

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П.О.Сухого»  
Кафедра «Технология машиностроения»

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**ПРАКТИКУМ**

по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения» дневной  
и заочной форм обучения

Старовойтов Н.А., Рогов С.В.

Практикум по выполнению лабораторных работ, электронный, уточненный и переработанный вариант, по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении». для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения, - Гомель: ГГТУ им.П.О.Сухого, 2020 - 34с.

Практикум предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении». Лабораторные работы помогут студентам получить практические навыки проектирования и расчетов магазинных транспортных устройств.

Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows XP и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by/>.

Рецензент: к. т. н., доцент Лешпий А. П.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОДИМОСТИ ДЕТАЛЕЙ ВЛОТКАХ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Углубленное изучение и приобретение практических навыков по определению проходимости деталей цилиндрической формы по наклонным лоткам –скатам

#### ОБОРУДОВАНИЕ:

1. Сборный переналаживаемый лоток - скат.
2. Штангенциркуль ШЦ ГОСТ 166-80.
3. Набор щупов» N2 ГОСТ 682-64.
4. Набор предварительно обрабатываемых деталей, форма которых приведена в табл. 1.

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Размеры деталей (см. табл. 1) - задаются преподавателем.
2. Условия работы лотка – задается преподавателем.

#### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Магазинные транспортирующие устройства (лотки – магазины) предназначены для направления движения заготовок по заданной траектории от одной технологической позиции к другой и вместе с тем накопления определенного их количества, обеспечивающего бесперебойную работу питателя [1,2,3,4].

При использовании лотков в качестве самотечных магазинов – накопителей в загрузочных устройствах для металлорежущих станков, они по определенной криволинейной (вогнутой или выпуклой) траектории.

В зависимости от вида движения деталей по лоткам, последние подразделяются на: лотки-скаты – деталь скатывается по лотку, [3, 5, 6]. По геометрии поперечного сечения лотки изготавливают прямоугольными, V-образными, круглыми, сложной формы по контуру заготовки, открытыми, полуоткрытыми, закрытыми. Конструктивное исполнение их может быть различным: цельные, сборные, криволинейные, винтовые, змейковые и др. Их изготавливают специальными или переналаживаемыми. Некоторые типы лотков-скатов и лотков-склизов представлены на рис.1.

Лотки-магазины, как правило, не воспринимают технологических нагрузок, поэтому прочностные расчеты носит простейший характер либо вообще не производятся. Основная задача расчета и конструирования-выбор оптимального сочетания элементов лотка, которое обеспечит быстродействие, пропускную способность, надежность в работе при минимальной стоимости.

Лотки-скаты в основном применяются для питания станков деталями простой геометрической формы типа тел вращения: короткие валы ( $l/d=3,0 \dots 3,5$ ), диски, кольца. Эти детали без заклинивания могут транспортироваться в направлении, перпендикулярном оси вращения детали. Лотки-склизы применяют для транспортирования деталей типа валов ( $l/d > 5$ ) вдоль их оси вращения, а также для транспортирования плоских и сложной геометрической формы деталей.

Общая проходимость в лотках прямоугольного сечения определяется из ряда частных видов проходимости:

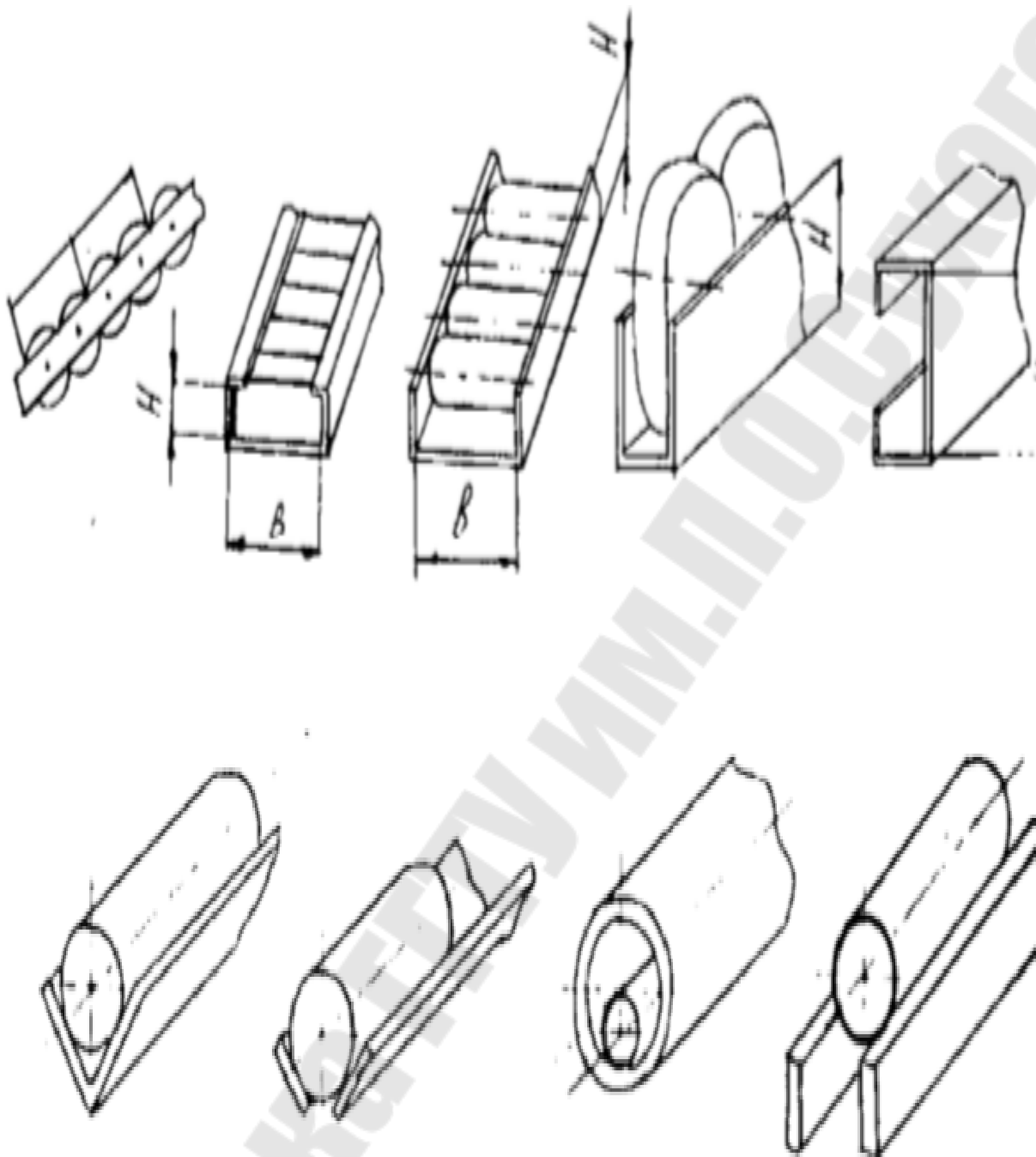


Рис.1 Типы лотков

а) лотки-скаты, лотки -склизы

- геометрическая проходимость, учитывающая соотношение размеров деталей и лотка;
- кинематическая проходимость, учитывающая массу детали, расположение ее центра тяжести;
- фрикционная проходимость, учитывающая коэффициент трения, молекулярное магнитное притяжение, давление атмосферного воздуха и т.п.
- “грязевая” проходимость, учитывающая состояние поверхности лотка и

детали, степени их загрязнения стружкой, окалиной, шлаком, СОЖ и т.п. (3,5)

В общем случае закономерности проходимости деталей в лотках описываются законами движения твердого тела по плоскости.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ

##### 2. Определение проходимости деталей в лотках-скатах.

Рассмотрим условие геометрической проходимости, в лотках прямоугольного сечения, деталей, предварительно ориентированных.

На практике известно, что детали перемещаются в лотках данного типа с перекосом под определенным углом. Это объясняется тем, что существует предельный допустимый зазор  $\Delta l$  между стенками лотка и торцами детали, необходимый для установки детали в лоток (рис. 2).

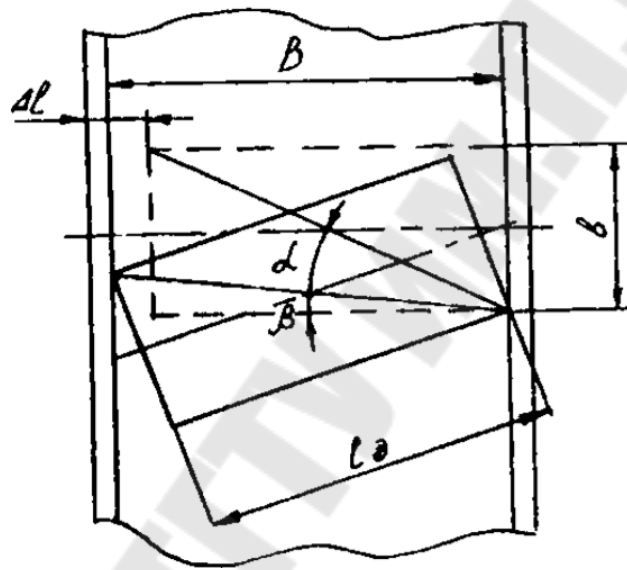


Рис. 2. Схема для расчета проходимости детали

Угол поворота  $\alpha$  увеличивается с увеличением зазора до тех пор, пока деталь не заклинится между бортами лотка или не повернется и потеряет ориентацию. С увеличением зазора  $\Delta l$  и угла  $\alpha$  одновременно уменьшается угол заклинивания  $\beta$ , что приводит к увеличению сопротивления перемещению детали.

Если угол  $\beta$  равен углу трения, т.е.  $\text{tg}\beta = \mu$ , где  $\mu$  – коэффициент трения (обычно  $\text{tg}\beta > \mu$ ), приведенная к центру сила трения о борт (рис. 3).

$$P_{\text{тр}} = \frac{P_n \times \mu \times \sqrt{\frac{2H}{r_d}}}{\text{tg}\beta}, \quad [1]$$

где  $P_n = G \times \mu$  – нормальная сила, давящая на борт;

$G/g$  – масса детали, кг;

$H$  – высота борта, мм;

$r_d$  – радиус детали, мм;

Из формулы (1) следует, что при  $\mu = \text{tg}\beta$ , к  $H = 0.6 r_d$

$P_{\text{тр}} = P_n$  и деталь перемещаться не будет. Следовательно, при высоких бортах необходимо стремиться к увеличению угла  $\beta$ , как и угол  $\alpha$  зависят от отклонения  $v_p/l_d$ ,

необходимо, чтобы соблюдалось соотношение

$$\frac{b_p}{l_d} = \operatorname{tg}(\alpha + \beta) > \mu, \quad [2]$$

где,  $b_p$  - расчетная ширина (диаметр) детали, мм;

$l_d$  - длина детали, мм;

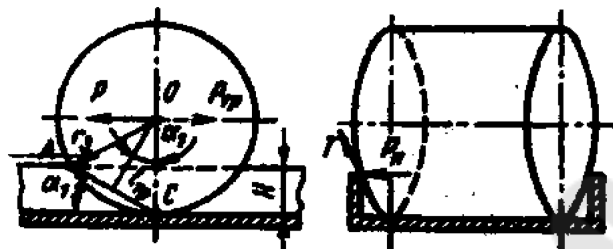


Рис. 3. Схема движения детали в лотке-скате с перекосом.

