

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

М. И. Михайлов, Д. В. Никитенко

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗАХВАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по дисциплине «Станки с ЧПУ
и промышленные роботы»
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2011

УДК 621.9.06-529(075.8)
ББК 34.63-5я73
М69

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 27.10.2010 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Детали машин» ГГТУ им. П. О. Сухого
А. Т. Бельский

Михайлов, М. И.
М69 Изучение конструкций захватов промышленных роботов : лаборатор. практикум по дисциплине «Станки с ЧПУ и промышленные роботы» для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. форм обучения / М. И. Михайлов, Д. В. Никитенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 28 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Анализируются захватные устройства промышленных роботов. Приведена развернутая классификация захватных устройств, по которой определяются группа, тип передаточного механизма, тип управления, характер крепления захватного устройства.

Для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.9.06-529(075.8)
ББК 34.63-5я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2011

Цель работы: Получить навыки анализа захватных устройств роботов.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя
2. Определить к какой группе относится захватное устройство.
3. Определить тип передаточного механизма захватного устройства
4. Определить тип приводного механизма и его расположение.
5. Определить вид и группу, к которой относится управление захватного устройства
6. Определить к какой группе, по характеру крепления относится захватное устройство.
7. Определить потенциальные возможности схвата.
8. Выполнить эскиз схвата

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При выполнении п.2-6 необходимо воспользоваться нижеприведенным материалом.

По принципу действия различают пять групп ЗУ: механические, магнитные, вакуумные, с эластичными камерами, струйные. Самой разнообразной и часто применяемой является группа механических захватов.

Они отличаются по типу передаточного механизма: рычажно-стержневые (рис. 1), кулисно-стержневые, зубчато-рычажные, рычажно-клиновые (рис. 2), кулачковые, цанговые, эксцентриковые (рис.15).

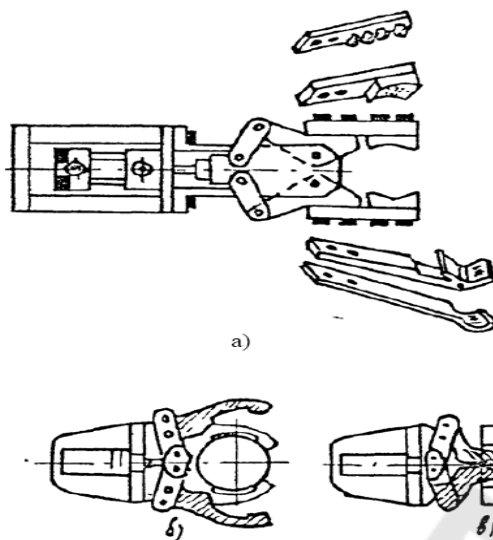


Рис. 1. Универсальные двухпальцевые ЗУ со сменными губками: а) стандартный; б) для захвата по наружной поверхности; в) для захвата по внутренней поверхности

Детали в клиновых, цанговых, эксцентриковых ЗУ, часто удерживаются силами трения без приводов. Они обладают рядом достоинств: автоматическая регулировка удерживающей, минимально необходимой силы захвата по реальному коэффициенту трения; простота и надежность,

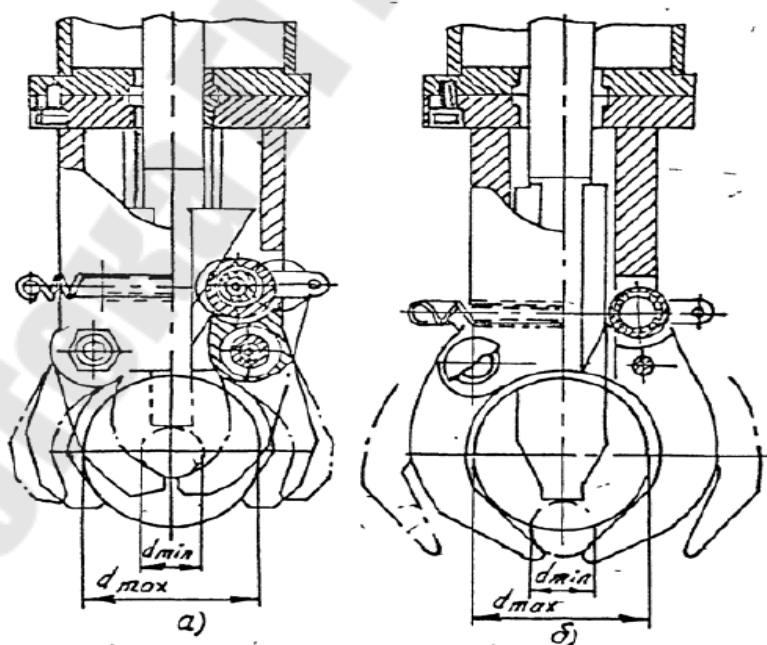


Рис. 2. ЗУ для цилиндрических изделий различных диаметров с сохранением: а) положения оси; б) базирующих поверхностей

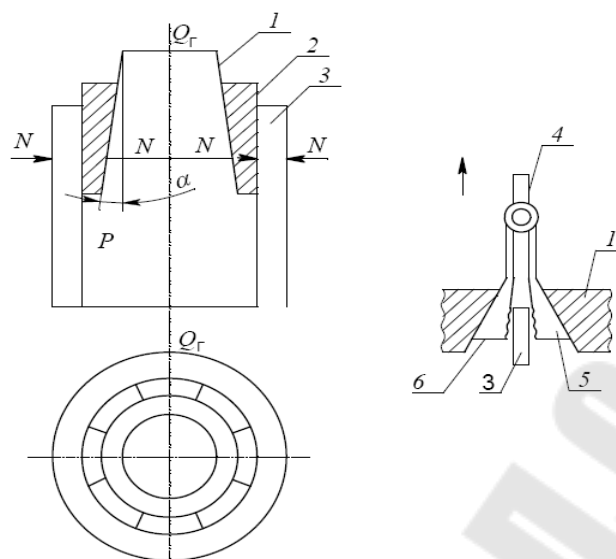


Рис. 3. Схемы рычажно-клинового ЗУ: 1- конусообразный клин; 2 - конический сегмент; 3 - деталь; 4 - подъемное звено; 5, 6 - распорные элементы

что при определенной доработке ЗУ, сопряженного станочного приспособления и тары гарантирует перспективу использования подобных ЗУ в определенных случаях.

Вакуумные ЗУ (ВЗУ) разделены на две группы: с гибкими камерами захвата - тарельчатые, сильфонные (рис. 4 а, г) и с жесткими - диафрагменные, поршневые (рис.4 б, в), которые в зависимости от способа создания разрежения в камерах захвата подразделяют на насосные и безнасосные. В насосных (рис. 4 г, д, е, з) разрежение в вакуум-камере может создаваться насосами, вентиляторами, газодувками. Такие ЗУ более рациональны при транспортировке воздухопроницаемых грузов (бетона, керамики, дерева, вспененных пластмасс, различных огнеупорных изделий и т.д.). В безнасосных (рис. 4 а, б, в) вакуум создается одноразовым изменением объема полости вакуум-камеры. Они могут использоваться для транспортирования только воздухонепроницаемых изделий (металла, пластмассы, стекла и т.д.). Их основные преимущества перед насосными ВЗУ - простота конструкции, отсутствие вакуум-насосной и распределительной аппаратуры, полная автономность.

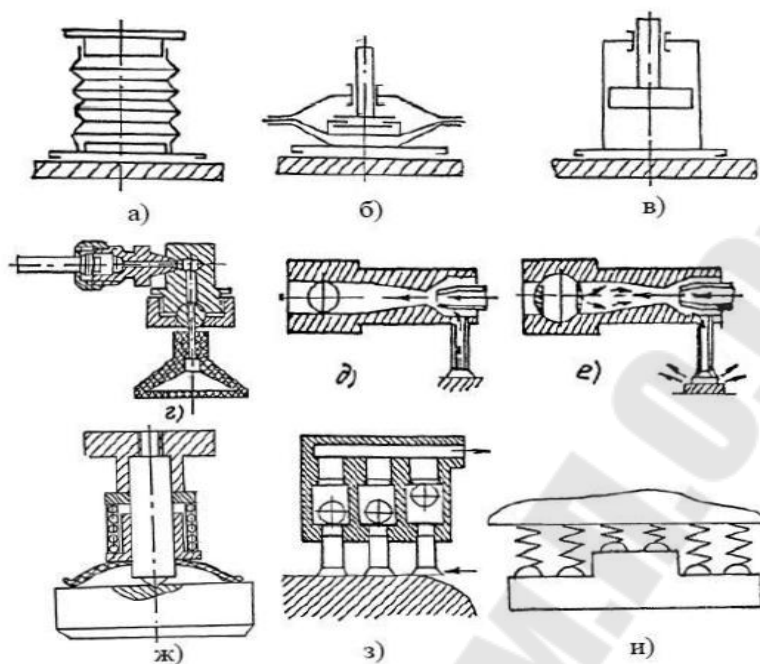


Рис. 4. Безнасосные и насосные ВЗУ: а) сильфонное; б) диафрагменное; в) поршневое; г) тарельчатое; д) с эжектором и дроссельной заслонкой (открыта - притяжение); е) закрыта - освобождение детали; ж) с центрированием детали; з) с запирающими шариками; и) рельефные с микроприсосками.

