

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Методические указания

к выполнению практических занятий по дисциплине
«Автоматизация транспортировки, загрузки и сборки»,
для студентов очной, заочной и очно-заочной форм обучения
направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация
технологических процессов и производств»

Севастополь
СевГУ
2018

Р е ц е н з е н т:**В.И. Головин** - директор Политехнического института*Составители:* Е.В. Пашков, А.А. Вожжов

Практические задачи автоматизации технологических процессов в машиностроении: метод. указания к выполнению практических занятий / Сост. Е.В. Пашков, А.А. Вожжов. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 55 с.

Предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Автоматизация транспортировки, загрузки и сборки».

Целью методических указаний является привитие студентам практических навыков и развитие творческого мышления при проектировании и расчете средств автоматизации производственных процессов обработки и сборки.

УДК 681.586.587

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 11 от 31 мая 2018 г.

Рекомендовано в качестве методических указаний для студентов очной, заочной и очно-заочной форм обучения направления подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 Автоматизированный дискретный пневмопривод одностороннего действия функциональных устройств обрабатывающего и сборочного технологического оборудования	5
1.1. Цель занятия.....	5
1.2. Теоретическая часть	5
1.3. Порядок выполнения задания	11
1.4. Содержание отчета	12
1.5. Вопросы для самоконтроля	12
2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 Гравитационные транспортные устройства автоматизированного технологического оборудования	13
2.1. Цель занятия.....	13
2.2. Теоретическая часть	13
2.3. Порядок выполнения задания	19
2.4. Содержание отчета	19
2.5. Вопросы для самоконтроля	19
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 Шланговые пневмодвигатели модулей загрузки и транспортирования автоматизированных технологических систем	20
3.1. Цель занятия.....	20
3.2. Теоретическая часть	20
3.3. Порядок выполнения задания	26
3.4. Содержание отчета	28
3.5. Вопросы для самоконтроля.....	28
4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 Валковые полусамотечные транспортные устройства (валковые лотки).....	29
4.1. Цель занятия.....	29
4.2. Теоретическая часть	29
4.3. Порядок выполнения задания.....	31
4.4. Содержание отчета	32
4.5. Вопросы для самоконтроля	32
5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 Расчет основных параметров карманчиковых БЗОУ	33
5.1. Цель занятия.....	33
5.2. Теоретическая часть	33
5.3. Порядок выполнения задания	36
5.4. Содержание отчета	36
5.5. Вопросы для самоконтроля	36
6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6 Расчет основных параметров крючковых БЗОУ	37
6.1. Цель занятия.....	37
6.2. Теоретическая часть	37
6.3. Порядок выполнения задания	39
6.4. Содержание отчета	39
6.5. Вопросы для самоконтроля	40
7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7 Расчет основных параметров секторных БЗОУ	40
7.1. Цель занятия.....	40
7.2. Теоретическая часть	40
7.3. Порядок выполнения задания	42
7.4. Содержание отчета	43
7.5. Вопросы для самоконтроля	43
8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 Расчет основных параметров трубчатых БЗОУ	44
8.1. Цель работы.....	44
8.2. Теоретическая часть	44
8.3. Порядок выполнения задания	46

8.4. Содержание отчета	47
8.5. Вопросы для самоконтроля	47
9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9 Определение конструктивных параметров спиральных лотков вибрационных БЗОУ для пассивного автоматического ориентирования деталей со смещенным центром тяжести	47
9.1. Цель занятия.....	47
9.2. Теоретическая часть	47
9.3. Порядок выполнения задания	53
9.4. Содержание отчета	54
9.5. Вопросы для самоконтроля	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Автоматизированный дискретный пневмопривод одностороннего действия функциональных устройств обрабатывающего и сборочного технологического оборудования

1.1. Цель занятия

1.1.1. Изучение конструкций и принципов действия функциональных устройств обрабатывающего и сборочного оборудования на базе дискретного пневмопривода одностороннего действия.

1.1.2. Изучение пневматических и электрических схем дискретных пневмоприводов с различными методами управления функциональными устройствами.

1.1.3. Получение практических навыков проектирования и расчета дискретных пневмоприводов одностороннего действия в составе функциональных устройств для различных технологических процессов.

1.2. Теоретическая часть

Дискретный пневмопривод представляет собой техническую систему, выходным элементом которой является шток пневмоцилиндра, способный занимать два крайних положения (выдвинут или втянут), соответствующих максимальному или минимальному значению подводимого к пневмоцилиндру магистрального давления сжатого воздуха.

В составе функциональных устройств для транспортировки в рабочую зону, закрепления деталей в процессе сборки или осуществления сборки (сопряжения деталей) используются **пневмоцилиндры** (подпружинивающие, фиксирующие, прижимные и др.), обеспечивающие передачу заданного усилия после завершения хода или при весьма малых перемещениях поршня с «ползучей» скоростью.

На рисунке 1.1, в показана конструкция короткоходового пневмоцилиндра одностороннего действия, включающая в себя корпус 3 с профильными пазами для размещения датчиков положения поршня (например, герконных), крышки 2 и 8, соответственно с отверстием 9 для подвода воздуха в бесштоковую полость и отверстием 10 для связи штоковой полости с атмосферой, шток 1 со сборным поршнем 7 и возвратную пружину 4. Поршень снабжен постоянным кольцевым магнитом 6 для активирования, например, герконных датчиков, размещенных в наружных пазах корпуса 3, и уплотнением (манжетой) 5, выполненным заодно с демпфирующими (амортизирующими) кольцами, гасящими ударные нагрузки в конце хода поршня.

В общем случае результирующая всех постоянных сил, действующих на шток с поршнем, кроме сил давления воздуха

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_{\text{пр}}, \quad \text{Н},$$

где F_1 – сила трения; F_2 – сила полезного сопротивления (технологическая нагрузка); F_3 – вес поршня и всех поступательно движущихся частей привода (принимается во внимание только при вертикальном расположении пневмоцилиндра); $F_{\text{пр}} = F_0 + F_i$ – сила противодействия пружины (принимается во внимание при расчете пневмоцилиндров одностороннего действия с возвратной пружиной); F_0 – сила предварительного сжатия пружины; $F_i = J_{\text{пр}} \cdot S_i$ – текущее усилие противодействия пружины; $J_{\text{пр}}$ – жесткость пружины, Н/м; S_i – текущее значение рабочего хода поршня, м.

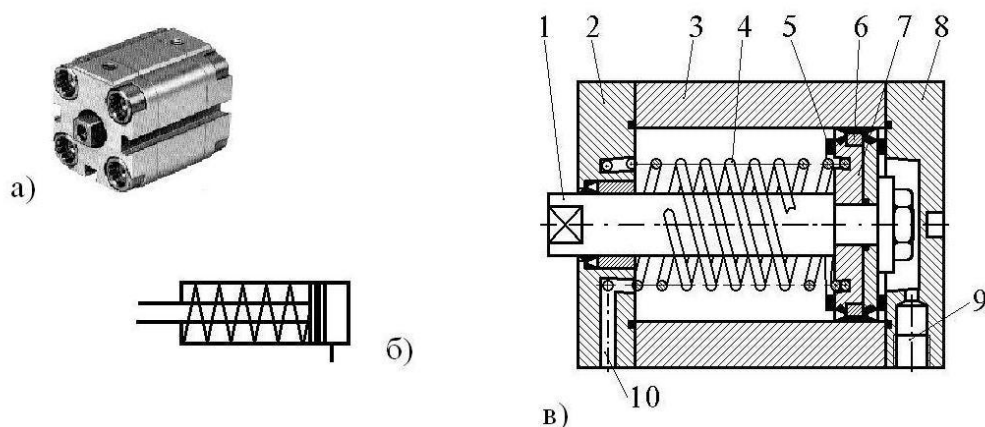


Рисунок 1.1 – Пневмоцилиндр одностороннего действия: внешний вид (а), мнемоническая схема (б), конструкция (в)

Теоретическое усилие, развиваемое на штоке пневмоцилиндра одностороннего действия, может быть определено с помощью таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Теоретическое усилие на штоке цилиндров одностороннего действия, Н

Ø поршня (мм)	Ø штока (мм)	Направление действия	Полезная площадь поршня ($\times 10^{-6} \text{ м}^2$)	Давление (МПа)								
				0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2,5	1	Выдвиж.	4,9	–	0,34	083	1,32	1,81	2,30	–	–	–
		Втягиван.	–	0,64								
4	2	Выдвиж.	12,6	–	0,74	2,00	3,26	4,52	5,78	–	–	–
		Втягиван.	–	1,47								
6	3	Выдвиж.	28,3	1,94	4,77	7,60	10,4	13,3	16,1	–	–	–
		Втягиван.	–	1,77								
10	4	Выдвиж.	78,5	8,84	16,7	24,5	32,4	40,2	48,1	–	–	–
		Втягиван.	–	3,53								
16	5	Выдвиж.	201	26,0	46,1	66,2	86,3	106,4	126,5	–	–	–
		Втягиван.	–	6,86								
20	8	Выдвиж.	314	23,8	55,2	87	118	148	181	212	244	275
		Втягиван.	–	7,8								
25	10	Выдвиж.	491	51,2	100	149	199	248	297	346	395	444
		Втягиван.	–	14								
32	12	Выдвиж.	804	94	174	255	335	415	496	576	657	737
		Втягиван.	–	15								
40	14	Выдвиж.	1260	176	302	428	554	680	806	934	1054	1184
		Втягиван.	–	24								

Для беспружинных пневмоцилиндров (рисунок 1.2, б) функциональных устройств, у которых доминирует технологическая нагрузка F_2 , создаваемая в конце хода, т.е. непосредственно при осуществлении, например, операции запрессовки или загибки, диаметр поршня рассчитывается при условии $F = F_2$ по формуле

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_2}{0,9p_m - P_a}}, \text{ м}, \quad (1.1)$$

где p_m – магистральное абсолютное давление, Н/м²;

$P_a = 10^5 \text{ Па} = 10^5 \text{ Н/м}^2$ – атмосферное давление.

Диаметр поршня пневмоцилиндра одностороннего действия с пружинным возвратом (рисунки 1.1, а)

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_o + F_i}{0,9p_m - P_a}}, \text{ м}. \quad (1.2)$$

Сила трения определяется с помощью выражения

$$F_1 = 1,12\sqrt{F_2}. \quad (1.3)$$

Усилие предварительной затяжки пружины

$$F_o = 1,1F_1. \quad (1.4)$$

При малых рабочих ходах, что присуще пневмоприводам в составе зажимных приспособлений для склеивания деталей, текущим усилием противодействия F_i можно пренебречь, т.е. $F_i = 0$.

Для обеспечения надежности сопряжения в выражениях (1.1) и (1.2) принято, что усилие зажима создается при давлении $0,9 p_m$.

При вертикальном положении пневмоцилиндра учитывается сила веса $F_3 = m \cdot g$, где m – масса поршня, штока и всех подвижных частей привода, кг; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Диаметр штока пневмоцилиндра может быть определен с помощью соотношения

$$D_{ш} = (0,25 \dots 0,32) D, \text{ м}. \quad (1.5)$$

Диаметр условного прохода d_y , соединительных штуцеров для подвода/отвода сжатого воздуха определяется скоростью перемещения поршня в двух направлениях, объемным расходом, размером крышек пневмоцилиндра и другими условиями.

Для максимальной скорости поршня $0,3 \dots 0,5 \text{ м/с}$ рекомендуется принимать

$$d_y = 0,1D. \quad (1.6)$$

Основные размеры трубных резьб по ГОСТ 6357-81 для соединительных отверстий в крышках пневмоцилиндра приведены в таблице 1.2.

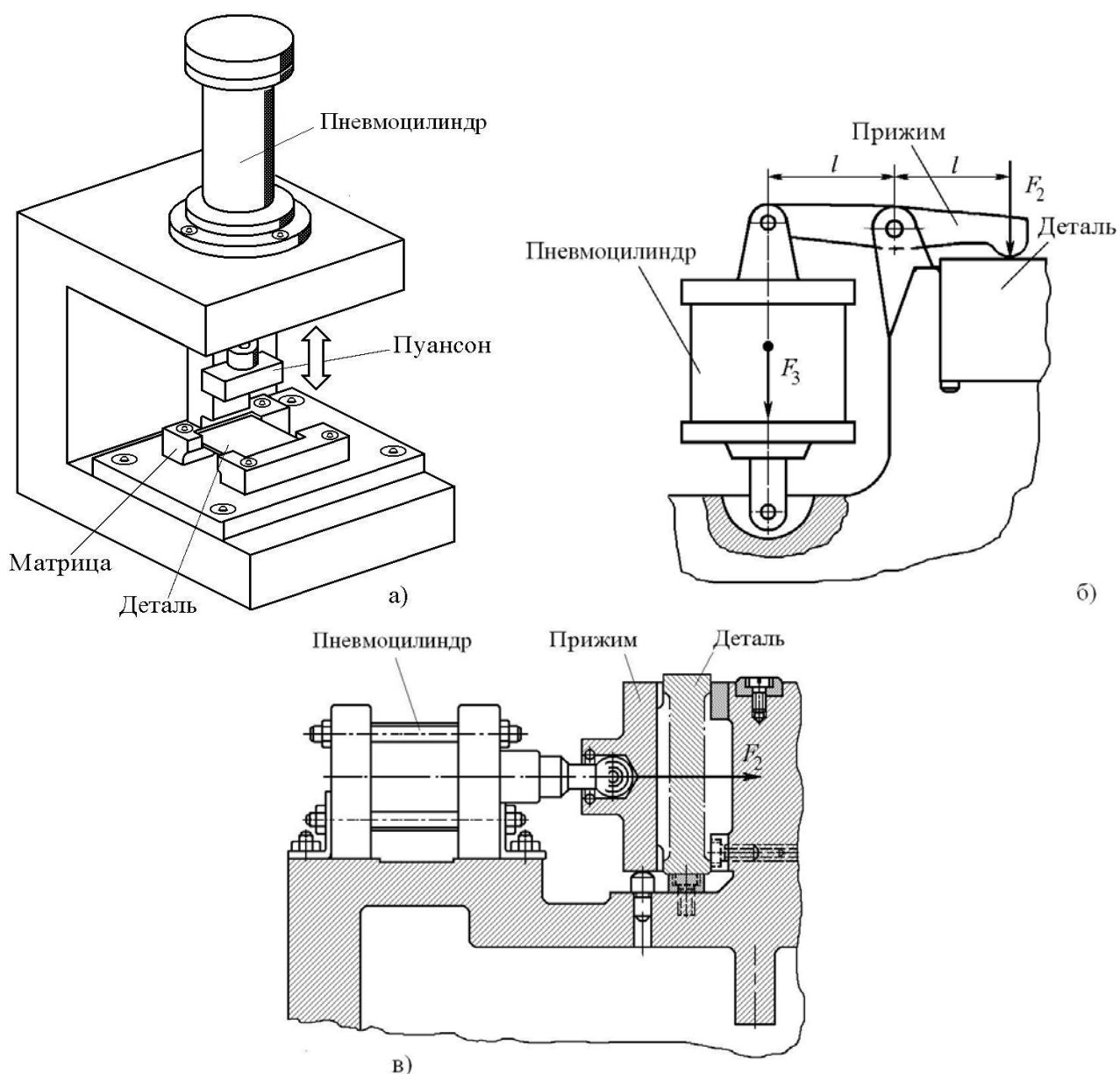


Рисунок 1.2 – Примеры компоновки технологического оборудования на основе пневмопривода с вертикальным (а, б) и горизонтальным (в) расположением пневмоцилиндров одностороннего действия

Таблица 1.2 – Основные размеры трубных цилиндрических резьб присоединительных отверстий цилиндров (по ГОСТ 6357-81)

Обозначение трубчатой резьбы	Число ниток резьбы N на 1 дюйм	Шаг резьбы S , мм	Наружный диаметр резьбы, мм	Средний диаметр резьбы, мм	Внутренний диаметр резьбы, мм
G 1/8	28	0,907	9,729	9,148	8,567
G 1/4	19	1,337	13,158	12,302	11,446
G 3/8	19	1,337	16,663	15,807	14,951
G 1/2	14	1,814	20,956	19,754	18,632
G 3/4	14	1,814	26,442	25,281	24,119
G 7/8	14	1,814	30,202	29,040	27,878
G 1	11	2,309	33,250	31,771	30,292

Расход воздуха ($\text{м}^3/\text{дв.ход}$) при нормальных условиях эксплуатации пневмоцилиндров одностороннего действия с бесштоковой рабочей полостью, определяется с помощью выражения ($1 \text{ м}^3 = 10^3 \text{ дм}^3 = 1000 \text{ литров воздуха}$)

$$Q = 0,785D^2 \cdot x \cdot \frac{P_m}{P_a} \cdot n_0, \text{ м}^3/\text{дв.ход}, \quad (1.7)$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра, м; x – ход поршня со штоком, м; P_m – минимальное абсолютное давление в магистрали, Н/м^2 ; P_a – атмосферное давление, Н/м^2 ; n_0 – число двойных ходов.

Для дискретных пневмоприводов одностороннего действия используется прямое и не прямое электромагнитное и электропневматическое управление распределением сжатого воздуха [2].

Прямое управление применяется в тех случаях, когда нет необходимости в высокой скорости перемещения поршня пневмоцилиндра, управляющий пневмораспределитель имеет небольшие размеры, а усилие для его переключения незначительно.

Непрямое управление применяется для пневмоприводов с большим диаметром и ходом поршня пневмоцилиндра, когда используется пневмораспределитель с увеличенной площадью проходного сечения, для переключения которого требуется электромагнит большой мощности, а также при использовании дистанционного управления приводом.

Распределение сжатого воздуха в односторонних пневмоприводах (рисунок 1.3) осуществляется с помощью 3/2-пневмораспределителей (трехканальный, двухпозиционный) с электромагнитным или электропневматическим управлением и пружинным возвратом в исходное положение запорного элемента.

Электрические схемы подключения электромагнита пневмораспределителя приведены на рисунке 1.4.

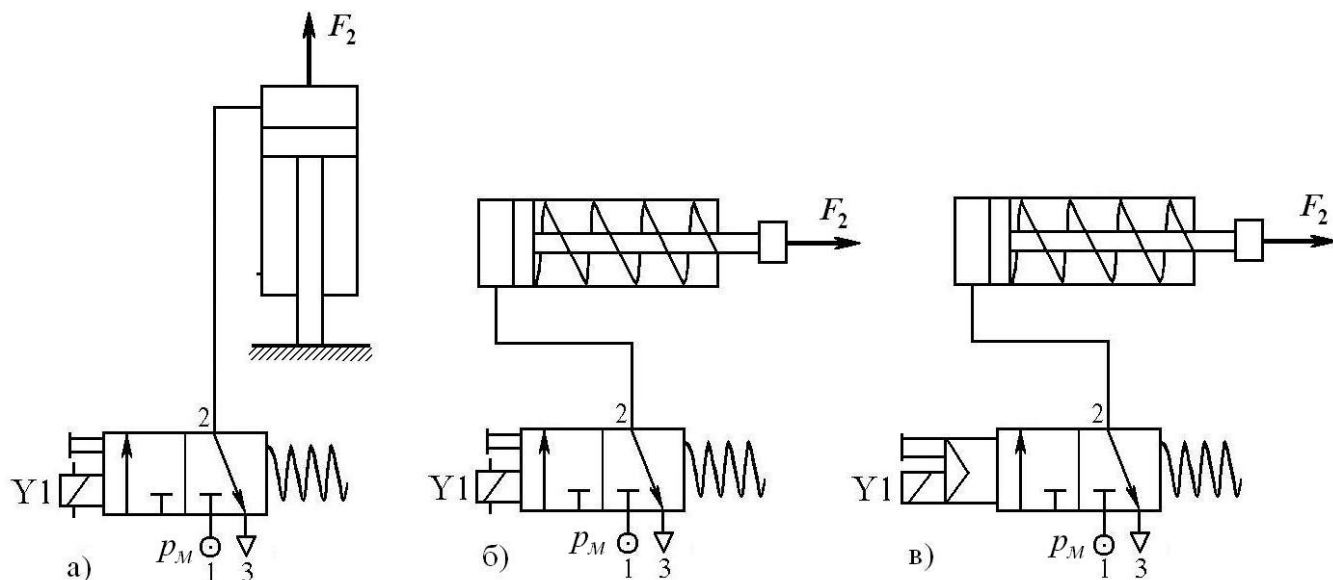


Рисунок 1.3 – Схемы односторонних дискретных пневмоприводов на базе 3/2-пневмораспределителей (трёхканальных, двухпозиционных) с электромагнитным управлением вертикально (а), горизонтально (б) расположенных пневмоцилиндров, и с электропневматическим (пилотным) управлением (в).