Предельно допустимый зазор зависит от формы и размеров детали. Для деталей цилиндрической формы, частично конической и с фасками [1,5]:

$$\Delta l = \left[ \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{b_p}{l_p}\right)^2}}{\sqrt{1 + \mu^2}} - \frac{l_p}{b_p} \right] b_p = \frac{\sqrt{b_p^2 + l_p^2}}{\sqrt{1 + \mu^2}} - l_p \quad [3]$$

Для деталей с окружным торцом или при наличии радиуса на углах.

$$\Delta l = \frac{S \cdot \sin(\delta + \beta)}{\operatorname{tg} \beta} - l_p, \quad [4]$$

где,  $l_p$  – расчетная длина детали, мм;

$b_p$  – расчетная ширина (диаметр) детали, мм;

$\mu$  – коэффициент трения скольжения детали о борта, равный 0,1...0,2;

$S$  – расстояние от точки поворота детали до центра закругления, мм;

$\delta$  – угол, градусы;

$$\delta = \frac{R \cdot \sin \beta}{S} \quad [5]$$

$R$  – радиус закругления, мм.

Методика расчета  $l_p$ ,  $b_p$ ,  $S$  в зависимости от формы детали приведена в табл. 1.

Зазоры, вычисленные по формулам [3,4], дают предельные значения. Действительные наибольшие значения зазоров (рис. 4) определяются по формуле:

$$\Delta l_1 = \Delta + \Delta_{\min} + \Delta B, [1,2,5] \quad [6]$$

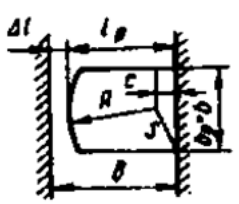
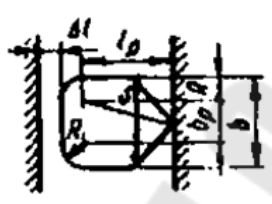
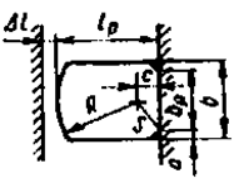
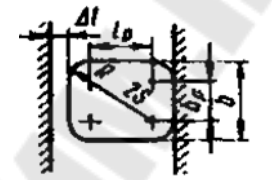
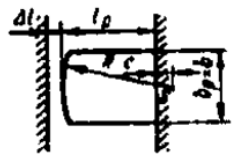
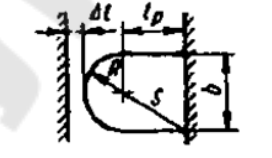
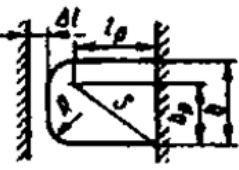

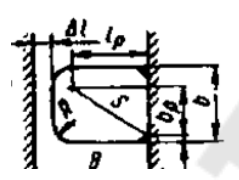

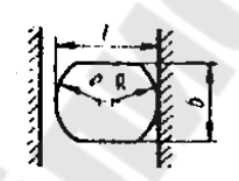
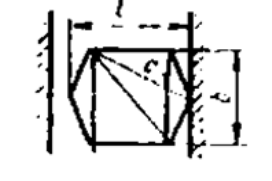
Где,  $\Delta$  – допуск на длину детали, мм;

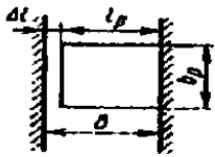
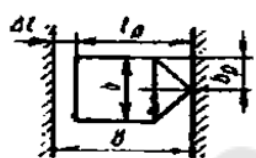
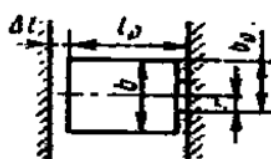
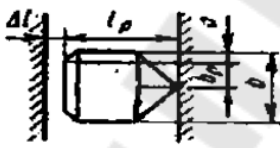
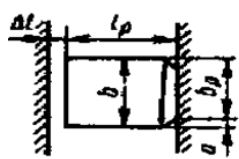

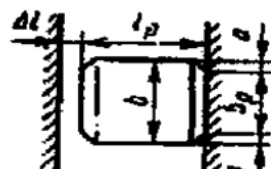
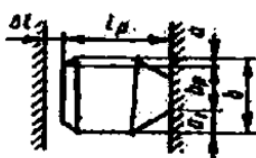
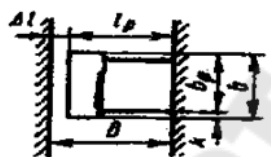
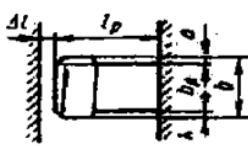
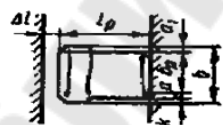
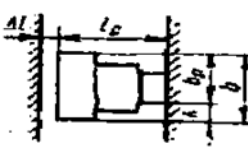
$\Delta_{\min}$  – минимальный зазор, мм;

$\Delta B$  – допуск на ширину лотка, мм;

Минимальный зазор  $\Delta_{\min}$  при отсутствии загрязнения лотка и детали принимается равным допуску на длину детали по h9-h11, а при загрязнении по h12-h14. Допуск  $\Delta B$  устанавливается конструктивно с учетом условий работы лотка и размеров детали.

Формулы для расчета параметров лотка в зависимости от конфигурации детали[1] .Таблица1

Эскиз заготовки в плане и расположение ее в точке	Формула расчета параметров	Эскиз заготовки в плане и расположение ее в точке	Формула расчета параметров
ПО с закруглениями по углам			
	$c = l_p - R;$ $b_p = b;$ $S = \sqrt{c^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$ $B = l_p + \Delta l$		$b_p = b - 2R_1;$ $S = \sqrt{l_p^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$
	$c = l_p - R;$ $b_p = b - 2a;$ $S = \sqrt{c^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$		$b_p = b - 2R;$ $S = \frac{\sqrt{l_p^2 + b_p^2}}{2}$
	$c = R - l_p;$ $b_p = b;$ $S = \sqrt{c^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$		$b_p = b;$ $S = \sqrt{l_p^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$
	$b_p = b - R;$ $S = \sqrt{l_p^2 + b_p^2}$		$b_p = b - 2a;$ $S = \sqrt{l_p^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$
	$b_p = b - (a + R);$ $S = \sqrt{l_p^2 + \left(\frac{b_p}{2}\right)^2}$		При $R = \frac{b}{2}$ изделие бортами не направляется
	При $R \leq \frac{l}{2}$ изделие бортами не направляется		При $c < l$ изделие бортами не направляется

Эскиз заготовки в плане и расположение в лотке	Формула расчета параметров	Эскиз заготовки в плане и расположение в лотке	Формула расчета параметров
ПО без закруглений по углам			
	$b_p = b$		$b_p = \frac{b}{2}$
	$b_p = \frac{b}{2} + r$		$b_p = \frac{b}{2} - a$
	$b_p = b - a$		$b_p = b - a$
	$b_p = b - 2a$		$b_p = b - (a + a_1)$
	$b_p = b - k$		$b_p = b - (a + k)$
	$b_p = b - (a + a_1 + k_1)$		$b_p = b - k$



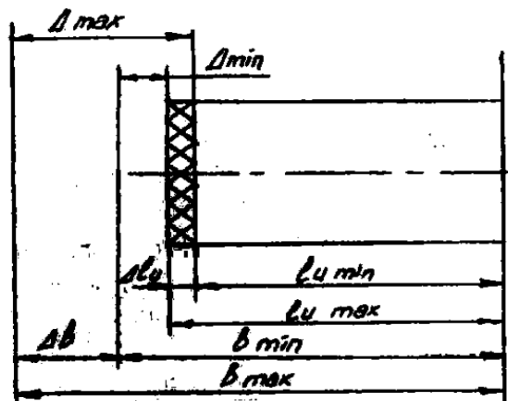


Рис. 4. Схема для определения действительного наибольшего зазора.

При определении размеров лотка следует соблюдать условие  $\Delta l_1 \leq \Delta l$ . Если же  $\Delta l_1 < \Delta l$ , то заготовка не будет ориентироваться бортами лотка. В этом случае необходимо изменить исходные данные или предусмотреть принудительное перемещение детали. [4]. Максимальная ширина лотка  $B_{\max}$  (рис. 4) определяется по формуле

$$B_{\max} = l_{\min} + \Delta l_1, [6] \quad [7]$$

Тогда угол заклинивания  $\beta$  (Рис. 2) определяется из соотношения

$$\cos \beta = \frac{B_{\max}}{\sqrt{\alpha^2 p + l^2 u}} \quad [8]$$

Рекомендуемые формулы и размеры лотков для перемещения круглых деталей приведены в табл. 2. Как уже отмечалось выше, с увеличением высоты борта значительно возрастет приведенная к центру детали сила трения  $P_{\text{тр}}$ , которая всегда должна быть меньше приведенной к центру детали силы движения  $P$ , т. е.  $P > P_{\text{тр}}$  (8) иначе перемещения не будет. (Рис. 3)[1]. Сила  $P_{\text{тр}}$  определяется по формуле:

$$P_{\text{тр}} = T \cdot \sqrt{\frac{2H}{\tau_{\theta}}}, [1], \quad [9]$$

где  $T$  – сила трения детали о борт,

$$T = P \cdot \mu \quad [10]$$

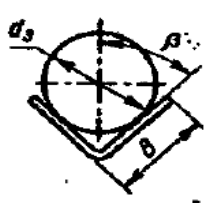
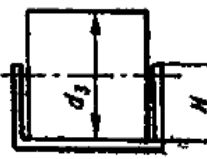



Сила  $P$  определяется по формуле

$$P = G \cdot \sin \gamma \quad [11]$$

Где  $\gamma$  – угол наклона лотка.

$$\sin \gamma = a \cdot \mu \left( \mu \sqrt{\frac{2H}{\tau_{\theta}}} + \operatorname{tg} \alpha \right) [1], \quad [12]$$

где, коэффициент  $a=1,5$  при нормальных условиях. При загрязнении  $a=2,0 - 3,0$ .