Магнитные ЗУ (МЗУ) по способу обеспечения усилия захвата разбиты на три подгруппы: с постоянными магнитами, с электромагнитами (рис. 5 а, б, в), с вращающимся магнитным полем (рис. 5, г).

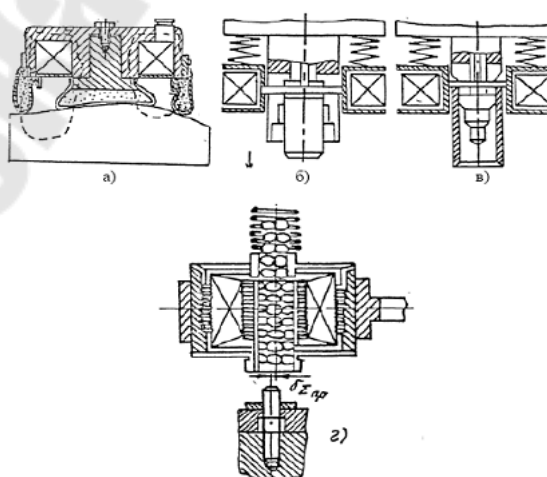


Рис. 5. Магнитные ЗУ: а) универсальный с эластичной оболочкой; б) для захвата по наружной поверхности; в) по внутренней; г) с вращающимся магнитным полем

Действие ЗУ с эластичными камерами основано на деформации камеры под действием давления воздуха или жидкости. Различают оболочковые и пальцевые ЗУ, которые в зависимости от того, базируется ли переносимое изделие по эластичной камере (рис. 6 а, б) или эластичная камера обеспечивает прижим к ориентирующим, базирующим поверхностям (рис.6 в), либо позволяют достаточно эффективно компенсировать погрешности позиционирования, либо практически теряют эту возможность.

Струйные ЗУ, представляющие собой малоизученный и редко пока применяемый класс, обеспечивают удержание детали за счет давления воздушного потока. Однопальцевые ЗУ используются для симметричных деталей с центральным отверстием, многопальцевые — для деталей более сложной формы.

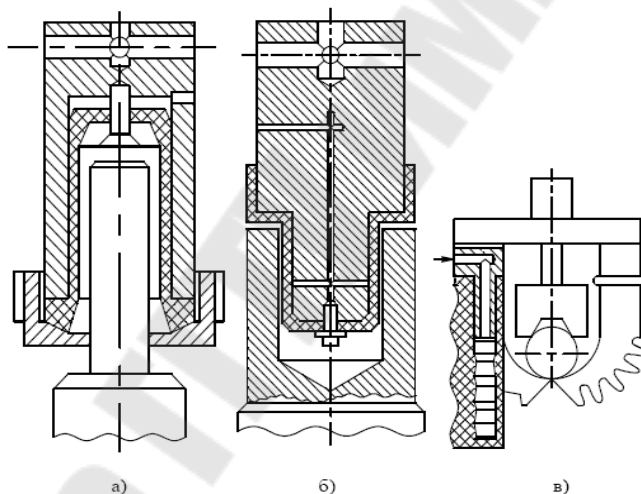


Рис. 6. Пневматические ЗУ:

а) для захвата по наружной поверхности; б) для захвата по внутренней поверхности; в) с гофрированными односторонними полыми пальцами

По типу привода ЗУ подразделяют на конструкции с пневмо-, гидро-, магнито- и электроприводом.

Пневмопривод удобен простым подводом энергии к ЗУ (один шланг), при этом легко регулируется усилие зажима, ЗУ имеют возможность работать в агрессивных средах и в зоне высоких температур. Существенный недостаток пневмопривода - большие габаритные размеры при сравнительно небольшом усилии захвата. Гидравлический привод обеспечивает большие усилия захвата, он компактен и легко регулируется, что предопределяет широкое его

распространение. Электрический привод требует специальных малогабаритных двигателей постоянного тока, разработка которых для робототехники пока только ведется.

По числу рабочих позиций захваты всех типов разделяют на однопозиционные (имеющие одну рабочую позицию) и многопозиционные (имеющие несколько рабочих позиций) (рис. 7).

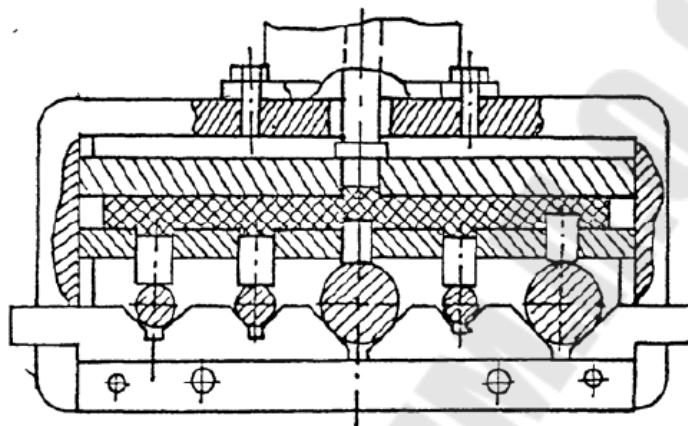


Рис. 7. Групповое ЗУ с базовыми отверстиями и упругим элементом

Наличие в ЗУ элементов компенсации погрешности позиционирования значительно расширяет технологические возможности ЗУ и сферу применения оборудованных ими ПР (рис. 8 - 10).

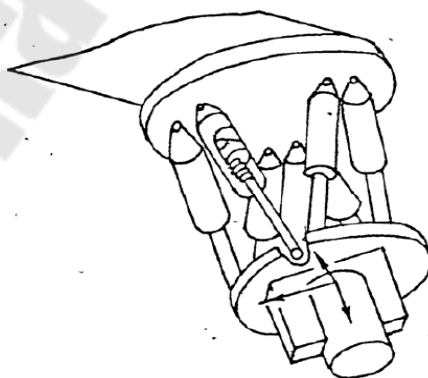


Рис. 8. Устройство для компенсации относительной погрешности положения ЗУ

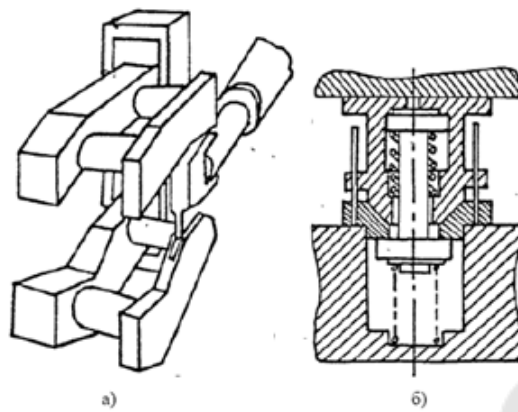


Рис. 9. ЗУ с регулируемыми «пальцами»: а) конструкция схвата; б) конструкция «пальца»

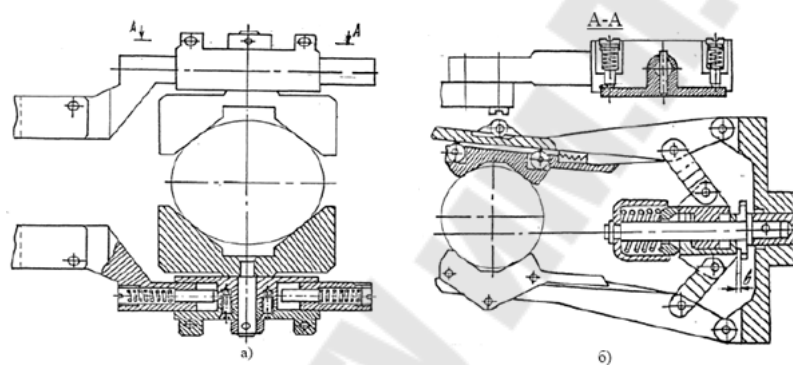


Рис. 10. Различные варианты ЗУ с активно компенсирующими элементами: а) вариант 1; б) вариант 2