При **прямом электромагнитном управлении** (рисунок 1.4, а) сердечник электромагнита Y1, входящего в состав пневмораспределителя, механически соединен с запорным элементом

(клапаном) и непосредственно открывает и закрывает отверстие для подачи магистрального (рабочего) давления p_m к пневмоцилиндру.

При нажатии на кнопку S1 ток потечет по обмотке катушки электромагнита Y1, который переключает пневмораспределитель. В результате, сжатый воздух давлением p_m , поступающий к пневмораспределителю по входному каналу 1 (рисунок 1.3, б), начнет поступать через выходной рабочий канал 2 в бесштоковую полость пневмоцилиндра, что вызовет перемещение поршня со штоком (выдвижение) и сжатие возвратной пружины.

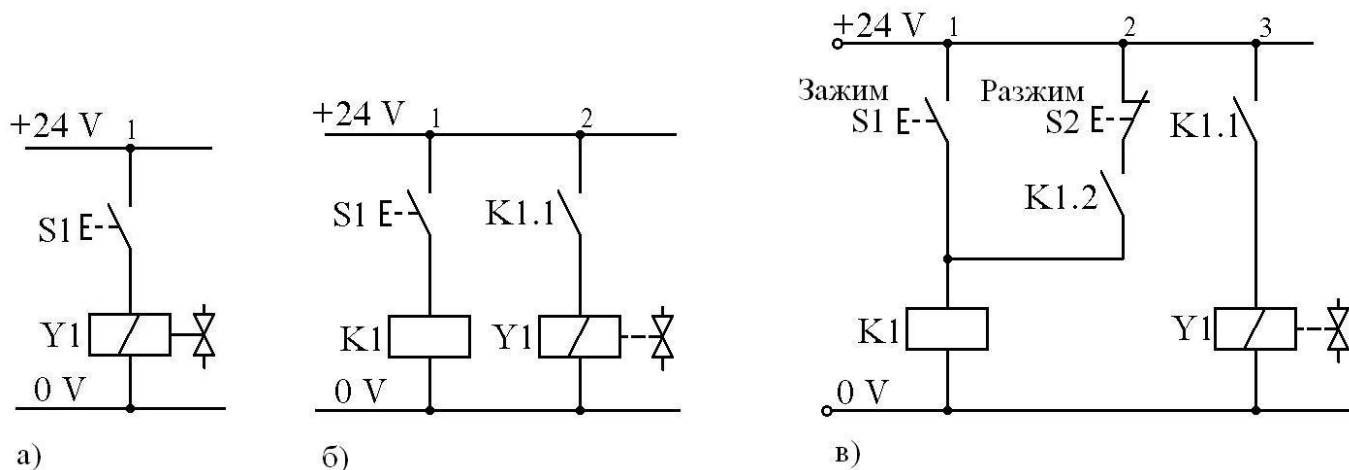


Рисунок 1.4 – Электрические схемы пневмоприводов одностороннего действия: прямого управления (а), непрямого управления (б) и непрямого управления с самоблокировкой (в).

Если кнопку S1 отпустить, электромагнит Y1 обесточится и запорный элемент пневмораспределителя вернется в первоначальное положение под действием своей пружины и соединит рабочий канал 2 с каналом выхлопа 3. Шток втянется, поскольку воздух из его рабочей (бесштоковой) полости вытечет в атмосферу через выхлопной канал 3.

В случае использования беспружинных вертикально расположенных пневмоцилиндров одностороннего действия (рисунок 1.3, а), сжатый воздух подается в бесштоковую полость, вызывая перемещение корпуса пневмоцилиндра относительно закрепленного штока с поршнем, возврат которого в исходное положение обеспечивается за счет собственной массы, создающей силу F_3 (рисунок 1.2, б)

Схема **непрямого электромагнитного управления**, приведенная на рисунке 1.4, б, позволяет разгрузить контакты кнопочного переключателя S1 от действия электрической нагрузки, возникающей при подключении к электрическому питанию электромагнитов большой мощности.

При нажатии на кнопку S1 ток подается на обмотку катушки реле K1, контакты которого K1.1, рассчитанные на большую мощность, замыкаясь, пропускают ток на обмотку электромагнита Y1. 3/2-пневмораспределитель переключается, на его выходе 2 появляется давление воздуха, заставляющее выдвигаться шток пневмоцилиндра (рисунок 1.3, б) или перемещаться корпус пневмоцилиндра относительно закрепленного штока с поршнем (рисунок 1.3, а).

Отпускание кнопки S1 приводит к обесточиванию электромагнита и возврату пневмораспределителя и пневмоцилиндра в исходное положение, т.е. к снятию нагрузки.

Такой режим работы пневмопривода может быть рекомендован для кратковременных технологических процессов, например, для гибки, закатки, запрессовки, чеканки.

Технологические процессы, требующие длительного зажима деталей, например, при склейке или сварке, реализуются с помощью пневмоприводов, имеющих в составе системы управления "блоки памяти" (задержки) на основе двухконтактного реле, обеспечивающие удержание поршня со штоком в выдвинутом состоянии.

Для этих целей, а также для уменьшения габаритных размеров электромагнитов и их мощности, что уменьшает расход электроэнергии и выделение тепла, используется **электропневматическое, или пилотное, управление** (непрямое управление с пневмоусилителем).

Схема пневмопривода с таким управлением показана на рисунке 1.3, в. В состав пневмопривода входит 3/2-пневмораспределитель с электропневматическим (пилотным) управлением (см. [1], рисунок 1.9). Электрический сигнал, поступающий на электромагнит при нажатии кнопки S1 (рисунок 1.4, в), перемещает якорь-затвор пилотного клапана, пневматический сигнал с которого вызывает срабатывание (открытие) основного (главного) запорного элемента.

Для отключения реле, а следовательно, для разжима закрепленных в приспособлении деталей, применяется вторая кнопка S2, подключенная последовательно контакту K1.2, обеспечивающего удержание реле во включенном состоянии.

При нажатии кнопки S1 "Зажим" реле K1 самоблокируется, т.е. получает питание по параллельной цепочке, состоящей из K1.2 и S2, после отпускания кнопки S1. Другой контакт реле K1.1, замыкаясь, обеспечивает подачу тока на электромагнит Y1 пневмораспределителя. Шток пневмоцилиндра выдвигается, осуществляя зажим деталей.

При нажатии на кнопку S2 "Разжим" отключается питание катушки реле K1, контакты K1.2 и K1.1 размыкаются, электромагнит Y1 обесточивается, пневмораспределитель возвращается в исходное положение, подача сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра прекращается, его шток втягивается под действием пружины возврата, обеспечивая разжим находящихся в приспособлении деталей.

1.3. Порядок выполнения задания

1.3.1. Ознакомиться с типовыми схемами компоновки дискретных автоматизированных пневмоприводов в составе функциональных устройств технологического оборудования, используемых на операциях с малой продолжительностью рабочего цикла (гибка, закатка, запрессовка и др.) и с большой продолжительностью рабочего цикла (слеивание, сваривание и др.) (раздел 1.1).

1.3.2. Изучить пневматические и электрические схемы управления пневмоприводами одностороннего действия (раздел 1.1, рисунки 1.3, 1.4).

1.3.3. Изучить конструкцию, принцип работы пневмоцилиндра одностороннего действия (раздел 1.1, рисунок 1.1), а также 3/2-пневмораспределителя с электропневматическим (пилотным) управлением ([1], рисунок 1.9).

1.3.4. Получить у преподавателя номер варианта практического задания и, используя таблицу 1.3, установить основные характеристики для построения схем управления (пневматической и электрической) и расчета основных параметров дискретного пневмопривода зажимного приспособления.

Например: вариант ВП–07 (пневмопривод с непрямым управлением, с пружиной возврата, седьмая колонка параметров).

1.3.5. Выполнить эскизное проектирование компоновок функциональных устройств, а также пневматических и электрических схем управления пневмоприводами в их составе.

1.3.6. Используя выражения (1.1) или (1.2), а также выражения (1.3) и (1.4), рассчитать диаметр пневмоцилиндра пневмопривода.

1.3.7. С помощью соотношения (1.5) определить диаметр штока пневмоцилиндра.

1.3.8. Сравнить полученные значения диаметров пневмоцилиндра и штока с табличными (таблица 1.1) для таких же значений магистрального давления и рабочего усилия на штоке, использованных при расчете.

1.3.9. С помощью соотношения (1.6) определить диаметр условного прохода присоединительных штуцеров (отверстий) в корпусе цилиндра.

1.3.10. Пользуясь таблицей 1.2, определить ближайший размер резьбы присоединительных отверстий для полученного условного прохода.

1.3.11. Рассчитать расход воздуха для реализации одного рабочего цикла (зажим/разжим), используя выражение (1.7).

Таблица 1.3 – Варианты заданий для расчета

Характеристики привода	Пневмопривод одностороннего действия							
	A	Прямое управление		B	Непрямое управление		C	Управление с задержкой
	I	Беспружинный пневмоцилиндр			II	Пневмоцилиндр с пружиной возврата		
	01	02	03	04	05	06	07	08
Рабочее усилие F_2 на штоке, Н	50	200	500	1000	50	300	1500	5000
Магистральное давление, МПа	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5
Рабочий ход штока, м	0,01	0,02	0,05	0,1	0,05	0,1	0,3	0,5
Масса корпуса пневмоцилиндра, кг	5,0	8,0	12,0	15,0	-	-	-	-

1.4. Содержание отчета

1.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера и параметров варианта практического задания.

1.4.2. Цель практической работы.

1.4.3. Схемы, результаты расчетов.

1.4.4. Выводы.

1.5. Вопросы для самоконтроля

1.5.1. Что такое "дискретный пневмоцилиндр" одностороннего действия?

1.5.2. Какие основные элементы входят в состав пневмоцилиндра одностороннего действия?

1.5.3. На основании каких параметров технологического процесса и функционального устройства осуществляется расчет пневмоцилиндра одностороннего действия?

1.5.4. Чем отличается "прямое управление" односторонними пневмоприводами от "непрямого"?

1.5.5. Чем различаются между собой "электромагнитное управление" пневмораспределителями и "электропневматическое (пилотное) управление"?

1.5.6. С помощью каких электрических элементов управления осуществляется удержание находящихся в функциональных устройствах деталей на всем протяжении выполняемого технологического процесса?

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Гравитационные транспортные устройства автоматизированного технологического оборудования

2.1. Цель занятия

1.1.1. Ознакомление с назначением и конструктивными решениями гравитационных транспортных лотков-скатов и лотков-склизов.

1.1.2. Изучение влияния формы и размеров транспортируемых объектов производства на надежность и производительность гравитационных лотков.

1.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования гравитационных лотков.

2.2. Теоретическая часть

Лотки – это транспортные устройства, служащие для направления движения объектов производства (ОП) по заданной траектории в заданную точку рабочей зоны технологического оборудования (обрабатывающего, сборочного, контролирующего и др.) [4]. Наряду с этим лотки выполняют функции накопителей (магазинов), обеспечивающих бесперебойную работу технологического оборудования, создавая буферный запас ОП между отдельными исполнительными органами технической системы, производительность которых непостоянна по времени.

Кроме того, лотки обеспечивают заданную скорость движения ОП и заданную пропускную способность (производительность), сохраняют заданную пространственную ориентацию ОП в процессе движения.

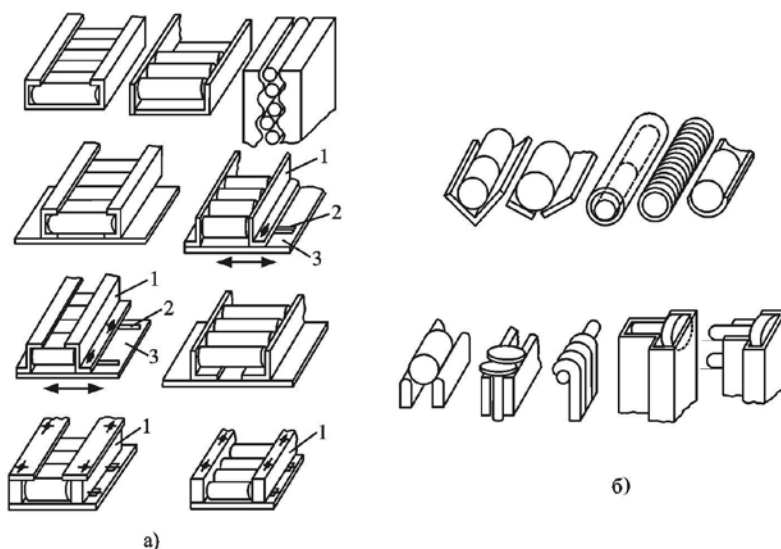


Рисунок 2.1 – Лотки–скаты (а) и лотки–склизы (б)

Гравитационные лотки предназначены для накопления и самотёчного перемещения ОП, т. е. перемещения под действием силы тяжести.

Они подразделяются на **лотки–скаты** и **лотки–склизы**.

Лотки – скаты (рисунок 2.1, а) характеризуются тем, что по ним ОП перемещаются качением. Угол наклона лотков – скатов в значительной степени зависит от качества их отделки и состояния контактирующих с ними поверхностей ОП. При тщательно изготовленных лотках и точных ОП лотки можно располагать под углом $5 \dots 7^\circ$ к горизонту, при более "грубых" лотках и низкокачественных или загрязненных ОП следует применять угол наклона $7 \dots 10^\circ$, и, если ОП

имеют поверхностные дефекты, насечки, рифли и т.п., угол наклона необходимо устанавливать в пределах $10 \dots 15^\circ$.

Лотки бывают регулируемые и нерегулируемые.

Регулируемые лотки–скаты содержат подвижную стенку (борт) 1, что позволяет устанавливать требуемую величину (ширину) проходного сечения лотка путем ее перемещения в пазах 2 основания 3 (рисунок 2.1, а).

Лотки – склизы (рисунок 2.1, б) отличаются тем, что по ним ОП перемещаются скольжением под действием собственного веса. Угол наклона к горизонту выбирают в пределах $25 \dots 55^\circ$ [5].

Гравитационные лотки могут изготавливаться из нормализованных деталей (рисунок 2.2) и находят применение в условиях гибкого автоматизированного производства, когда осуществляется довольно часто переход на выпуск новых типоразмеров ОП. В таких лотках боковые стенки 1 и колосники 2 раздвигаются и сдвигаются. Необходимую ширину, т.е. расстояние между боковыми стенками, устанавливают с помощью распорных втулок 3.

Монтаж лотков на технологическом оборудовании осуществляется с помощью угольников 4 или кронштейнов 5.

Предотвращение выпадения (выскакивания) ОП из лотков обеспечивается предохранительными планками 6.

Если в процессе движения необходимо изменить пространственную ориентацию ОП, то применяются сочлененные сборные лотки. Детали, перемещающиеся **качением** в лотке 1 (рисунок 2.2, д), дойдя до упора 2, поступают в лоток 3, по которому перемещаются **скольжением** в измененном ориентированном положении.

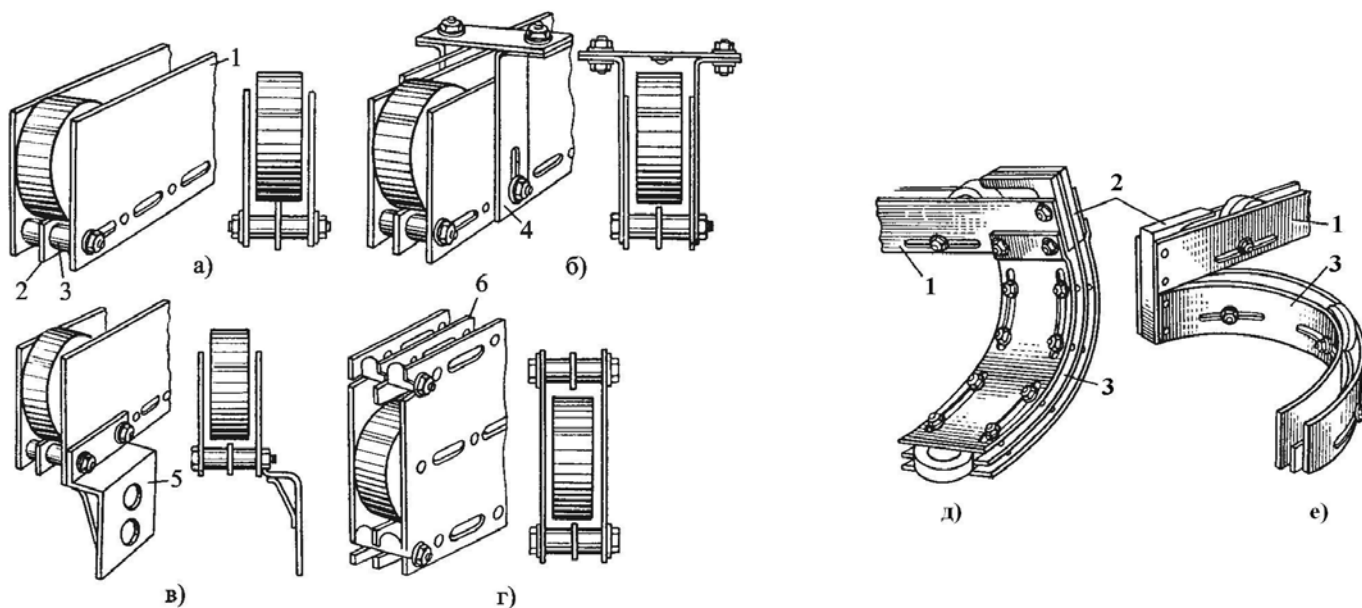


Рисунок 2.2 – Сборные лотки: открытый (а); открытый, закрепляемый на угольниках (б); открытый, закрепляемый на кронштейнах (в); с предохранительной планкой (г); переориентирующие (д, е)

Если ОП необходимо повернуть в вертикальной плоскости, то применяется сочленение лотков, показанное на рисунке 2.2, е, позволяющее осуществить поворот ОП на 180° .

Для удобства размещения в рабочей зоне технологического оборудования, а также для осуществления гибкой транспортной связи исполнительных устройств (винтоворотов, гайковоротов, клепальных головок и др.) с магазинами или БЗОУ, применяются **трубчатые лотки**, которые выполняются гибкими (витыми) из стальной проволоки (рисунок 2.3, а) или жесткими из стальных

трубок (рисунок 2.3, б). Для гибких трубчатых лотков широко применяются трубки из различных синтетических материалов.