Лоток	Эскиз заготовки и лотка	Формулы расчета
Угловой		Для легких ПО $\beta = 45^\circ$ для тяжелых ПО $\beta = 60^\circ$ ширина полки уголка Для легких ПО $\beta = 45^\circ$ $V = (0,7 \div 0,8)d_a$
Открытый коробчатый		Для шара $H = (0,6 \div 0,7)d_a$ ; для цилиндра $H = (0,53 \div 0,6)d_a$ ; для колец и дисков $H > 0,6d_a$
Открытый коробчатый для заготовок с односторонней полостью		$H = (0,7 \div 0,8)d_a$
Коробчатый с закраинами		$H = 0,8d_a$ ; $H_1 = d_a + \Delta$
Закрытый коробчатый		$H = r_a - \sqrt{r_a^2 - \left(\frac{l_a \tan \beta}{2}\right)^2}$ ; $r_a = \frac{d_a}{2}$

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Для деталей, указанных в табл. 1, форма и размеры которых задаются преподавателем изобразить схему проходимости по лотку (см. рис. 2) с возможным переносом и представить на схеме зазор  $\Delta$ , из условия возможного заклинивания.

3.2. Определить предельно допустимый зазор  $\Delta$ , используя формулы [3,4] и данные табл. 1.

- 3.3. Проверить выполнение соотношения [2].
- 3.4. Изобразить расчетную схему для определения действительного наибольшего размера (см. рис. 4).
- 3.5. Определить величины  $\Delta l_1$  действительного наибольшего зазора,  $V_{\max}$  угла заклинивания  $\beta$ .
- 3.6. Проверить выполнение соотношений  $\Delta l_1 \leq \Delta l$ , и  $\operatorname{tg} \beta > \mu$
- 3.7. Определить высоту бортов лотка, используя табл. 2.
- 3.8. Определить силы  $P$ ,  $P_{\text{тр}}$ , оптимальный угол наклона лотка  $\gamma$ .
- 3.9. На основании проведенных расчетов определить возможность заклинивания деталей при их прохождении по лотку.
- 3.10. С помощью специальных винтов, штангенциркуля и щупов собрать лоток, шириной  $V_{\max}$  для конкретной детали.
- 3.11. Установить лоток в горизонтальное положение, затем с помощью винта последовательно придать лотку углы  $3^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $7^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $12^\circ$ . Определить процент задержки деталей.
- 3.12. Сделать выводы по проделанной работе.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: цель работы, краткие сведения о лотках-магазинах, все расчеты и расчетные схемы, предусмотренные разделом 3, таблицу измерений по п. 3. 11. И выводы по проделанной работе.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5. 1. Назначение лотков. Их основные типы.
5. 2. Какие факторы влияют на проходимость деталей по наклонным лоткам?
5. 3. Как определить предельно допустимый зазор для различных деталей?
5. 4. Условия проходимости изделия по наклонным лоткам прямоугольного сечения.
5. 5. Как влияет высота бортов лотка на проходимость деталей?
5. 6. Как определяется действительный наибольший зазор?
5. 7. Как определяется угол заклинивания деталей в лотке?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И. С. Баяжеров, Т. М. Варьянц, А. А. Иванов и др.: Под общ. ред. И. А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
2. Бобров В. П. спец., Чеканов Л. И. Транспортные и загрузочные устройства автоматических линий. - М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.
3. Бобров В. П. Проектирование загрузочно-транспортных устройств к станкам и автоматическим линиям. – М.: Машиностроение, 1964. – 289 с.
4. Гаврищ А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. Учебник – Киев.: Высшая школа. Головное издательство, 1989.-407с.

5.Люцко В.А.,Соболев В.Ф. Лабораторные работы по курсу «Автоматы и автоматизация производственных процессов» для студентов специальности 05.01. - Гомель: Ротопринт ГПИ, 1981, - 53с.

6.Малов А.Н., Иванов Ю.В. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов.-М.; Машиностроение, 1963.- 368с.

7. Медведь М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы. – М.; Машиностроение, 1963,-299с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

### **ВИБРАЦИОННЫЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА**

Цель работы:

1. Углубленное изучение конструкции вибрационных загрузочных устройств для сыпучих материалов
2. Экспериментальное исследование зависимости амплитуды колебаний и производительности вибробункера от напряжения питания.

Оборудование:

1. Вибробункер с лотком и электровибратором.
2. Вольтметр М367.
3. Амперметр М-378.
4. Автотрансформатор АОМН 40-220-75. 44.
- .Диод Д226Б.
6. Секундомер.
7. Потенциометр.
8. Бимокулярный микроскоп.

#### **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

При автоматизации металлорежущих станков и технологических машин применяются различные конструкции загрузочных устройств, однако из всех существующих вибрационные загрузочные устройства с бункерами получили наибольшее распространение. Такие устройства легко встраиваются в автоматические линии, позволяют осуществить дистанционное управление скоростями перемещения, легко согласуются с рабочим циклом станка или машины. Они отличаются простотой конструкции, универсальностью, надёжностью работы, экономичностью [1-4] В качестве привода вибробункерных устройств используются механизмы, обеспечивающие возвратно-поступательное движение бункера или лотка. Детали или сыпучий материал движется за счёт гармонических колебаний направленных под некоторым углом бросания к плоскости лотка. Основные типы приводов вибробункерных загрузочных устройств:

1. Механический (эксцентриковый, кулачковый);
2. ебалансный;
3. Пневматический;
4. Гидравлический;
5. Электромагнитный.

Наибольшее распространение получил электромагнитный привод, который по своему принципиальному устройству является наиболее совершенным. Большим достоинством их также является быстрое протекание переходных процессов. При резком изменении силы тока в обмотке вибратора новое значение амплитуды вибрации устанавливается через 0,04 – 0,05 с. [2,4]. Широкое применение нашли вибрационные загрузочные устройства для дозированной подачи сыпучих материалов к рабочим машинам различного технологического назначения, в частности в установках

для магнитно-образивного полирования и магнитно-электрического упрочнения. Однако, наряду, с выше указанными достоинствами, вибрационные устройства для подачи сыпучих материалов, в частности ферропорошков, имеют два существенных недостатка – неравномерность подачи ферропорошка во времени и по ширине лотка [2,4,5)] Основной причиной неравномерности подачи ферропорошка во времени является изменение его массы находящийся в накопителе, что приводит к уменьшению массы подводной части вибросистемы и соответственно к изменению амплитуды вибрации.

Кроме того, изменение веса ферропорошка в накопителе изменяют условия «вытягивания» отдельных зёрен из-под общей массы порошка в лоток. Неравномерность подачи по ширине лотка обусловлена наличием поперечных колебаний, возникающих в результате неизбежных погрешностей сборки вибросистемы. Для обеспечения равномерности подачи сыпучего материала применяют различные типы автоматического регулирования, что однако значительно усложняет электрическую схему питания [2]. Наиболее просто решается эта система путём конструктивных усовершенствований вибрационных устройств: либо отделением накопителя от лотка, только которому сообщают вибрации. Накопитель же закрепляется жёстко [3]. Может применяться и дополнительный предбункер, который периодически производит досыпку ферропорошка в основной бункер.

## 2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВИБРОБУНКЕРА

Схема вибрационного загрузочного устройства сыпучих материалов представлена на рис. 1.

Накопитель порошка выполнен в виде бункера 1, который отделён от подвижной части вибросистемы и неподвижно укреплен над плоскостью лотка. В нижней части накопитель имеет днище с узкими прорезями вдоль передней и задней стенок накопителя. Лоток 3 укреплен на пластинчатых пружинах 4. С лотком жёстко связан якорь 5, расположенный над статором 6 с зазором 0,5 мм. Переменный магнитный поток создаётся электромагнитной катушкой 7, питаемой от автотрансформатора 11 выпрямленным по однополупериодной схеме током с напряжением  $U = 36$  В и частотой 50 Гц. Потенциометр 10 предназначен для регулирования напряжения подаваемого на катушку 7 и регистрируемого вольтметром 9.

При работе лоток совершает колебательные движения. Причём направление колебания лотка не совпадает с его рабочей полостью благодаря наклонному расположению подвесок под углом к вертикали. На частицы порошка, находящихся на вибрирующем лотке, действуют следующие силы: сила трения  $F$  (сила сопротивления, которая стремится перемещать частицы вместе с лотком), сила инерции  $P$  и сила тяжести  $mg$ . При движении лотка вниз-влево (рис. 2а) вертикальная составляющая силы инерции  $P_v$  будет направлена в сторону, противоположную массе частицы порошка. За счёт этого уменьшается нормальное воздействие частицы на лоток, а также сила трения  $F$ . При определённом значении амплитуды колебаний под воздействием составляющей силы инерции  $P_v$  частицы порошка будут проскальзывать

относительно лотка. При движении лотка вверх влево (рис. 2б) за счет составляющей силы инерции  $P_v$ , меняющей знак, нормальное давление и сила трения увеличивается, частицы движутся также вверх вправо с лотком. В этом случае сумма составляющих массы и инерции меньше силы трения, изменяющей направление и

