

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.002:658.51(07)
ББК 34.5я7

Составитель
ст. преп. Ю. Э. Симонова

Методы обеспечения точности: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Ю. Э. Симонова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 24 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению практических работ, приведены теоретические сведения, полезные не только для выполнения практических работ, но и при подготовке к сдаче зачетов и экзаменов. Выполнение практических работ дает возможность получения навыков при выборе установочных баз для обработки изделий, разработке схем установок заготовок, определения усилия зажима деталей; выбора геометрических параметров режущего инструмента.

Предназначены для студентов всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МОТПР.pdf.

Табл. 13. Ил. 6. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.002:658.51(07)
ББК 34.5я7

Рецензент - С. Ю. Жачкин, д-р техн. наук, проф. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Практическая работа № 1

БАЗЫ И ПРИНЦИПЫ БАЗИРОВАНИЯ

Цель работы: произвести выбор установочных баз для обработки поверхностей вращения и плоских поверхностей.

Выбор установочных баз является ответственной работой, выполняемой при проектировании технологического процесса изготовления детали. Его производят в соответствии с правилами и учетом конкретных условий обработки. В отдельных случаях величину погрешности установки определяют расчетом по формулам:

- при обработке поверхностей вращения

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{баз}^3 + \varepsilon_{закр}^2}, \quad (1)$$

- при обработке плоских поверхностей

$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр}, \quad (2)$$

где

$\varepsilon_{баз}$, – погрешность базирования;

$\varepsilon_{закр}$, – погрешность закрепления,

возникающая от действия зажимных сил.

Величина погрешности базирования может быть определена расчетом, исходя из схемы базирования.

Задача 1

Определить погрешность обработки на токарном станке наружной поверхности стального ступенчатого вала, учитывая жесткость узлов станка и обрабатываемой детали. Тип станка – токарно-винторезный с высотой центров $H_{ст}$, мм. Размеры вала: длина $L_{общ}$, приведенный диаметр $d_{прив}$.

Установка заготовки – в жестких центрах. Радиальная составляющая силы резания – P_y , Н (табл. 1).

Варианты заданий

Параметр	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_{ст}$, мм	320	400	320	400	250	300	320	500	320	250
$L_{общ}$, мм	430	460	320	450	325	425	400	420	450	300
$d_{прив}$, мм	53,5	64	44,5	74	38	84,5	48,5	79,5	59	33,5
P_y , Н	1800	2500	1750	2200	1500	2800	1700	2750	2000	1300

Пример выполнения задачи 1.

Исходные данные: станок токарно-винторезный с высотой центров до $H_{ст} = 200$ мм; обрабатываемая заготовка – вал длиной $L_{общ} = 480$ мм с приведенным диаметром $d_{прив} = 70$ мм; радиальная составляющая силы резания $P_y = 2000$ Н.

Решение:

Определяем наибольшую податливость обрабатываемой детали по формуле:

$$W_{\delta} = \frac{0,02}{d_{прив}} \cdot \left(\frac{L}{d_{прив}} \right)^3 \quad (3)$$

$$W_{\delta} = \frac{0,02}{70} \cdot \left(\frac{480}{70} \right)^3 = 0,0922 \text{ мм / Н}$$

Податливость станка находим, используя справочные данные [7].

$$W_{ст} = 0,637 \text{ мкм / Н}$$

Вычисляем общую податливость системы:

$$W_{сист} = W_{d \max} + W_{ст} \quad (4)$$

$$W_{сист} = 0,0922 + 0,637 = 0,729 \text{ мкм / Н}$$

где

Рассчитываем величину общей деформации по формуле

$$y = P_y + W \quad (5)$$

P_y – радиальная составляющая силы резания.

$$y = 200 \cdot 0,729 = 145,8 \text{ мкм.}$$

Определяем величину погрешности обработки по диаметру:

$$\Delta d = 2y = 292 \text{ мкм}$$

Устанавливаем качество точности, в пределы которого укладывается погрешность обработки. Для поверхностей диаметром свыше 30 мм рассчитанная величина погрешности обработки укладывается в пределы 12 качества точности, при котором допуск отклонения вала равен 0,34 мм.

