. Рекомендации по изучению вопросов, вынесенных на самостоятельную работу

Название вопросов, которые выносятся на самостоятельную проработку	Кол-во часов	Рекомендуемая литература и методические указания по изучению вопросов
1. Правила изображения элементов гидравлических и пневматических сетей	4	Литература [2], с. 21
2. Расчет толщины стенок гидроцилиндра	2	Литература [6], с. 69-74
3. Расчет диаметров трубопроводов	2	Литература [1], с. 24
4. Изучение гидропривода вырубочного пресса ПКП-10-0 и методики его расчета	6	Литература [1], с. 20-26
5. Изучение гидропривода пресса для влажно-тепловой обработки швейных изделий ПП-1 и методики его расчета	6	Литература [1], с. 26-31
6. Изучение гидропривода пресса для приклеивания деталей низа обуви ППГ-4-0 и методики его расчета	6	Литература [1], с. 31-37
7. Положения газо- и термодинамики, используемые при расчете пневмопривода	2	Литература [1], с. 3-7
8. Проектный расчет пневмопривода	2	Литература [1], с. 16-17
9. Определение времени подготовительного периода	4	Литература [1], с. 8-11
10. Методика расчета времени движения поршня	4	Литература [1], с. 12-16
11. Проектный и проверочный расчеты гидропривода на ЭВМ	2	
12. Проектный расчет пневмопривода на ЭВМ	2	
13. Расчет времени срабатывания пневмопривода на ЭВМ	2	
14. Изучение конструкции элементов гидропривода	4	Литература [2], с. 148-176
15. Изучение конструкции элементов пневмопривода	4	Литература [2], с. 148-176

Всего на самостоятельную работу - 52 часа.

3. Контрольные задания и методические указания к их выполнению

По дисциплине предусмотрено выполнение одной контрольной работы состоящей из двух заданий.

ЗАДАНИЕ 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ГИДРОПРИВОДА

Предусмотрено три типа задач, в каждом из которых по 11 вариантов. Тип задачи и номер варианта сообщает студенту преподаватель, ведущий курс.

Тип 1. Гидропривод вырубочного пресса консольного типа

Описание работы, конструкции и гидросхемы пресса типа ПКП-10-0 имеются в [5] на стр. 29-35. Тактограмма изображена в [3] на рис. 8, стр.41.

Исходные данные для проектирования

(обозначения см. в [3] стр. 41, рис. 7 и 8):

Длительности тактов, с:

поворота ударника в рабочую зону

t_2

опускания ударника

t_3

поворота ударника в исходное положение

$t_4 = t_2$

Максимальный вертикальный ход ударника, мм

L_2

Угол поворота ударника, град

φ_1

Вылет ударника, мм

A

Максимальное усилие вырубания, кН

P_B

Длина направляющей для скалки, мм

$B = A$

Таблица 1

Численные значения исходных данных для различных вариантов задания

№№ варианта	Длительность так- тов		L_2 мм	φ_1 град	A мм	P_B мм
	t_2	t_3				
1	0,5	1	20	90	500	15
2	0,8	1,2	22	90	550	20
3	0,9	1,4	25	90	600	25
4	1	1,5	27	90	650	30
5	1,2	1,8	30	90	700	35
6	1,2	2	32	90	750	40
7	1,5	2,2	35	90	800	45
8	1,8	2,5	37	90	900	50
9	1,5	2,5	40	90	950	55
10	1,8	2,2	42	90	1000	60
11	1,8	2,0	45	90	1100	65

Содержание отчета

1. Исходные данные.
2. Гидросхема вырубочного пресса.
3. Тактограмма работы.
4. Проектный расчет вырубочного пресса.
5. Поверочные расчеты.

Примечание. При поверочном расчете потери давления в трубопроводах не учитывать, силу трения в уплотнениях гидроцилиндра принять равной 200 Н, массу гидроцилиндра с ударником принять равной 150 кг.

Тип 2. Гидропривод пресса для приклеивания деталей низа обуви

Описание работы и конструкции пресса типа ППГ-4-0 приведено в [6] на стр. 140...145.

Тактограмма работы приведена в [3] на рис. 14, стр.44.

Исходные данные для проектирования

Длительности тактов, с:

выдержки изделия в пресс-секции под давлением

t_1

подъема и опускания пресс-секции

t_2

Максимальное усилие приклеивания, кН

$P_{пол}$

Ход пресс-секции, мм

L

Таблица 2

Численные значения исходных данных для различных вариантов задания

№ вариан- тов	t_1, c	t_2, c	$P_{пол}, кН$	L, мм
1	15	1	15	70
2	17	1,5	17	72
3	20	2	20	75
4	22	1,5	22	80
5	25	2	25	82
6	27	1,5	27	85
7	30	2	30	87
8	32	1,5	32	90
9	35	2	35	92
10	37	1,5	37	95
11	35	2	40	100

Содержание отчета

1. Гидросхема пресса.
2. Тактограмма.
3. Проектный расчёт гидропривода.
4. Поверочные расчёты.

Примечание. При поверочном расчете силу трения в уплотнениях гидроцилиндра принять равной 100 Н, массу пресс-секции с заготовкой обуви принять равной 30 кг.

Тип 3. Гидропривод пресса тяжелого привода для влажно-тепловой обработки швейных изделий

Описание устройства и работы пресса имеется в [5] на стр. 73-81. Тактограмма работы гидросистемы приведена в [3] на рис. 10, стр. 42.

Исходные данные на проектирование гидропривода

Длительность тактов, с:

закрытия подушек	t_2
подпрессовки	t_2
прессования	t_3
открытия подушек	t_5
Усилие прессования, кН	$P_{пр}$
Размеры главного рычага,	A, B
Высота пресса, мм	H_0
Угол раскрытия главного рычага, град	φ_1
Угол поворота главного рычага при подпрессовке, град	φ_2

Таблица 3

Численные значения исходных данных для различных вариантов

№ вариан- тов	$t_2,$ с	$t_3,$ с	$t_4,$ с	$t_5,$ с	$P_{пр},$ кН	A, мм	B, мм	$H_0,$ мм	$\varphi_1,$ град	$\varphi_2,$ град
1	2,5	0,5	20	2,5	5	700	350	1500	50	1
2	2	0,5	22	2	7	750	375	1500	50	1
3	2,5	0,5	25	2,5	10	800	400	1500	50	1
4	2	0,5	30	2	12	700	350	1500	50	1
5	3	0,5	32	3	15	750	375	1500	50	1
6	2,5	0,5	35	2,5	17	800	400	1500	50	1
7	3	0,5	38	3	20	820	410	1500	50	1
8	2,5	0,5	40	2,5	23	850	425	1500	50	1
9	3	0,5	42	3	25	750	375	1500	50	1
10	2,5	0,5	45	2,5	30	800	400	1500	50	1
11	3	0,5	50	3	35	850	450	1500	50	1

Содержание отчета

1. Гидросхема пресса.
2. Тактограмма работы пресса.
3. Проектный расчет гидропривода [3].
4. Поверочные расчеты [3].

Примечание. При поверочном расчете потери давления в трубопроводах не учитывать, и принять $P_{по} = 300 \text{ Н}$, $\alpha = 45^\circ$, силу трения в уплотнениях гидроцилиндра $P_{тр} = 100 \text{ Н}$ коэффициент $C_{др}$. Определить, исходя из длительности такта t_5 .

ЗАДАНИЕ 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПНЕВМОПРИВОДА

Схема пневмопривода и его тактограмма приведены в [3] на стр. 38, рис.

1,2.

Исходные данные на проектирование и расчет

Длительности тактов, с:

прямого хода

t_1

первой технологической паузы

t_2

обратного хода

t_3

второй технологической паузы

t_4

Давление воздуха в магистрали (абсолютное), МПа

P_m

Технологическое усилие на штоке при прямом ходе, Н

$P_{пол}$

Длины трубопроводов, соединяющих полости

цилиндра с распределителем, см

$L_{тр1}, L_{тр2}$

Диаметры отверстий в распределителе, см

$d_1=d_2$

Длина хода поршня, см

L

Масса поршня, кг

m

Примечание. Значения t_2 и t_4 используются только при построении тактограммы.