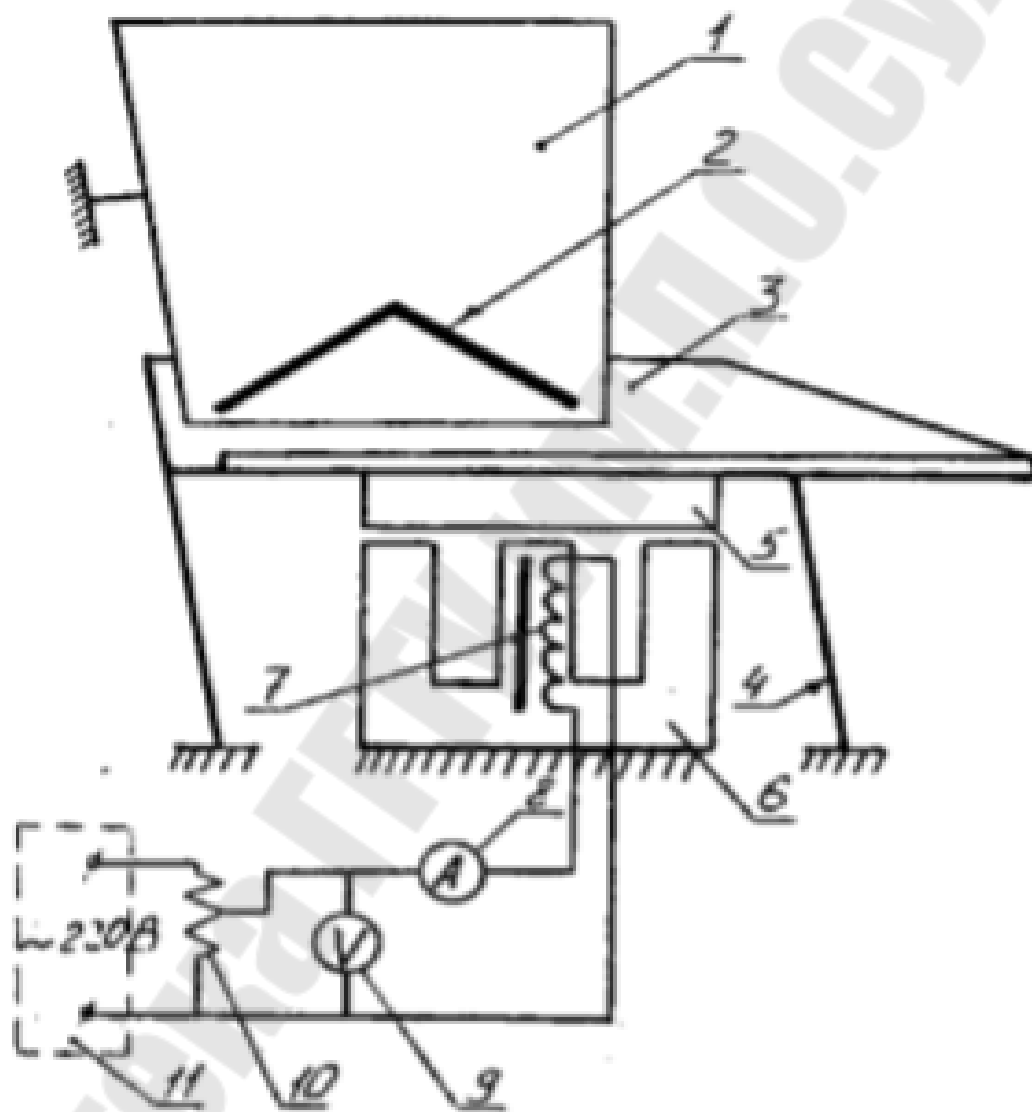


Рис. 1. Схема вибрационного бункерного загрузочного устройства с электромагнитным приводом.

являющейся движущей силой. Засчет указанный сил при малых значениях амплитуды колебаний наблюдается устойчивое движение частицы по лотку. С увеличением амплитуды колебаний скорость движения увеличивается. Такой режим работы называется “движением с проскальзыванием”. При дальнейшем увеличении амплитуды колебаний возрастает и силы инерции и при определенном значении

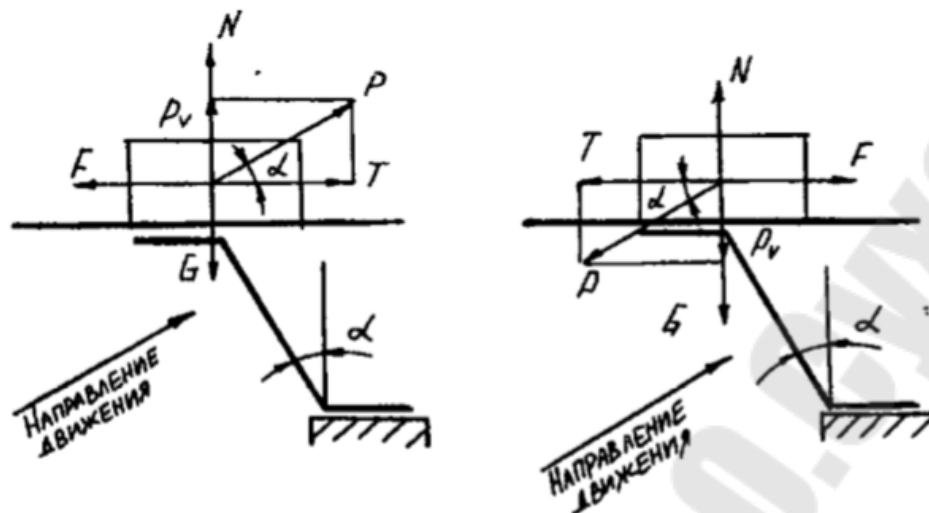


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицы порошка при перемещении

Составляющая  $P_v$  становится больше массы частицы. Наступает новый режим работы – “движение с подбрасыванием”.

Значение амплитуды, соответствующее переходному режиму, определяется по формуле

$$A = \frac{g}{\omega} \cdot \cos \alpha, \quad [1]$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;

$\omega = 2\pi \cdot f$  – круговая частота колебаний лотка;

$f$  – частота колебаний, Гц.

Значение амплитуды колебаний лотка, при котором частицы порошка начинают проскальзывать вперед относительно лотка равно:

$$A_{+1} = \frac{g \cdot \mu}{\omega^2 (1 - \mu \tan \alpha)} \quad [2]$$

где  $\mu$  – коэффициент трения покоя частиц порошка в лоток

Значение амплитуды колебания лотка горизонтальной плоскости начала обратного проскальзывания равно:

$$A_{-1} = \frac{g}{\omega^2 \tan \alpha} \quad [3]$$

Критическая амплитуда колебания лотка, соответствующая отрыву частиц порошка от лотка равна [3]

$$A_o = \frac{g}{\omega^2 \tan \alpha} \quad [4]$$

Теоретическая производительность вибrolотка определяется по формуле [1]:

$$\Pi_T = \frac{60 V_{cp}}{l} \quad [5]$$

где  $V_{cp}$  – средняя скорость перемещения частиц по лотку;

$l$  – размеры частиц порошка.

Среднюю скорость перемещения можно определить через среднее значение амплитуды колебаний лотка [3]



$$V_{cp} = \frac{A_{cp}}{2 \cdot \omega} \quad [6]$$

### 3. Порядок выполнения работы

- 3.1. По описанию и схеме (рис.1) изучить принцип работы вибрационного загрузочного устройства;
- 3.2. По формулам [1-4] определить значения амплитуд колебания для различных режимов работы лотка;
- 3.3. Найти среднее значение амплитуды;
- 3.4. По формулам [5] и [6] вычислить теоретическую производительность вибролотка;
- 3.5. Включить вибробункер. Установить с помощью автотрансформатора и потенциометра 6 различных режимов работы, изменяя напряжение от 0 до 36 В. Определить для каждого из них величину амплитуды.

Амплитуда определяется с помощью бинокулярного микроскопа со шкалой в поле зрения окуляра. Для замера амплитуды на лотке нанесена риска Н (замерить необходимо при неподвижном лотке). При вибрации риска дает растянутое пятно, величину L которого определяют по формуле:

$$A = \frac{1}{2(l-H)} \quad [7]$$

Полученный результат необходимо сравнить с расчетными данными.

- 3.6. Построить зависимость амплитуды колебаний от напряжения питания электромагнита;
- 3.7. Для каждого установленного режима определить фактическую производительность Пф вибролотка, путем завешивания массы через 5 минут работы.
- 3.8. По значениям Пт и Пф определить значения коэффициента К по формуле:
 
$$K = P_f / P_t \quad [8]$$
- 3.9. Построить зависимость Пф = f(A) и Пт = f(A) в одной системе координат. Определить по графической зависимости значение А при максимальной производительности.
- 3.10. Результат экспериментов занести в таблицу;
- 3.11. Проанализировать результаты и сделать выводы.

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание назначения конструкции и принципы действия вибробункера, таблицу испытаний, расчетные формулы, графические зависимости и выводы по проделанной работе.

### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Назовите области применения вибрационных загрузочных устройств?
- 5.2. Достоинства и недостатки вибрационных загрузочных устройств?
- 5.3. Поясните принцип работы вибролотка?
- 5.4. Как определяется амплитуда колебаний вибролотков?

5.5 Режимы работы вибротолчков?

5.6. Как определяется производительность и от чего она зависит?

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник / И. С. Бляхеров, Г. М. Варьянц, А. А. Иванов и др. : Под общ. ред. И. А. Клусова – М. : Машиностроение, 1990 – 400 с.
2. Видинеев Ю. Д. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов. – М. : Энергия, 1974- 119 с.
3. Волкевич А.И. , Кузнецов М. М. , Усов В. А. Автоматы и автоматические линии. Ч. I I. Системы управления и целевые механизмы. – М. : Высшая школа, 1978 – 336 с.
4. Орлов С. П. Дозирующие устройства. – М. : Машиностроение, 1966. – 288 с.
5. Потураев В.Н. , Франчук В. П. , Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины. Основы теории и расчета. – М. : Машиностроение, 1964. – 272 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 МАГАЗИННЫЕ ТРАСПОРТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Цель работы: Приобретение практических навыков.

Исходные данные

1. Геометрические размеры лотков задаются преподавателем из таблицы 1.

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Лоток любой конфигурации можно разбить на множество прямолинейных и криволинейных участков со своими углами наклона к горизонту и радиусами кривизны. Проектирование лотка включает несколько процедур, в каждой из которых выполняется расчет скорости и времени для следующих вариантов: движения единичной заготовки по прямолинейным и криволинейным участкам; движения единичной заготовки по лотку, состоящему из несколько прямолинейных и криволинейных участках, движения потока заготовок по лотку, состоящему из несколько прямолинейных и криволинейных участках; движения потока заготовок по мере уменьшения их числа в лотке.

В данной работе студенты выполняют расчеты для второго варианта движения заготовок применительно к лоткам-склизам.

В случае движения единичной заготовки с начальной скоростью  $V_0$  по лотку длиной  $S$  и наклоненному к горизонту под углом (рис. 1, а), расчет пропускной способности производится исходя из следующих соображений. Время движения заготовки и скорость ее в конце участка лотка определяют на дифференциальных уравнений (1) движения заготовок по наклонной плоскости:

$$t = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2 \cdot S \cdot g \cdot (\sin \gamma - f \cdot \cos \gamma)} - v_0}{g \cdot (\sin \gamma - f \cdot \cos \gamma)}, \quad [1]$$

где  $f$  - коэффициент скольжения. Подставив значение времени в выражение скорости, находим скорость заготовки на конце участка:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot S \cdot g \cdot (\sin \gamma - f \cdot \cos \gamma)} \quad [2]$$

В случае движения заготовки по криволинейному лотку радиусом  $R$  (рис. 1, б).