Задача 2.

Выбрать и обозначить на эскизе установочные базы при выполнении указанной обработки детали (табл. 2 и рис. 1).

Таблица 2

Варианты заданий

№ варианта	Вид обработки	№ рисунка
1	Фрезерование шпоночного паза у вала	1а
2	Фрезерование трех равномерно расположенных шпоночных пазов (используется делительная головка)	1б
3	Сверление поперечного отверстия	1в
4	Обтачивание вала на токарно-винторезном станке	-
5	Сверление четырех отверстий, расположенных равномерно, с использованием делительного приспособления	1г
6	Расточка пояска в юбке поршня и подрезка торца (заготовка поршня точная – кокильная)	1д
7	Обработка ступенчатого вала ведется на токарном станке с использованием гидрокопировального суппорта	-
8	Расточка пояска в юбке поршня и подрезка торца (отливка заготовки в землю – неточная)	1д
9	Сверление отверстия в плоской детали	1е
10	Шлифование отверстия втулки на внутришлифовальном станке	-

Задача 3

Определить погрешность базирования при выполнении заданного размера при обработке поверхностей с принятыми условиями базирования заготовки (табл. 3 и рис. 2).

Указания по выполнению задачи 3:

При решении данной задачи необходимо использовать формулы для определения погрешности базирования.

Таблица 3

Варианты заданий

№ варианта	Способ базирования заготовки и вид обработки	Заданный размер	№ рисунка
	<i>По внешней поверхности на плоскости</i>		
1.	При фрезеровании паза; $D = 100e9$	h	2 а
2.	При фрезеровании лыски; $D = 40h6$	H	2 б
3.	При сверлении отверстия, параллельного оси детали; $D = 60r6$	m	2 в
	<i>По внешней поверхности в призме ($\alpha = 90^\circ$)</i>		
4.	При фрезеровании паза; $D = 100f9$	h	2 г
5.	При фрезеровании лыски; $D = 70h8$	H	2 б
6.	При сверлении отверстия, параллельного оси детали; $D = 140k6$	m	2 е
	<i>По отверстию</i>		
7.	На разжимной оправке, установленной в центрах делительной головки, при фрезеровании лыски; $D = 40h11$; $e = 100$ мкм	b	2 ж
8.	На разжимной оправке, установленной в центрах делительной головки, при фрезеровании лыски; $D = 40h11$; $e = 100$ мкм	h	2 ж
9.	На жесткой оправке с натягом при фрезеровании паза; $D = 130h6$; $e = 40$ мкм	B	2 з
10.	На жесткой оправке с натягом при фрезеровании паза; $D = 130h6$; $e = 40$ мкм	h	2 з