Таблица 4

Численные значения исходных данных для различных вариантов

№ вариан- ТОВ	$t_1,$ с	$t_2,$ с	$t_3,$ с	$t_4,$ с	$L,$ см	$P_{пол},$ Н	$L_{тр1},$ см	$L_{тр2},$ см	$d_1,$ см	$P_m,$ МПа	$m,$ кг
1	0,5	5	0,4	6	5	500	60	70	0,6	0,6	1
2	0,5	5	0,4	6	7	800	50	40	0,8	0,6	1
3	0,5	5	0,4	6	9	600	30	50	0,6	0,6	1,5
4	0,5	5	0,4	6	11	700	25	30	0,5	0,6	2
5	0,5	5	0,4	6	13	750	35	40	0,5	0,6	1,5
6	0,5	5	0,4	6	15	850	40	50	0,5	0,6	2
7	0,5	5	0,4	6	18	900	50	40	0,6	0,6	2,5
8	0,5	5	0,4	6	20	950	55	60	0,8	0,6	2
9	0,4	5	0,3	6	22	1000	60	70	0,8	0,6	2,5
10	0,2	5	0,2	6	25	800	70	80	0,6	0,5	1,5
11	0,8	5	0,7	6	30	700	75	85	0,5	0,4	1
12	0,7	5	0,6	6	32	600	50	60	0,8	0,4	1
13	0,7	5	0,6	6	35	700	55	65	0,6	0,4	1
14	0,7	5	0,6	6	32	750	60	70	0,7	0,5	1
15	0,6	5	0,5	6	30	800	65	80	0,8	0,6	1,5
16	1,0	5	0,8	6	28	900	70	55	0,8	0,6	2
17	1,0	5	0,8	6	25	1000	75	80	0,6	0,6	2
18	1,0	5	0,8	6	22	1500	80	85	0,5	0,6	2

№ вариан- ТОВ	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	L, см	$P_{пол}$, Н	$L_{тр1}$, см	$L_{тр2}$, см	d_1 , см	P_m , МПа	m, кг
19	1,5	5	1,2	6	20	1400	85	90	0,6	0,6	2
20	1,5	5	1,2	6	18	1500	90	95	0,8	0,6	2
21	1,5	5	1,2	6	16	2000	100	90	0,6	0,6	2
22	0,5	5	0,4	6	12	2200	90	100	0,6	0,6	2
23	0,6	5	0,5	6	10	2500	95	85	0,6	0,6	2
24	0,8	5	0,6	6	12	3000	85	75	0,8	0,6	2,5
25	0,7	5	0,5	6	15	3200	80	65	1,2	0,6	2,5
26	0,9	5	0,7	6	17	3500	80	70	1,4	0,6	3
27	1,0	5	0,8	6	20	2500	90	95	1,6	0,6	2,5
28	1,0	5	0,8	6	22	2000	95	100	1,2	0,5	2
29	1,0	5	0,8	6	25	1500	100	90	1,0	0,5	2
30	1,0	5	0,8	6	28	1000	100	95	0,8	0,4	1,5

Содержание отчета

1. Пневматическая схема и тактограмма работы.
2. Проектный расчет пневмопривода [3].
3. Расчет времени срабатывания поршня в первом такте на ЭВМ [7].

4. Пример выполнения задания 1

Проектирование и расчет гидропривода

При проектировании заданы:

1. Схема гидропривода (см. рис. 1).
2. Диаграммы состояний распределителей, тактограммы исполнительных устройств (см. рис. 2).
3. Максимальное усилие вырубания P_B 25 кН.
4. Величина хода гидроцилиндра L_2 25 мм.
5. Угол поворота ударника φ_i 90 град.
6. Длительности тактов:
поворота ударника в рабочую зону t_2 0,9 с;
опускания ударника t_3 1,4 с;
поворота ударника в исходное положение $t_4 = t_2$.
7. Максимальный вылет ударника A 600 мм.
8. Длина направляющей для скалки $B=A$ 600 мм.

СТРУКТУРА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАСОСНОГО ГИДРОПРИВОДА

Принципы построения, проектирования и расчёта насосного гидропривода рассмотрим на примере гидропривода пресса для вырубания деталей верха обуви.

Гидропривод вырубочного пресса приведен на рис. 4.1.

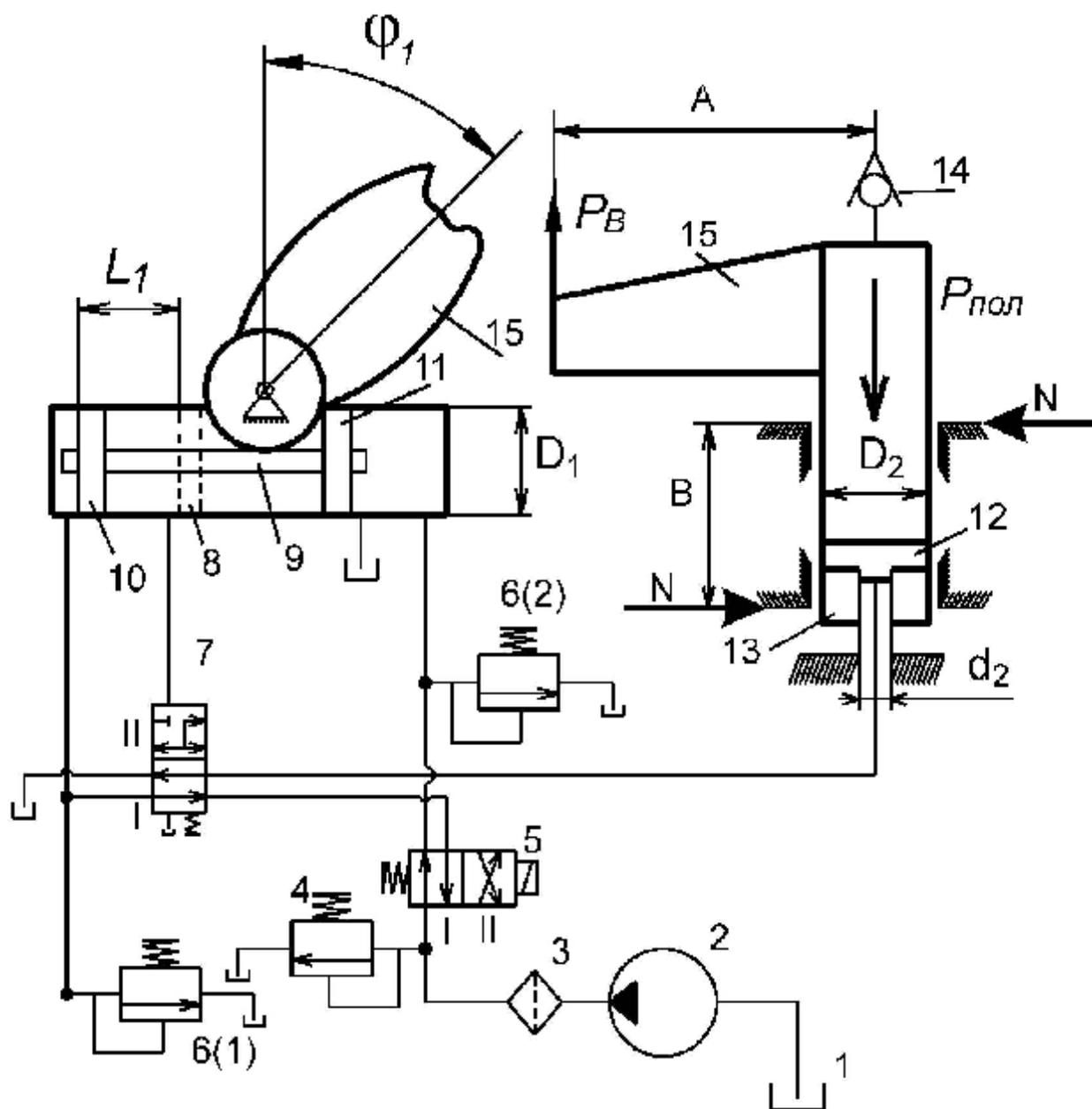


Рис. 4.1

Структура и работа гидропривода: 1 - маслобак; 2 - насос; 3 - фильтр; 4 - предохранительный клапан высокого давления; 5 - двухпозиционный четырехходовой распределитель с электромагнитным управлением и возвратной пружиной; 6(1), 6(2) - предохранительный клапан низкого давления; 7 - двухпозиционный четырехходовой распределитель с гидравлическим управлением с возвратной пружиной; 8 - гидроцилиндр поворота ударника; 9 - шток; 10, 11 - левый и правый поршни; 12 – поршень (неподвижный); 13 - гидроцилиндр; 14 - пневматический обратный клапан; 15 - ударник. На рис. 2 левое поле распределителя 5 определяет его позицию (состояние) I, а правое поле - позицию (состояние) II. Верхнее поле распределителя 7 определяет его состояние II, нижнее поле - состояние I. Описание работы гидропривода может быть дано посредством диаграмм состояний распределителей 5 и 7 и тактограммы исполнительных устройств 10 и 13.