Диаметр отверстия трубки [5] должен исключать одновременное попадание в трубку двух деталей:

$$D_1 = (1,1 \dots 1,15) D \quad (2.1)$$

где D – диаметр детали,

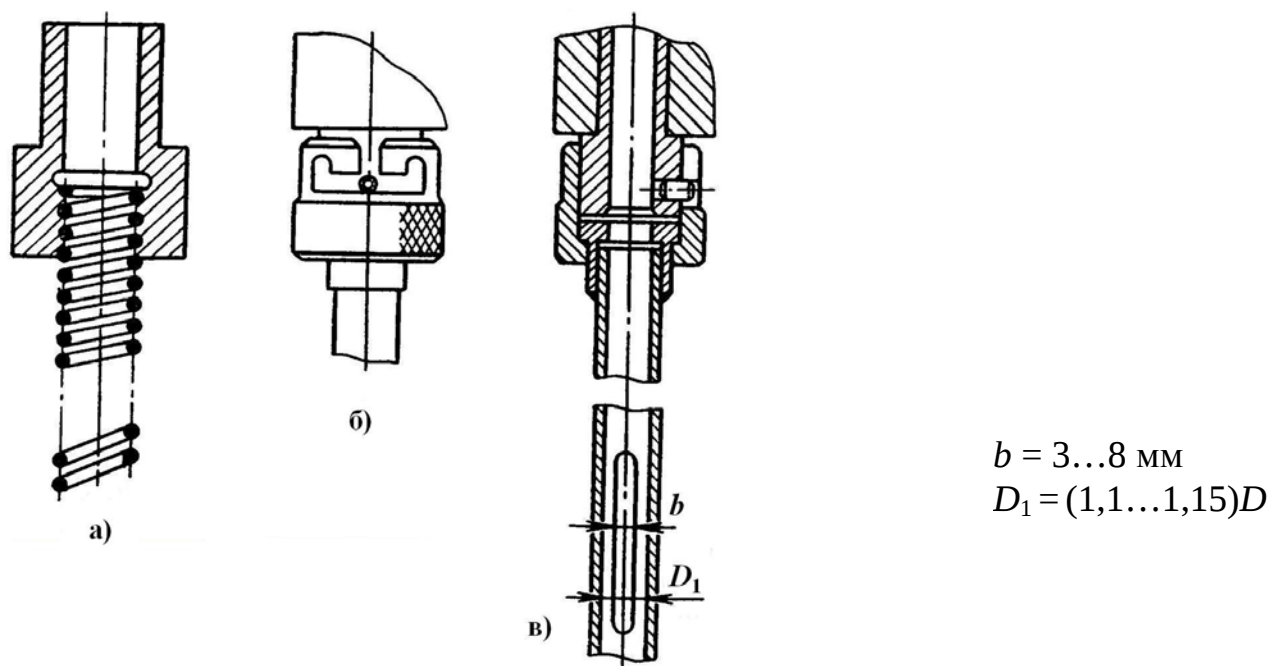


Рисунок 2.3 – Присоединительные элементы трубчатых гибких витых (а) и жёстких (б) лотков

Высота бортов H у лотков зависит от формы ОП и типа лотка и может быть определена следующим образом [5]:

- а) для открытых коробчатых лотков (рисунок 2.4, а), используемых для перемещения шаров, колец и дисков, $H = 0,3D$, для цилиндрических стержней (валиков) $H = (0,27 \dots 0,3)D$; для колпачков $H = (0,35 \dots 0,4)D$;
- б) для коробчатых лотков с закраинами (рисунок 2.4, б) $H = 0,4D$ и $H_1 = D + \Delta_1$, где Δ_1 – зазор между ОП и закраиной лотка.

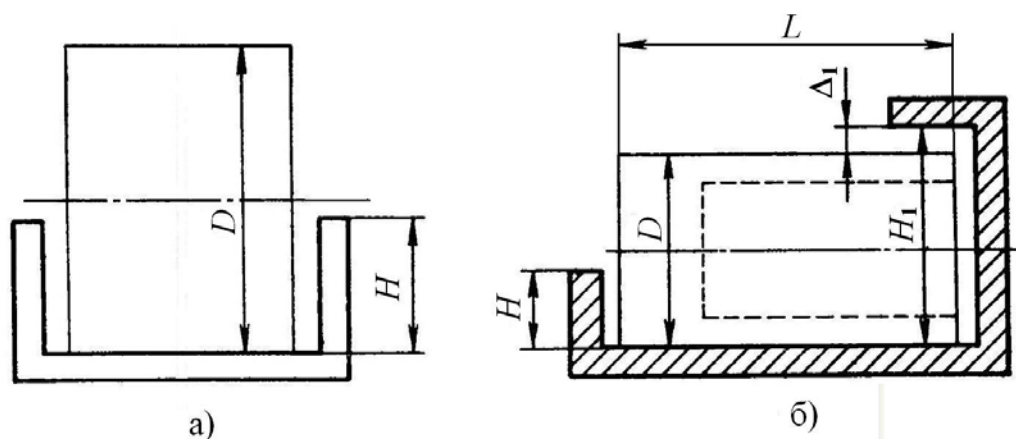


Рисунок 2.4 – Схемы для расчета высоты бортов лотков

Ширина прямолинейного лотка-ската (рисунок 2.5, а, б), предназначенного для валиков длиной L и диаметром D

$$B = L + \Delta, \quad (2.2)$$

где Δ – зазор между торцом валика и бортом лотка, определяющий проходимость валика.

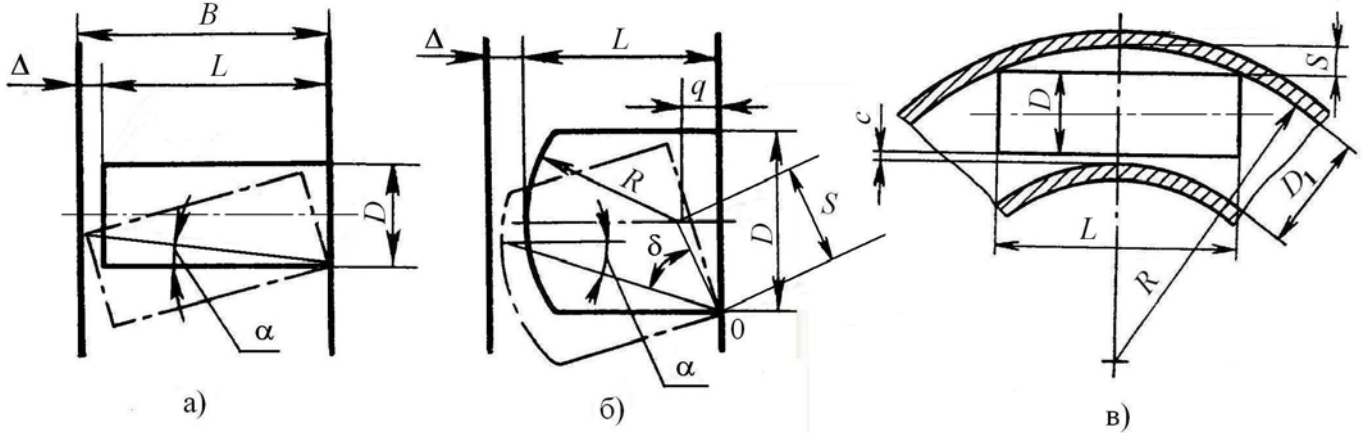


Рисунок 2.5 – Схемы для расчета проходных сечений лотков-скатов (а, б) и радиуса закругления изогнутой части лотка-склиза (в)

Проходимость – это способность ОП двигаться по наклонному лотку, не теряя при этом ориентацию и без заклинивания.

Для обеспечения требуемой проходимости необходимо выбрать величину зазора Δ такой, чтобы угол перекоса α (угол между диагональю валика и нормалью в точке касания со стенкой лотка), катящегося по лотку валика (рисунок 2.4, а), был несколько больше угла трения ρ .

Следовательно, движение без заклинивания осуществляется при условии

$$\operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \rho > f_c,$$

где f_c – коэффициент трения скольжения.

Если $\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \rho \leq f_c$ происходит заклинивание.

Для ОП, в частности валиков, с плоскими торцами (рисунок 2.5, а)

$$\Delta = \frac{\sqrt{D^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f_c^2}} - L. \quad (2.3)$$

При расчете следует пользоваться наименьшими значениями D и L с учетом допуска на изготовление.

При наличии фасок, проточек и т. п., но при условии, что один из торцов ОП плоский, значение расчетных диаметров D_p и длин L_p следует принимать, руководствуясь рекомендациями, приведенными в таблице 2.3.

Для ОП, у которых один из торцов сферический (рисунок 2.5, б), при

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \rho = f_c,$$

$$\Delta = \frac{S \sin(\delta + \alpha)}{f_c} - L_p, \quad (2.4)$$

где S – расстояние от точки поворота ОП до центра закругления (см. таблицу 2.3);

$$\sin \delta = R \sin \alpha / S, \quad (2.5)$$

откуда

$$\delta = \arcsin (R \sin \alpha / S). \quad (2.6)$$

Таблица 2.1 – Варианты задания

Вар	Эскиз детали	Материал и размерные параметры, мм	Вар	Эскиз детали	Материал и размерные параметры, мм
1		Сталь а) $D = 15; L = 30;$ б) $D = 20; L = 60;$ в) $D = 25; L = 80;$	12		Алюминий а) $D = 100; L = 250; a = 20$ б) $D = 120; L = 260; a = 30$ в) $D = 140; L = 300; a = 50$
2		Латунь а) $D = 20; L = 50; r = 7$ б) $D = 25; L = 60; r = 10$ в) $D = 40; L = 100; r = 15$	13		Сталь а) $D = 20; L = 40; R = 5$ б) $D = 30; L = 70; R = 10$ в) $D = 50; L = 120; R = 15$
3		Алюминий а) $D = 22; L = 54; a = 2$ б) $D = 32; L = 80; a = 3$ в) $D = 55; L = 125; a = 4$	14		Латунь а) $D = 50; L = 150; R = 170$ б) $D = 70; L = 180; R = 200$ в) $D = 90; L = 210; R = 250$
4		Сталь а) $D = 40; L = 120; a = 3$ б) $D = 60; L = 200; a = 4$ в) $D = 80; L = 240; a = 5$	15		Алюминий а) $D = 60; L = 180; R = 20; a = 3$ б) $D = 80; L = 210; R = 30; a = 5$ в) $D = 100; L = 300; R = 40; a = 8$
5		Латунь а) $D = 50; L = 100$ б) $D = 60; L = 150$ в) $D = 80; L = 220$	16		Сталь а) $D = 60; L = 180; R = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20$
6		Алюминий а) $D = 59; L = 100; a = 3$ б) $D = 60; L = 150; a = 5$ в) $D = 80; L = 220; a = 8$	17		Латунь а) $D = 60; L = 180; R = 5; a = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10; a = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20; a = 20$
7		Сталь а) $D = 62; L = 170; a = 4$ б) $D = 82; L = 190; a = 7$ в) $D = 100; L = 230; a = 10$	18		Алюминий а) $D = 10; L = 180; R = 5$ б) $D = 80; L = 240; R = 10$ в) $D = 100; L = 300; R = 20$
8		Латунь а) $D = 62; L = 170; a = 4; a_1 = 6$ б) $D = 82; L = 190; a = 7; a_1 = 10$ в) $D = 100; L = 230; a = 10; a_1 = 15$	19		Сталь а) $D = 80; L = 240; R = 10$ б) $D = 100; L = 320; R = 20$ в) $D = 120; L = 360; R = 30$
9		Алюминий а) $D = 70; L = 160; a = 10$ б) $D = 90; L = 200; a = 15$ в) $D = 110; L = 250; a = 20$	20		Латунь а) $D = 80; L = 240; R = 40$ б) $D = 100; L = 320; R = 50$ в) $D = 120; L = 370; R = 60$
10		Сталь а) $D = 50; L = 140; a = 2; a_1 = 15$ б) $D = 70; L = 210; a = 4; a_1 = 25$ в) $D = 90; L = 270; a = 6; a_1 = 30$	21		Алюминий а) $D = 80; L = 200; R = 40; a = 5$ б) $D = 100; L = 250; R = 50; a = 10$ в) $D = 150; L = 300; R = 75; a = 20$
11		Латунь а) $D = 80; L = 200; a = 4; a_1 = 20; k = 2$ б) $D = 100; L = 250; a = 7; a_1 = 30; k = 4$ в) $D = 120; L = 240; a = 9; a_1 = 40; k = 5$			

При заданном значении коэффициента трения скольжения f_c (таблица 2.2) угол перекося

$$\alpha = \arctg f_c. \quad (2.7)$$

Радиус закругления изогнутого участка трубчатого лотка (рисунок 2.5, в)

$$R = s / 2 + L^2 / 8 s. \quad (2.8)$$

Величина стрелки дуги

$$s = D_1 - (D + c), \quad (2.9)$$

где D_1 – внутренний диаметр трубчатого лотка; c – зазор между ОП и стенкой лотка, который принимается соответствующим посадке движения q7...q11 или ходовой d7...d11.

Таблица 2.2 – Значение эффективного коэффициента трения скольжения f_c

Материал детали	Материал лотка			
	Сталь	Алюминий	Резина	Капролон
Сталь	0,21-0,32	0,11-0,33	0,25-0,43	0,12-0,30
Латунь	0,28-0,30	0,18-0,24	0,30-0,37	0,16-0,24
Алюминий	0,28-0,33	0,14-0,30	0,30-0,38	0,14-0,28
Медь	0,28	0,22	0,30-0,40	0,18-0,25
Стекло	0,12-0,14	0,12	0,25	-
Оргстекло	0,32	0,27	0,4	0,20-0,32
Текстолит	0,27-0,37	0,27-0,37	0,40-0,46	0,32-0,40
Керамика	0,22-0,46	-	0,42-0,52	0,38-0,44

Таблица 2.3 – Значения расчетных диаметров D_p и длин L_p деталей

Вар.	Эскиз детали	Расчетные диаметры	Вар.	Эскиз детали	Расчетные диаметры
1		$D_p = D$	12		$D_p = D - a$
2		$D_p = \frac{D}{2} + r$	13		$D_p = D; \quad q = L_p - R;$ $S = \sqrt{q^2 + (D_p/2)^2}$
3		$D_p = D - a$	14		$D_p = D; \quad q = R - L_p;$ $S = \sqrt{q^2 + (D_p/2)^2}$
4		$D_p = D - 2a$	15		$D_p = D - 2a; \quad q = L_p - R;$ $S = \sqrt{q^2 - (D_p/2)^2}$
5		$D_p = \frac{D}{2}$	16		$D_p = D - R; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + D_p^2}$
6		$D_p = \frac{D}{2} - a$	17		$D_p = D - (a + R); \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + D_p^2}$
7		$D_p = D - a$	18		$D_p = D - 2R; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
8		$D_p = D - (a + a_1)$	19		$D_p = D - 2R; \quad L_p = L - R;$ $S = (\sqrt{L_p^2 + D_p^2})/2$
9		$D_p = D - a$	20		$D_p = D; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
10		$D_p = D - (a + a_1)$	21		$D_p = D - 2a; \quad L_p = L - R;$ $S = \sqrt{L_p^2 + (D_p/2)^2}$
11		$D_p = D - (a + k + a_1)$			

2.3. Порядок выполнения задания

2.3.1. Ознакомиться с типовыми конструкциями транспортных лотков–скатов и лотков–склизов, используемых для перемещения объектов производства в рабочую зону технологического оборудования (раздел 1.2).

2.3.2. Изучить функциональные возможности и принципы перемещения ОП в гравитационных лотках (раздел 1.2).

2.3.3. Получить у преподавателя вариант задания и, используя таблицу 2.1, выполнить эскиз детали с соответствующим размерными параметрами.

2.3.4. Выполнить схему расчета проходного сечения лотка-ската (рисунок 2.5, а, б) и радиуса закругления лотка – склиза (рисунок 2.5, в) для детали указанного варианта.

Например: вариант 4, б (цилиндрическая деталь с фаской на одном торце, $D = 32$ мм; $L = 80$ мм; $a = 3$ мм; материал детали – алюминий)

2.3.5. Используя таблицу 2.3, определить расчетные значения диаметра D_p и длины L_p детали.

2.3.6. Выполнить расчет зазора Δ между торцом детали и стенкой лотка, используя выражения (2.3)...(2.7), и таблицу 2.2.

Материал лотка согласовать с преподавателем

2.3.7. Выполнить расчет радиуса закругления трубчатого лотка – ската, используя выражения (2.1), (2.8), (2.9).

2.3.8. Используя схемы на рисунке 2.4, выполнить расчет высоты бортов лотка для детали с учетом ее формы.

2.4. Содержание отчета

2.4.1 Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта задания.

2.4.2. Цель практической работы.

2.4.3. Схемы, эскизы, результаты расчетов.

2.4.4. Выводы.

2.5. Вопросы для самоконтроля

2.5.1. Что такое «гравитационный лоток»?

2.5.2. Чем отличаются лотки–скаты от лотков–склизов?

2.5.3. Какие дополнительные функции выполняют транспортные лотки?

2.5.4. В каких случаях целесообразно применение гибких трубчатых лотков?

2.5.5. Что такое «проходимость» лотка?

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Шланговые пневмодвигатели модулей загрузки и транспортирования автоматизированных технологических систем

3.1. Цель занятия

3.1.1. Изучение конструкции и принципа работы шланговых пневмодвигателей (пневматических мускулов).

3.1.2. Изучение конструкций и принципов работы загрузочных и транспортных модулей на основе шланговых пневмодвигателей, входящих в состав автоматизированных технологических систем.

3.1.3. Получение практических навыков определения силовых характеристик и размерных параметров шланговых пневмодвигателей для различных режимов их работы в составе транспортных и загрузочных модулей.

3.2. Теоретическая часть

Шланговые пневмодвигатели (ШП) или пневматические мускулы используются в приводах одностороннего действия и способны выполнять функции пневматической пружины. Развиваемое шланговыми пневмодвигателями тянущее усилие в 10 раз превышает усилие, развиваемое поршневыми пневмодвигателями того же диаметра. Они характеризуются отсутствием подвижных механических частей, требующих специальных направляющих, плавностью срабатывания и равномерностью перемещения на малых скоростях, полным разъединением рабочей и окружающей среды, т.е. сжатого воздуха и атмосферного воздуха или окружающего их газа, идеально соответствуют для работы в запыленной и загрязненной промышленной среде, имеют прочную конструкцию и хорошую динамику.

Показанные на рисунке 3.1, а, шланговые пневмодвигатели [6] состоят из центрального упругого шлангового элемента и двух концевых присоединительных элементов. Упругий шланговый элемент представляет собой резиновую оболочку, армированную высокопрочными волокнами, образующими трехразмерную сетчатую структуру с ромбовидным рисунком.

Один из возможных вариантов схем присоединения шлангового пневмодвигателя к источнику питания представлен на рисунке 3.1, б. При подаче сжатого воздуха от 3/2 - пневмораспределителя одностороннего действия с пневматическим пилотным управлением в полость оболочки, последняя, изменяет свои размеры, а именно, деформируясь (раздуваясь) в радиальном направлении, уменьшается по длине в осевом направлении и создает тянущее усилие, направленное вдоль оси (сокращение длины, аналогичное продольному сокращению человеческой мышцы может достигать 25% начальной длины оболочки). Возврат оболочки в исходное состояние происходит за счет накопленной в ней энергии упругой деформации после того, как канал 1 клапана быстрого выхлопа соединится с выхлопным каналом 3 пневмораспределителя, и воздух будет сбрасываться в атмосферу через глушитель 3 клапана.