По виду управления ЗУ подразделяются на четыре группы. Неуправляемые ЗУ - устройства с постоянными магнитными, вакуумными присосками, без принудительного разрезания или бесприводные механические ЗУ. Для снятия объекта с таких ЗУ требуется усилие большее, чем усилие его удержания. Командные ЗУ управляются только командами на захватывание или отпускане объекта. Разжимаются и зажимаются губки за счет взаимодействия их с объектом манипулирования или элементами внешнего оборудования. Жестко программируемые ЗУ управляются системой управления ПР. Величина перемещения губок, взаимное расположение рабочих элементов, усилие зажима меняются в зависимости от заданной программы ПР, которая может управлять и действием вспомогательных технологических приспособлений. Адаптивные ЗУ программируемые устройства, оснащенные различными датчиками внешней информации (для определения

формы поверхности и массы объекта, усилия зажима, наличия проскальзывания объекта относительно рабочих элементов ЗУ и т.д.).

По характеру крепления к руке ПР все ЗУ делятся на четыре группы. Несменяемые ЗУ - устройства, являющиеся неотъемлемой частью конструкции ПР, замена которых не предусматривается. Сменные ЗУ - самостоятельные узлы с базовыми поверхностями для крепления к руке ПР, не предусматривающие быстрой замены (например, установка на фланце с помощью нескольких винтов см. рис. 11). Быстросменные ЗУ - конструкция базовых поверхностей для крепления ЗУ к ПР обеспечивает их быструю смену (например, исполнение в виде байонетного замка, рис. 12). Пригодные для автоматической смены ЗУ - конструкция базовых поверхностей обеспечивает возможность их автоматического закрепления на руке ПР.

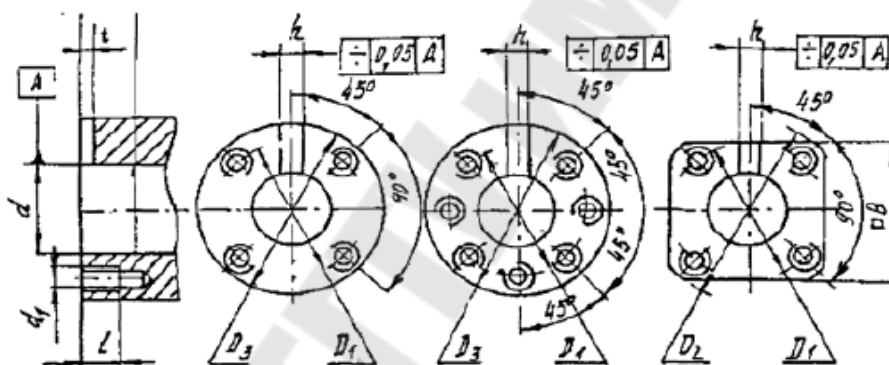


Рис. 11. Места крепления сменных ЗУ

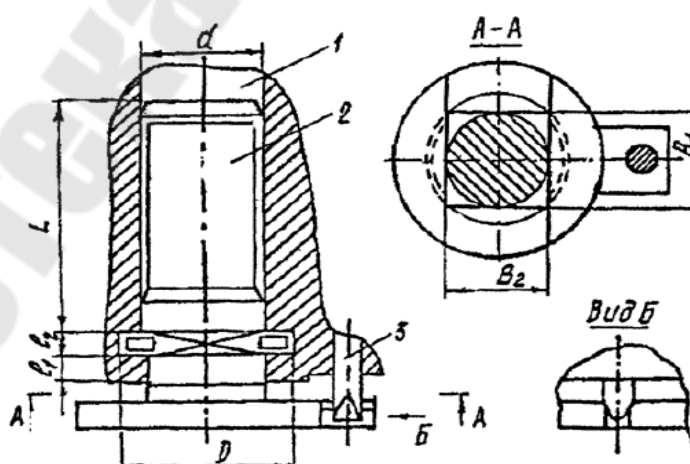


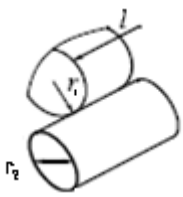
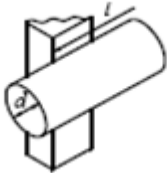
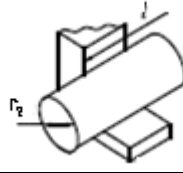
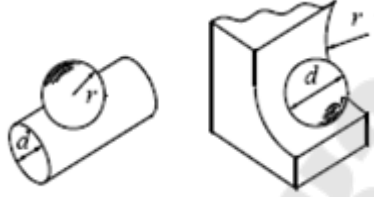
Рис.12. Места крепления быстросменных ЗУ: 1- гнездо, выполненное в руке ПР; 2 - хвостовик ЗУ; 3- приспособление угловой фиксации ЗУ относительно руки ПР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СХВАТА

Определение напряжений на поверхностях контакта ЗУ с объектом манипулирования. По известным допускаемым контактным напряжениям $[\sigma_k]$ — в табл. 2 определяем усилия N , используя табл.1.

Таблица 1

Расчет контактных напряжений

Схема	Формула
	$N = \frac{[\sigma_k]^2 l r_1 r_2}{0,175 E_{np} (r_1 + r_2)}$
	$N = \frac{[\sigma_k]^2 l d}{0,35 E_{np}}$
	$N = \frac{[\sigma_k]^2 l r_1 r_2}{0,175 E_{np} (r_1 - r_2)}$
	$N = \frac{[\sigma_k]^3 r^2}{m^3 E_{np}^2} \text{ при } \frac{d}{2} < r$

Обозначения: N — сила, действующая в месте контакта захвата с деталью (табл.4); E_{np} — приведенный модуль упругости материалов губки захвата и детали; l — ширина губки захвата, см; d — диаметр детали, см; r — радиус губок захвата, см; m — коэффициент зависящий от отношения $2r/d$ (табл. 4).

Таблица 2

Допускаемые контактные напряжения

Материал	Вид контакта	$[\sigma_k]$, МПа
Сталь	Линейный	450-850
	Точечный	1100-2200
Чугун	Линейный	260-350
	Точечный	600-800

Примечание: $[\sigma_k]$ может быть приближенно определено по формуле $[\sigma_k] = 50\text{НВ}$ (1-0,001НВ) — при линейном контакте;
 $[\sigma_k] = 100\text{НВ}$ (1-0,001НВ) — при точечном контакте.

Приведенный модуль упругости материалов $E_{пр}$ подсчитывают по формуле:

$$E_{пр} = \frac{2E_{заг}E_{зу}}{E_{заг} + E_{зу}},$$

где $E_{заг}$ — модуль упругости материала заготовки; $E_{зу}$ — модуль упругости материала губок ЗУ.

Значения приведенного модуля упругости (в 10^5 МПа) для некоторых пар материалов заготовок при стальных губках ЗУ даны в таблице 3.

Таблица 3

Значения $E_{пр}$ для стальных губок ЗУ

Материал заготовки	$E_{пр}10^5$, МПа	Материал заготовки	$E_{пр}10^5$, МПа
Сталь	2,1	Бронза	1,25
Чугун серый	1,25	Алюминий	1,05
Чугун модифицированный	1,6	Латунь	1,2

Таблица 4

Значение коэффициента m в зависимости от отношения $2r/d$

$2r/d$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,10	0,05
m	0,39	0,4	0,42	0,44	0,47	0,49	0,54	0,6	0,72	0,8	0,97	1,98

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ В МЕСТАХ КОНТАКТА ЗАГОТОВКИ И ЭЛЕМЕНТОВ ЗУ

Различают следующие схемы удержания объектов в механическом ЗУ: деталь поддерживается губкой ЗУ, силы трения мало влияют на механизм удержания детали (схема 4 в табл.5); деталь удерживается благодаря запирающему действию губок при ограниченном влиянии сил трения (схемы 2 и 5); деталь удерживается силами трения (схемы 3 и 6).

На практике обычно встречается сложное нагружение ЗУ с комбинацией описанных случаев (схема 2), при этом в процессе манипулирования объектом характер нагрузки ЗУ и схемы удержания

детали могут изменяться. Поэтому расчет должен вестись для критического случая нагрузки.