Исполнительное устройство может находиться в трех состояниях: прямой ход, остановка, обратный ход. На рис. 4.1 за прямой ход поршня 10 принято его движение вправо, за прямой ход цилиндра 13 - движение вниз. На тактограммах (рис. 4.2) прямому и обратному ходу исполнительных устройств соответствуют наклонные отрезки прямых (обозначены стрелками), а остановке - горизонтальные. На тактограмме длительности тактов условно принимаются одинаковыми. На диаграммах состояний распределителей условно показаны: состояние I в виде отрезков прямых, совпадающих с осью абсцисс, состояние II в виде отрезков горизонтальных прямых, расположенных выше оси абсцисс. Цикл работы гидропривода (рис.4.2) состоит из четырех тактов.

В первом такте поршень 10 и цилиндр 13 неподвижны. Масло, подаваемое насосом 2, проходит через распределитель 6, находящийся в позиции I, правую полость цилиндра 8 и сливается в бак.

Во втором такте масло, подаваемое насосом, проходит через распределители: 5, находящийся в позиции II, и 7, находящийся в позиции I, и поступает в левую полость цилиндра 8, перемещая поршень 10 вправо. В конце прямого хода поршня 10 левая полость цилиндра 8 соединяется с верхней торцевой полостью распределителя 7, происходит его переключение в позицию II. В третьем такте масло, подаваемое насосом, через распределитель 5, находящийся в позиции II, и распределитель 7, находящийся в позиции II, поступает в гидроцилиндр 13, в результате происходит прямой ход гидроцилиндра.

В четвертом такте масло, подаваемое насосом, поступает через распределитель 5, находящийся в позиции I, в правую полость гидроцилиндра 8, происходит обратный ход поршня 10. Из левой полости цилиндра 8 масло сливается в бак. Обратный ход гидроцилиндра 13 происходит под действием давления сжатого воздуха, находящегося в верхней полости цилиндра. Из нижней полости цилиндра 13 масло сливается через распределитель 7, находящийся в позиции I, в бак. Благодаря рациональной схеме гидропривода (рис.4.1) управление работой двух исполнительных устройств производится по существу одним распределителем 5 с электромагнитным управлением. Второй распределитель 7 управляется автоматически давлением в левой полости гидроцилиндра 8. Это обстоятельство значительно упрощает схему управления гидроприводом.

Диаграммы состояний

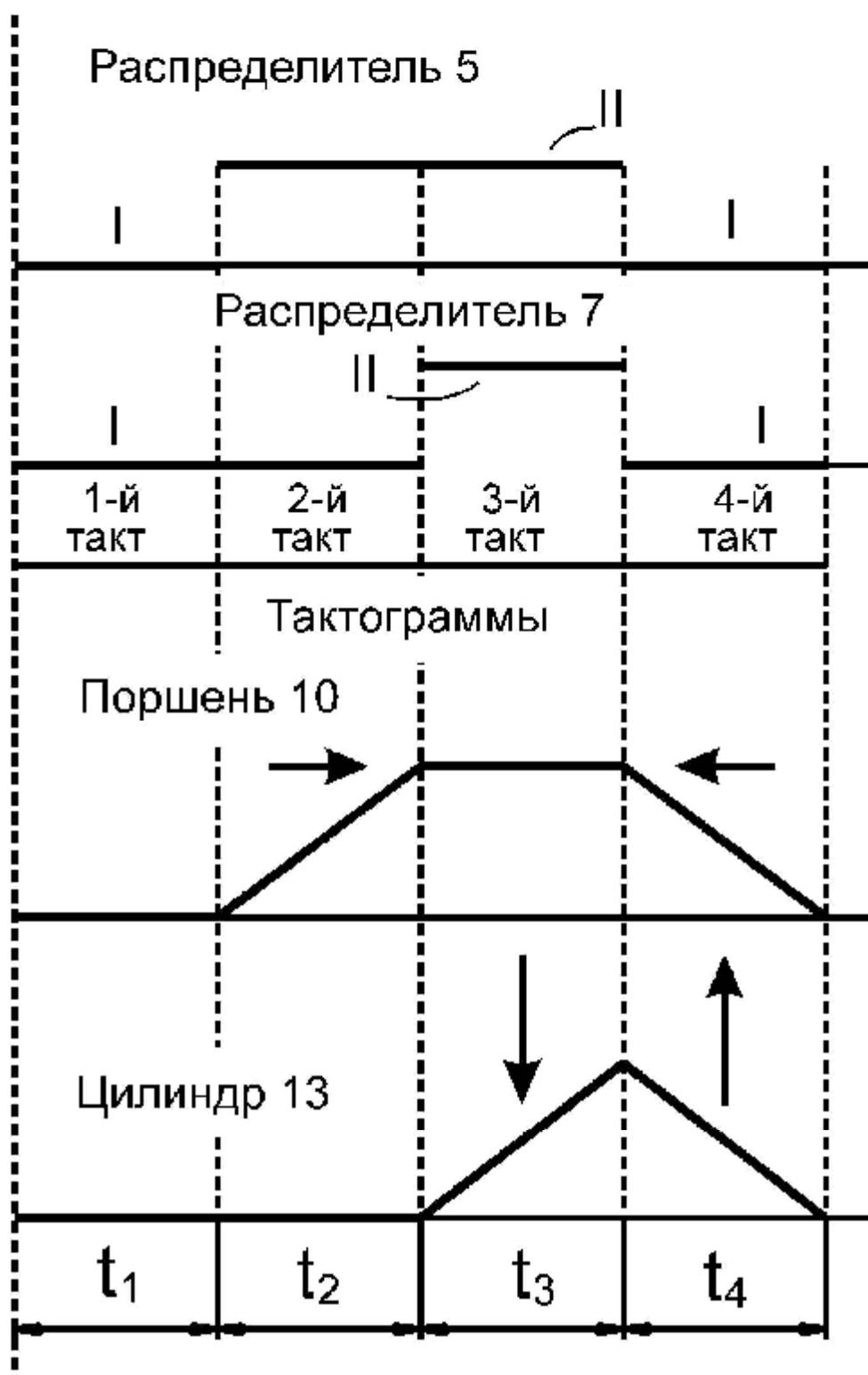


Рис. 4.2

Решение задачи проектирования можно выполнить на основе следующих расчётных уравнений:

$$P_{пол} = P_B \left(\frac{1 + 2f \cdot A}{B} \right), \quad (1)$$

$$P_H = \frac{4kP_{пол}}{p(D_2^2 - d_2^2)}, \quad (2)$$

$$Q_H = \frac{p(D_2^2 - d_2^2) \cdot L_2}{4t_3}, \quad (3)$$

$$Q_H = \frac{p D_1^2 \cdot L_1}{4t_2}, \quad (4)$$

$$L_1 = \frac{(D_H - 2m) \cdot j_1}{2}, \quad (5)$$

$$D_H = D_2 + 2d_2. \quad (6)$$

1. Из стандартного ряда давлений выбираем давление насоса:
 $P_H = 12,5 \text{ МПа}$.