От угла  $\alpha_0$  до  $\alpha_1$  конечная скорость  $V_1$ , определяется по формуле:

$$V_1 = \sqrt{V_0^2 \cdot e^{A(\alpha_1 - \alpha_0)} + \frac{1}{1+A^2} \cdot ((-B - A \cdot C)(\sin \alpha_1 - e^{-A(\alpha_1 - \alpha_0)} \cdot \sin \alpha_0) + (C - A \cdot B) \cdot (\cos \alpha_1 - e^{A(\alpha_1 - \alpha_0)} \cdot \cos \alpha_0))} \quad [3]$$

где  $A = -2 \cdot f$ ;  $B = -2 \cdot R \cdot g \cdot f$ ;  $C = 2 \cdot R \cdot g$

Для вычисления времени движения  $t$  разбивает весь путь на  $m$  разных, достаточно малых участков. Каждый участок определяется величиной угла  $\theta/m$ . Общее время движения заготовки будет равно сумме составляющих времени по участкам:

$$t = \sum_{i=1}^m t_i = 2R \frac{\theta}{m} \left( \frac{1}{V_0 + V_1} + \frac{1}{V_1 + V_2} + \dots + \frac{1}{V_{n-1} + V_m} \right) \quad [4]$$

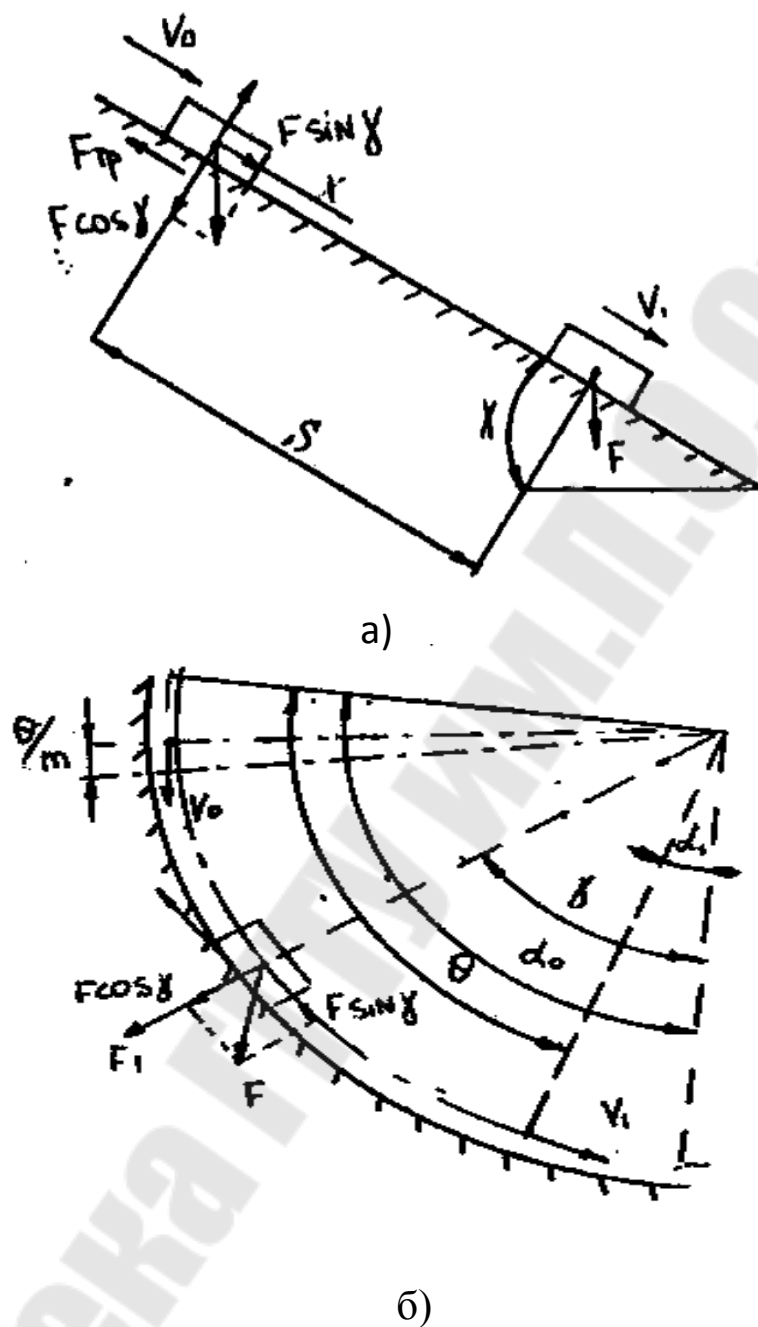


Рис. 1. Схемы движения единичных заготовок по наклонному (а) и криволинейному (б) лоткам.

Блок-схемы расчетов движений единичной заготовки по прямолинейному и криволинейному участкам лотка, а также по лотку, состоящему из нескольких участков представлены на рис. 2 и 3.

В обеих блок-схемах, изображенных на рис. 2, предусмотрены проверки отсутствия движения заготовки или прекращения движения, для чего предусмотрены операторы 4 и 5. В операторе 4 (рис. 2, а) проверяется соотношение  $C > 0$ , т.к. величина  $C$  является подкоренным выражением при определении  $V$ . Если  $C > 0$ , то вычисляют значения  $V$  и  $t$ . В

противном случае заготовка либо на участке не движется, либо прекратила движение, что свидетельствует о необходимости изменения параметров участка лотка. Аналогично в операторе 5 (рис. 2, б) проверяется соотношение  $F > 0$ .

Расчет движения заготовок с помощью блок-схемы изображенной на рис. 3 ведут на каждом участке последовательно. Вначале определяют вид участка - прямолинейный или криволинейный. Если участок прямолинейный, то вычисления ведут по одной блок-схеме (рис. 2, а), а если криволинейной - по другой (рис. 2, б).

Для дальнейших расчетов значений скорости на входе следующему участку лотка присваивает скорость, полученную заготовкой в конце предыдущего и расчет повторяют заново для нового участка и т.д. Общее время прохождения заготовкой всего лотка определяется суммированием времени прохождения каждого участка, а производительность определяют, как  $60 / t$ .

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомится с исходными данными для выполнения работы;

2.2. Изобразить в масштабе расчетную схему лотка, в соответствии с индивидуальным заданием;

2.3. Ознакомиться с алгоритмами расчета;

2.4. В соответствии с исходными данными определить:

$V_k$  - скорость движения заготовки в конце последнего участка лотка,

$t$  - время прохождения заготовкой всего лотка,

$P_f$  - фактическая производительность лотка и сравнить ее с заданной  $P_o$ .

2.5. В случае получения отрицательных результатов, внести требуемые коррективы в расчетную схему и повторять все расчеты

2.6. Сделать выводы до проделанной работе.

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Цель работы;

3.2. Общие сведения о лотках-склизах;

3.3. Индивидуальное задание (рис. 4. Табл. 1);

3.4. Алгоритм расчетов;

3.5. Выводы по проделанной работе.

## 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Основные типы лотков;

4.2. Как определяется время и скорость перемещения изделий по прямолинейному лотку?

4.3. Как определяется время и скорость перемещения изделий по криволинейным радиусным лоткам?

4.4. Как проверяется отсутствие или прекращение движения изделий?

4.5. Какие прочностные расчеты производятся при проектировании лотков?

# Исходные данные для расчетов лотков-склизов

Таблица 1

	$V_0$ м/с	$S_1$ м	$S_2$ м	$\gamma_1$ град	$\gamma_2$ град	$R_1$ м	$R_2$ м	$R_3$ м	$\alpha_{01}$	$\alpha_{02}$	$\alpha_{03}$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$f$	По шт/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0,9	0,56	0,8	75	40	-0,22	0,2	-	20	60	-	80	15	-	0,3	90
2	0,8	0,6	0,51	70	45	-0,2	0,21	0,3	19	83	50	78	13	15	0,1	110
3	0	0,9	0,48	75	38	-	0,52	0,41	-	65	50	-	15	10	0,2	80
4	1,2	-	0,9	-	48	-0,3	0,2	0,4	20	55	60	70	10	10	0,1	70
5	0,55	0,7	-	60	-	-0,2	0,3	0,51	20	53	68	78	18	8	0,4	70
6	0,95	0,65	0,68	55	40	-0,4	-	0,5	16	-	70	85	-	10	0,2	85
7	0,85	0,8	0,63	68	45	-0,3	0,3	0,42	16	60	60	70	15	10	0,15	100
8	0,5	0,7	0,8	65	48	-0,3	0,31	-	20	62	-	85	12	-	0,25	70
9	0,7	0,75	0,44	60	40	-0,2	0,42	0,38	15	55	55	80	12	13	0,1	95
10	0,75	0,55	0,68	77	42	-	0,37	0,43	-	58	65	-	16	12	0,2	105
11	1,1	-	0,98	-	38	0,31	0,28	0,34	16	62	72	82	17	14	0,3	80
12	0,82	0,85	-	62	-	-0,27	0,41	0,36	16	63	74	83	14	16	0,4	95
13	0,63	0,91	0,47	67	37	-0,25	-	0,44	15	-	75	84	-	13	0,15	110
14	0,58	1,2	0,5	81	35	-0,3	0,32	0,37	15	61	70	85	15	10	0,25	130
15	0,65	0,95	0,56	76	39	-0,21	0,36	-	21	56	-	78	16	-	0,35	85
16	0,59	1,0	0,7	79	30	-0,23	0,35	0,35	22	67	51	79	17	9	0,4	70
17	0,72	0,72	0,73	70	47	-	0,27	0,37	-	61	52	-	11	10	0,3	75
18	0,84	-	0,86	-	44	-0,29	0,29	0,49	17	63	53	78	13	11	0,2	85
19	0,6	0,82	-	77	-	-0,24	0,4	0,33	23	56	54	83	16	12	0,1	90
20	0,86	0,85	0,67	66	41	-0,32	-	0,47	18	-	56	78	-	14	0,15	80
21	0,87	0,45	0,8	80	37	-0,39	0,39	0,46	19	59	57	79	9	7	0,25	120
22	0,87	0,58	0,9	64	38	-0,37	0,33	-	15	64	-	75	14	-	0,35	95
23	0,61	0,68	0,7	78	41	-0,26	0,25	0,44	20	58	58	75	8	10	0,25	105
24	0,73	0,95	0,63	63	42	-	0,27	0,45	-	60	69	-	10	9	0,15	95
25	0,92	-	0,89	-	47	-0,33	0,35	0,35	16	62	67	78	12	16	0,1	90