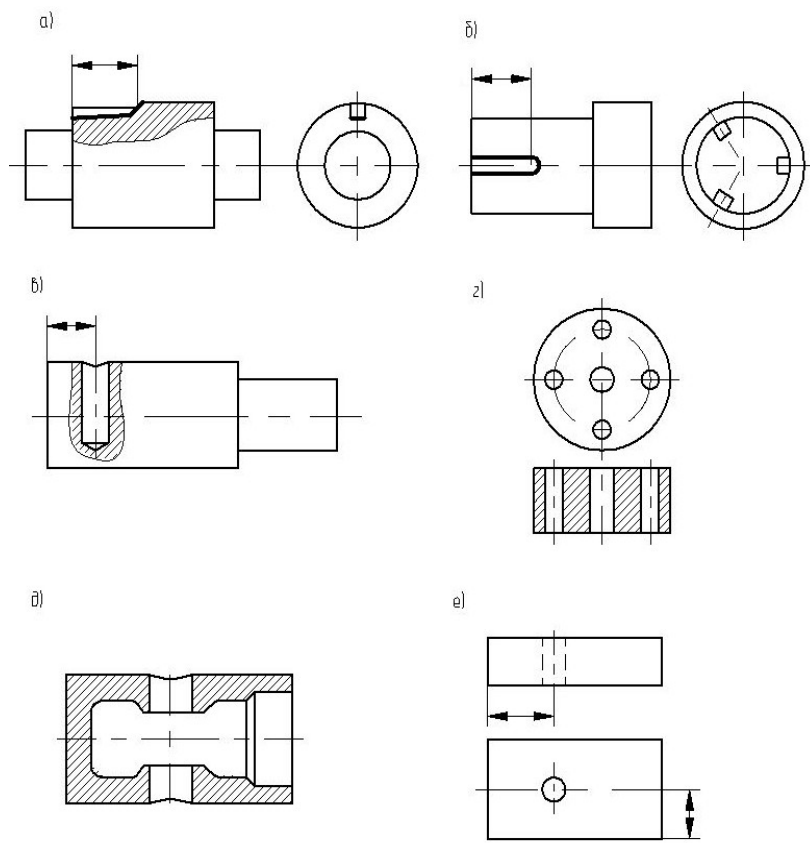


Рис. 1. Эскизы для выбора установочных баз

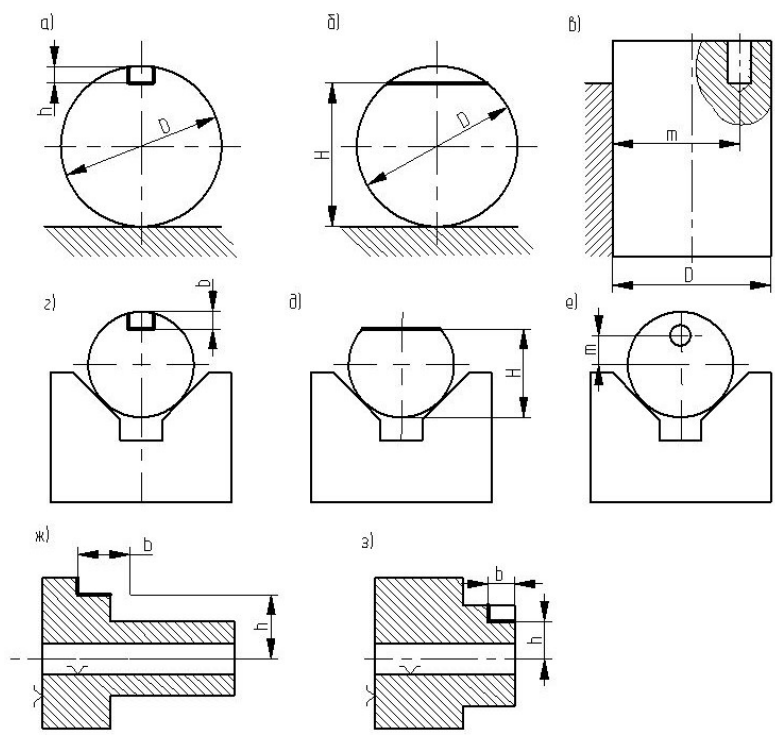


Рис. 2. Эскизы для определения погрешности базирования

Практическая работа № 2

МЕТОДЫ УСТАНОВКИ ДЕТАЛЕЙ В УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы: Разработать рациональную схему установки заготовки на указанном станке при выполнении заданной обработки.

Для установки заготовок используют различной конструкции установочные элементы, которые жестко закрепляют в корпусе оснастки. Часто используют дополнительные опоры, которые вводятся не для целей базирования заготовок, а для повышения устойчивости и жесткости заготовок и противодействия силам резания. Положение заготовки при обработке характеризуется шестью степенями свободы.

При установке обрабатываемых деталей в приспособление должно соблюдаться правило шести точек. Оно позволяет правильно решить вопрос о выборе установочных баз, и лишь при необходимости применяют специальные детали. Расчет величины погрешности базирования при установке заготовок в неподвижные призмы производят по формулам, приведенным в табл. 4

Таблица 4

Формулы для расчета

Условия задания основного размера	Формула для расчета погрешности	Формула для расчета погрешности при $\alpha = 90^\circ$
От верхней образующей	$\varepsilon_{h1} = \frac{\delta_D \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$	$\varepsilon_{h1} = 1,21\delta_D,$
От нижней образующей	$\varepsilon_{h2} = \frac{\delta_D \left(1 - \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$	$\varepsilon_{h2} = 0,2\delta_D,$
От центра детали	$\varepsilon_{h2} = \frac{\delta_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$	$\varepsilon_{h3} = 0,7\delta_D,$

Примечание: δ_D - допуск базовой поверхности, мм; α – угол призмы, град.