2. Из уравнения, которое получено из рассмотрения условий статического равновесия ударника (15) и гидроцилиндра (13) в момент вырубания материала:

$$P_B \cdot A = N \cdot B, \quad P_{пол} = P_B + 2fN, \quad \text{тогда } P_{пол} = P_B \cdot (1 + 2f \cdot (A/B)),$$

где N - нормальная реакция в направляющих;

$P_{пол}$ - полезная сила гидростатического давления;

f - коэффициент трения в направляющих;

Определяем требуемое максимальное усилие на гидроцилиндре:

$$P_{пол} = P_B \left(1 + 2f \frac{A}{B} \right) = 25 \cdot 10^3 \left(1 + 2 \cdot 0,08 \frac{0,6}{0,6} \right) = 29 \cdot 10^3 [H].$$

3. Задаются из конструктивных соображений соотношением $\phi = d_2/D_2$ между диаметрами D_2 гидроцилиндра 13 и штока d_2 поршня 12 и коэффициентом запаса A в уравнении (2). Для вырубочных прессов принимают $\phi = 0,3 \dots 0,5$. Учитывая динамический характер работы вырубочных прессов, возрастание усилий на ударник за счет врубания резаков в колодку принимаем $k = 1,5$.

4. Подставив в уравнение (2) выражение $d_2 = \phi \cdot D_2$ и, выразив из нее D_2 , определяем диаметр цилиндра вырубания:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4kP_{пол}}{p P_H (1 - \phi^2)}},$$

Диаметр D_2 уточняем, т.е. выбираем ближайшее наибольшее значение из стандартного ряда диаметров цилиндров. В соответствии с ГОСТ 12447-80

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 29 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 12,5 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,3^2)}} = 0,067 (м).$$

5. Из соотношения $d_2 = \phi \cdot D_2$ определяется d_2 .

$$d_2 = j_o D_2 = 0,5 \cdot 70 = 35 (\text{мм}).$$

Это значение уточняем в соответствии со стандартным рядом диаметров штоков гидроцилиндров. Оно соответствует $d_2 = 40$ (мм).

6. Из уравнения (3) определяем требуемую подачу Q_H насоса:

$$Q_H = \frac{p (D_2^2 - d_2^2) \cdot L_2}{4t_3} = \frac{3,14 (0,07^2 - 0,04^2) \cdot 0,025}{4 \cdot 1,4} = 0,46 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Расход Q_H уточняем в соответствии со стандартным рядом расходов. В соответствии с ГОСТ 13825-80 принимаем:

$$\text{наше } Q_H = 0,46 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 \cdot 60 = 2,76 \left(\frac{\text{л}}{\text{мин}} \right);$$

$$\text{стандартное } Q_H = 16 \left(\frac{\text{л}}{\text{мин}} \right) = 2,67 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

7. По стандартным значениям P_H и Q_H подбираем по каталогу насос марки БГ 12-22А у которого $Q_H = 18 \left(\frac{\text{л}}{\text{мин}} \right) = 3 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$.

8. Толщина стенок δ_2 гидроцилиндра определяем из условий прочности:

$$d_2 = \frac{P_H \cdot D_2}{[S]} = \frac{12,5 \cdot 10^6 \cdot 0,07}{357,3 \cdot 10^{-6}} = 0,0024 (\text{м}),$$

где $[S] = \frac{s_T \cdot e_s}{h}$, где $s_T = 638 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$, $e_s = 0,7$ - масштабный коэффициент; $\eta = 1,25$ - коэффициент запаса.

Принимаем $\delta = 5$ мм.

9. Из уравнения (6) определяем D_H

$$D_H = D_2 + 2d_2 = 0,07 + 2 \cdot 5 = 80 \cdot 10^{-3} (\text{м}).$$

10. Модуль зацепления m определяем из условий прочности зубчатой передачи: $m = 3$.

11. Из уравнения (5) определяется требуемая длина хода поршня (10)

$$L_1 = \frac{(D_H - 2m) \cdot j_1}{2} = \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,003) \cdot 0,5 \cdot p}{2} = 0,058 (\text{м}).$$

12. Из уравнения (4) выражаем диаметр D_1 гидроцилиндра (10):

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H \cdot t_2}{p \cdot L_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9}{3,14 \cdot 0,058}} = 0,276 (\text{м}),$$

Уточненное значение в соответствии с ГОСТ 12447-80: $D_1 = 280$ мм.

13. Определяем диаметры $d_{\text{пр}}$ трубопроводов. При определении диаметров трубопроводы разбиваем на участки. Для каждого участка в каждом такте работы гидропривода составляется уравнение расхода

$$Q_{mp} = \frac{p \cdot d_{mp} \cdot V_{mp}}{4},$$

где Q_{mp} - расход масла на участке; V_{mp} - допускаемая скорость движения масла. Откуда

$$d_{mp} = \frac{4 \cdot Q_{mp}}{p \cdot V_{mp}}.$$

V_{mp} назначается с учетом давления жидкости в трубопроводе: для всасывающих трубопроводов $V_{mp}=1,2$ м/с, для сливных $V_{mp}= 2$ м/с. Тогда диаметр всасывающего трубопровода:

$$d_{mp.вс.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}}{p \cdot 1,2}} = 0,019(м).$$

По ГОСТу 12447-8 $d_{mp.вс.} = 20$ мм.

$$d_{mp.сл.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}}{p \cdot 4,5}} = 0,0147(м).$$

По ГОСТу 12447-8 $d_{mp.сл.} = 16$ мм.

14. По величинам Q_H и P_H подбираются по каталогу гидрооборудования элементы гидропривода.

Фильтр напорный 19 ГМ 16-10 по ТУ 2-053-1868-87.

Клапан предохранительный Г 54-32М и клапан предохранительный Г54-3 по ТУ2-53-5749043-002-88. Клапан предохранительный ВЕ 2613110 и В 16В110 по ГОСТ 24679-81.

ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

1. Достаточность давления, создаваемого гидронасосом в гидроцилиндре проверяется для третьего такта, в котором требуется иметь максимальное давление масла в гидроцилиндре вырубания:

$$P_n \geq \frac{P_2 \cdot p \cdot \frac{D_2^2}{4} + P_{тр} + P_{пол} + M \cdot g}{p \cdot (D_2^2 - d_2^2)/4} + \Delta P ,$$

где $P_2=0,8$ МПа - давление воздуха в верхней полости цилиндра вырубания;

$M=150$ кг - масса гидроцилиндра с ударником;

$P_{тр}=200$ Н - сила трения в уплотнениях гидроцилиндра;

$$P_n = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \frac{0,07^2}{4} + 200 + 29000 + 9,8 \cdot 150}{3,14 \cdot (0,07^2 - 0,037^2)/4} = 12,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

2 ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ТАКТОВ:

$$t_2 = \frac{p \cdot D_1^2 \cdot L_1}{4 \cdot Q_H} = \frac{p \cdot 0,07^2 \cdot 0,058}{4 \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 0,79c < t_2 = 0,9c;$$

$$t_3 = \frac{p \cdot (D_2^2 - d_2^2) \cdot L_2}{4 \cdot Q_H} = \frac{3,14 \cdot (0,07^2 - 0,037^2) \cdot 0,025}{4 \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 0,29 < t_3 = 1,4c$$

$$t_4' = \sqrt{2 \cdot L_2 / a}$$

Ускорение a определяется:

$$a = (P_2 \cdot p \cdot D_2^2 / 4 - M \cdot g - P_{mp}) / M = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,07^2 / 4 - 150 \cdot 9,8 - 200}{150} = 9,2 \left(\frac{m}{c^2} \right)$$

$$t_4' = \sqrt{2 \cdot 0,025 / 9,2} = 0,07c < t_4 = 0,9c.$$

5. Пример выполнения задания 2.