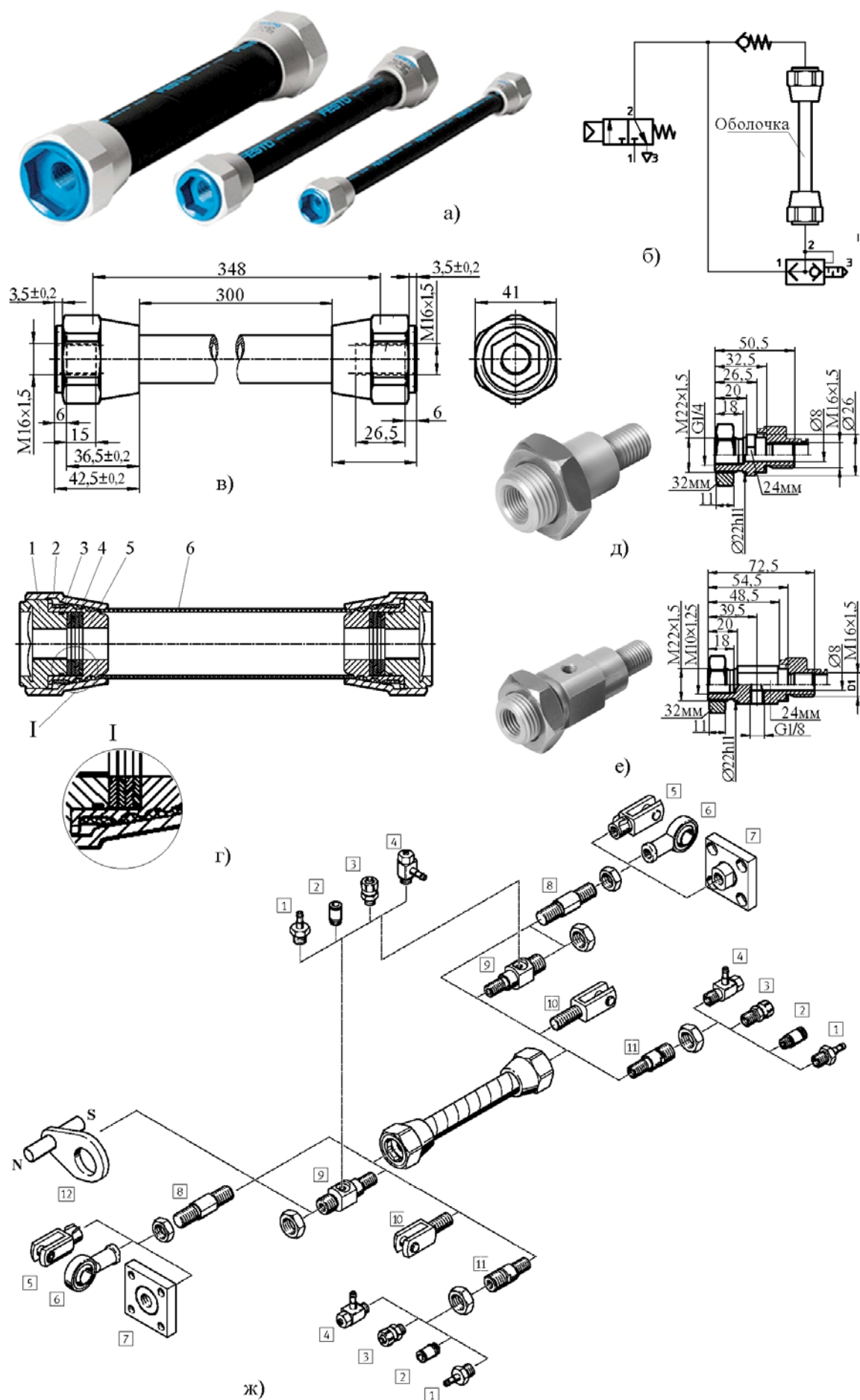


Рисунок 3.1 – Общий вид, конструкция, пневматическая схема подключения и периферийные элементы шланговых пневмодвигателей

Шланговые пневмодвигатели выпускаются с упругими оболочками диаметром 10, 20 и 40 мм, способными обеспечить длину рабочих ходов от 40 до 9000 мм

и развивать тянущие усилия от 0 до 5700 Н. (пневмодвигатель $\varnothing$ 10 мм – 400Н; $\varnothing$ 20 мм – 1600Н; $\varnothing$ 40 мм – 5700Н). Максимально допустимая нагрузка на оболочку, создаваемая свободно подвешенным грузом, составляет: для оболочки $\varnothing$ 10 мм – 30 кг; $\varnothing$ 20 мм – 80 кг; $\varnothing$ 40 мм – 250 кг. Точность возврата в первоначальное положение – $\leq 1\%$ от номинальной длины оболочки. Максимально допустимый диаметр расширения оболочки при максимальном сокращении длины равен 23 мм для оболочки $\varnothing$ 10 мм; 40 мм – для $\varnothing$ 20 мм; 75 мм – для $\varnothing$ 40 мм. Скорость сокращения длины оболочки без нагрузки лежит в пределах 0,001...2 м/с при давлении 0,6 МПа.

Рекомендуемые величины рабочего давления: для оболочки $\varnothing$ 10 мм – до 0,8 МПа, для оболочек $\varnothing$ 20...40 мм – 0,6 МПа. Рабочая температура – 5...60°C. Масса пневмодвигателей при нулевой длине оболочки лежит в пределах 76... 673 граммов. Дополнительная масса, приходящаяся на каждый 1 метр оболочки, составляет – 93...630 грамм.

На рисунке 3.1, в, приведены размерные параметры шлангового пневмодвигателя типа MAS-20-300N-AA со следующими характеристиками: диаметр оболочки – 20 мм; номинальная (N) длина оболочки – 300 мм; материал оболочки (AA) – стандартный (хлоропрен). Конструкция пневмодвигателя показана на (г) и включает в себя резьбовые алюминиевые пробки 1, накидные гайки 2 из алюминия с коническими воротничками, уплотнительные кольца 3 из нитрилбунапрена (NBR), набор тарельчатых пружин 4, конические вставки 5 и упругую оболочку 6, концы которой защемлены между коническими частями гаек 2 и вставок 5. Тарельчатые пружины компенсируют уменьшение толщины оболочки в зоне защемления, происходящее вследствие действия растягивающих усилий в её материале, обеспечивая тем самым надежность закрепления.

В состав периферийных элементов шланговых пневмодвигателей, приведенный на рисунке 5.77, ж, входят элементы для подвода воздуха такие как: 1 – ниппель, 2 – соединение с цанговым зажимом типа QS, 3 – соединение для жестких шлангов, 4 – дроссель с обратным клапаном, а также крепёжные элементы: 5 – вилка; 6 – шарнирная головка; 7 – фланец (адаптер) для компенсации радиальных отклонений; 8 – соединительная шпилька с контргайкой; 9 – адаптер с радиальным подводом воздуха; 10 – вилка резьбовая для прямого монтажа на пневмодвигателе; 11 – адаптер с осевым подводом воздуха; 12 – планка с постоянным магнитом для управления внешними датчиками (устанавливается на подвижном конце шлангового привода).

Конструкция и размерные параметры адаптеров с радиальным и осевым подводом воздуха представлены на (е) и (д), соответственно. Материал адаптеров – анодированный алюминий, материал контргаек – латунь, материал уплотнительных прокладок – нитрилбунапрен (NBR).

Нагрузочные характеристики шланговых пневмодвигателей типа MAS трех типоразмеров представлены на рисунке 3.2.

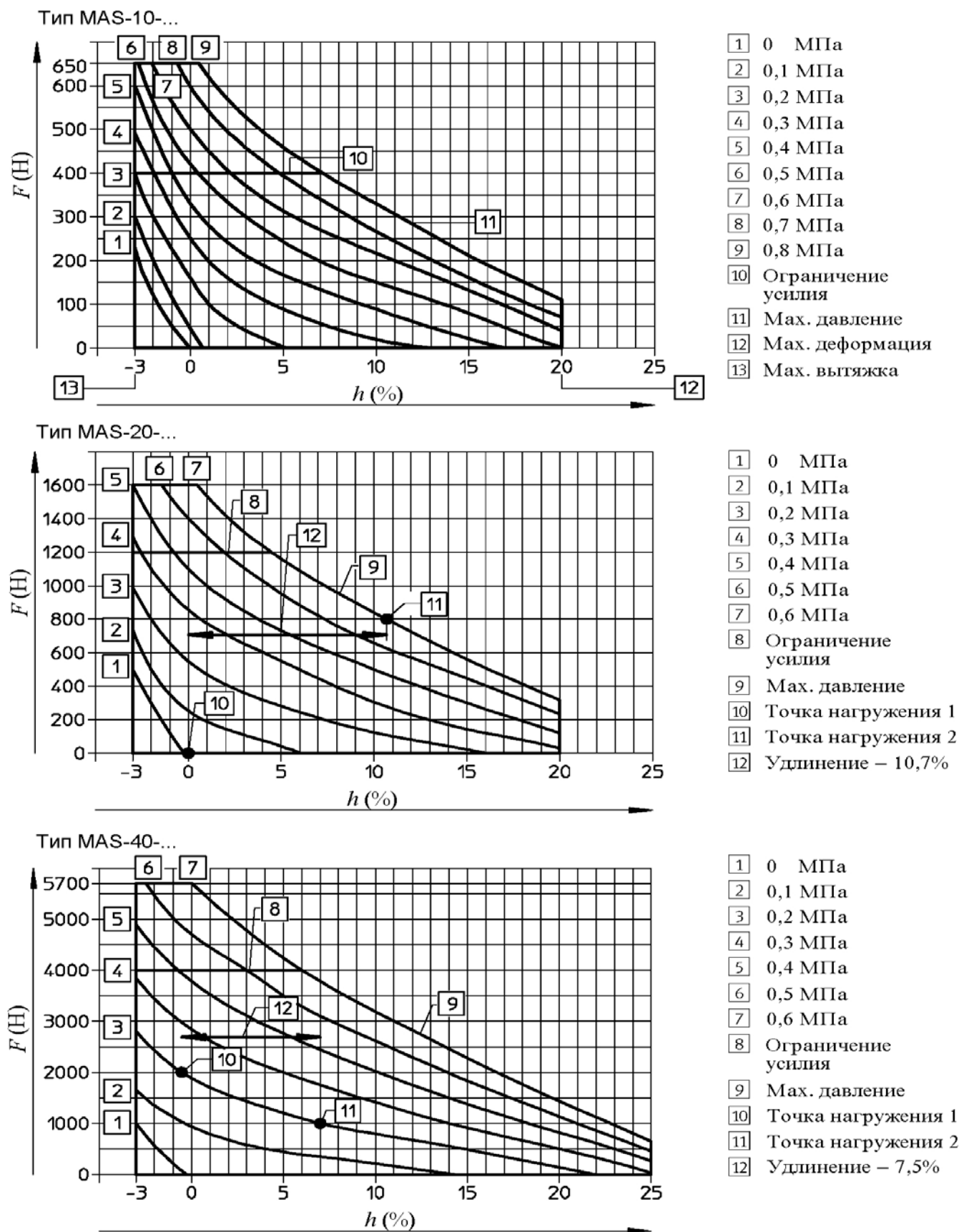


Рисунок 3.2 – Диаграммы зависимости развиваемого тянущего усилия F от величины сокращения (усадки) h

Примеры практического применения шланговых пневмодвигателей типа MAS в составе технологического промышленного оборудования различного назначения показаны на рисунке 3.3.

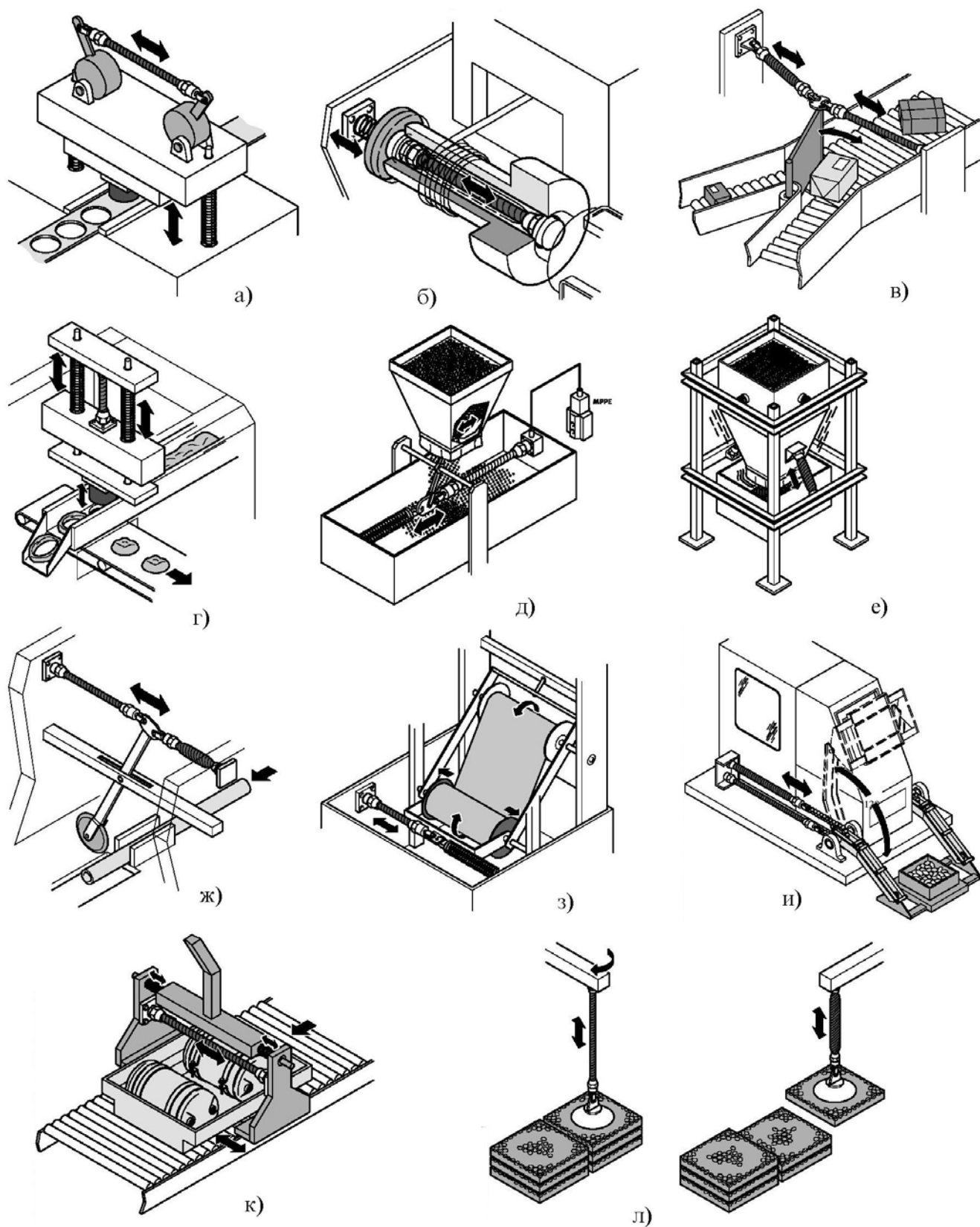


Рисунок 3.3 – Примеры применения шланговых пневмодвигателей

Высокие динамические и энергетические характеристики шланговых пневмодвигателей раскрывают возможность их эффективного применения на операциях штамповки (а) для поворота эксцентриков, перемещающих плиту штампа с пуансоном. Возврат пуансона с плитой в исходное положение осуществляется двумя пружинами на колонках штампа.

Применение шлангового пневмодвигателя в составе фрикционной тормозной муфты намоточных станков (б) обеспечивает достижение равномерной и плавно изменяемой скорости вращения катушки.

Регулирование подачи воздуха в пневмодвигатель осуществляется пропорциональным пневмораспределителем по командам от датчика усилия, контролирующего натяжение наматываемого материала.

Благодаря высокой скорости срабатывания шланговые пневмодвигатели весьма эффективны при выполнении задач, связанных с сортировкой и остановкой объектов транспортирования (в).

Закрытое исполнение рабочих полостей шланговых пневмодвигателей, позволяющее избежать утечек воздуха в окружающую среду, обуславливает их эффективное применение при производстве хлебо-булочных изделий, например, для формовки теста, поступающего в печи для выпечки (г). Рабочее перемещение формы (пуансона) осуществляется пружинами сжатия, а возврат в исходное положение – пневмодвигателем, обеспечивающим производительность 3...5 шт/с.

Отсутствие внешних подвижных соединений в конструкции шланговых пневмодвигателей обуславливает их весьма эффективное применение в условиях, характеризующихся высоким содержанием абразивной пыли, например, в составе дробильных автоматических установок (грохотов) (д), где они обеспечивают плавное открытие и закрытие дозирующей заслонки для выдачи требуемого количества гранул в соответствии с технологической скоростью дробления (измельчения).

Различные бункерные дозирующие устройства, а также дозаторы силосохранилищ подвержены закупорке в процессе выдачи хранящихся в них различных сыпучих материалов и пастообразных смесей. Применение в составе дозаторов шланговых пневмодвигателей в качестве вибраторов, обеспечивающих рабочую частоту колебаний 10...90 Гц, передаваемую станкам бункеров и направляющих воронок, гарантирует надежную выдачу таких материалов (е).

Реализация маятниковой подачи режущего инструмента (фрезы, абразивного диска) при мерной резке пластикового профиля является идеальным примером использования особенностей шланговых пневмодвигателей (ж), обеспечивающих быстрое врезание и медленное перемещение инструмента в конце хода, что гарантирует высокое качество поверхностей пореза (без заусениц).

Использование шланговых пневмодвигателей в намоточных станках, применяющихся в текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности (з), обеспечивает высокое качество намотки без смещения краев наматываемого на катушку (бобину) ленточного материала.

Благодаря способности удлиняться и изгибаться шланговые пневмодвигатели обеспечивают получение угловых перемещений, например, загрузочных модулей автоматических моющих машин, имеющих поворот платформы с емкостью для деталей на 120° (и).

Малый вес и большие развиваемые усилия обеспечивают высокую эффективность использования шланговых пневмодвигателей в составе захватных органов промышленных роботов, предназначенных для захвата палет с объектами производства (к), перемещающихся по транспортеру или рольгангу с нарастающей скоростью.

Шланговые пневмодвигатели (ШП) большой длины (до 9 метров) расширяют зону обслуживания манипуляторов, используемых для переноса и стопирования плиточного материала, ко-

лес автотранспорта, железнодорожного транспорта и других аналогичных по форме объектов, удерживаемых, например, с помощью вакуумных схватов (присосок) (л).

3.3 Порядок выполнения задания

3.3.1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия шланговых пневмодвигателей, составом периферийных элементов для их закрепления в функциональных устройствах транспортировки и загрузки, схемой подключения к пневмосети (раздел 3.2, рисунок 3.1).

3.3.2. Ознакомиться с компоновочными решениями модулей транспортирования и загрузки, основанных на применении шланговых пневмодвигателей (раздел 3.2, рисунок 3.3).

3.3.3. Ознакомиться с примерами определения размерных параметров и силовых характеристик шланговых пневмодвигателей типа MAS (FESTO, Германия), выполняющих функцию пневмоцилиндра одностороннего действия или функцию пневматической пружины растяжения.

Примеры подбора шланговых пневмодвигателей

Пример 1.

Подобрать шланговый пневмодвигатель типа MAS, предназначенный для подъема на высоту $H = 100$ мм груза массой $m = 80$ кг (рисунок 3.3, л) при давлении питания $p = 0,6$ МПа (функция пневмоцилиндра одностороннего действия).

Решение.

1. Определение типоразмера.

Поскольку создаваемая грузом нагрузка на шланговый пневмодвигатель составляет $F = 800$ Н, выбирается MAS-20, у которого максимально развиваемое теоретическое усилие составляет $F_{\max} = 1600$ Н.

2. На диаграмме (рисунок 3.2) для MAS-20 находится точка 1 (10), характеризующая состояние покоя пневмодвигателя при давлении воздуха $p = 0$.

3. Находится точка 2 (11), характеризующая рабочее состояние пневмодвигателя при $p = 0,6$ МПа и развиваемом усилии $F = 800$ Н.

4. Определение изменения длины оболочки.

Изменение длины оболочки характеризуется расстоянием между точками 1 (10) и 2 (11) по оси абсцисс (сокращение h %). Оно соответствует сокращению длины на 10,7% (поз. 12).

5. Рассчитывается необходимая длина оболочки.