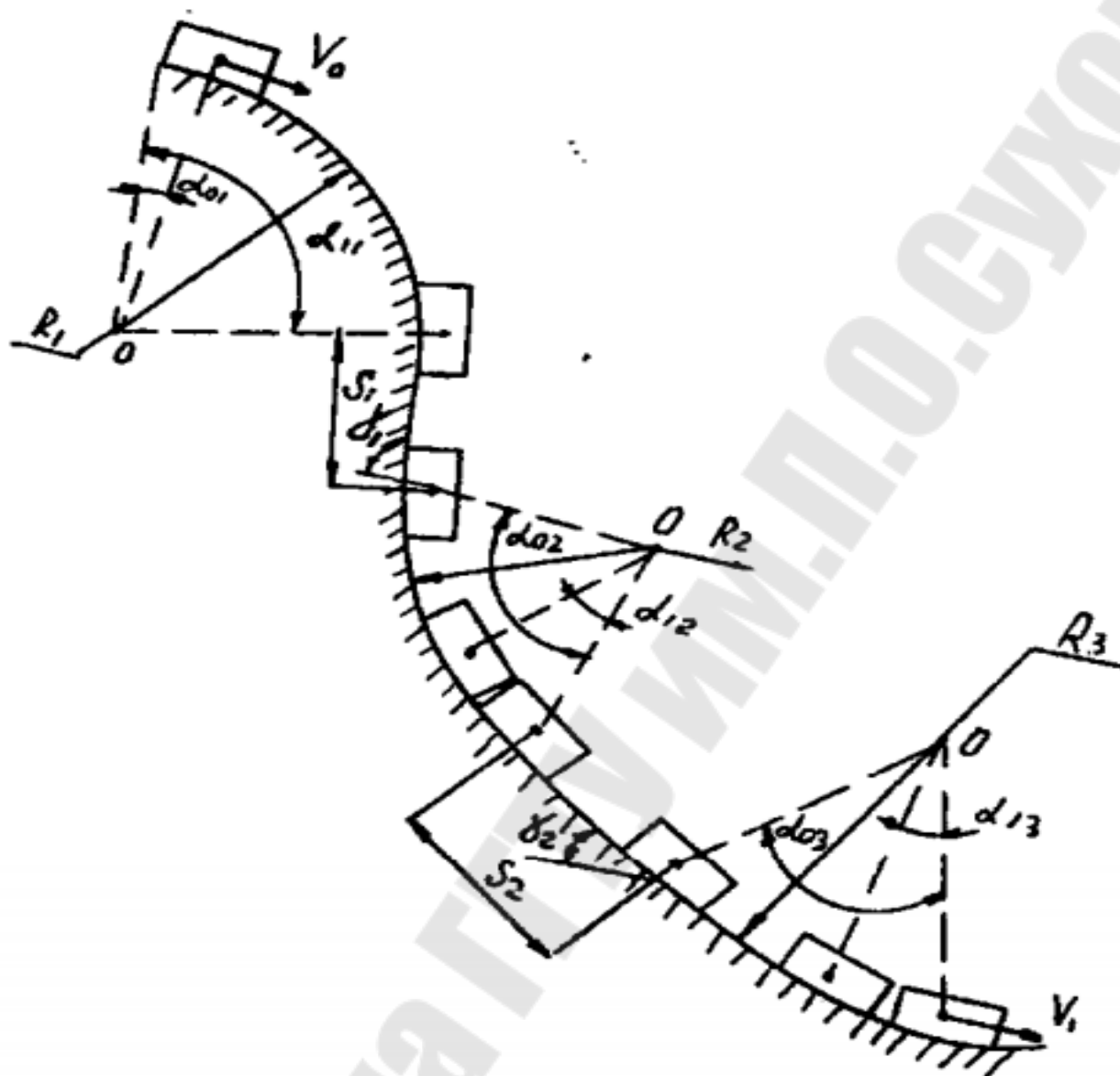


Рис. 4. Расчет схемы лотка-склиза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая загрузка технологических машин: Справочник/И. С. Бляхеров, Г. М. Варьяш, А. И. Иванов и др. Под общ. ред. И. А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. -400 с.
2. Бобров В. П. Проектирование загрузочно-транспортных устройств к станкам и автоматическим линиям. –М.: Машиностроение, 1964. -289 с.
3. Кузнецов М. М., Волчкевич Л. И., Замчалов Ю. П. Автоматизация производственных процессов. –М.: Высшая школа, 1978. -368 с.
4. Люцко В. А. Методические указания к контрольным работам по курсу «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» для студентов спец. 12. 01. Заочного обучения. Гомель: Ротапринрт ГПИ, 1995. -20 с.

5.Соболев В. Ф. Практические занятия по дисциплине “Автоматы и автоматизация производственных процессов”, - Гомель, Ротапринт ГФ БПИ, 1979. -78 с.



## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ**

Цель работы: углубленное изучение устройств, принципов действия, методик разработки кинематических схем и силовых расчетов различных конструкций захватных устройств.

#### **ОБОРУДОВАНИЕ**

1. Верстак с размещенными на нем захватными устройствами различных типов.
2. Набор слесарного инструмента: рожковые и торцовые ключи, шлицевые и крестовые отвертки, плоскогубцы.
3. Штангенциркуль, микрометр, транспортир, линейка.

#### **2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Промышленный робот - это машина-автомат, предназначенная для воспроизведения некоторых двигательных функций человека при выполнении вспомогательных и основных операций и состоящая из манипулятора и системы управления.

Захватные устройства манипуляторов являются весьма ответственными элементами конструкции промышленного робота. Захватные устройства (схваты) осуществляют следующие функции:

- захват объекта манипулирования;
- ориентирование его;
- базирование относительно манипулятора;
- удержание во время транспортирования.

Так как перемещаемые объекты имеют самые разные размеры, форму, массу, прочность, то схваты выполняются, как правило, сменными. Потребитель, в зависимости от конкретных условий, может:

- установить хват из комплекта робота;

- возможность работы в агрессивных средах и зонах высоких температур, отсутствие течи (по сравнению с гидроприводом). Основным недостатком - большие габариты при сравнительно малых усилиях зажима. Гидравлический привод позволяет получить значительно большие усилия при малых габаритах. Схваты с электро-механическим приводом по сравнению с рассмотренными намного сложнее по конструкции и применяются редко.

При выборе типа схвагга необходимо учитывать множество факторов, основными из которых являются свойства объекта манипулирования, масса, форма и ее изменение в процессе обработки на технологическом оборудовании, требования к времени захвата и точности удерживания, свойства захватываемой поверхности (твердость, хрупкость, намагничиваемость, шероховатость и т.д.). Однозначных рекомендаций по выбору типа схвата и его кинематики в общем случае дать невозможно.

Для примера рассмотрим конструкцию некоторых схватов. На рис. 1 показан неуправляемый хват.

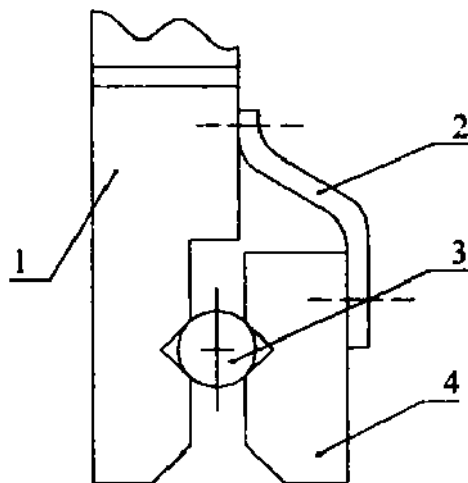


Рис.1. Неуправляемый схват.

Неуправляемый схват выполняют в виде подпружиненных рычагов, упругих валиков и втулок. Разжим таких схватов происходит вследствие контакта скосов, имеющих на губках, с деталью при движении манипулятора. Диапазон перемещения губок и масса захватываемых деталей такими схватами ограничены. Зажим производится пружиной 2, прижимающей губку 4 и деталь 3 к губке 1, связанной с кистью робота.

На рис. 2 показан клещевой механический схват рычажного типа. Характерная особенность схвата - заклинивание его рычажной системы при захвате детали, что обеспечивает безопасную работу в случае внезапного отказа в системе пневмопривода.

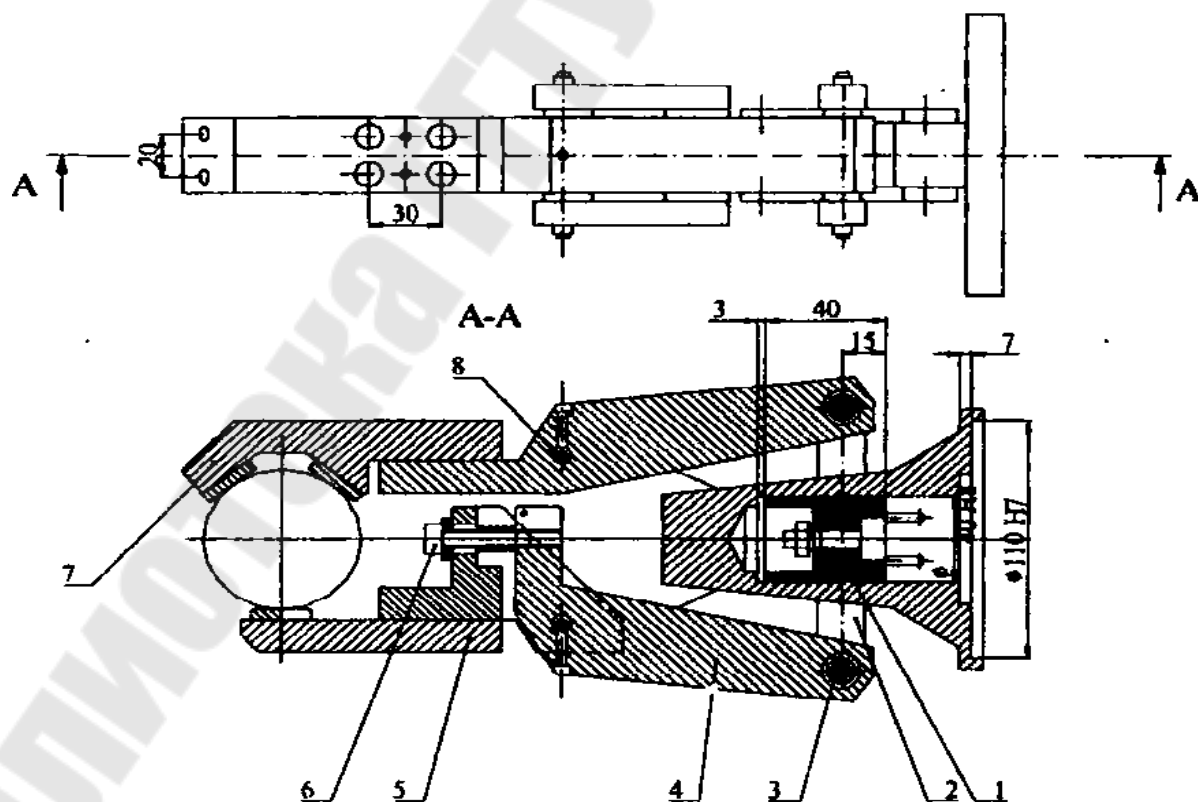


Рис.2. Схема рычажного типа.

Движение от пневмоцилиндра передается ползуну 1, который шарнирно связан с тягами 2. Последние через шарниры 3 воздействуют на рычаги 4, на которых установлены губки 5. Самоторможение рычажной системы схвата обеспечивается за счет угла наклона тяг 2, равного  $5...7^\circ$  при зажиме заготовки. Схват способен с необходимым усилием производить зажим детали в ограниченных пределах ее размеров. Для регулировки перемещения губок служит винт 6, который позволяет перемещать рычаг 7 вокруг шарнира 8.