Проектирование и расчет пневмопривода

ВВЕДЕНИЕ

Пневмо- и гидропривод широко используются в технологическом оборудовании легкой промышленности. Так, пневмопривод применяется в прессах для влажно-тепловой обработки швейных изделий, в швейных полуавтоматах, в некоторых полуавтоматах для обработки деталей обуви. Гидропривод используется в прессах для вырубания и формования деталей обуви, для сварки деталей обуви и кожгалантерейных изделий токами высокой частоты, в обтяжно-затяжных машинах, в прессах для влажно-тепловой обработки одежды.

Носителем механической энергии в пневмоприводе является сжатый воздух. На промышленных предприятиях имеется компрессорная станция, которая осуществляет централизованное снабжение сжатым воздухом технологического оборудования. Разводка воздуха осуществляется по магистральным трубопроводам, связывающим емкость, наполненную сжатым воздухом (ресивер), с потребителями сжатого воздуха.

Пневмопривод машины обычно содержит следующие элементы

1. Устройства подготовки воздуха.
2. Распределительные устройства.
3. Регулирующие устройства.
4. Исполнительные устройства.
5. Трубопроводы.

На рис. 5.1 приведена схема пневмопривода: 1-фильтр-влагоотделитель; 2-маслораспылитель; 3-регулятор давления; 4-золотниковый распределитель 4/2; 5-цилиндр; 6-поршень; 7-манометр.

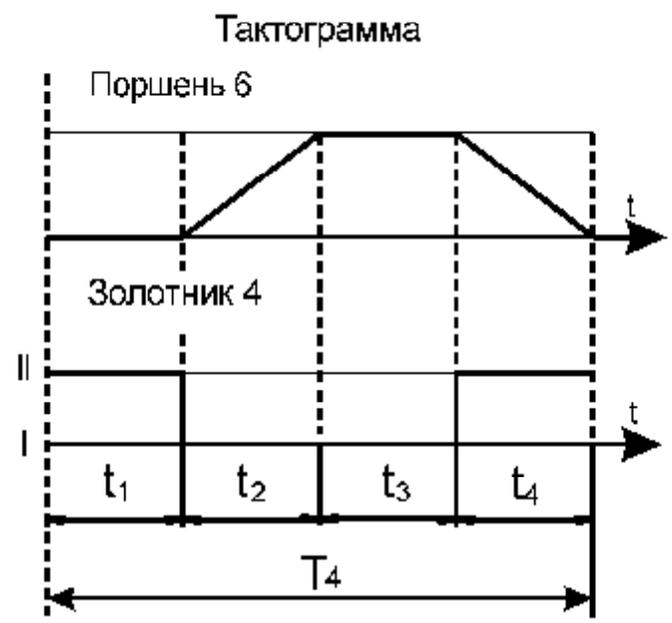
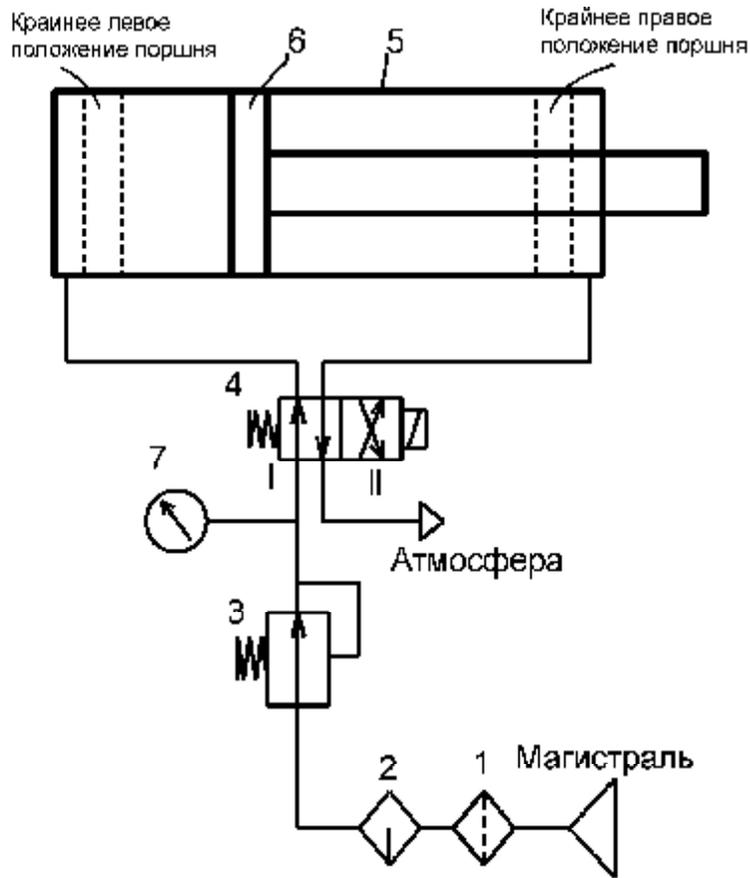


Рис. 5.1

Описание работы пневмопривода может быть дано посредством диаграммы состояния распределителя 4 и тактограммы исполнительного устройства. Тактограмма исполнительного устройства представляет собой графическое описание состояний этого устройства по тактам. Такт - это часть цикла работы пневмопривода, характеризуемая определенным состоянием подвижного элемента исполнительного устройства - поршня 6. Поршень может находиться в четырёх состояниях: прямой ход, обратный ход, неподвижные состояния в крайних положениях. На рис. 5.1 показана тактограмма, состоящая из четырех тактов. На диаграмме состояний распределителя 4 (рис.5.1) состояние I показано в виде отрезка прямой, совпадающей с осью абсцисс, а состояние II - в виде отрезка прямой, параллельной этой оси. В первом такте поршень 6 перемещается вправо, а золотник распределителя 4 находится в позиции I, во втором такте поршень 6 неподвижен и занимает крайнее правое положение, а золотник по-прежнему находится в позиции I. В третьем такте поршень 6 перемещается влево, а золотник находится в позиции II. Наконец, в четвертом такте поршень 6 неподвижен и занимает крайнее левое положение, а золотник остается в позиции II. Длительность тактов обозначим соответственно t_1, t_2, t_3, t_4 . Сумма длительностей тактов оставляет время $T_{ц}$, кинематического цикла пневматического устройства, определяющего его производительность.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМОПРИВОДА

Исходные данные для проектирования и расчета

Длительности тактов:

- прямого хода $t_1=0,5$ с
- первой технологической паузы..... $t_2=5$ с
- обратного хода $t_3=0,4$ с
- второй технологической паузы..... $t_4=6$ с

Давление воздуха в магистрали (абсолютное) $p_m=0,6$ МПа

Технологическое усилие на штоке при прямом ходе $P_{пол}=600$ МПа

Длины трубопроводов, соединяющих полости:

- цилиндра с распределителем $l_{тр1}= 30$ см
- цилиндра с распределителем $l_{тр2}= 50$ см

Диаметры отверстий в распределителе..... $d_1=d_2=0,6$ см

Длина хода поршня $l= 9$ см

Масса поршня..... $m=1,5$ кг

Пневмопривод (рис.5.1) проектируем следующим образом.

1. Выбираем абсолютное давление воздуха в магистрали p_m . Обычно в пневмоприводах машин легкой промышленности $p_m = 0,2...0,6$ МПа.

По заданию: $p_m - 0,6$ МПа.

2. Определяем диаметр D пневмоцилиндра по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4kP_{пол}}{p(p_m - p_a)}}, \quad (1)$$

где k - коэффициент запаса, равный $1,5...2$, учитывающий потери на трение в уплотнениях, падение давления за счёт утечек воздуха и т.п.; $k = 2$;

$P_{\text{пол}}$ (максимальное усилие на штоке) = 600 Н;

P_a (давление атмосферное) = 0,1 МПа = 0,1·10⁶ Н/м.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 600}{p(0,6 - 0,1) \cdot 10^6}} = 0,055 \text{ м.}$$

Полученное по формуле (1) значение D , мм округляют до ближайшего большего из ряда стандартных размеров по ГОСТ 6540-68. В этом ряду имеются следующие значения D , мм: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500.

Выбираем $D = 63$ мм.