При требуемой величине перемещения груза $H = 100$ мм, общая длина оболочки определяется делением хода (высоты подъема) на величину сокращения в %, т.е.

$$100 \text{ мм} \times 100\% / 10,7\% = 935 \text{ мм.}$$

Пример 2.

Подобрать соответствующий типоразмер шлангового пневмодвигателя типа MAS, используемого как пневматическая пружина растяжения и определить изменение его длины при изменении нагрузки. Заданное усилие в вытянутом состоянии (тянущее усилие) $F_1 = 2000$ Н, в сжатом состоянии $F_2 = 1000$ Н. Рабочий ход $S = 50$ мм, рабочее давление $p = 0,2$ МПа.

Решение.

1. Поскольку заданная величина тянущей силы F_1 равна 2000 Н, выбирается тип MAS-40.

2. На диаграмме (рисунок 3.2) для MAS-40 находится точка нагружения 1, соответствующая заданной тянущей силе $F_1 = 2000$ Н, создаваемой растянутой оболочкой, и давлению $p = 0,2$ МПа (кривая 3).

3. Находится точка 2, соответствующая тянущей силе $F_1 = 1000 \text{ Н}$ и давлению $p = 0,2 \text{ МПа}$ (кривая 3).

4. Определяется изменение длины оболочки, которое характеризуется расстоянием между точками 1 и 2, параллельном оси абсцисс. Это изменение составляет $h = 7,5\%$.

5. Рассчитывается номинальная длина оболочки шлангового пневмодвигателя:

$$50 \text{ мм} \times 100\% / 7,5\% = 667 \text{ мм}.$$

3.3.4. Получить у преподавателя шифр варианта практического задания и, используя таблицу 3.1, установить требуемые характеристики шланговых пневмодвигателей (ШП).

Например: шифр варианта – **A3B4C7D7** (давление-0,3МПа, перемещение-100мм, тянущая сила в начале перемещения $F_1 = 3000 \text{ Н}$, тянущая сила в конце перемещения $F_2 = 1500 \text{ Н}$).

Таблица 3.1. Варианты задания

А. Давление воздуха, p , МПа							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
В. Величина перемещения, S , мм							
1	2	3	4	5	6	7	8
20	50	80	100	120	150	180	200
С. Развиваемое усилие, F_1 , Н							
1	2	3	4	5	6	7	8
100	200	400	600	1000	1200	3000	5000
D. Развиваемое усилие, F_2 , Н							
1	2	3	4	5	6	7	8
50	100	200	300	500	600	1500	2500

3.3.5. Определить по аналогии с рассмотренным выше **примером 1** размерные параметры ШП (начальный диаметр d_n и длину L оболочки при $p = 0$), выполняющего функцию тянущего пневмоцилиндра одностороннего действия (**рисунок 3.4, а**), предназначенного для линейного перемещения с помощью толкателя (Т) в составе транспортного механизма объекта производства массой m на расстояние S с требуемым рабочим усилием F_1 при заданном давлении воздуха p , вызывающего увеличение диаметра оболочки до рабочего значения d_p .

3.3.6. Определить по аналогии с рассмотренным выше **примером 2** размерные параметры ШП (начальный диаметр d_n и номинальную длину оболочки при $p = 0$), выполняющего функцию пневматической пружины растяжения (пневматического мускула) (**рисунок 3.4, б**), обеспечивающих при заданном рабочем давлении воздуха p перемещение толкателя (Т) из положения 1 в положение 2 на заданное расстояние S и создающего в этих положениях тяговые усилия соответственно F_1 и F_2 при изменении диаметра оболочки от d_{p1} до d_{p2} и длины в нагруженном состоянии от L_1 до L_2 .

3.3.7. Проанализировать примеры применения ШП в приведенных на рисунке 3.3 конструкциях функциональных устройств технологического оборудования, принимая во внимание присущие им функции.

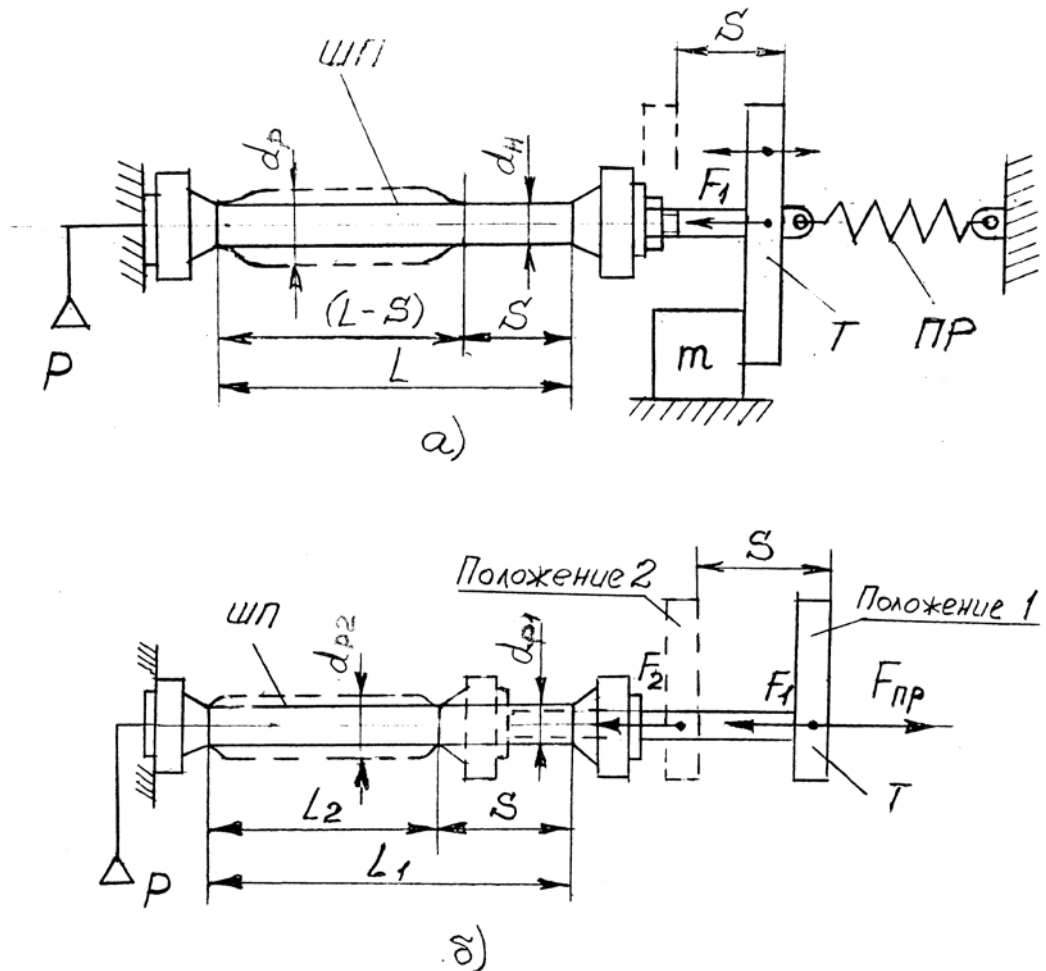


Рисунок 3.4 –Функции ШП: пневмоцилиндра одностороннего действия (а) и пневматической пружины (б) ; ПР - пружина растяжения, Т – толкатель (заслонка), F_{np} - усилие противодействия

3.4. Содержание отчета

3.4.1 Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта задания.

3.4.2. Цель практической работы.

3.4.3. Описание последовательности определения силовых характеристик и размерных параметров ШП для выполнения **обеих** функций.

3.4.4. Схема подключения ШП (рисунок 3.1,б) с описанием, рисунки 3.4,а и 3.4,б..

3.4.5. Результаты анализа конструкций функциональных устройств с ШП.

3.5. Вопросы для самоконтроля.

3.5.1. Какие функции может выполнять ШП?

3.5.2. Какие основные конструктивные элементы входят в состав ШП?

3.5.3. За счет чего создается тянущее усилие, развиваемое ШП?

3.5.4. Какими преимуществами обладают ШП по сравнению со штоковыми пневмоцилиндрами одностороннего действия?

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Валковые полусамотечные транспортные устройства (валковые лотки)

4.1. Цель занятия

4.1.1. Ознакомиться с конструкциями, принципом действия и функциональными возможностями валковых полусамотечных транспортных устройств (валковых лотков).

4.1.2. Определение условий движения по валкам объектов транспортирования в зависимости от их формы и материала.

4.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования валковых ПТУ.

4.2. Теоретическая часть

Полусамотечные транспортные устройства (ПТУ) по способу перемещения объектов транспортирования (ОТ) разделяют на механические и пневматические.

ОТ в таких устройствах перемещаются самотеком при угле наклона поверхности скольжения, меньшем угла трения, что достигается уменьшением сил трения с помощью поперечных колебаний или равномерного движения несущей поверхности (валковое устройство), или образования между этой поверхностью и деталями воздушной подушки (пневматический лоток).

Схемы механических ПТУ или валковых полусамотечных лотков показаны на рисунке 4.1 [4,5].

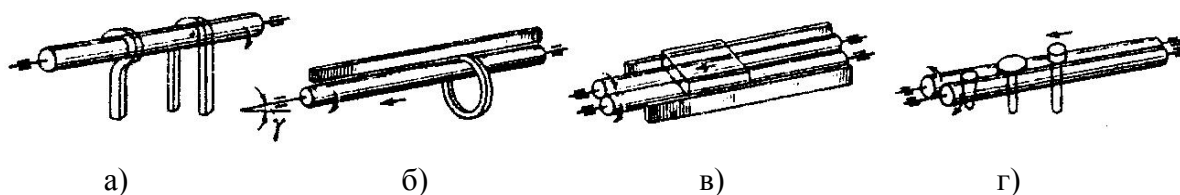


Рисунок 4.1 – Валковые полусамотечные лотки.

Одновалковые ПТУ (лотки) используют как для перемещения скоб, крючков (рисунок 4.1,а), так и разрезных колец, втулок, шайб (рисунок 4.1,б), а двухвалковые ПТУ – для призматических (рисунок 4.1,в) и стержневых деталей с буртами, а также конических (рисунок 4.1, г). Валковые полусамотечные лотки применяются для деталей массой менее 0,4 кг. Валки изготавливают из легированных сталей, закаливают, а затем шлифуют.

Рекомендуемый угол наклона валков составляет

$$\alpha = (1...3)^{\circ},$$

т.е. значительно меньше углов трения скольжения, что не позволяет деталям перемещаться без дополнительных мер самотеком. Одновалковые лотки выполняют консольными и двухопорными, а двухвалковые – только двухопорными для обеспечения постоянства зазора между валками по всей длине.

Двухвалковые лотки кроме прямого своего функционального назначения транспортировать объекты сборки могут совмещать функции автоматического ориентирования, например, таких деталей, как болты, винты, конические ролики и т.п.

Кроме этого, валковые устройства позволяют автоматизировать процесс сортировки деталей по диаметру на размерные группы (при выполнении валков ступенчатыми). Количество размерных групп соответствует числу ступеней, попавшие на валки детали будут выпадать в щель в определенных местах, в зависимости от величины большого диаметра: в начале щели будут выпа-

дать детали с малым диаметром, а в конце – с большим. Существует несколько конструктивных разновидностей полусамотечных валковых устройств: с коническими валками, с валками, имеющими винтовую нарезку.

Процесс транспортирования детали, например, призматической формы по лотку, образованному двумя валками цилиндрической формы, и схемы расчета основных параметров движения детали по нему показаны на рисунке 4.2.

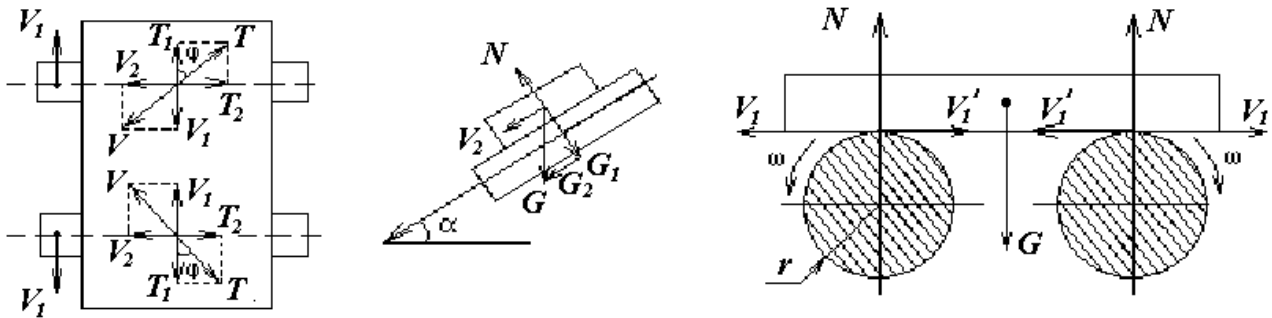


Рисунок 4.2 – Схемы расчета валкового ПТУ

Оба вала вращаются с одинаковой угловой скоростью ω , причем направление вращения идет от детали. На деталь со стороны валков действуют силы нормальной реакции N , силы трения T , а также сила тяжести G .

Если валки установлены горизонтально, то деталь не будет передвигаться вдоль щели между ними. При наклоне валков на определенный угол α к горизонту начинается перемещение детали.

Вектор относительной скорости их перемещения V будет направлен под углом φ к образующим поверхностям валков, а результирующая сила трения T , препятствующая перемещению, будет иметь противоположное направление. С увеличением угла φ составляющие силы трения T_1 и T_2 уменьшаются. Величина угла φ зависит от скорости вращения валков, которая определяется из выражения

$$V_1 = \omega r, \quad (4.1)$$

где ω – угловая скорость вращения валков: $\omega = 2\pi n$, n – частота вращения валков; r – радиус валков.

Соответствующим подбором угла наклона валков и скорости их вращения сила трения, действующая вдоль валков, может быть сведена к минимуму. На вращающихся валках детали начинают двигаться задолго до того, как угол наклона валков α превысит величину угла трения скольжения.

Дифференциальное уравнение движения детали по установленным с наклоном вращающимся валкам имеет вид:

$$\ddot{X} = g \sin \alpha - f_c g \cos \alpha \sin \varphi, \quad (4.2)$$

где α – угол наклона валков к горизонту; f_c – коэффициент трения скольжения между поверхностью устройства и поверхностью детали; φ – угол между составляющей силой трения в поперечном направлении и результирующей силой трения. Синус этого угла определяется по формуле:

$$\sin \varphi = \frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega \cdot r)^2 + \dot{X}^2}}, \quad (4.3)$$

где $\dot{X}$ – скорость движения детали.

Подставив (4.3) в (4.2), получаем

$$\ddot{X} = \underbrace{g \sin X}_I - \underbrace{f_c \cos \alpha \frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega r)^2 + \dot{X}^2}}}_{II}. \quad (4.3)$$

Движение детали в вдоль валков будет только когда $I \geq II$ в (4.3). Принимая движение детали по валкам равноускоренным, получаем

$$g \left(\sin \alpha - f_c \cos \alpha \frac{\dot{X}}{\sqrt{(\omega \cdot r)^2 + \dot{X}^2}} \right) = 0,$$

откуда скорость движения детали

$$\dot{X} = \frac{\omega \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{f^2 - \operatorname{tg}^2 \alpha}}. \quad (4.4)$$

4.3. Порядок выполнения задания.

4.3.1. Изучить принцип действия валкового полусамотечного лотка..

4.3.2. Используя выражение (4.4) и исходные данные из таблицы 4.1 в соответствии с номером полученного у преподавателя варианта задания, исследовать влияние угла наклона валков α на скорость V перемещения деталей вдоль щели.

Исследования проводить в диапазоне углов наклона валков от 0° до 10° (с интервалом 1°).

Для определения коэффициента трения скольжения f использовать таблицу 2.2 (практическое занятие №2).

4.3.3. По результатам исследования построить графическую зависимость $V = f(\alpha)$. Исследования проводить в диапазоне углов наклона валков от 0° до 10° (с интервалом 1°).

4.3.4. Для требуемой величины скорости движения детали $V_{\tau p}$ и изменения угла α в пределах от 1 до 3 градусов с интервалом 30 секунд, определить:

- радиус валков r ;
- частоту вращения валков n .

4.3.5. Построить графики зависимостей $V = f(n)$, $V = f(r)$.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{тр}$, мм/с	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30
r , мм	10	11	12	8	9	10	11	12	15	13
n , об/с	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

4.4. Содержание отчета

4.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера (шифра) варианта задания.

4.4.2. Цель практической работы.

4.4.3. Рисунок 4.1, в, схемы рисунка 4.2, результаты расчетов, графики зависимостей $V = f(\alpha)$, $V = f(n)$, $V = f(r)$.

4.4.4. Выводы.

4.5. Вопросы для самоконтроля

4.5.1 Как классифицируются полусамотечные транспортные устройства по способу транспортирования?

4.5.2 За счет чего происходит уменьшение сил трения в полусамотечных лотках?

4.5.3 Какое направление вращения имеют валки относительно транспортируемой детали?

4.5.4 Для транспортирования каких объектов производства применяются валковые лотки?

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Расчет основных параметров карманчиковых БЗОУ

5.1 Цель занятия

5.1.1. Изучение конструкции и принципа работы карманчикового бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

5.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

5.1.2. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

5.2. Теоретическая часть

Бункерное загрузочно-ориентирующее устройство (БЗОУ) - это группа механизмов, принимающих объекты транспортирования навалом и выдающих их ориентированными в пространстве и во времени. БЗОУ выдает детали неритмично, т.е. через различные промежутки времени. Однако в определенные отрезки времени его производительность можно считать условно постоянной.

Для деталей простой формы первичная ориентация в БЗОУ - достаточна и достигается без каких-либо специально внесенных в конструкцию механизмов.

Детали из навала выносятся принудительно специальными механизмами по одной или по несколько штук с одновременным приданием им первичной ориентации (таблица 3.1).

Таблица 5.1 - Способы выноса деталей из навала

Способ выноса	Принудительно специальными механизмами				Параметрически		
	Поштучно		Партиями		Непрерывным потоком		
	карманом	крючком	лотком	лопастью	собственным весом	силой трения	силой инерции
Тип бункера	карманчиковый	крючковый, штыревой, пальцевый	секторный, ножевой, дисковый	лопастной, щелевой, барабанный	трубчатый	фрикционный	вибрационный

Принудительный вынос выполняется карманами, крючками, лотками, лопастями и другими захватными органами. Применение тех или иных захватных органов определяет тип БЗОУ [4,5].

Параметрически, т.е. без помощи специальных принудительно действующих механизмов, вынос и первичное ориентирование деталей в БЗОУ можно осуществлять, используя собственный вес деталей, силы трения между деталями и рабочими поверхностями БЗОУ или с помощью сил инерции, возникающих в результате сообщения рабочим поверхностям БЗОУ колебательного (вибрационного) движения.

К БЗОУ с поштучной выдачей деталей относятся такие широко известные в практике конструкции, как карманчиковые и крючковые.

Производительность всех типов БЗОУ с поштучной выдачей деталей

$$Q_{np} = kzn, \text{ шт/мин,} \quad (5.1)$$

где k - коэффициент заполнения захватного органа деталями (коэффициент выдачи, или коэффи-

циент захвата); z - число захватных органов (карманов, крючков, штырей и т.д.), принимающих участие в одном цикле работы; n - число циклов работы (оборотов, двойных ходов) в минуту.

Коэффициент k меньше единицы и зависит от целого ряда факторов: от конструктивного решения элементов БЗОУ (угол наклона диска, форма захватных органов, приемной части лотков и т.д.), формы деталей, коэффициента трения деталей о захватные органы и стенки емкости, наличия грязи, масла, пыли и т.д., от скорости движения захватных органов. При скорости вращения диска с карманами по хорде $V_{max} = 0,2$ м/с, коэффициент заполнения $k = 0,55...0,65$; для диска с радиальными карманами при $V_{max} = 0,15$ м/с $k = 0,4...0,48$.