Таблица 5

Расчет сил, действующих в местах контакта

№ п/п	Расчетная схема	Расчетная формула
1		<p>а) $R_1 = \frac{ba}{b} Q, R_2 = \frac{a}{b} Q$</p> <p>б) $R_1 = \frac{b+a}{b} Q, R_2 = -\frac{a}{b} Q$</p>
2		<p>где $i = j = k = 1,2,3; i \neq j \neq k$</p> $R_n = N_i \frac{(1 - \mu^2) [\sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1)]}{\sin \theta [\sin \varphi_j - \sin \varphi_k - \mu (\cos \varphi_j - \cos \varphi_k)] - \frac{\cos \theta}{\mu} (1 - \mu^2) \sin(\varphi_j - \varphi_k)}$
3		<p>где $i = j = k = 1,2,3; i \neq j \neq k$</p> $R_n = -N_i \mu \frac{[\sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1)]}{\sin(\varphi_j - \varphi_k)}$

№ п/п	Расчетная схема	Расчетная формула
4		$R_n = N_i \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin \varphi_j - \mu \sin \varphi_j}$ <p>где $i = j = 1, 2$; $i \neq j$</p>
5		$R_n = N_1 (\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi),$ $R_n = N_2 \frac{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi}{\sin \varphi - \mu \cos \varphi},$ <p>где $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi = 90^\circ$</p>
6		$R_n = 2\mu N_1, \quad N_1 = N_2$

ПРОВЕРКА НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СХВАТА

Поперечное сечение рычагов схвата рассчитывают на изгиб. Опасным сечением обычно является место установки шарнира

$$\sigma_u = \frac{10^3 M_u}{W} \leq [\sigma_u],$$

где M_u — изгибающий момент, действующий в опасном сечении, Н м; W — момент сопротивления сечения изгибу, мм^3 ; $[\sigma_u] = (0,4 \dots 0,5)\sigma_T$ — допустимое напряжение изгиба, МПа.

Шарниры схвата рассчитывают на срез и смятие

$$\tau_{cp} = \frac{4R}{\pi d^2} \leq [\tau_{cp}],$$

$$\sigma_{cm} = \frac{R}{\pi dl} \leq [\sigma_{cm}],$$

где R - усилие, действующее на шарнир, Н; $[\tau_{ср}] = (0,2 \dots 0,3)\sigma_T$ - допускаемое напряжение среза, МПа; d - диаметр шарнира (мм); l - длина рабочей части шарнира, мм; $[\sigma_{см}] = (0,4 \dots 0,6)\sigma_T$ — допускаемое напряжение смятия, МПа.

Прогиб рычагов схвата определяется по формуле

$$f = \frac{Fl_1^2(l_1 + l_2)}{3EJ} \leq [f],$$

где J – момент инерции сечения рычага, мм^4 ; $[f] = 0,05$ мм – допустимый прогиб рычага; l_1, l_2 – длина плеч рычага, мм (рис.14).

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРИВОДА

Усилие развиваемое пневмоприводом определяется по формулам

для полости пневмоцилиндра без штока

$$P = p \frac{\pi D^2}{4},$$

для полости пневмоцилиндра со штоком

$$P = p \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4},$$

где $p = 0,6$ МПа – давление в пневмосети; D – диаметр поршня, мм; d – диаметр штока.

Усилие привода необходимое для удержания заготовки массой определенной по допустимым контактным напряжениям определяется по формулам приложения 5.

Рычажно-стержневые схемы проанализированы на примере рычажно-стержневой схемы, показанной на рис. 13

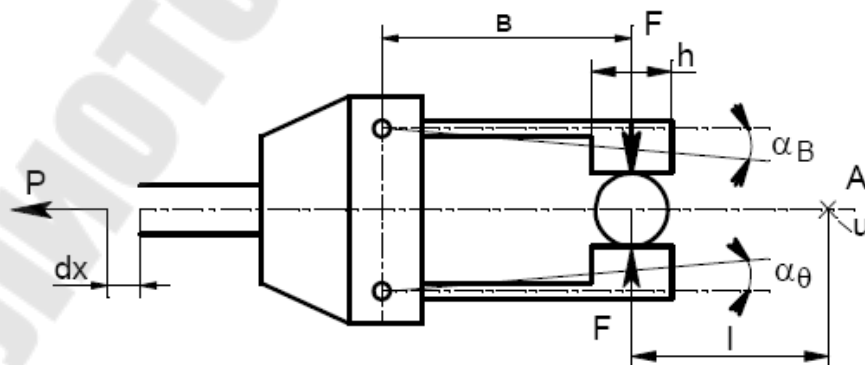


Рис. 13. Расчетная схема двухшарнирного захвата

Привод ЗУ от гидроцилиндра. Силовое передаточное отношение схемы $K_p = F/P$, где F — усилие на губках; P — движущая сила.

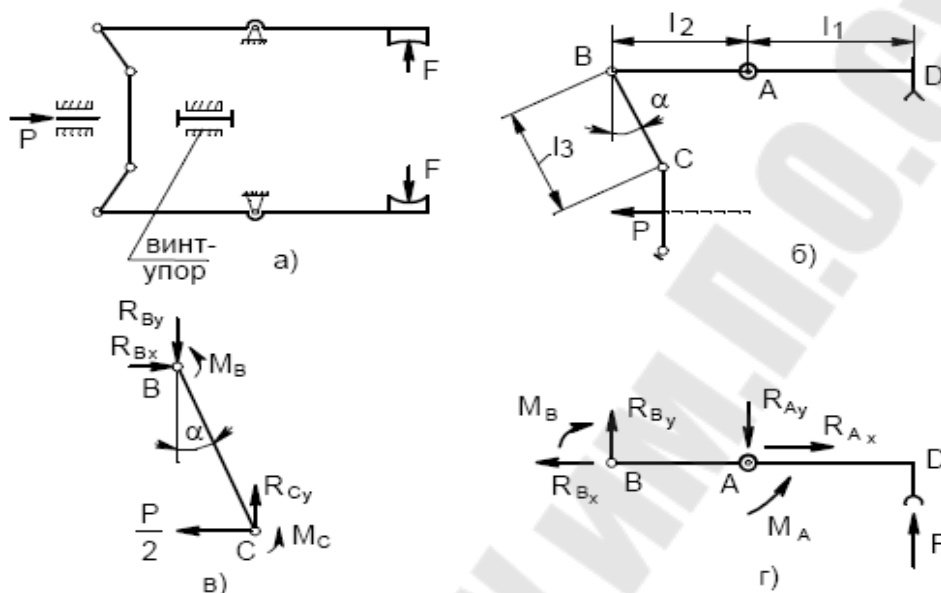


Рис. 14. Схемы ЗУ: а) кинематическая; б) расчетная; в) сил и моментов на звене ВС; г) сил и моментов на звене ВD

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СХВАТА

Определение необходимого усилия захвата ЗУ рассмотрим например ЗУ клещевого типа с V-образными губками, используя метод анализа действующих сил, для детали весом G — при четырех видах перемещений:

1) при вертикальном линейном перемещении:

$$F = G \frac{K}{\mu} \left(1 + \frac{a_v}{g} \right),$$

где μ — коэффициент трения; a_v — ускорение вертикального движения; K — коэффициент запаса ($K = 1,5 - 2,0$); g — ускорение свободного падения;

2) при горизонтальном линейном перемещении:

$$F = G \left(\frac{K}{\mu} + \frac{a_g}{g} \operatorname{tg} \alpha \right),$$

где a_g — ускорение горизонтального движения; α — угол скоса

губок;

3) при вращении ЗУ в горизонтальной плоскости:

$$F = G \left(\frac{K}{\mu} + \frac{\omega}{g} R \operatorname{tg} \alpha + \frac{\varepsilon}{g} R \right),$$

где ω — угловая скорость вращения ЗУ; ε — угловое ускорение поворота ЗУ; R — расстояние от оси вращения до оси заготовки;

4) при одновременном торможении всех трех движений:

$$F = G \left(\frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{a_\varepsilon}{g} \right) + \frac{1}{g} (a_2 \operatorname{tg} \alpha + \omega R \operatorname{tg} \alpha + \varepsilon R) \right),$$