3. Из конструктивных соображений выбирается диаметр d . Обычно $d = 0,2 \dots 0,3 D$. Диаметр d , полученный из этого соотношения, округляют до ближайшего значения приведенного выше стандартного ряда по ГОСТ 6540-68. Пусть $d = 0,2 \cdot D$, тогда: $d = 0,2 \cdot 6,3 = 12,6$ мм. Стандартное значение $d = 16$ мм.

4. Определяем диаметры трубопроводов $d_{\text{тр}}$, исходя из уравнения неразрывности потока сжатого воздуха:

$$\frac{p d_{\text{тр}}^2 \cdot V_p}{4} = \frac{p D^2 \cdot V}{4}, \quad (2)$$

где: V_p - рекомендуемая скорость течения воздуха в трубах, м/с;

V - средняя скорость движения поршня в течение такта, м/с.

Величина V_p , м/с может определяться по эмпирической формуле;

$V_p = 40 - 24(p_m - 0,1)/0,9$. Где $p_m = 0,6$ МПа. Тогда

$V_p = 40 - 24(0,6 - 0,1)/0,9 = 26,7$ м/с.

Средняя скорость V , м/с определяется при известном ходе L поршня и времени такта (наименьшей длительности) $V = L/t$.

Из уравнения (1) имеем:

$$d_{\text{тр}} = D \sqrt{\frac{V}{V_p}} = 0,063 \cdot \sqrt{\frac{0,225}{26,7}} = 0,0058 \text{ м.}$$

Полученное значение $d_{\text{тр}}$, мм округляем до ближайшего большего значения, предусмотренного ГОСТ 35580...6; 8, 10, 13, 15, 20, 25, 32.

Принимаем: $d_{\text{тр}} = 6$ мм.

5. Определяется расход Q_c воздуха в сети, приведенный к атмосферному давлению p_a :

$$Q_c = \frac{1,2 \cdot p \cdot D^2 \cdot V \cdot p_m}{4 p_a} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right),$$

где коэффициент 1,2 учитывает утечки воздуха. Получаем:

$$Q_c = 1,2 \cdot p \cdot (63 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,225 \cdot \frac{0,6 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,1 \cdot 10^6} = 0,005 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

6. Подбираем пневмоаппаратуру (распределители, дроссели, устройства

подготовки воздуха и др.) по величине p_m и расходу Q_c . $P_m = 0,6$ МПа.

$$Q_c = 0,005 \left(\frac{M^3}{c} \right) = 0,005 \cdot 60 \left(\frac{M^3}{мин} \right) = 0,3 \left(\frac{M^3}{мин} \right) = 0,3 \cdot 60 \left(\frac{M^3}{час} \right) = 18 \left(\frac{M^3}{час} \right).$$

Пневмоклапан БВ-57-33.

Маслораспылитель В-44-23.

Фильтр тонкой очистки ФВ-25.

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ СРАБАТЫВАНИЯ ПНЕВМОПРИВОДА

Рассмотрим методику определения длительности тактов, в которых поршень перемещается из одного крайнего положения в другое, на примере первого такта (рис.5.1). Длительность тактов, в которых поршень неподвижен, определяется режимом операции, например временем выдержки изделия под давлением, временем загрузки и выгрузки изделия и т.д.

Постановка задачи.

Рассмотрим методику определения длительности t_1 первого такта для пневмопривода, показанного на рис.5.1.

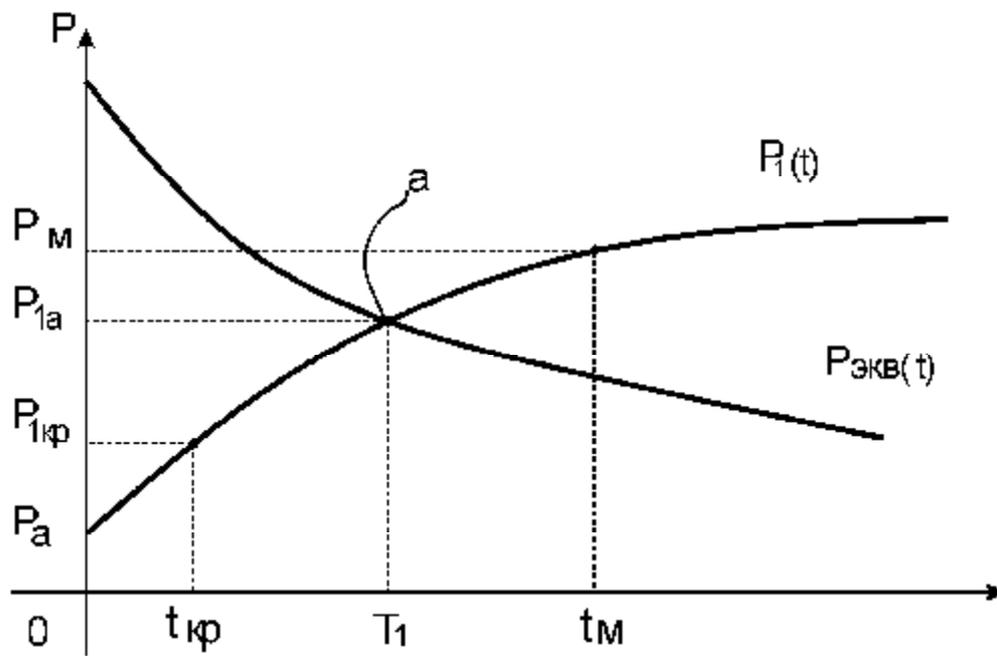
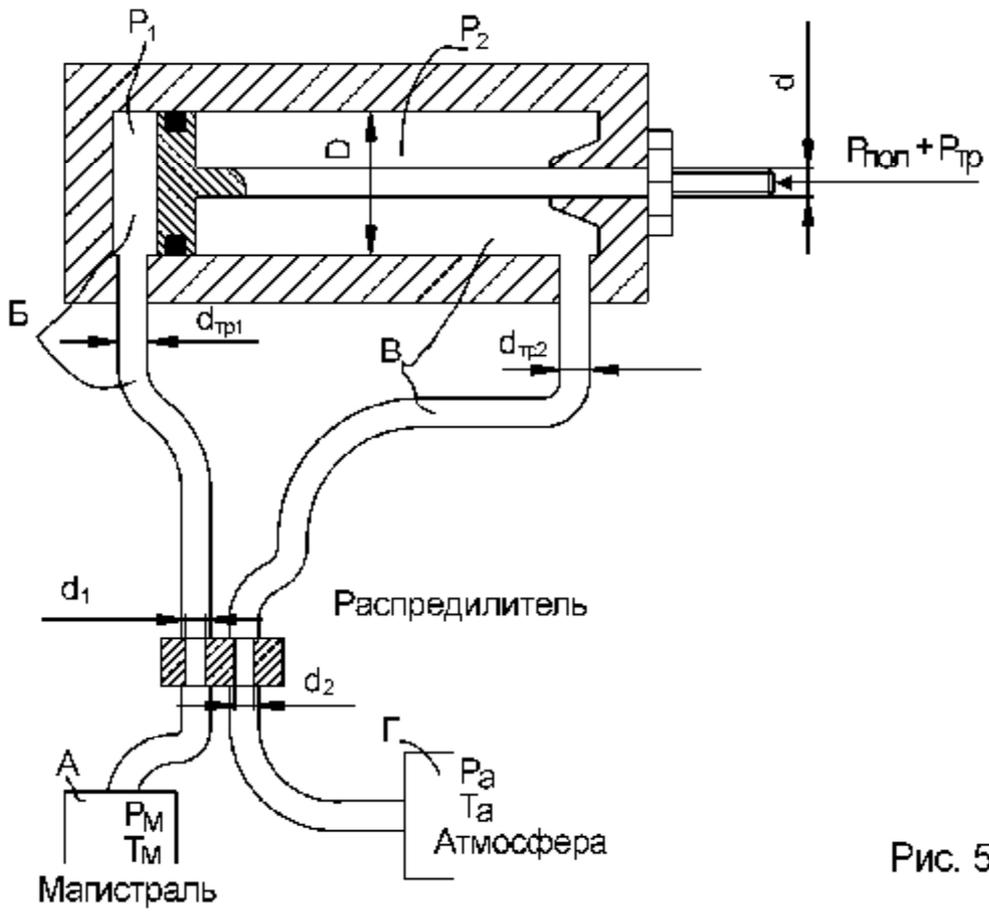
Исходное положение поршня - крайнее левое. Ставится задача определения времени срабатывания поршня в позиции I распределителя 4 (рис.5.1), т.е. отрезка времени до момента достижения поршнем б крайнего правого положения. На этом отрезке можно выделить две фазы работы исполнительного устройства: $t_1 = T_1 + T_2$, где T_1 - отрезок времени от момента включения распределителя до момента трогания поршня (начала движения); T_2 - период движения поршня из крайнего левого (исходного) положения в крайнее правое (конечное).