## 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

Наиболее широко в конструкциях хватных устройств применяют механические схваты с двумя жесткими пальцами, совершающими вращательное, поступательное и, как частный случай поступательного, прямолинейное движение. Рабочая поверхность пальцев, предназначенных для захвата объекта, представляет собой призму, плоскость, боковую поверхность цилиндра вращения или комбинацию перечисленных поверхностей. Для схватов удобно использовать понятия центр схвата и вершина схвата.

Центром схвата будем называть центр окружности, вписанной в многоугольник (или описанной вокруг него), образованный рабочими плоскостями пальцев.

Вершиной пальца будем называть точку соприкосновения пальца с объектом или центр губки схвата. С точки зрения выполнения роботом операции снятия-установки деталей на станок важно, чтобы положение центра схвата оставалось неизменным при захвате деталей различного диаметра. Поэтому рассмотрим как он перемещается для различных схем схватов:

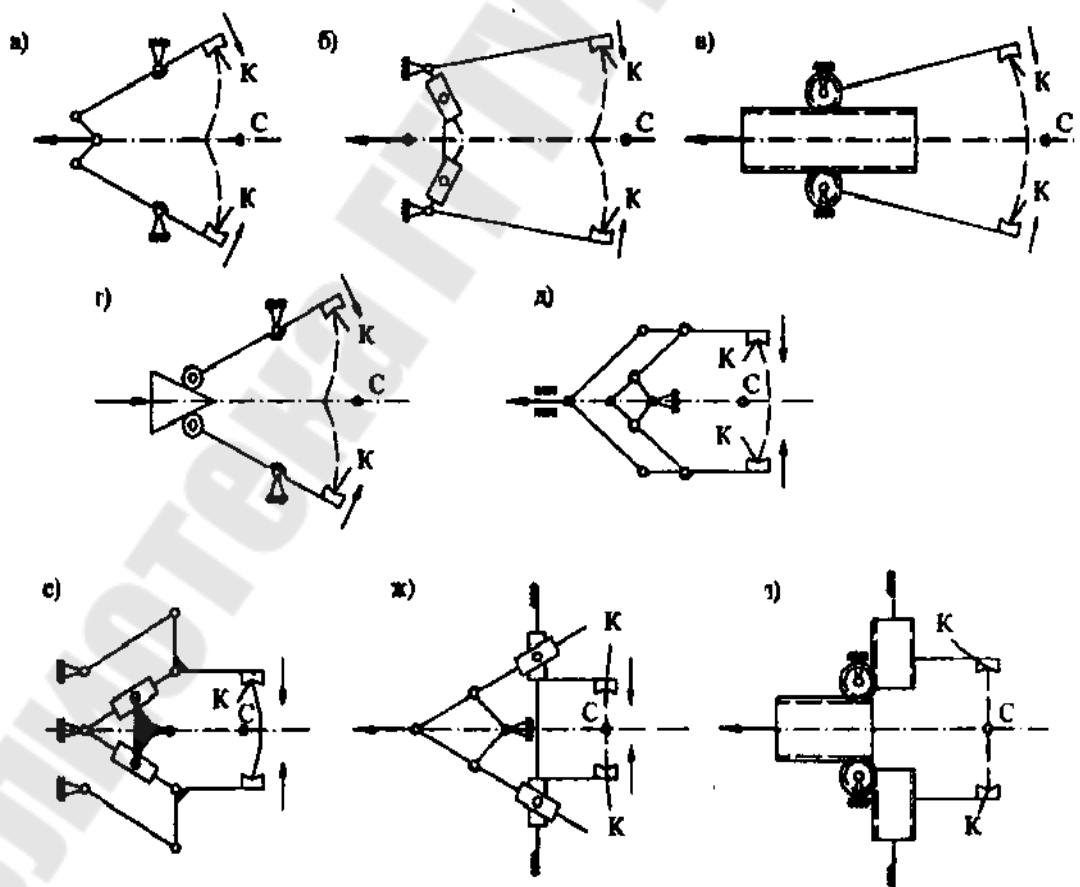


Рис. 3. Кинематические схемы схватов

При вращательном движении пальцев (рис. 3 а-г) их вершины (точки К) перемещаются по дуге окружности; а положение центра схвата (точка С) зависит от угла наклона одного звена передаточного механизма. При поступательном движении пальцев (рис. 3 д-е) их вершины перемещаются по дуге, а центр схвата смещается вдоль продольной оси, но ориентация самих пальцев в пространстве остается неизменной. При прямолинейном движении пальцев (рис. 3 ж, г) их вершины перемещаются по прямым, их соединяющим, а положение центра схвата и ориентация самих пальцев в пространстве остается неизменной. Шарнирная установка выходного звена передаточного механизма в корпусе схвата обеспечивает возможность поворотного движения пальцев схвата. Простота и надежность этих конструкций, обусловленная наличием в них вращательных пар, определила их широкое использование в промышленных роботах. Существенным недостатком данных схватов является то, что положение центра схвата, а также ориентация пальцев зависят от угла поворота выходного звена, следовательно, такие схваты могут быть применены лишь для захвата объектов, размеры которых отличаются незначительно.

Схемы (рисунок 3 ж, з) позволяют получить прямолинейное движение пальцев, что делает такие схваты наиболее универсальными, однако конструкция их более сложна, чем в предыдущих случаях. Захватные устройства с прямолинейным движением пальцев работают в широком диапазоне размеров захватываемых объектов

Схемы механизмов схватов на рисунке 3 а-в, д-ж можно отнести к шарнирным, на рисунке 3, в, з-к - к шарнирно-зубчатым, на рисунке 3 г - к кулачковым. Кинематические схемы схватов на основе плоских шарнирных механизмов отличаются большим разнообразием. Однако у всех захватывание производится с помощью звеньев, несущих губки и совершающих вращательное или поступательное движение.

### 3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

В качестве характеристики схвата используют так называемое силовое передаточное отношение

$$K = F/P \quad [1]$$

где  $F$  - сила зажима детали пальцами (губками) схвата, Н(ньютон);  
 $P$  - усилие, развиваемое приводом, Н.

Связь между этими параметрами можно установить на основе равенства элементарных работ на входе и выходе механизма.

$$\delta_1 \cdot F = \delta_2 \cdot P \cdot \eta \quad [2]$$

$$K = \delta_2 \cdot \eta / \delta_1 = \eta \cdot K_\delta \quad [3]$$

Где  $\delta_1, \delta_2$  - возможное перемещение на выходе и входе механизма, мм;

$K_\delta = \delta_1 / \delta_2$  - кинематическое передаточное отношение;

$\eta$  - коэффициент полезного действия (К.П.Д.).

Рассмотрим расчет силового передаточного отношения  $K$  на примере шарнирного механизма схвата представленного на рисунке 4.

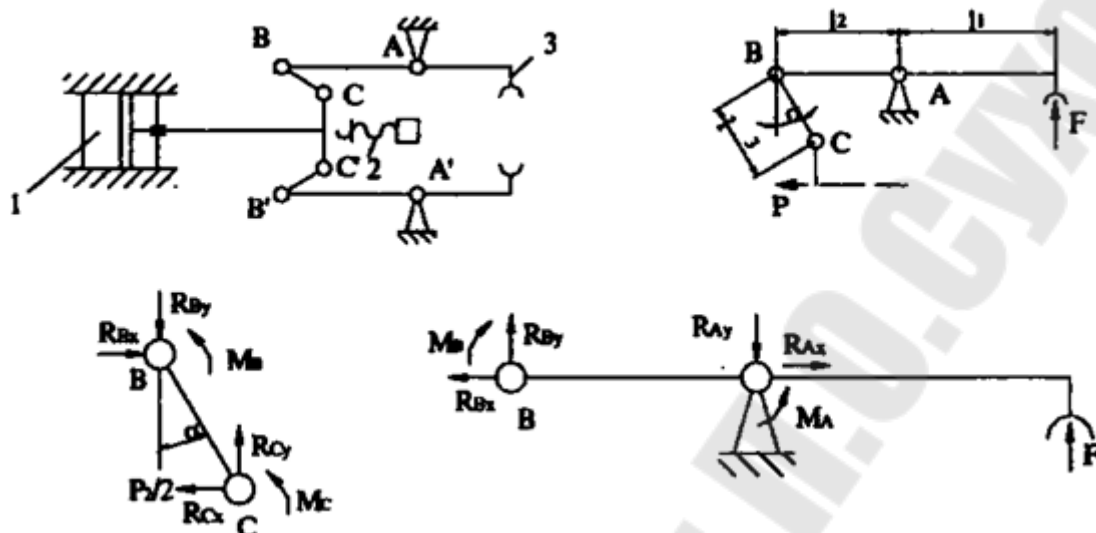


Рис. 4. Кинематическая схема шарнирного схвата

Схват закрывается при подаче давления в правую полость гидроцилиндра 1. Угол раскрытия регулируется винтом 2. Губки 3 обычно выполняются съемными.

Момент сил трения в шарнирах В и С можно записать так (рис. 4 в, г):

$$M_B = (d \cdot f/2) \sqrt{R_{By}^2 + R_{Bx}^2} \quad [4]$$

$$M_C = (d \cdot f/2) \sqrt{R_{Cy}^2 + R_{Cx}^2} \quad [5]$$

где  $d$  - диаметр осей шарнира, мм;

$f$  - коэффициент трения;

$R_{By}$ ,  $R_{Bx}$ ,  $R_{Cy}$ ,  $R_{Cx}$  - реакции в шарнирах В и С, соответственно, Н.

Так как при малых углах поворота рычагов схвата значения  $R_{Bx}$  и  $R_{Cx}$  малы по сравнению с  $R_{By}$  и  $R_{Cy}$ , то ими можно пренебречь, тогда

$$M_B = (d \cdot f/2) R_{By} \quad [6]$$

$$M_C = (d \cdot f/2) R_{Cy} \quad [7]$$

Из условия равновесия звена ВС при малых  $\alpha$  (рисунок 4 в)

$$R_{By} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l_3}{d \cdot f + l_3 \cdot \alpha} = \frac{F}{2} \cdot \left( \frac{2 \cdot l_1 + d \cdot f}{l_2} \right) \quad [8]$$

где  $l_1, l_2, l_3$  - размеры рычагов схвата.