По этой последней зависимости рассчитывается привод ЗУ. Для определения усилия зажима детали можно также воспользоваться эмпирической формулой:

$$F = K_1 K_2 K_3 \cdot mg,$$

где m — масса заготовки; K_1 — коэффициент безопасности, значения которого зависят от условий применения ПР и расположения других элементов РТК ($K_1=1,2$ — $2,0$), K_2 — коэффициент, зависящий от максимального ускорения a , с которым робот перемещает заготовку, закрепленную в его захвате ($K_2=1+a/g$); K_3 — коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки ($K_3=F/mg$)

РАСЧЕТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

При подъеме детали под действием ее веса G (рис.15, а) эксцентрик затягивается, в результате чего возникает усилие распора N , создающее силу трения:

$$F = F_1 + F_2 = N\mu_1 + N\mu_2 > G,$$

где $\mu_1 = 0,15$ и $\mu_2 = 0,1$ — коэффициенты трения детали соответственно об эксцентрик и заднюю стенку ЗУ. Если толщина детали a , а радиус эксцентрика r , то из уравнения моментов относительно оси эксцентрика следует:

$$Nr \cdot \sin \alpha - N\mu_1 r \cdot \cos \alpha - N\mu_2 (r \cdot \cos \alpha + a) = 0 \text{ или}$$

$$\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha - \mu_2 (r \cos \alpha + a) = 0, \text{ откуда}$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu_1 + \mu_2 \left(1 + \frac{a}{r \cos \alpha} \right),$$

что и определяет параметры эксцентрика (табл.6).

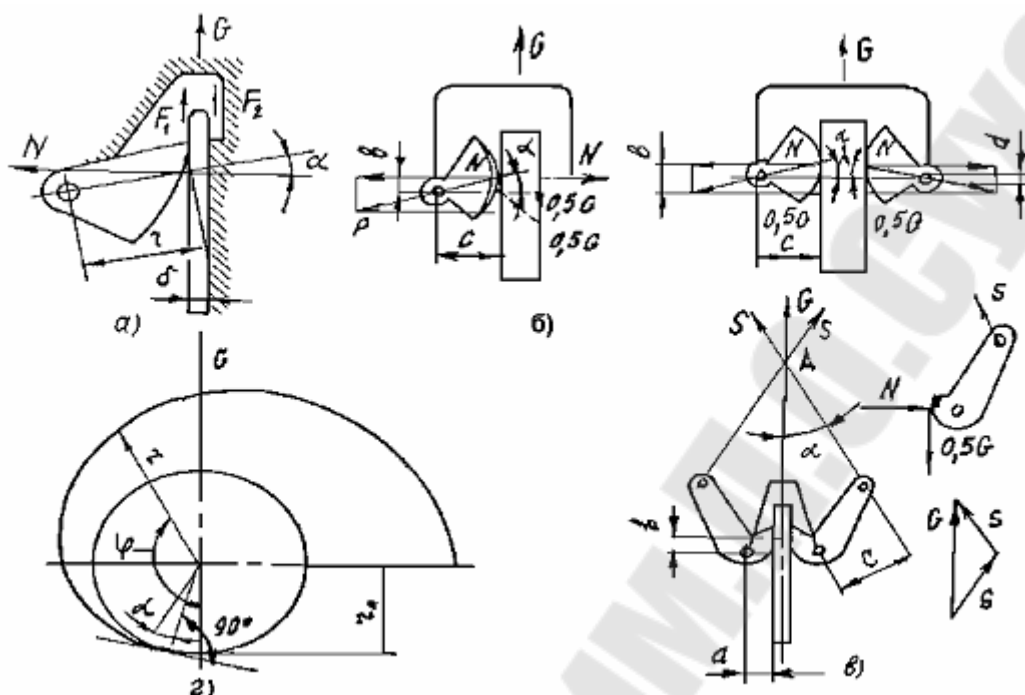


Рис. 15. Схемы эксцентрикового ЗУ: а) для определения удерживающей силы; б) для определения основных параметров; в) расчетная схема рычажно - эксцентрикового ЗУ; г) построение логарифмической спирали профиля эксцентрика

Таблица 6

Расчет параметров эксцентриковых ЗУ

Параметр	Устройство	
	эксцентриковое ЗУ	Рычажно-эксцентриковое ЗУ
Передаточное число	$i = \frac{c}{b} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$i = \frac{a + c / \cos \alpha}{b}$
Сила сжатия	$G = \frac{N}{0,5\sqrt{i^2 + 1}}$	$G = \frac{Nb}{0,5[a + c / \cos \alpha]}$
Реакция в шарнире	$R = 0,5G\sqrt{i^2 + 1}$	$S = G / 2 \cos \alpha$
КПД	$\eta = 1 - 0,5\rho \frac{d}{c} \sqrt{i^2 + 1}$	$\eta = 1 - 0,5\rho \frac{d}{c} \sqrt{i^2 + 1}$

В таблице d — диаметр оси шарнира; ρ — коэффициент трения в шарнирах.

Сила N определяется из расчета по допустимым контактным напряжениям (табл. 1). Рабочую поверхность эксцентриков

рекомендуется профилировать по логарифмической спирали $tg\alpha = const$ (рис. 15, г). В этом случае $r = r_0 e^{t\phi}$, где $t = tg\alpha$.

Для повышения значения μ и надежного в связи с этим удержания детали рабочие поверхности эксцентриков снабжают насечкой и угол α доводят до 10° . Делать его меньше не рекомендуется, поскольку при $\alpha < 10^\circ$ ЗУ заклинивается и трудно снимается с детали.

КЛИНОВЫЕ ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Клиновые (цанговые) ЗУ (рис. 4) в основном предназначены для подъема и транспортирования деталей, имеющих полость, выполненную обычно в виде круглого отверстия необходимого диаметра для взаимодействия с распорными элементами ЗУ. Значительно реже клиновые ЗУ применяют для захвата изделий за боковые поверхности или выступающие элементы.

Основными частями наиболее распространенного клинового ЗУ являются размещенные в отверстиях груза подвижные в горизонтальном направлении распорные элементы и конусообразный клин, подвижный в вертикальном направлении (см. рис.4).

Сила зацепления в клиновом ЗУ (см. рис.4) $P = \sum \mu N > G$, где μ — коэффициент трения между деталью и распорным элементом; N — сила нормального давления. Передаточная функция клиновой пары зависит от коэффициента μ_1 трения распорного элемента о клин $u = (\cos\alpha - \mu_1 \sin\alpha + \mu_1 \cos\alpha)$. Тогда при n распорных элементах

$$G = \frac{Nn(\sin\alpha + \mu_1 \cos\alpha)}{\cos\alpha - \mu_1 \sin\alpha}.$$

Сила N определяется из расчета по допустимым контактным напряжениям (табл. 1). Сумма горизонтальных сил, действующих на груз $\sum N = Gu$. При проектировании ЗУ следует избегать малых углов наклона граней клина, которые могут вызвать заклинивание.

РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ

В процессе захвата, подъема и перемещения груза грузоподъемность ВЗУ не остается постоянной - она зависит от соотношения сил P , N и T , удерживающих груз, стремящихся оторвать его и сдвинуть соответственно.

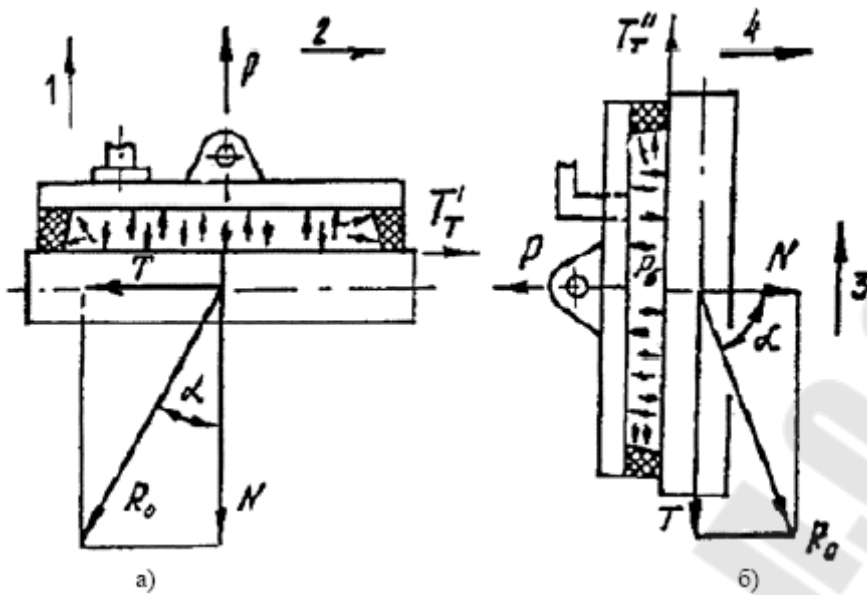


Рис. 16. Взаимодействие сил при подъеме и транспортировании груза: а) горизонтальное положение ЗУ с грузом; б) вертикальное положение ЗУ с грузом