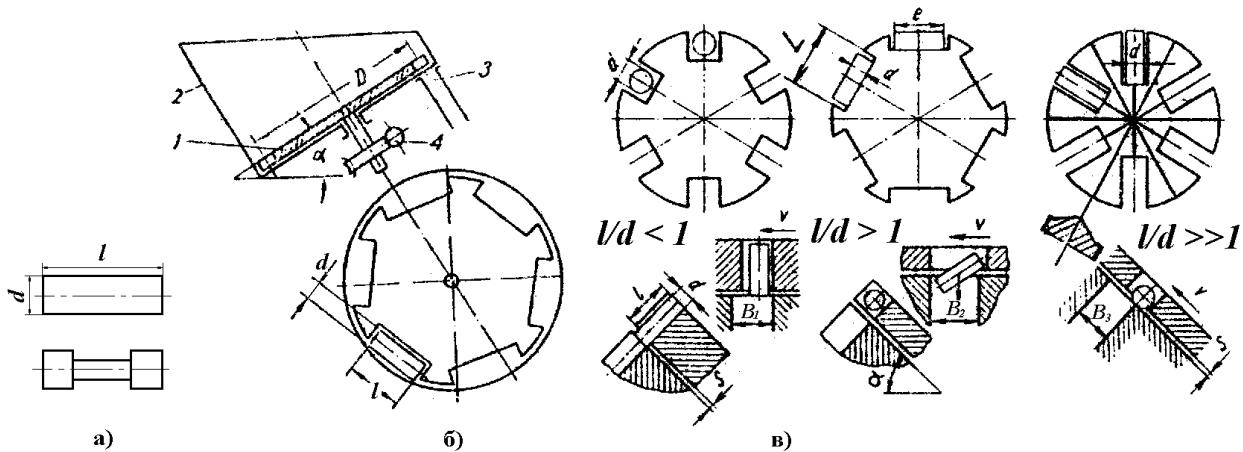


Рисунок 5.1 – Карманчиковые БЗОУ

Карманчиковые БЗОУ в основном применяются для загрузки и ориентирования стержневых деталей типа тел вращения (рисунок 5.1,а). В схему карманчикового БЗОУ, изображенную на рисунке 5.1,б, входят емкость 2, диск с карманами 1, отводящий лоток 3 и привод 4. При вращении диска карманы, проход через массу деталей, заполняются ими, а в момент прохождения над отводным лотком опорожняются. Карманы в диске можно располагать тремя способами, как показано на рисунке 5.1,в.

Засыпанные в емкость детали будут занимать в зависимости от отношения l/d то ли иное преимущественное расположение по отношению к криволинейной стенке емкости и к карманам.

Детали с отношением $l/d < 1$ размещаются своими торцовыми поверхностями по плоскости диска; соответствующим образом должны быть выполнены и карманы.

Детали с $l/d > 1$ преимущественно получают ориентацию по хорде емкости, наклоненной под углом α , а следовательно, и диска. Чем больше это отношение, тем больший процент деталей оказывается ориентированным по хорда и тем устойчивее эта ориентация. Естественно, что для таких деталей карманы должны располагаться также по хорде.

При $l/d \gg 1$ и расположении карманов по хорде количество их невелико. При этом же диаметре диска и этой же окружной скорости количество карманов, а следовательно и производительность БЗОУ можно значительно увеличить, расположив карманы радиально. Однако при этом детали почти не будут западать в них, так как они стремятся расположиться по хорде. Для придания деталям радиальной ориентации на диске между карманами выполняются призматические выступы.

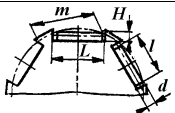
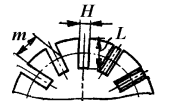
Из карманов детали, прежде чем попасть в отводной лоток, поступают под действием собственного веса в приемник, ширина которого определяется для каждого из карманов:

$$\begin{aligned}
 B_1 &= d + V\sqrt{2l/a}; \\
 B_2 &= l + V\sqrt{2d/a}; \\
 B_1 &= d/2 + V\sqrt{2d/a}.
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

где $a = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)$ - ускорение, с которым перемещаются детали по наклонной поверхности с углом наклона к горизонту, равным α); f - коэффициент трения скольжения деталей.

Размеры карманов и параметры диска определяются по формулам, приведенным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Размеры пазов вращающегося диска

Расположение деталей на диске	Принципиальная схема	L	H	Толщина диска	m
По хорде диска		$l + 0,5d$	$1,2d$	$(0,9...1)d$	$L + (1...1,5)d$
Перпендикулярно плоскости диска		-	$0,9l$ (при $l/d < 1,6$) $1,6l$ (при $l/d \geq 1,6$)	$(0,9...1)l$	$H + (1...1,5)d$
По радиусу диска		$l + 0,5d$	$1,2d$	$(0,9...1)d$	$H + (1,5...2)d$

Радиус расположения карманов на диске

$$R = D/2 = (3...8) l_0, \tag{5.3}$$

где l_0 – максимальный габаритный размер детали.

Окружная скорость диска (м/мин) по осям деталей, размещенных в карманах

$$V^2 = \Delta m^2 [(2g\sin\alpha - f\cos\alpha) / \Delta h], \tag{5.4}$$

где Δm - зазор по шагу, принимаемый $\Delta m \leq 0,5d$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения; $\alpha = 45...50^\circ$ - угол наклона диска к горизонту; $\Delta h = (0,1...0,5)d$ (или $\Delta h = (0,1...0,5)l$ - в зависимости от типа бункера) - глубина западания детали в карман, при которой она считается захваченной.

Угловая скорость движения диска (с^{-1})

$$\omega = V / R. \tag{5.5}$$

Число оборотов диска (об/мин)

$$n = 30\omega / \pi \tag{5.6}$$

В расчете необходимо согласовать размерность в формулах (5.1-5.6)

5.3. Порядок выполнения задания

5.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия карманчиковых БЗОУ.

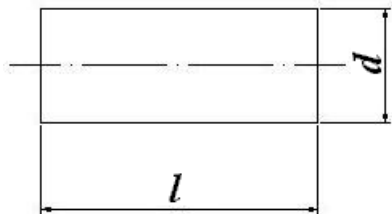
5.3.2. Получить у преподавателя номер варианта и в соответствии с исходными данными (таблица 5.3) произвести расчет основных параметров дисков с карманами различных типов (см. таблицу 5.2), определить число карманов.

Коэффициенты трения скольжения f приведены в таблице 2.2.

5.3.3. Используя выражения 5.1, 5.3, 5.4, 5.5 и 5.6, определить производительность карманчикового БЗОУ, построить график зависимости $Q = f(\alpha)$ в диапазоне $\alpha = (45...50)^\circ$ с интервалом 1° .

Таблица 5.3

□ Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип детали 										
l , мм	50	15	50	45	10	45	40	15	40	40
d , мм	20	35	15	22	30	10	10	25	5	25
Материал бункера	Сталь									
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

5.4. Содержание отчета

5.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера (шифра) варианта задания.

5.4.2. Цель практической работы.

5.4.3. Рисунок 5.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости

$$Q = f(\alpha).$$

5.4.4. Выводы.

5.5. Вопросы для самоконтроля

5.5.1. Как классифицируются БЗОУ по способу выноса деталей из навала?

5.5.2. Как размеры детали определяют выбор формы, размеров и расположение карманов на диске?

5.5.3. Какие факторы влияют на величину коэффициента заполнения захватных органов?

5.5.4. Как исключается западание в карман одновременно двух и более деталей?

6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Расчет основных параметров крючковых БЗОУ

6.1. Цель занятия

6.1.1. Изучение конструкции и принципа работы крючкового бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

6.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

6.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

6.2. Теоретическая часть

Крючковые БЗОУ применяются для загрузки деталей типа втулок, гильз, колпачков и т.п., у которых $l > d$, и имеют довольно большое число конструктивных разновидностей. На рисунке 6.1,а изображена схема основного типа крючкового БЗОУ с периферийным расположением крючков 4, укрепленных на вращающемся диске 3. Проходя через массу деталей, находящихся в нижней части рабочей емкости 6, крючки своими отогнутыми концами захватывают за отверстие детали, выносят их из навала, поднимая вверх, и входят вместе с ними в приемник 2 в вида трубчатого лотка с разрезом, сквозь который свободно проходит стержень крючка 4 толщиной δ . В приемнике деталь соскальзывает с крючка, опережает его в движении и выпадает в отводной лоток. При переполнении приемника крючок с очередной деталью упирается в детали, находящиеся в нем, и благодаря наличию предохранительной муфты в приводном механизме останавливается до освобождения приемника. Поступление деталей из предбункера в рабочую зону 6 регулируется заслонкой 5. Величина щели между заслонкой и днищем предбункера выбирается опытным путем.

Крючки могут быть расположены на внутренней и торцовых поверхностях диска. Известны БЗОУ с одним штырем, совершающим возвратно-поступательные движения в массе деталей [4,5].

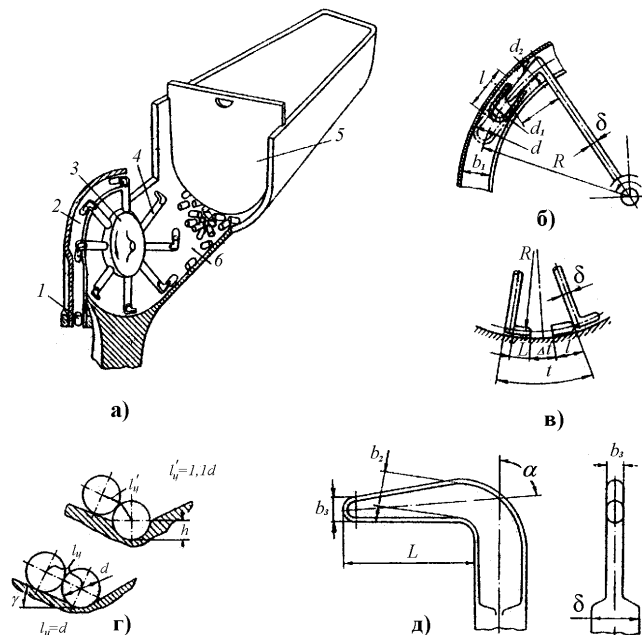


Рисунок 6.1 – Крючковые БЗОУ Радиус расположения отогнутых частей крючков (рисунок 6.1,б) выбирается из таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Значения радиуса R расположения отогнутых частей крючков

Длина заготовки l , мм	Диаметр заготовки d , мм	
	6...12	12...20
	Радиус R , мм	
10...20	175	-
20...40	-	175
40...60	200	200
60...90	200	-

Количество крючков определяется по формуле

$$z = \frac{2\pi R}{t}.$$

Шаг захватных органов (рисунок 6.1,в):

$$t = \Delta t + l + L + \delta,$$

где Δt - зазор по шагу; L - длина отогнутой части крючка; δ - толщина стержня крючка.

Во избежание заклинивания деталей между крючками шаг выбирают таким, чтобы в нем не укладывалось целое число деталей. Чем больше окружная скорость, тем большим должен быть зазор по шагу, который определяется по формуле:

$$\Delta t \geq V \sqrt{\frac{2l_y}{g(\sin\gamma - 2f_k \cos\gamma)d}},$$

где $V = 300...500$ мм/с - окружная скорость диска; l_y - длина пути центра тяжести очередной детали при ее перемещении в зону захвата (рисунок 4.1,г); $\gamma = 15...20^\circ$ - угол наклона днища емкости; $f_k = 0,05$ - коэффициент трения качения; d - диаметр детали.

Длину L и ширину b_2 у отогнутой части крючка (рисунок 6.1,д) следует принимать такими:

$$L = (1,2...1,3)l;$$

$$b_2 = (0,45...0,6)d_1,$$

где d_1 - внутренний диаметр деталей.

Ширина конца крючка

$$b_3 = (0,2...0,5)d_1.$$

Угол отгиба крючка $\alpha = 80...85^\circ$. Глубина впадины в днище емкости $h_b \geq 0,5d$, однако она должна быть такой, чтобы в пространство между надетой на крючок деталью и днищем емкости не могла вклиниться другая деталь.

Ширина приемника

$$b_1 \geq \frac{4d^2 + 8Rd + l^2}{8R + 4d}.$$

Объем предбункера рассчитывают исходя из необходимого времени непрерывной работы t_p по формуле

$$V_n = V_0 Q t_p,$$

где V_0 - объем одной детали; Q - производительность БЗОУ (шт/с):

$$Q = k_3 z n,$$

$n = V/2\pi R$ - число циклов работы (оборотов) в единицу времени (об/с); k_3 - коэффициент заполнения крючков ($k_3 = 0,52 \dots 0,68$).

При отсутствии предбункера рабочий объем емкости b составляет

$$V_p = \frac{V_0 Q t_p}{k_3}.$$

6.3. Порядок выполнения задания

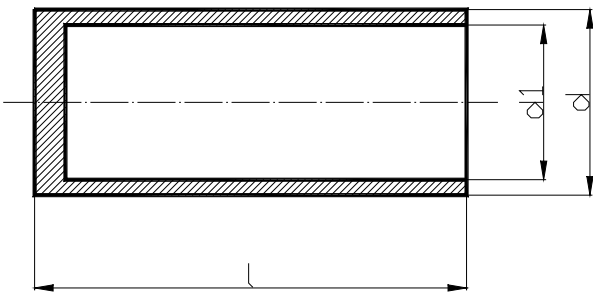
6.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия крючковых БЗОУ.

6.3.2. Произвести расчет конструктивных параметров бункера в соответствии с данными из таблицы 6.2.

6.3.3. Конструктивно определить толщину δ стержня крючка.

6.3.4. Определить производительность бункера. Построить график зависимости $Q = f(t)$.

Таблица 6.2 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	10	15	20	25	30	35	40	30	20	10
d , мм	5	7	10	12	15	18	20	10	8	6
d_1 , мм	3,5	4	8	10	12	15	16	7,5	6	4
V , м/с	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35	0,4	0,3	0,35	0,4	0,3
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь
Плотности материалов ρ , кг/м ³	Сталь, чугун – $7,8 \cdot 10^3$; алюминий – 2700; медь - 8960									

6.4. Содержание отчета

6.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.

6.4.2. Цель практической работы.

6.4.3. Рисунок 6.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости $Q = f(t)$.

6.4.4. Выводы.

6.5. Вопросы для самоконтроля

6.5.1. Для ориентации и загрузки каких объектов производства (деталей) применяются крючковые БЗОУ?

6.5.2. Как избежать заклинивания деталей между крючками?

6.5.3. Как исключается поломка крючков при переполнении отводного лотка?

7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Расчет основных параметров секторных БЗОУ

7.1. Цель занятия

7.1.1. Изучение конструкции и принципа работы секторного бункерного загрузочно – ориентирующего устройства.

7.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

7.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

7.2. Теоретическая часть

К числу БЗОУ с выдачей деталей порциями относятся секторные, ножевые (шиберные), щелевые, лопастные, дисковые и прочие, общим признаком которых служит захват одновременно нескольких деталей одним захватным органом – сектором, ножом, лопастью и др.[4,5].

Производительность БЗОУ указанных типов определяется по формуле:

$$Q = kzm n, \text{шт/мин},$$

где k - коэффициент заполнения захватных органов деталями; z - число захватных органов (секторы, ножи, лопасти и др.), в обычных устройствах равное единице; m - число одновременно захватываемых деталей; n - число рабочих циклов (оборотов и двойных ходов) в минуту.

Значение коэффициента заполнения: для цилиндрических деталей $k = 0,45$, для плоских деталей длиной l и толщиной S при $l/S = 1...3$ $k = 0,4$; при $l/S = 3...5$ $k = 0,25$.

Секторные БЗОУ (рисунок 7.1,а, в) состоят из предбункера 6, отделенного заслонкой от рабочей емкости 5, в которой засыпаны детали 1, сектора 4, гребня (сбрасывателя) 3 и отводящего лотка 2.

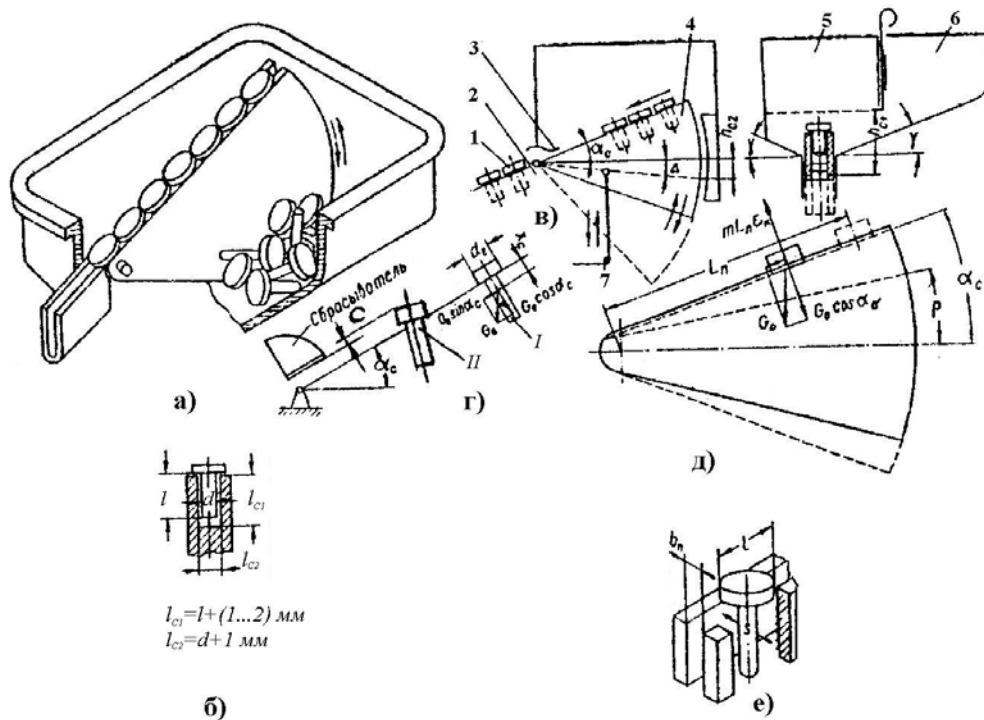


Рисунок 7.1 – Секторные БЗОУ

В нижнем положении в щель сектора 4 западают детали 1, а при подъеме сектора вверх они под действием силы тяжести соскальзывают в приемный лоток 2. Для задержки и сбрасывания обратно в емкость 5 неправильно ориентированных деталей служит сбрасыватель 3. Качательное движение сектора осуществляется приводом 7.

На рисунке 7.1,б показаны размеры верхней рабочей части сектора в зависимости от размеров детали. Угол наклона днища емкости и предбункера составляет $\gamma = 20...30^\circ$. Число ходов сектора

$$n = \frac{1}{t_y},$$

где t_y - время одного цикла (двойного хода).

Время качания сектора на угол $\alpha_c - \rho$ (рисунок 5.1, д) определяется следующим образом:

$$t_g = \frac{\alpha_c - \rho}{n(\alpha_c + \Delta)},$$

где ρ - угол трения, определяющий начало движения деталей по пазу сектора под действием силы тяжести; α_c - угол наклона сектора в крайнем верхнем положении; Δ - угол перебега сектора, определяется по формуле

$$\Delta = \arcsin \left(\frac{h_{c2}}{L_n} \right),$$

h_{c2} - глубина опускания сектора ниже горизонтальной плоскости (рисунок 7.1, в); L_n - длина рабочей части сектора.

Время t_3 перемещения детали из крайнего верхнего положения паза сектора в приемный лоток, зависящее от длины паза сектора и ускорения, вычисляется по формуле

$$t_3 = \sqrt{\frac{2L_n}{a}},$$

где a - ускорение движения детали по пазу сектора : $a = g(\sin \alpha_c - f_c \cos \alpha_c)$,

f_c - коэффициент трения скольжения.