На рис.5.2 показана расчетная схема пневматического исполнительного устройства в начальной фазе работы: поршень неподвижен, воздух из магистрали поступает в левую полость цилиндра, из правой полости цилиндра воздух уходит в атмосферу. Для каждой фазы работы устройства будем рассматривать четыре различных объема - А, Б, В и Г, соответственно: магистраль, левая полость цилиндра, правая полость цилиндра, атмосфера.

К полости Б отнесем не только левую полость цилиндра, но и полость трубопровода, соединяющего эту полость с распределителем. Полости А и В сообщаются через отверстие распределителя диаметра d_1 . Аналогично к полости В отнесем правую полость цилиндра и полость трубопровода, соединяющую эту полость с распределителем. Полость В сообщается с полостью Г (атмосферой) через отверстие распределителя диаметра d_2 .

Приближенный графический метод расчета времени T_1 (отрезок времени от момента включения распределителя до момента трогания поршня) осуществляется путем построения графиков.

$P_1 = P_1(t)$ и $P_{экр} = P_{экр}(t)$ и нахождение точки пересечения этих графиков - точка (а) см. рис. 5.3.



Определение времени подготовительного периода

В начальной фазе работы пневматического устройства двухстороннего действия происходит заполнение полости Б (рис.5.2) сжатым воздухом, поступающим из магистрали. Обозначим через P_m , T_m давление и абсолютную температуру воздуха в магистрали. График изменения p_1 в функции (t) при $\epsilon < \epsilon_{кр}$ – прямая см. рис. 5.3.

Абсцисса крайней верхней точки прямой имеет значение $t_{кр}$, ордината $P_{1кр}=0,528 P_m$; (где P_m – давление в магистрали). Так как $P_{1кр} = P_1$, то из формулы

$$P_1 = P_a + n\Theta_{1кр} \frac{R \cdot T_m \cdot t}{V_{10}}.$$

Можно определить значение $t_{кр}$

$$t_{кр} = V_{10} \cdot (P_{1кр} - P_a) / n \cdot \Theta_{1кр} \cdot R \cdot T_1,$$

где $P_a = 0,1 \text{ МПа} = 9,81 \text{ Н/см}^2$ – атмосферное давление;

$n = 1,4$ – показатель адиабаты;

Θ_m – массовое количество воздуха, поступающего в полость 5 из магистрали за единицу времени;

$P_{1кр} = 0,528 P_m$ – критическое давление полости Б;

$R = 287 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – газовая постоянная;

T_1 – абсолютная температура в полости цилиндра Б;

$T_m = 273\text{К} + 20^\circ = 293\text{К}$.

При истечении воздуха из магистрали (области высокого давления) в полость Б (полость низкого давления) отношение давления

$$e = \frac{p_H}{p_B} \leq e_{кр}, \text{ тогда } \Theta_{1кр} = \frac{p_m \cdot f_{1Э}}{\sqrt{T_m}} \cdot B_{кр};$$

где $B_{кр} = B \cdot \phi(\epsilon_{кр}) = 0,156 \cdot 0,259 = 0,04 \text{ с} \cdot \text{К}^{1/2}/\text{м}$;

$P_m = 0,6 \text{ МПа}$ – давление в магистрали;

$f_{1Э}$ – эффективная площадь сечения трубопровода d_1 ;

$f_Э = \mu \cdot f$; $\mu = 0,2 \dots 0,5$ – коэффициент расхода, определяемый экспериментально;

$$f = \frac{p \cdot d_{тр}^2}{4} - \text{площадь сечения трубопровода};$$

$$f_{1Э} = 0,5 \cdot \frac{p \cdot 0,006^2}{4} = 14,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2; \quad d_{тр} = 0,006 \text{ м}.$$

Тогда массовый расход воздуха определяется:

$$\Theta_{1кр} = \frac{0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 14,13 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{293}} \cdot 0,04 = 0,0198 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right]$$

Объем левой полости Б пневмоцилиндра определим из

$$V_{10} = \frac{p \cdot D^2}{4} \cdot \Delta h_1 + \frac{p \cdot d_1^2}{4} \cdot l_{mp1};$$

$D = 0,063$ м – расчетное значение диаметра пневмоцилиндра;

$d_{p1} = 0,006$ м – диаметр трубопровода;

$l_{тол} = 0,3$ м – длина трубопровода;

$\Delta h_1 = 0,01$ м – технологический зазор между крайним левым положением поршня и крышкой.

$$V_{10} = \frac{3,14 \cdot 0,063^2}{4} \cdot 0,01 + \frac{3,14 \cdot 0,006^2}{4} \cdot 0,3 = 39,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Таким образом, при $P_1 = P_{1кр} = 0,528 P_M$ и $t = t_{кр}$; $t_{кр}$ определим по формуле

$$t_{кр} = \frac{39,6 \cdot 10^{-6}}{1,4 \cdot 0,0198 \cdot 287 \cdot 293} \cdot (0,525 \cdot 0,6 \cdot 10^6 - 0,1 \cdot 10^6) = 0,0037 [c].$$

На графике (рис. 5.3) $P_1 = P_2(t)$ имеем 2 точки с координатами:

1. $t_1 = 0$; $P = P_A = 0,1 \cdot 10^6$ Па;
2. $t_2 = t_{кр} = 0,0037$ с; $P = P_{1кр} = 0,588 P_M = 0,32$ МПа.

Соединим эти точки прямой.

Дальнейшее построение графика $P_1(t)$ для подкритической зоны при $\varepsilon > \varepsilon_{кр}$.

Массовое количество воздуха, поступающего при этом в левую полость пневмоцилиндра, определяется

$$\Theta_M = \frac{P_M \cdot f_{1\varepsilon} \cdot B \cdot j(\varepsilon)}{\sqrt{T_M}},$$

где функция $\varphi(\varepsilon)$ определяется формулой

$$j(\varepsilon) = \sqrt{1 - e_{кр}^{\frac{n-1}{n}}} - \sqrt{1 - e^{\frac{n-1}{n}}} \quad (3.5)$$

и описывается графиком (рис.5.4) $P_1(t)$:

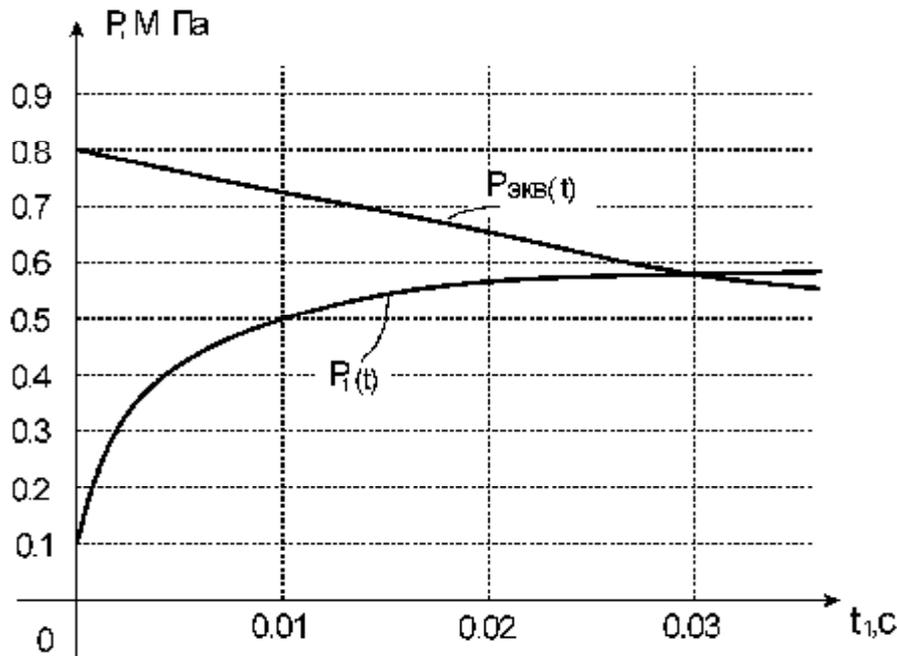


Рис. 5.4

Тогда время t определяется $t = t_{кр} + \frac{2K_1 \cdot n}{n-1} \cdot j(e)$, (3.6)