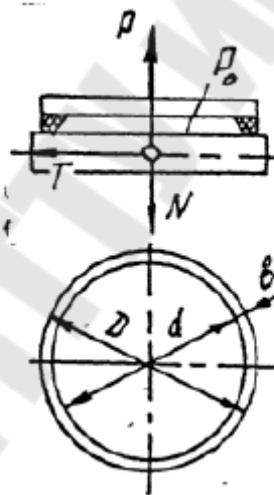


Рис. 17. Расчетная схема ВЗУ для определения снижения его грузоподъемности

Наиболее часто встречаются в практике два положения ЗУ с грузом: горизонтальное (рис.16, а) и вертикальное (рис.16, б). Равнодействующую R_0 всех внешних сил (статических от массы груза G , динамических P_d , ветровых P_v и др.), отрывающих груз от ЗУ, можно разложить на составляющие: нормальную N и касательную T . Характерны следующие случаи:

1) подъем в вертикальном направлении, когда сила тяжести по направлению совпадает с силой прижатия к ЗУ (рис.16, а; стрелка 1)

$$N = Q + P_d + P_v, T = 0.$$

2) перемещение в горизонтальном направлении - сила прижатия к ЗУ и сила тяжести (стрелка 2) находятся на одной оси

$$N = Q, \quad T = P_D + P_B = T'_T.$$

где $T_T = (P - N)f$ — сила трения между грузом и ЗУ; f - коэффициент трения между поверхностями груза и контактирующей с ним присоской.

3) подъем в вертикальном направлении (при боковом захвате), когда сила тяжести направлена под прямым углом к силе прижатия к ЗУ (рис.16, б; стрелка 3)

$$N = P_B, \quad T = Q + P_B + P_D = T''_T.$$

4) перемещение в горизонтальном направлении (при боковом захвате), когда сила тяжести направлена под прямым углом к силе прижатия к ЗУ (стрелка 4)

$$N = P_B + P_D, \quad T = Q.$$

5) наклонное положение груза при его перемещении, когда сила тяжести направлена под углом к силе прижатия груза к ЗУ.

Для надежного удержания груза ВЗУ необходимо, чтобы составляющие удерживающих сил были больше соответствующих сил отрыва, т.е. $P > N$ или $P = K_N N$; $T'_T > T$ и $T''_T > T$ или $T'_T = K_T T$; $T''_T > K_T T$, где K_N и K_T — соответственно коэффициенты запаса по силам отрыва и сдвига груза.

Для определения потенциальных возможностей ВЗУ необходимо определить силу вакуумного притяжения

$$P = S_o K_p (P_a - P_b) n,$$

где $P_a - P_b = (0,03-0,035)$ МПа — разность атмосферного и остаточного давлений внутри камеры; n — количество присосок в ЗУ; $S_o = \pi d^2/4$ — площадь присоски, мм²; $K_p = 0,85$ — коэффициент, учитывающий возможное изменение атмосферного давления и свойств уплотнителя.

Проанализировав варианты представленные рис.16 необходимо найти допустимую массу заготовки воспользовавшись формулами

$$P = \frac{N}{\xi} K_N, \quad P = N + \frac{T}{f} K_T,$$

где K_N и K_T — соответственно коэффициенты запаса по силам отрыва и сдвига груза; ξ - коэффициент снижения грузоподъемности ВЗУ; f — коэффициент трения (табл. 7).

Для ВЗУ, не связанного с определенными условиями работы, с некоторым допущением в сторону увеличения можно принять

$$P = \left(\frac{N}{\xi} + \frac{T}{f} \right) K,$$

при $K_T = K_N = K$. Чтобы гарантировать надежность работы ВЗУ в нормальных условиях, можно принять коэффициент запаса $K = 2$.

Таблица 7

Значения коэффициента трения f

Материал	f
Сталь по губчатой резине	0,3-0,5
Сталь с поверхностной ржавчиной и окалиной по губчатой резине	0,5-0,7
Сталь по мягкой резине	0,3-0,5
Синтетические полимерные материалы по мягкой резине	0,3-0,5
Стекло, полированный мрамор по губчатой резине	0,3-0,4
Синтетические полимерные материалы по губчатой резине	0,4-0,6

Примечания:

1. Значения коэффициентов трения получены для сухих поверхностей. При поверхностях, смоченных водой, коэффициент трения уменьшится примерно вдвое.

2. Поверхность груза (если нет оговорок) подразумевается гладкой, плотной.

3. Нижние пределы коэффициента трения относятся к давлению на контактирующих поверхностях 3 МПа и более; верхние пределы — к меньшему давлению. Влияет также степень шероховатости.

Для нормальной работы ВЗУ необходимо, чтобы разница между силой P (прижатия груза) и N (нормальной составляющей силы отрыва) была достаточной для создания давления q в контакте уплотнения присоски и поверхности груза, обеспечивающего герметизацию камеры.

Необходимое давление на герметизирующей кромке присоски при ее контакте с грузом зависит как от материала уплотнения, так и от шероховатости груза. Предельное значение силы N , при которой сохраняется достаточное для герметизации давление q_{\min} в контакте уплотнения присоски и поверхности груза для некоторых видов уплотнения приведены в табл.7.

Для получения надежной герметизации поверхности груза по плоскости уплотнения последнее должно подвергаться деформации сжатия на определенную величину, которая зависит в

основном от материала уплотнения и шероховатости поверхности груза.

Таблица 8

Необходимое давление q_{\min} (МПа) на герметизирующей контактной площади уплотнения ВЗУ

Поверхность груза	Материал присоски				
	Губчатая резина ТУ-109Р-ТИ	Губчатая резина	Резиновая смесь 1432А	Резина ГОСТ 17336-80	Резина 7889
Стальной прокат: чистый	0,05-0,10	0,06-0,12	0,01-0,20	0,15-0,25	0,30-0,04
с окалиной	0,10-0,12	0,10-0,14	0,15-0,28	-	-
Текстолит	0,04-0,06	0,05-0,06	0,06-0,09	-	0,30-0,40
Оргстекло	0,05	0,05-0,06	0,07-0,01	0,08-0,11	-
Слоистый пластик	0,04-0,06	0,05-0,06	0,06-0,08	0,08-0,09	-

Коэффициент снижения грузоподъемности ВЗУ

$$\xi = 1 - 4 \left(\frac{b}{d} + \frac{b^2}{d^2} \right) \frac{q_{\min}}{P_b},$$

где b – ширина уплотнения, мм.