С увеличением угла α_c время t_3 уменьшается, а с увеличением числа ходов n сектора возможно выбрасывание деталей из паза в верхнем положении сектора. Число ходов n следует рассчитывать из условия полной выдачи захваченных за один рабочий ход деталей в приемный лоток:

$$n = \sqrt{\frac{g \cos \alpha_c}{L_n}} \xi,$$

где ξ - коэффициент, определяемый в зависимости от величины α_c (определяется из таблицы 7.1).

Таблица 7.1 – Значение величины ξ

$\alpha_c, \text{град}$	20	30	40	50	60
ξ	0,0042	0,0055	0,0069	0,0077	0,0085

Максимальный угол α_c наклона сектора ограничивается условиями прилегания деталей к плоскости сектора всей опорной поверхностью (рисунок 7.1,г, положение I). При увеличении этого угла выше допустимого детали занимают положение II, при котором они не могут пройти под сбрасывателем из-за превышения траектории движения головки детали уровня расположения сбрасывателя на величину C .

Максимальный угол наклона сектора можно определить из условия

$$\alpha_{c \max} \leq \arctg \frac{d_2}{2x_c},$$

где d_2 - диаметр головки; x_c - расстояние от опорной поверхности до центра тяжести детали.

Длина рабочей части сектора L_n определяется размерами детали, необходимой производительностью и числом рабочих циклов.

Чем шире паз сектора, тем легче детали продвигаются в лоток (рисунок 7.1, е). Однако максимальная ширина паза ограничивается условием невозможности заклинивания деталей при неправильной ориентации в пазе:

$$b_n = \frac{2X\zeta S}{2X - 1},$$

где $X = l/S$ - отношение длины детали к ее толщине; $\zeta = 0,9...0,95$ - коэффициент, учитывающий влияние материала, чистоты поверхности и формы детали.

7.3. Порядок выполнения задания

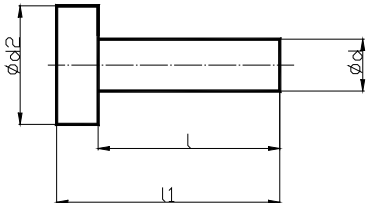
7.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия секторных БЗОУ.

7.3.2. Произвести расчет конструктивных параметров БЗОУ в соответствии с данными из таблицы 7.2.

7.3.3. Определить производительность БЗОУ. Построить график зависимости $Q = f(\alpha_c)$,

$\alpha_c \leq \alpha_{c \max}$ (не менее трех точек).

Таблица 7.2 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	11	15	18	20	22	25	12	14	16	23
l_1 , мм	13	17	21	23	26	29	14	17	20	28
d , мм	3	4	4	5	6	6	3	4	4	6
d_2 , мм	7	9	10	10	12	12	7	8	9	11
Материал бункера	Сталь									
Материал детали	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь	Сталь	Чугун	Латунь	Алюминий	Медь

7.4. Содержание отчета

7.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.

7.4.2. Цель практической работы.

7.4.3. Рисунок 7.1 с полученными в результате расчетов размерными параметрами, результаты расчетов, график зависимости $Q = f(\alpha_c)$.

7.4.4. Выводы.

7.5. Вопросы для самоконтроля

7.5.1. Для ориентации и загрузки каких объектов производства (деталей) применяются секторные БЗОУ?

7.5.2. Какие условия выдачи деталей влияют на число двойных ходов сектора?

7.5.3 Чем ограничивается угол наклона сектора?

8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Расчет основных параметров трубчатых БЗОУ

8.1. Цель работы

8.1.1. Изучение конструкции и принципа работы трубчатого бункерного загрузочно – ориентирующего устройства (ТБЗУ).

8.1.2. Определение влияния формы и размеров объектов производства на производительность и надежность функционирования устройства.

8.1.3. Получение практических навыков расчета основных размерных параметров, используемых при проектировании устройства.

8.2. Теоретическая часть

ТБЗОУ относятся к группе БЗОУ, выдающих детали непрерывным потоком. Кроме них в данную группу входят фрикционные и вибрационные БЗОУ.

Особенностью ТБЗОУ является то, что они не нуждаются в механизмах для сбрасывания лишних деталей, так как переполнение трубки (захватного органа) не вызывает никаких задержек в работе. Кроме того, они отличаются простотой конструкции и могут легко переналаживаться на другой вид деталей. Существует несколько конструктивных форм ТБЗОУ, которые различаются по виду движения (вращательное, возвратно-поступательное) и по тому, какая часть устройства совершает эти движения (чаша или трубка) [4,5].

Основным типом является ТБЗОУ с вращающейся трубкой (рисунок а), которое рекомендуется применять для деталей средних размеров.

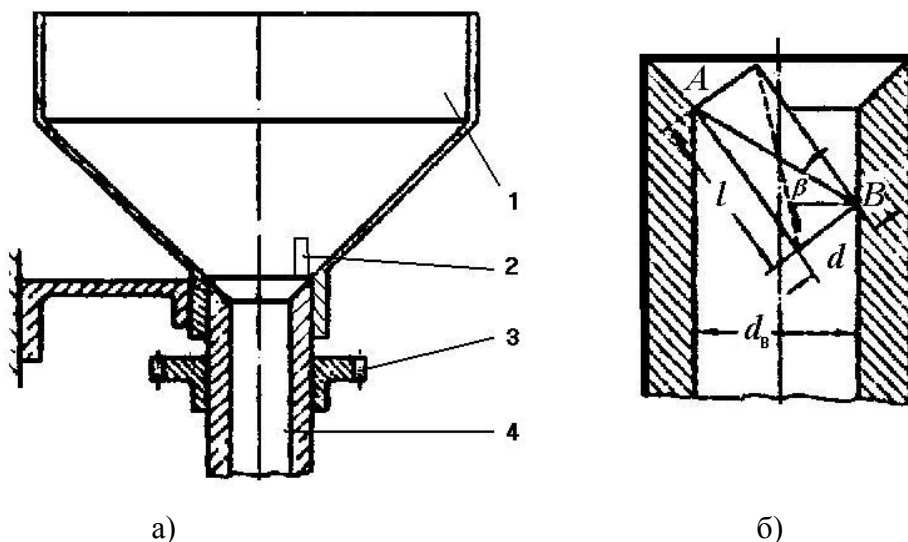


Рисунок 8.1 – Трубчатые БЗОУ: а) общий вид; б) схема расчета

Чаша 1 выполняется из листовой стали и приварена к корпусу, угол наклона ее дна равен 45...60°. Внутри корпуса вращается трубка 4, приводимая в движение от электродвигателя через пару зубчатых колес 3. Трубка имеет приемный конус с углом наклона образующей, равным 42...45°. В торец втулки вставлен ворошитель 2, выполненный в виде флажка или штифта, который вращаясь вместе с трубкой, ворошит детали, засыпанные в чашу, и создает условия для их западания в нее, откуда они под действием сил тяжести попадают в приемное устройство.

Устройство с вращающейся чашей используется при относительно малых размерах деталей. БЗОУ с возвратно-поступательным движением разрезной трубки пригодно для загрузки дета-

лей типа пластин. Наиболее характерными деталями, ориентируемыми и выдаваемыми при помощи ТБЗОУ являются стержневые, симметричные относительно центра тяжести детали, не требующие вторичного ориентирования после выхода из бункера, первичное ориентирование которых заключается в совмещении их оси вращения (симметрии) с направлением перемещения.

Основным расчетным параметром, влияющим на производительность ТБЗОУ, служит внутренний диаметр трубки. Вероятность западания детали из навала (расположенной благоприятным для западания образом) в трубку пропорциональна квадрату ее диаметра. Увеличение отверстия трубки улучшает условия западания детали, поэтому диаметр отверстия d_B следует выбирать максимально возможным, однако его увеличение ограничивается двумя условиями:

1. Деталь не должна поворачиваться в такое положение, при котором возможно заклинивание.

2. В трубку не должно одновременно попадать две детали.

Возможность заклинивания детали наступит в том случае, если деталь сможет повернуться в положение, при котором диагональ AB продольного сечения образует с нормалью к поверхности трубки угол β , равный углу трения ρ (рисунок 8.1,б). Для удовлетворения первого условия необходимо, чтобы $\beta > \rho$. Диаметр отверстия трубки:

$$d_B = \sqrt{l^2 + d^2} \cos \beta,$$

где l – длина, d – диаметр детали.

Диаметр отверстия трубки, при котором возможно заклинивание, получим при $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \rho = f_c$. Введя коэффициент надежности $\phi = 0,9 \dots 0,95$, учитывающий колебания размеров деталей и трубки в пределах допуска, получим:

$$d_B = \frac{d \phi \sqrt{\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}}{\sqrt{1 + f_c^2}}. \quad (8.1)$$

Для удовлетворения второго условия необходимо, чтобы

$$d_B = 2d\phi. \quad (8.2)$$

Определим размеры деталей по отношению $\frac{l}{d}$, для которых при расчете внутреннего диаметра трубки необходимо учитывать или оба условия, или можно принять только одно из этих условий. Приравняв выражения (8.1) и (8.2), получим:

$$\frac{l}{d} = \sqrt{4f_c^2 + 3}.$$

Тогда нижний предел данного отношения (при малых коэффициентах трения) будет равен 1,73, верхний предел – 2,4. Отсюда можно сделать следующие выводы:

1. Для деталей с $\frac{l}{d} < 1,73$ диаметр отверстия трубки следует рассчитывать по формуле (8.1).

2. Для деталей с $\frac{l}{d} = 1,73 \dots 2,4$ диаметр отверстия трубки необходимо вычислять по формулам (8.1) и (8.2) и принимать меньшее значение.

3. Для деталей с $\frac{l}{d} > 2,4$ достаточно рассчитать диаметр трубки по формуле (8.2).

Максимальную теоретическую производительность ТБЗУ можно определить, предположив, что детали, находящиеся в вертикальном положении над приемником, движутся сплошным потоком (непрерывно). Интервал времени между поступлением в приемник каждой детали по закону равнопеременного прямолинейного движения равен

$$t_B = \sqrt{\frac{2l}{g}}.$$

Отсюда теоретическая производительность:

$$Q_T = \frac{1}{t_B}.$$

8.3 Порядок выполнения задания

8.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия ТБЗУ.

8.3.2. Получить у преподавателя номер варианта.

8.3.3. Произвести расчет основных конструктивных параметров трубчатого бункера (диаметр трубки, объем чаши) и его производительности в соответствии с данными таблицы 8.1. Для определения величины коэффициента трения скольжения использовать таблицу 2.2 (Практическое занятие №2).

Таблица 8.1 – Исходные данные

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чертеж детали 										
l , мм	25	26	30	35	37	40	42	29	28	34
d , мм	12	9	12	15	12	9	11	5	4	18
Материал чаши	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний	сталь	алю-ми-ний
Материал детали	сталь	алю-ми-ний	медь	чу-гун	сталь	алю-ми-ний	медь	чу-гун	сталь	алю-ми-ний

8.4. Содержание отчета

- 8.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера варианта (шифра) задания.
- 8.4.2. Цель практической работы.
- 8.4.3. Рисунок 8.1. с полученными в результате расчетов размерами.
- 8.4.4. Результаты расчетов.
- 8.4.5. Выводы.

8.5. Вопросы для самоконтроля

- 8.5.1. Почему ТБЗОУ не нуждаются в наличии устройств, предохраняющих приводной механизм от поломки в случае переполнения трубки?
- 8.5.2. Как различаются ТБЗОУ по характеру движения трубки?
- 8.5.3. Как отношение размерных параметров деталей (длина и диаметр) влияет на выбор выражения для расчета внутреннего диаметра трубки?

9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Определение конструктивных параметров спиральных лотков вибрационных БЗОУ для пассивного автоматического ориентирования деталей со смещенным центром тяжести

9.1. Цель занятия

9.1.1. Изучение конструктивных особенностей транспортно-ориентирующих спиральных лотков ВБЗОУ, используемых для автоматического пассивного ориентирования в процессе движения объектов производства (ОП) конической, цилиндрической и плоской формы со смещенным относительно центра симметрии (ЦС) центром тяжести (ЦТ).

9.1.2. Изучение методики расчета и выбора конструктивных параметров транспортно-ориентирующих спиральных лотков в зависимости от размеров, формы и положения центра тяжести ОП.

9.1.3. Получение практических навыков расчета и проектирования транспортно-ориентирующих спиральных лотков ВБЗОУ.

9.2. Теоретическая часть

Под **автоматическим ориентированием** подразумевается процесс, в течение которого объекты производства (ОП) без участия человека приводятся из хаотического состояния в определенное, наперед заданное положение, относительно ориентирующих поверхностей загрузочных устройств, например, ВБЗОУ.

Под **пассивным автоматическим ориентированием** понимается процесс отсева (удаления) неправильно расположенных ОП и сохранение ОП, занимающих наперед заданное (требуемое) положение для осуществления технологического процесса (сборка, обработка, контроль и др.).

Автоматическое ориентирование можно рассматривать как процесс приведения ОП из одного **устойчивого** или **различимого** положения в другое заданное устойчивое или различимое положение относительно ориентирующих поверхностей загрузочного устройства.

Большую группу составляют ОП, от носящихся к классам деталей типа тел вращения и плоской формы со смещенным относительно центра симметрии центром тяжести.

Ориентирование ОП типа тел вращения

Примеры конструктивного исполнения ОП, относящихся к классу деталей **типа тел вращения** с $l_1 / d_1 = 1,5 \dots 2$, характеризующихся наличием одной **оси симметрии**, совпадающей с осью вращения $O - O$, и смещенным вдоль нее ЦТ относительно ЦС, равноудаленного от торцов ОП, показаны на рисунке 9.1.

Теоретически, каждый из приведенных на рисунке ОП может занимать на транспортно-ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ шесть **различимых положений**, т.е. таких положений, при которых проекции ОП на эту поверхность **неповторимы**.

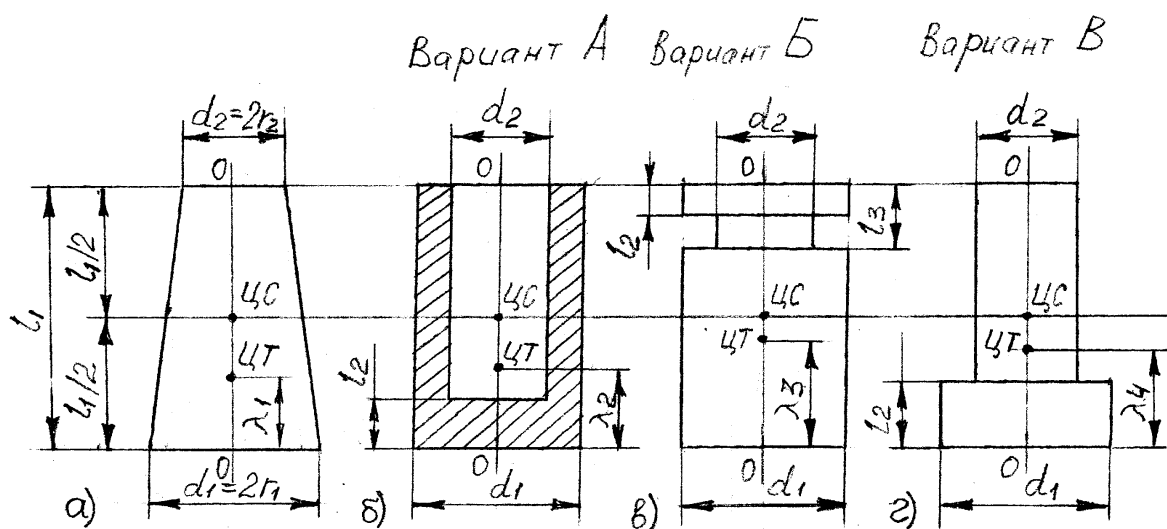


Рисунок 9.1 - Примеры ОП типа тел вращения со смещенным ЦТ относительно ЦС

Рассматриваемый ниже в качестве примера ОП в виде усеченного конуса (рисунок 9.1,а) может находиться на транспортно-ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ в следующих **шести** различимых положениях:

- **четыре неустойчивых положения** при контакте наружной конической образующей поверхности с ориентирующей поверхностью спирального лотка, в том числе, **два** – вперед по ходу движения торцом большего или меньшего диаметра и **два** – торцами большего и ли меньшего диаметра, обращенными к внутренней поверхности чаши;

- **два устойчивых положения** на торцовых поверхностях большего d_1 или меньшего d_2 диаметра (рисунок 9.2,б).

Процесс пассивного автоматического ориентирования сводится к тому, что из **шести** различимых положений ОП на ориентирующей поверхности спирального лотка ВБЗОУ необходимо сохранить лишь **одно**, наперед заданное **наиболее** устойчивое положение, каким в рассматриваемом случае является положение ОП, контактирующего с этой поверхностью торцом большего диаметра d_1 .

Спиральный лоток 2 выполнен на внутренней цилиндрической поверхности чаши 1 с наклоном под углом α_1 внутрь чаши, и снабжен по краю ребордой (упорным буртиком) 3, высотой 1,5...2 мм, удерживающей ОП от соскальзывания с лотка, шаг которого

$$t = 1,4l + \delta, \quad (9.1)$$

где l – размер ОП, находящегося в заданном положении, взятый по нормали к ориентирующей поверхности лотка; $\delta = 3...5$ мм – толщина лотка, а ширина

$$B = d_1 + (2...5) \text{ мм}. \quad (9.2)$$

Условно, процесс ориентирования может быть представлен двумя стадиями.

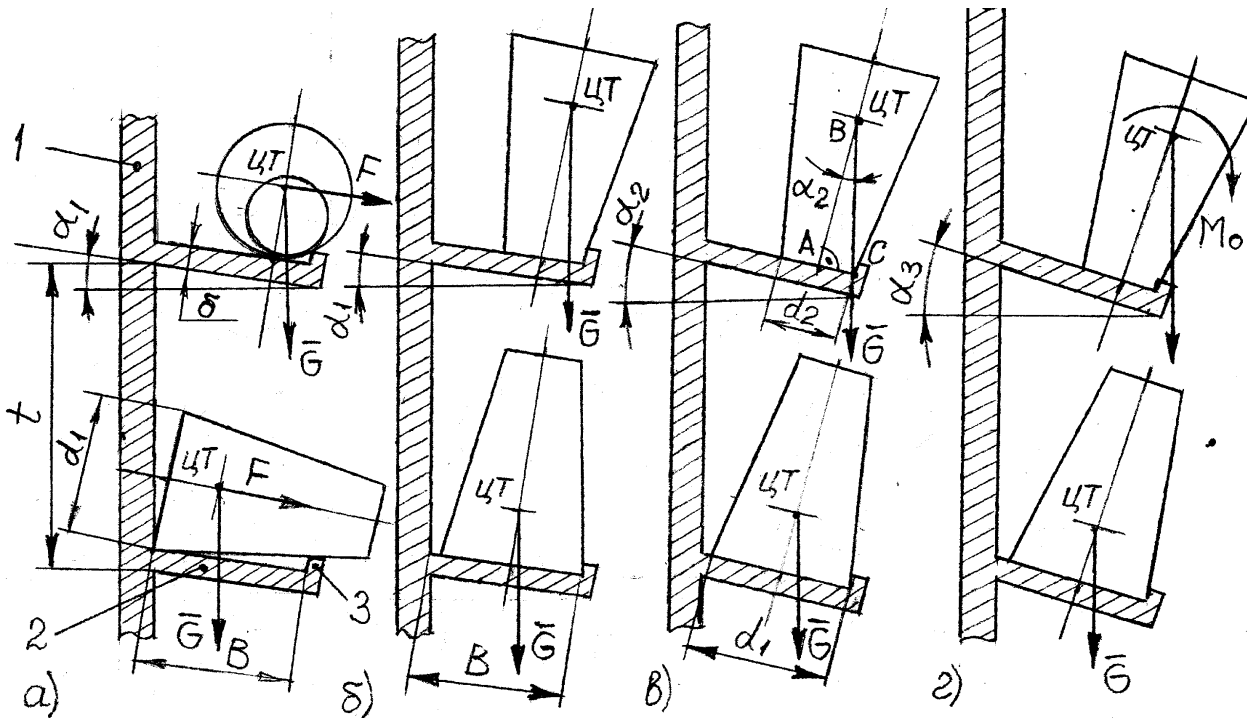


Рисунок 9.2 – Стадии пассивного ориентирования ОП в виде усеченного конуса

На **первой стадии ориентирования**, благодаря наклону лотка, обеспечивающему возникновение направленных к центру чаши сил F , происходит отсев (скатывание, соскальзывание) **неустойчиво расположенных** ОП, контактирующих с ним по наружной конической поверхности (рисунок 9.2,а), и остаются ОП, контактирующие с лотком торцовыми поверхностями (рисунок 9.2,б), **устойчивость** которых обеспечивается тем, что вектор силы тяжести $\bar{G}$, направленный под углом α_1 к оси симметрии О-О, проходит через опорные площадки, ограниченные диаметрами d_1 и d_2 .