Тогда силовое передаточное отношение схвата через параметры механизма равно:

$$K = \frac{l_2}{2 \cdot l_1} \cdot \left[ \left( \alpha + \frac{d}{l_3} \cdot f \right) \cdot \left( 1 + \frac{d}{2 \cdot l_1} \cdot f \right) \right]^{-1} \quad [9]$$

При малых углах  $\alpha$  кинематическое передаточное отношение равно:

$$K_{\delta} = (2 \cdot l_1 / l_2) \cdot \alpha \quad [10]$$

где  $\alpha$  - угол наклона оси звена ВС к линии, перпендикулярной оси схвата.

Расчет сил зажима детали ( $F$ ) и усилий, развиваемых приводом ( $P$ ), производится в зависимости от схемы удержания детали и формы звеньев механизма схвата. Из всего многообразия положений детали в захватных устройствах можно выделить три основные схемы удержания их схватами:

- а) деталь непосредственно поддерживается пальцами схвата, силы трения практически не участвуют в удержании (рис. 5 а);
- б) деталь удерживается за счет запирающего действия пальцев при ограниченном участии сил трения (рис. 5 б);
- в) деталь удерживается только силами трения (рис. 5 в).

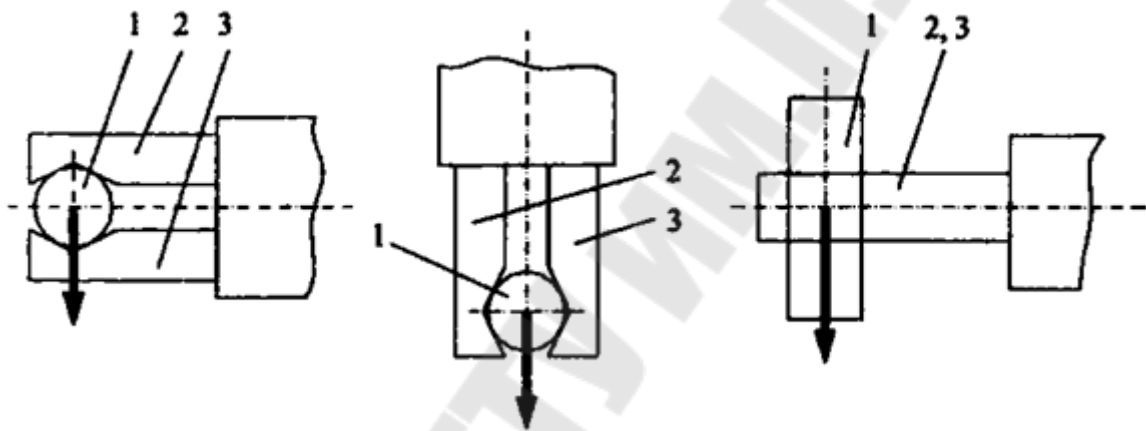


Рис. 5. Положение детали в схвате

Усилие удерживания детали определяют по формуле

$$F = m \cdot (g + a) \cdot K_1 \cdot K_2 \quad [11]$$

где  $m$  - масса детали;

$a$  - максимальное ускорение центра массы детали;

$K_1$  - коэффициент, зависящий от положения детали по отношению к губкам схвата и направлению действия силы тяжести (выбирают по таблице 1);

$K_2 = 1,3 \dots 2,0$  - коэффициент запаса; большие значения коэффициента берут для схватов, в которых отсутствует самоторможение.

Усилие привода определяют с учетом коэффициента  $K_{\delta}$  - кинематического передаточного отношения и схем нагружения.

В случае несимметричного расположения детали (рис. 6) усилия  $R_1$  и  $R_2$  на крайние сечения пальцев определяют по следующим формулам: - если центр тяжести объекта 1 расположен между крайними сечениями пальцев 2 и 3 (рис. 6 а), то:

$$R_1 = \frac{1-c}{1} \cdot G; \quad R_2 = \frac{c}{1} \cdot G \quad [12]$$

- если центр тяжести объекта расположен вне пальцев (рис. 6 б, а. то

$$R_1 = \frac{1-c}{1} \cdot G; \quad R_2 = -\frac{c}{1} \cdot G \quad [13]$$

где  $G$  – вес объекта манипулирования (детали).

Для захватных устройств с одной парой, а также схватов с двумя парами пальцев (рис.6а) при действии нагрузки между крайними сечениями можно считать ее приложенной к одному сечению. В случае, если нагрузка приложена вне пальцев (рис.6б,в) усилие привода равно сумме усилий, найденных для каждого из двух сечений.

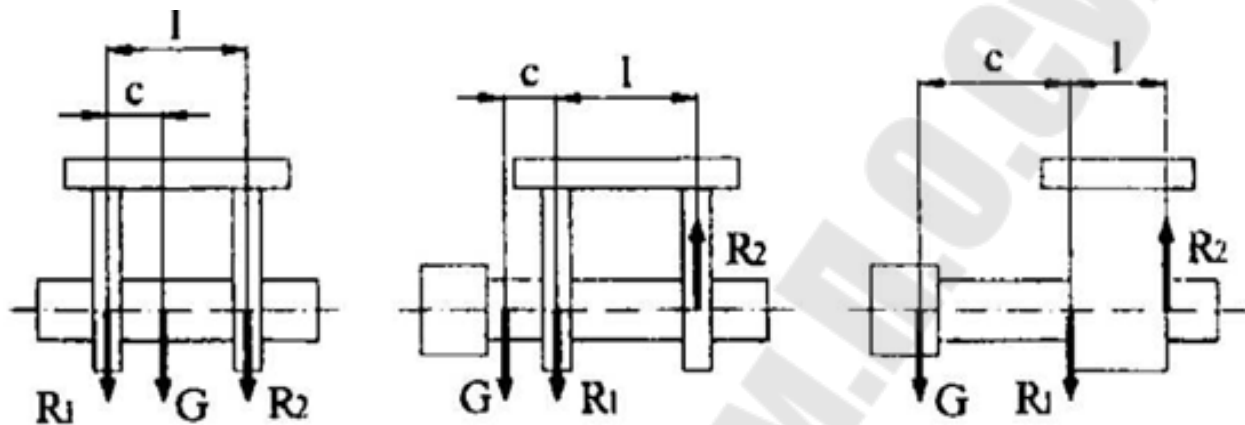


Рис.6. Схема нагружения схватов при несимметричном расположении детали.

Тип привода схвата выбирают исходя из элементной базы, наличия энергоносителя, требований производства.

Диаметр поршня пневмо- или гидропривода определяют по формуле.

$$d = \sqrt{4 \cdot F_{np} / (\pi \cdot P \cdot \eta_n \cdot \eta_c)} \quad [14]$$

где  $F_{np}$  – усилие привода схвата, Н;

$P$  – давление энергоносителя: для пневмопривода 0,4 МПа, для гидропривода 3...12 МПа;

$\eta_n, \eta_c$  – К.П.Д. схвата и привода;  $\eta_n = 0,9 \dots 0,95$ ,  $\eta_c = 0,85 \dots 0,95$ .

## 5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Работа выполняется группой студентов из 3-4 человек.

5.2. Каждая группа получает для работы конкретный хват промышленного робота, объект манипулирования – ступенчатый валик. Преподаватель указывает схему удерживания объекта манипулирования при движении манипулятора и скорости и ускорения по осям координат.

5.3. С помощью рожковых и торцевых ключей и отверток производится разборка схвата на отдельные звенья. Производится анализ отдельных звеньев и механизма в целом (см. раздел 2).

5.4. На основании анализа конструкции вычерчивается общий вид схвата с необходимыми разрезами. Дается описание конструкции схвата и принципа его работы (см. раздел 2).

5.5. Изображается кинематическая схема и приводится ее анализ (см. раздел 3).

5.6. Производятся измерения размеров кинематических звеньев механизма схвата (с помощью линейки, угломера, транспорта), которые затем наносятся на кинемати-

ческую схему.

Значение коэффициента  $K_1$  в зависимости от схемы удержания детали.

Таблица 1.

Схема удержания груза Губки призма	$K_1$	Схема удержания груза Губки плоские	$K_1$
	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$
	$\frac{\operatorname{tg} \theta}{2} + \frac{a}{2b}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{\sin \theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{\sin \theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{3l}{h}$		$\frac{3l}{h}$



5.7.С учетом исходных данных (схемы удержания детали, ускорений схвата) определяется требуемое усилие удержания (зажима) конкретного объекта манипулирования (см. раздел 4).

5.8.На основании кинематического анализа схвата определяют силовое или кинематическое передаточное отношение схвата (см. раздел 4).

5.9.На основании предыдущих расчетов (п.п. 7;8) определяют усилие привода схвата и диаметр поршня пневмо- или гидропривода.

5.10.Собирают схват.

5.11.Делают выводы по результатам проведенной работы.

## 6.СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

6.1. Наименование и цель работы.

6.2.Краткие сведения о захватных устройствах промышленных роботов.

6.3.Чертеж общего вида захватного устройства.

6.4.Анализ его конструкции, описание устройства и принципа работы.

6.5. Кинематическая схема захватного устройства с необходимыми размерами.

6.6.Силовой расчет захватного устройства.

6.7.Выводы

## 7.КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1.Назначение схватов, их функции ?

7.2.Основные требования, предъявляемые к схватам?

7.3.Классификация схватов?

7.4.Критерий выбора типа схвата?

7.5.Понятие центра и вершины схвата?

7.6.Понятие кинематической схемы схвата?

7.7.Определение силового передаточного отношения схвата?

7.8.Определение кинематического передаточного отношения схвата?

7.9.Определение силы зажима объекта манипулирования?

7.10.Определение усилия привода схвата и диаметра пневмо- или гидроцилиндра?

7.11.Влияние схем нагружения на усилие привода схвата?

7.12.Влияние схемы удержания схвата на усилие зажима объекта манипулирования?

## ЛИТЕРАТУРА

1.Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. - М.: Высшая школа, 1986. - 264с.

2.Козырев Ю.Г, Промышленные роботы : Справочник. -М.: Машиностроение, 1983. -374с.

3.Механика промышленных роботов : Учебное пособие для втузов: В 3 кн. /Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн.2: Расчет и проектирование механизмов /Е.И. Воробьев, О .Д. Егоров, С. А. Попов. - М.: Высшая школа, 1988. -367с.

4.Механика промышленных роботов : Учебное пособие для втузов: В 3 кн. /Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн.3: Основы конструирования / Е.И. Воробьев, А.В. Бабич, К.П. Жуков. - М.: Высшая школа, 1989. -383с.

5. Промышленные роботы: конструирование, управление. Эксплуатация / В.И. Костюк и др. - Киев: Высшая школа, 1985-- 359с.
6. Современные промышленные роботы : Каталог /Под ред. Ю.Г. Козырева и М.Ш. Шифрина. - М.: Машиностроение, 1984. - 152с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. - Т.1. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. - 656с.
8. Староверов А.Г. Основы автоматизации производства. - М.: Машиностроение, 1989. -312с.