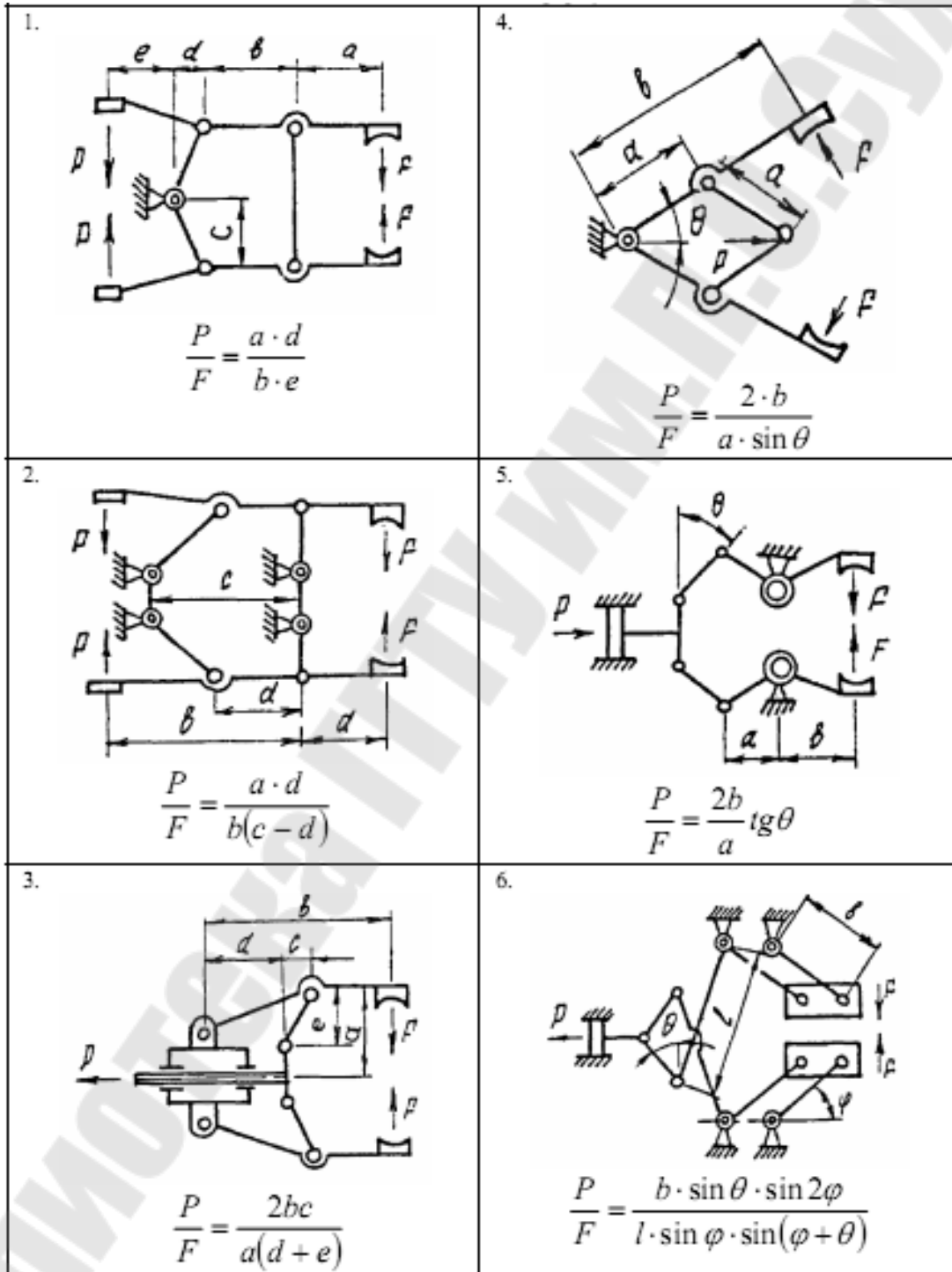
При совмещении трех движений (подъема руки ПР, поворота руки в горизонтальной плоскости и выдвигания руки) допустимая масса заготовки рассчитывается по формуле:

$$m \leq \frac{n\pi d^2 (P_a - P_b)}{4K_n \left(1 + \frac{a_n}{g} + \frac{1}{fg} \sqrt{(r\varepsilon)^2 + (a_{\text{выд}} + k\omega^2)^2} \right)},$$

где d – диаметр входного отверстия присоски у среза; K_n – коэффициент надежности удержания ($K_n = 1,5 - 2$); a_n – ускорение подъема заготовки; g – ускорение свободного падения; r – расстояние от оси вращения руки до центра заготовки; ε – угловая скорость руки; $a_{\text{выд}}$ – ускорение при выдвигании руки.

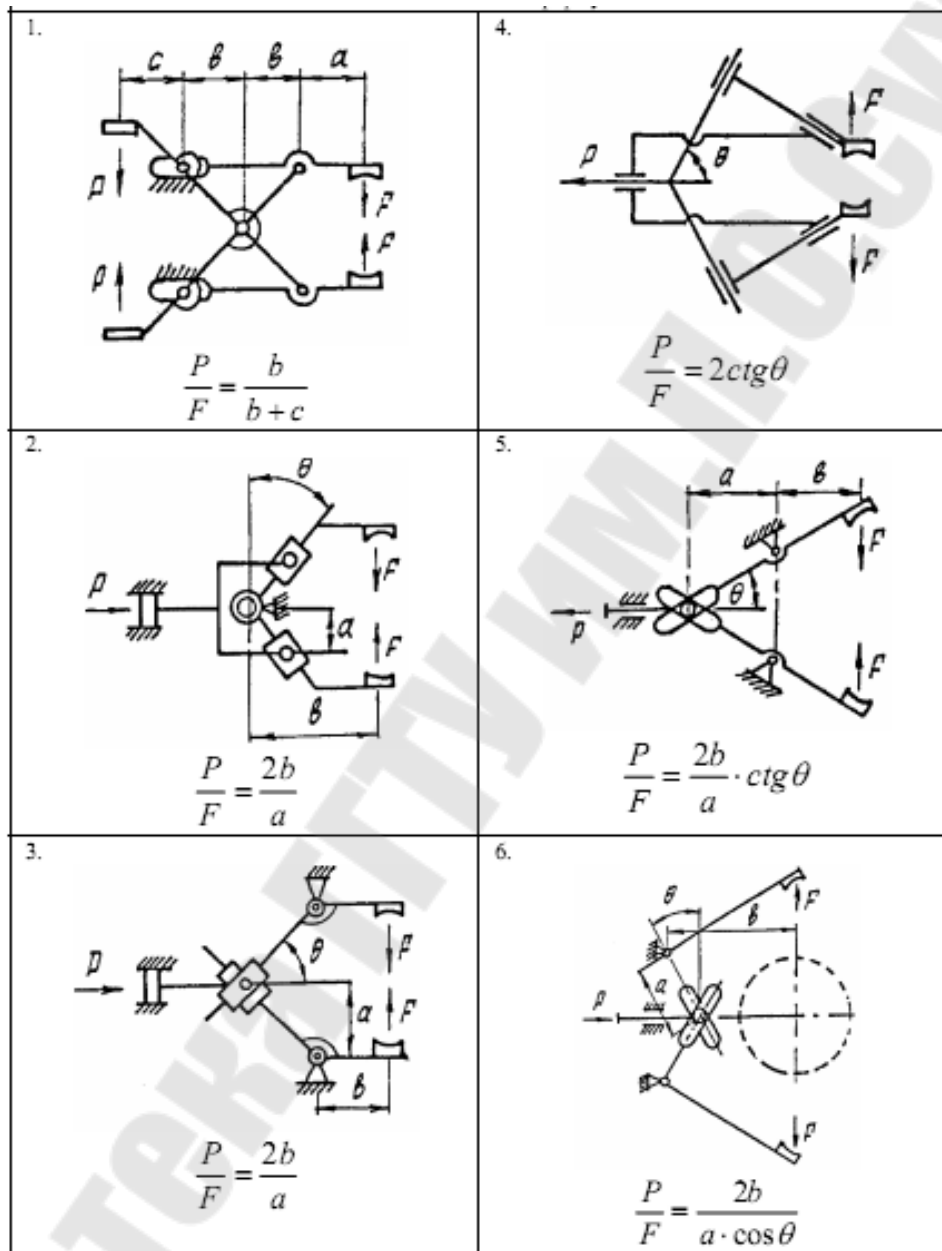
Приложение 1

Примеры кинематических схем рычажно-стержневых механизмов и формулы их передаточных отношений



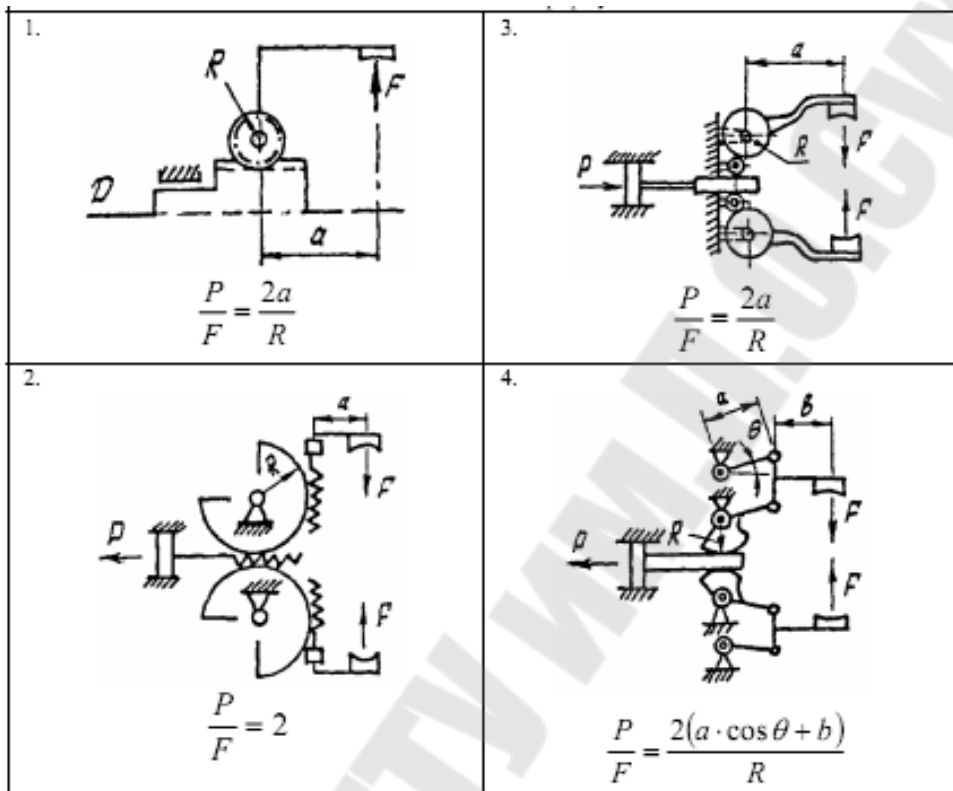
Приложение 2

Примеры кинематических схем кулисно-стержневых механизмов и формулы их передаточных отношений