Вторая стадия заключается в отсеке ОП, занимающих одно из двух различных положений, что достигается увеличением угла наклона, т.е. выполнением лотка с углом наклона $\alpha_2 > \alpha_1$, вызывающим переход ОП, контактирующего торцом меньшего диаметра d_2 с поверхностью лотка, из устойчивого положения в **неустойчивое**, (рисунок 9.2,в), при котором вектор силы тяжести $\bar{G}$ проходит через границу опорной площадки диаметром d_2 . ОП с диаметром опорной поверхности $d_1 > d_2$ сохраняют устойчивость, так как вектор $\bar{G}$ не выходит за ее границу.

Угол α_2 отклонения вектора $\bar{G}$ от оси симметрии О-О определяется из ΔABC :

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = 0,5 d_2 / (1 - \lambda_1) = r_2 / (1 - \lambda_1);$$

$$\alpha_2 = \arctg (r_2 / (1 - \lambda_1)), \quad (9.3)$$

где $\lambda_1 = 0,25 [(r_1^2 + 2 r_2 r_1 + 3 r_2^2)] / (r_1^2 + r_2 r_1 + r_2^2)$ – координата расположения центра тяжести (ЦТ) вдоль оси симметрии ОП.

Таким образом, выполнение спирального лотка с углом наклона

$$\alpha_3 = \alpha_2 + (1 \dots 3)^\circ,$$

приводит к выходу проекции вектора силы тяжести $\bar{G}$ за границу опорной поверхности диаметром d_2 , увеличению опрокидывающего момента M_0 , способствующего гарантированному удалению ОП с поверхности спирального лотка (рисунок 9.2,г).

Координаты расположения центров тяжести ОП, приведенных на рисунке 9.1, могут быть рассчитаны с помощью выражений:

для ОП на рисунке 9.1,б:

$$\lambda_2 = 0.5 l_1 - l_2 / (d_1^2 / d_2^2 - 1); \quad (9.4)$$

для ОП на рисунке 9.1, в:

$$\lambda_3 = 0.5 l_1 - (l_3 - l_2) (1 - d_2^2 / d_1^2); \quad (9.5)$$

для ОП на рисунке 9.1, г:

$$\lambda_4 = 0.5 l_1 - l_2 (d_1^2 / d_2^2 - 1). \quad (9.6)$$

Ориентирование ОП плоской формы

Варианты конструктивного исполнения ОП плоской формы, с соотношением размерных параметров $l_1 > b_1 > h$, где l_1 – длина, b_1 – ширина, h – высота (толщина), показаны на рисунке 9.3.

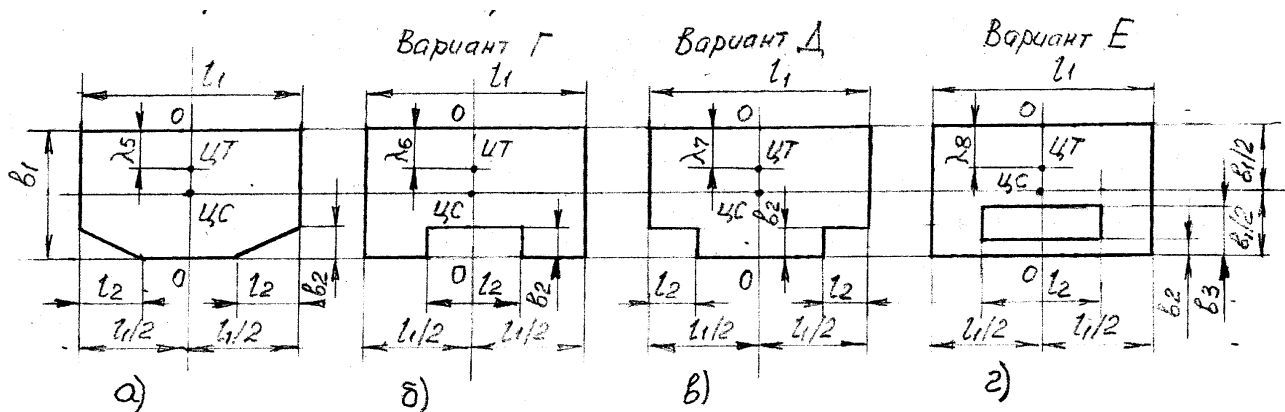


Рисунок 9.3 – Примеры ОП плоской формы со смещенным центром тяжести

Они характеризуются наличием **двух плоскостей симметрии** – продольной П1 и поперечной П2 (рисунок 9.4,а), образующих при пересечении **поперечную ось симметрии** О-О, а также смещенным относительно ЦС вдоль этой оси ЦТ, равноудаленного от сторон длиной l_1 и b_1 .

Данные ОП могут занимать на ориентирующей поверхности спирального лотка 12 различных положений:

- **четыре**, на гранях высотой (толщиной) h и длиной l_1 , параллельных направлению движения по лотку, отличающихся друг от друга расположением скошенных углов по отношению к поверхности лотка;

- **четыре**, на гранях высотой (толщиной) h и длиной l_1 , перпендикулярных направлению движения по лотку, также отличающихся друг от друга расположением скошенных углов по отношению к поверхности лотка;

- **четыре**, на гранях со сторонами l_1 и b_1 , параллельно или перпендикулярно расположенных по отношению к направлению движения по лотку и также отличающихся друг от друга расположением скошенных углов.

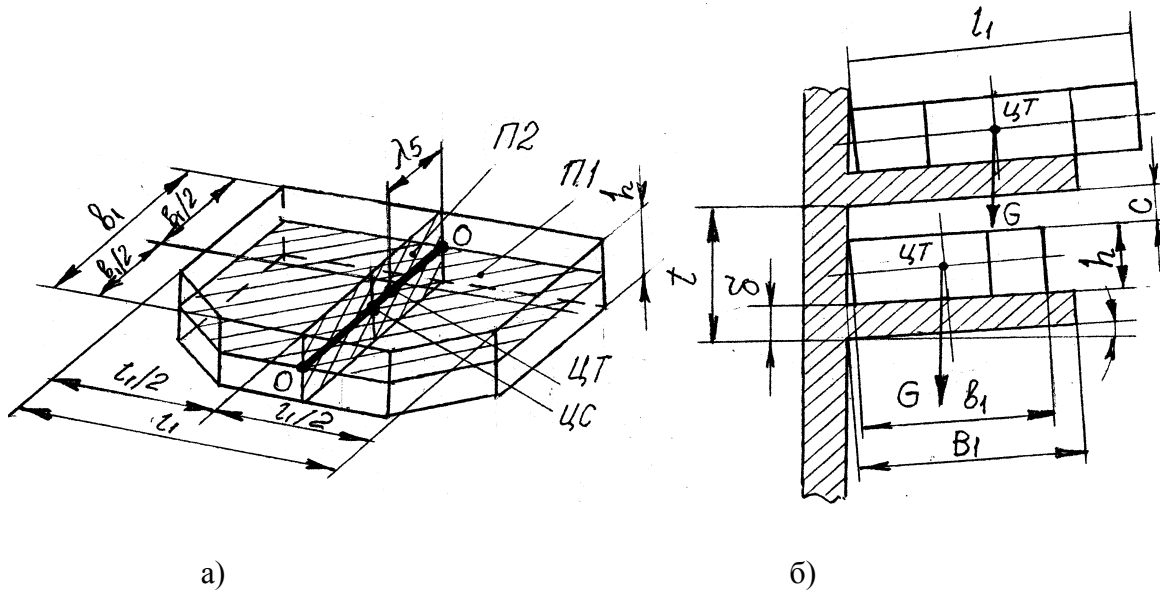


Рисунок 9.4 – Плоскости и оси симметрии ОП плоской формы (а) и конструктивные параметры спирального лотка для их транспортирования и ориентации (б).

Для принятого за требуемое (заданное) положение ОП после ориентирования, показанного на рисунке 9.5 (положение 1), с учетом их размерных параметров, определяются конструктивные параметры спирального лотка чаши ВБЗОУ (рисунок 9.4,б):

$$\text{ширина} \quad B_1 = b_1 + (1 \dots 3) \text{ мм}; \quad (9.7)$$

$$\text{шаг} \quad t = C + \delta, \quad (9.8)$$

где $C = 1,4 h$ – расстояние между витками спирального лотка, обеспечивающее однослойное расположение на нем ОП, а также удовлетворяющее условию

$$C < b_1 < l_1. \quad (9.9)$$

Угол наклона ориентирующей поверхности лотка к внутренней поверхности чаши, обеспечивающий контакт с ней ОП в процессе движения и исключающий соскальзывание ОП с лотка внутрь чаши

$$\alpha = 1 \dots 3^\circ.$$

Процесс пассивного ориентирования плоских ОП также можно разделить на две стадии (рисунок 9.5).

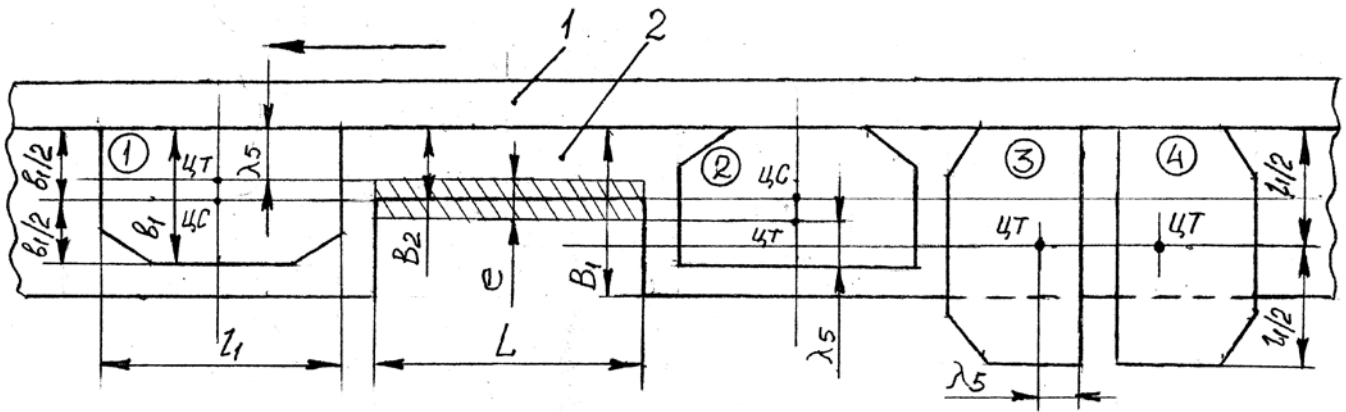


Рисунок 9.5 – Стадии пассивного ориентирования плоских деталей

На **первой стадии** за счет выполнения спирального лотка с шагом t , определенным с помощью выражения (9.8), и с учетом выражения (9.9), исключается попадание в зазор C между его витками ОП, занимающих устойчивые (различные) положения при контакте их граней высотой (толщиной) h с ориентирующей поверхностью лотка. Таким образом исключаются **8 (восемь)** различных положений из **12**, и на лотке остаются ОП, находящиеся в **четыре**х различных и устойчивых положениях, при которых проекции вектора силы тяжести G пересекают ориентирующую (опорную) поверхность лотка (рисунок 9.4,б).

На **второй стадии** с помощью выреза длиной L (рисунок 9.5) достигается уменьшение ширины лотка до размера B_2 , обеспечивающая удаление с поверхности лотка ОП, еще три устойчивых и различных положения (положения 2, 3, 4), при которых вектор силы тяжести G в момент прохождения этими ОП зоны выреза выходит за пределы опорной поверхности лотка шириной B_2 .

В результате на лотке остаются ОП, находящиеся в наперед заданном положении 1.

Получение данного результата ориентирования обеспечивается расположением края участка лотка шириной B_2 в зоне площадью $e \times L$ (рисунок 9.5), где e – расстояние между центрами тяжести ОП, находящимися в положениях 1 и 2, L – длина выреза:

$$e = b_1 - 2\lambda_5; \quad (9.10)$$

$$L = l_1 + (3 \dots 5) \text{ мм.} \quad (9.11)$$

На основании выражения (9.10), при определении ширины лотка B_2 в зоне выреза необходимо руководствоваться условием

$$\lambda_5 < B_2 < (b_1 - \lambda_5). \quad (9.12)$$

На практике, с учетом колебаний размеров ОП в пределах допуска и паразитных поперечных колебаний чаши ВБЗОУ, вызывающих смещение ОП в поперечном по отношению к спиральному лотку направлении и выход проекции силы тяжести G за пределы опорного участка лотка шириной B_2 , рекомендуется руководствоваться условиями

$$1,25 \lambda_5 < B_2 < 0,75 (b_1 - \lambda_5) \text{ и } B_2 < 0,5 l_1. \quad (9.13)$$

Например, при $b_1 = 40$ мм, $b_2 = 10$ мм, $l_1 = 50$ мм и $l_2 = 10$ мм, на основании выражения (9.14) получаем $\lambda_5 = 18$ мм. Затем, руководствуясь выражением (9.12), определяем предельные значения ширины лотка B_2 в зоне выреза:

$$18 \text{ мм} < B_2 < 32 \text{ мм,}$$

т.е. теоретически, минимальная ширина $B_{2 \min} = 18$ мм, а максимальная $B_{2 \max} = 32$ мм.

С учетом выражения (9.13) величина B_2 должна находиться в пределах

$$22,5 \text{ мм} < B_2 < 40 \text{ мм}$$

и

$$B_2 < 25 \text{ мм.}$$

Основываясь на полученных результатах расчетов, рекомендованная для практического использования ширина лотка B_2 в зоне выреза может быть выбрана в пределах от 22,5 мм до 24,0 мм, например $B_2 = 23$ мм. Данная величина удовлетворяет условиям (9.12) и (9.13), а именно:

$$22,5 \text{ мм} < 23 \text{ мм} < 40 \text{ мм}$$

и

$$23 \text{ мм} < 25 \text{ мм.}$$

Координаты расположения центров тяжести ОП плоской формы, представленных на рисунке 9.3 определяются с помощью следующих выражений:

Координаты расположения центров тяжести ОП плоской формы, представленных на рисунке 9.3 определяются с помощью следующих выражений:

для ОП на рисунке 9.3,а:

$$\lambda_5 = 0,5 b_1 - l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.14)$$

для ОП на рисунке 9.3,б:

$$\lambda_6 = 0,5 b_1 - l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.15)$$

для ОП на рисунке 9.3,в:

$$\lambda_7 = 0,5 b_1 - 2 l_2 b_2 / l_1 ; \quad (9.16)$$

для ОП на рисунке 9.3,г:

$$\lambda_8 = 0,5 b_1 - l_2 (b_3 - b_2) / l_1 . \quad (9.17)$$

Таблица 9.1- Варианты заданий

Параметры	Варчанты рисунка 9.1												Варианты рисунка 9.3															
	А				Б				В				Г				Д				Е							
	Размеры параметров, мм																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
d_1	30	27	24	20	35	30	25	20	30	27	24	20																
d_2	20	18	15	10	25	20	15	10	20	18	15	10																
l_1	45	40	36	30	50	45	37	30	45	40	36	30	50	48	46	44	50	48	46	44	46	44	42	40				
l_2	15	10	8	7	10	10	7	5	15	10	8	7	30	30	26	24	10	10	10	10	30	30	28	26				
l_3					20	20	15	10																				
b_1													40	38	34	30	40	38	34	30	32	30	28	24				
b_2													10	8	6	5	5	5	5	5	5	4	3	2				
b_3																					5	4	3	3				
h													20	15	12	10	18	16	14	12	16	15	14	10				

9.3. Порядок выполнения задания

9.3.1. Получить у преподавателя вариант задания, и используя таблицу 9.1 выполнить эскизы деталей типа тела вращения и плоской формы с соответствующими размерными параметрами.

9.3.2. Ознакомиться с методиками расчета и выбора конструктивных параметров спиральных ориентирующих лотков ВБЗОУ (раздел 9.2) для ОП, выбранных в качестве примеров.

9.3.3. По аналогии со схемами на рисунках 9.2 , 9.4 и 9.5 выполнить схемы, отражающие процесс пассивного автоматического ориентирования заданного ОП.

9.3.4. Выполнить расчеты параметров спиральных лотков, используя приведенные в разделе 9.2 выражения.

9.3.5. Описать стадии пассивного автоматического ориентирования заданных ОП, характеризующихся смещенным центром тяжести относительно центра симметрии.

9.4. Содержание отчета

9.4.1. Титульный лист с указанием Ф.И.О. студента, номера группы, номера и параметров варианта практического задания.

9.4.2. Цель практической работы.

9.4.3. Схемы, результаты расчетов, описания стадий ориентирования.

9.4.4. Выводы.

9.5. Вопросы для самоконтроля

9.5.1. Какое ориентирование ОП в ВБЗОУ называется пассивным автоматическим ориентированием?

9.5.2. Какие положения ОП относительно ориентирующих поверхностей транспортного спирального лотка называются различимыми?

9.5.3. Какие положения ОП на ориентирующей поверхности считаются устойчивыми?

9.5.6. Какое положение ОП на ориентирующей поверхности считается неустойчивым?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизация в промышленности: Практикум. В 4 ч. Ч. I Пневмоавтоматика и гидроавтоматика: учеб. пособие / Е.В. Пашков [и др.]; под ред. Е.В. Пашкова. — Севастополь: СевНТУ, 2010. — 156 с.
2. Пашков Е.В. Электропневмоавтоматика в производственных процессах: учебное пособие / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский, А.А. Четверкин; под ред. Е.В. Пашкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Севастополь: СевНТУ, 2003. — 496 с.
3. Автоматизация в промышленности: Практикум. В 4 ч. Ч. II. Транспортно-накопительные, загрузочные, сборочные и контрольно-измерительные устройства: учеб. пособие / Е.В. Пашков [и др.]; под ред. Е.В. Пашкова. — Севастополь: СевНТУ, 2010. — 224 с.
4. Пашков Е.В. Транспортно-накопительные и загрузочные системы в сборочном производстве: учеб. пособие / Е.В. Пашков, В.Я. Копп, А.Г. Карлов. — К: УМК ВО, 1992. — 536 с.
5. Малов А.Н. Загрузочные устройства для металлорежущих станков / А.Н. Малов. — М.: Машиностроение, 1972. — 400 с.
6. Пашков Е.В. Промышленные механотронные системы на основе пневмопривода: Учеб.пособие / Е.В Пашков, Ю.А.Осинский. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. — 401 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Методические указания
к выполнению практических работ*

Составители: **Пашков** Евгений Валентинович,
Вожжов Андрей Анатольевич

В авторской редакции

Изд. № 151/18. Объем 3,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