где

$$K_1 = \frac{V_{10}}{n \cdot f_{1Э} \cdot B \cdot R \sqrt{T_M}} \quad (3.7)$$

$$K_1 = \frac{39,6 \cdot 10^{-6}}{1,4 \cdot 14,13 \cdot 10^{-6} \cdot 0,156 \cdot 287 \sqrt{293}} = 2,6 \cdot 10^{-3} (с).$$

Таким образом, задаваясь значениями $\varepsilon > \varepsilon_{кр} = 0,528$ по формуле (3.5) определяем значения $\varphi(\varepsilon)$ и подставляем в формулу (3.6). Определяем значение t . Соответствующее значение давления определяется по формуле

$$P_1 = \varepsilon \cdot P_M.$$

Рассчитанные значения сводим в таблицу и отражаем на графике $P_1(t)$ в подготовительный период

$$K = 0,0037 + \frac{2 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4}{1,4-1} j(e).$$

Таблица 5.1

ε	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varphi(\varepsilon)$	0,097	0,16	0,236	0,409
$t(с)$	0,0033	0,066	0,008	0,011
$P_1(МПа)$	0,42	0,48	0,54	0,6

Построение графика $P_{\text{экв}}(t)$

Давление определяется формулой

$$P_{\text{экв}} = \frac{P_M \cdot l^{-\frac{t}{K_2}} \cdot F_2 \cdot P_{\text{пол}} + P_{\text{тр}}}{F_1};$$

где
$$K_2 = \frac{V_{20}}{n \cdot R \sqrt{T_2} \cdot B_{\text{кр}} \cdot f_{2\varepsilon}}.$$

Объем второй полости цилиндра

$$V_{20} = \frac{p(D^2 - d^2)}{4} \cdot (l + \Delta h_2) + \frac{p \cdot d_{\text{мп}2}^2}{4} \cdot l_{\text{мп}2}.$$

$\Delta h_2 = 5 \cdot 10^{-3}$ – технологический зазор между крайним правым положением поршня и крышкой.

L – ход поршня;

$d_{\text{тр}1} = d_{\text{тр}2} = 0,006$ м – диаметр трубопровода;

$l_{\text{тр}2}$ – длина трубопровода;

$$V_{20} = \frac{3,14 \cdot \left[(63 \cdot 10^{-3})^2 - (16 \cdot 10^{-3})^2 \right]}{4} \cdot (0,09 + 0,005) + \frac{3,14 \cdot 0,006^2}{4} \cdot 0,5 = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

$$B_{\text{кр}} = B \cdot j(e_{\text{кр}}) = 0,156 \cdot 0,259 = 0,04$$

$$f_{2\varepsilon} = m \cdot f = \frac{m \cdot p \cdot d_{\text{мп}2}^2}{4} = 0,5 \cdot \frac{p (6 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 14,13 \cdot 10^{-6} (\text{м}^2).$$

Тогда
$$K_2 = \frac{290 \cdot 10^{-6}}{1,4 \cdot 287 \cdot \sqrt{293} \cdot 0,04 \cdot 14,13 \cdot 10^{-6}} = 0,075(\text{с}).$$

Площадь сечения левой полости F_1 :

$$F_1 = \frac{p \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 (63 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3,1 \cdot 10^{-3} [\text{м}^2].$$

Площадь сечения правой полости F_2

$$F_2 = \frac{p(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14 \left[(63 \cdot 10^{-3})^2 - (16 \cdot 10^{-3})^2 \right]}{4} = 2,9 \cdot 10^{-3} [\text{м}^2].$$

$P_{\text{пол}}$ – полезное давление (по заданию).

Сила трения в уплотнениях штока и поршня $P_{\text{тр}}$.

$$P_{\text{тр}} = \pi(Dl_1 \cdot 2 + dl_2) \cdot P_M \cdot f,$$

где $f = 0,13$ – коэффициент трения скольжения;
 b_1 и b_2 ширина резиновых колец по ГОСТ 9833-73 (зависит от D и d);
 при $D = 63$ мм $b_1 = 2,5$ мм;
 при $d = 16$ мм $b_2 = 1,5$ мм

$$P_{тр} = \pi(0,063 \cdot 0,0025 \cdot 2 + 0,016 \cdot 0,0015) \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,13 = 83 \text{ (Н)}.$$

Подставляя полученные значения в формулу (3.5) имеем:

$$P_{экр} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot l^{-\frac{t}{0,075}} \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} + 600 + 83}{3,1 \cdot 10^{-3}}.$$

Задавая значениями t , определяем $P_{экр}$.

Результаты расчетов сводим в таблицу.

t (с)	0,001	0,005	0,01	0,02	0,03
$P_{экр}$ [МПа]	0,78	0,76	0,71	0,65	0,596

По результатам данной таблицы строим график $P_{экр}(t)$ (см. рис. 5.4):

Точка пересечения графиков $P_1(t)$ и $P_{экр}(t)$ определяет момент трогания поршня

$$T_1 = 0,029 \text{ [с]}.$$

Расчет времени движения поршня

Условие равновесия поршня в начальный момент его движения описывается уравнением

$$P_1 F_1 - P_2 F_2 - P_{пол} - P_{тр} = 0, \text{ откуда } P_2 = \frac{P_1 F_1 - P_{пол} - P_{тр}}{F_2},$$

где $P_1 = P_a$ – давление в левой полости цилиндра, соответствующее началу движения поршня (точка «а» на графике).

$$P_1 = P_1(t);$$

$$P_1 = 0,6 \text{ МПа}.$$

Площади сечения левой и правой полостей пневмоцилиндра

$$F_2 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$$

$$F_1 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

$P_{пол} = 600$ [Н] сила полезного сопротивления;

$P_{тр} = 83$ [Н] сила трения.

$$P_2 = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3} - 600 - 83}{2,9 \cdot 10^{-3}} = 0,406 \cdot 10^6 \text{ [Н]}.$$

Тогда начальное время движения поршня определяется из формулы:

$$P_2 = P_M \cdot l^{-\frac{t}{K_2}}; \quad l^{-\frac{t}{K_2}} = \frac{P_M}{P_2}; \quad \frac{t}{K_2} = \frac{P_M}{P_2} \Rightarrow t = K_2 \ln \left(\frac{P_M}{P_2} \right).$$

Обозначим через T_2 при $K_2 = 0,075$

$$T_2 = 0,075 \cdot \ln \left(\frac{0,6}{0,406} \right) = 0,029 \text{ [с]}.$$

Литература

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы : справочник / В. К. Свешников, А. А. Усов. – Москва : Машиностроение, 1988. – 512 с.
3. Сункуев, Б. С. Расчет пневмо- и гидропривода машин легкой промышленности : учебное пособие / Б. С. Сункуев. – Минск : БТИ им.С. М. Кирова, 1988. – 46с.
4. Ганулич, А. А. Пневмоавтоматика и пневмопривод швейного оборудования : справочное пособие / А. А. Ганулич. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 152 с.
5. Монтаж, наладка и ремонт прессов на швейных предприятиях / В. А. Архангельский [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 168 с.
6. Машины, машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности / А. А. Анастасиев, [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность. 1963. – 352с.
7. Колясин, В. П. Оборудование сборочных цехов обувных фабрик / В. П. Колясин. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 200 с.