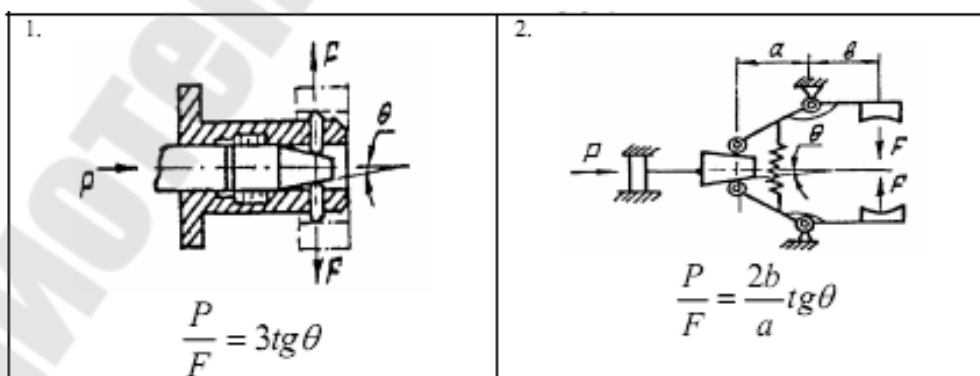
Приложение 3

Примеры кинематических схем зубчатых механизмов и формулы их передаточных отношений

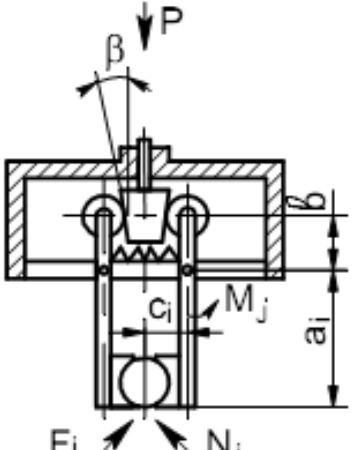
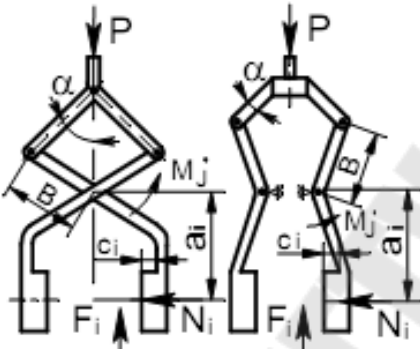
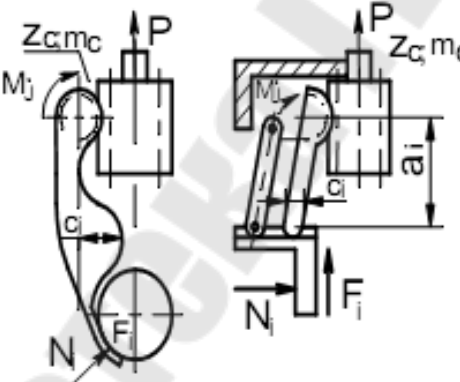


Приложение 4

Примеры кинематических схем клиновых механизмов и формулы их передаточных отношений

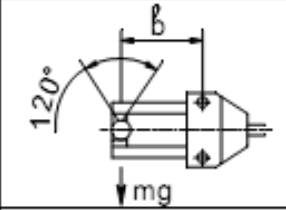
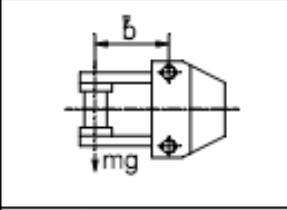
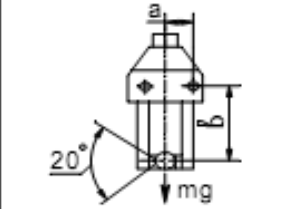
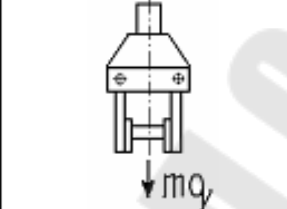
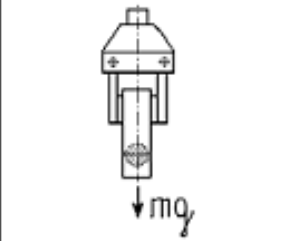
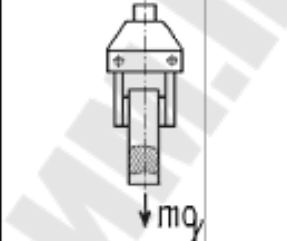
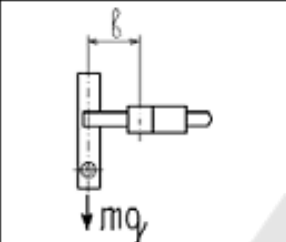
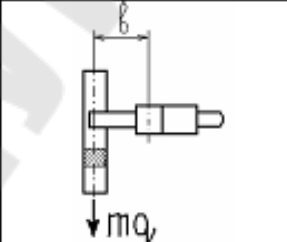
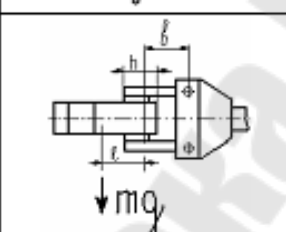
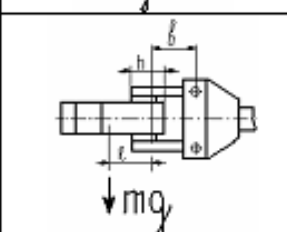


Расчет усилий привода

<p>1.</p> 	<p>Общий случай</p> $P \geq \frac{\sum_{i=1}^m M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_\rho}$ <p>Для симметричных губок</p> $P \geq \frac{2M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_\rho}$ <p>$m=2; \eta_\rho=0,9; \beta=4+8^\circ; \rho=1^\circ 10'; \rho=3$ для подшипников скольжения, качения</p>
<p>2.</p> 	<p>Общий случай</p> $P \geq \frac{\sum_{i=1}^m M_j \cos \alpha}{b \cdot \eta_\rho}$ <p>Для симметричных губок</p> $P \geq \frac{2M_j \cos \alpha}{b \cdot \eta_\rho}$ <p>$\eta_\rho=0,9 - 0,95$</p>
<p>3.</p> 	<p>Общий случай</p> $P \geq \frac{2 \sum_{i=1}^m M_j}{m_c \cdot z_c \cdot \eta_\rho}$ <p>Для симметричных губок</p> $P \geq \frac{4M_j}{m_c \cdot z_c \cdot \eta_\rho}$ <p>$\eta_\rho=0,94$</p>

Приложение 6

Значение коэффициента K_3 для различных положений детали

	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$
	$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + \frac{a}{2b}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\sin \frac{\theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\sin \frac{\theta}{2\mu}$		$\frac{1}{2\mu}$
	$\frac{3l}{h}$		$\frac{3l}{h}$

**Михайлов Михаил Иванович
Никитенко Дмитрий Владимирович**

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗАХВАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

**Лабораторный практикум
по дисциплине «Станки с ЧПУ
и промышленные роботы»
для студентов специальности 1-36 01 03
«Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 09.03.11.

Рег. № 68Е.
E-mail: ic@gstu.by
<http://www.gstu.by>