Расчет погрешности базирования при установке заготовок по двум отверстиям позволяет установить величину наибольшего угла смещения перекоса:

$$tg\alpha = \frac{S_{max1} + S_{max2}}{2L}, \quad (6)$$

где α – наибольший возможный угол поворота заготовки в градусах вследствие наличия зазоров между базовыми отверстиями и установочными пальцами;

S_{max1} и S_{max2} – наибольший зазор в посадке отверстия и пальца соответственно в каждом из двух соединений, мм.

$$S_{max} = D_{отвmax} \cdot d_{палmin}, \quad (7)$$

где

$D_{отвmax}$ – наибольший предельный размер отверстия заготовки, мм;

$d_{палmin}$ – наименьший предельный размер пальца, мм;

L – расстояние между центрами отверстий, мм.

Задача 1

Разработать рациональную схему установки заготовки на указанном станке при выполнении заданной обработки (рис. 3), выбрать установочные базы и установочные элементы, проверить выполнение правила о шести точках опоры (табл. 5), указать тип установочного элемента.

Таблица 5

Варианты заданий

№ варианта	№ рисунка	Содержание операции
1, 6	3а	Фрезерование наклонного паза
2, 7	3б	Сверление отверстия
3, 8	3в	Фрезерование проушины
4, 9	3г	Сверление наклонного отверстия
5, 10	3д	Расточка ступенчатого отверстия на токарном станке

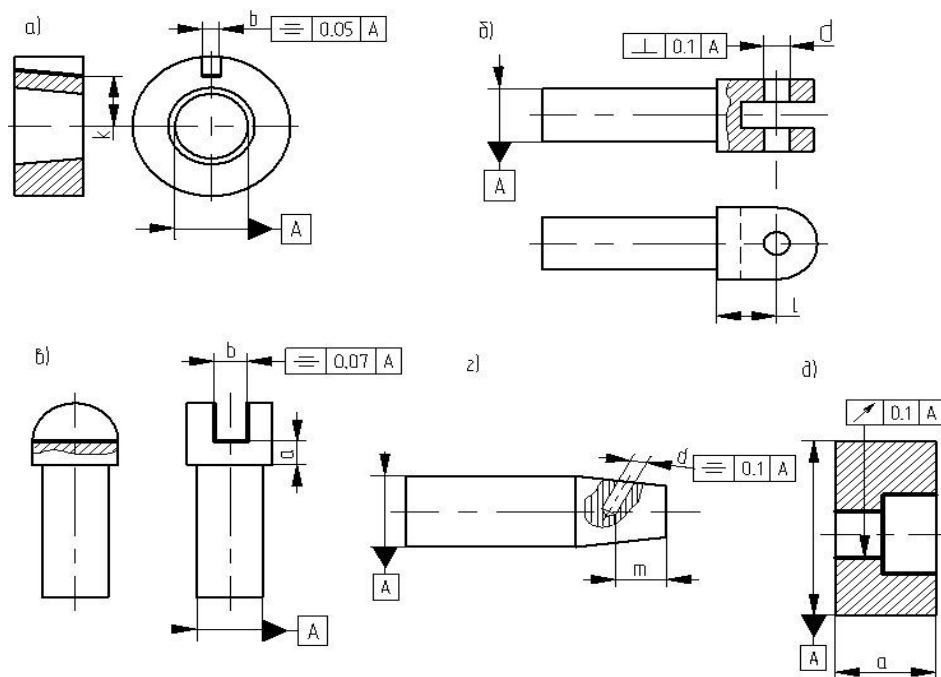


Рис. 3. Эскизы для выбора рациональной схемы установки

Задача 2

Определить погрешность установки на неподвижную призму с углом $\alpha = 90^\circ$ при выполнении заданной операции, если нужно выдержать размеры h_1 , h_2 , или h_3 . Диаметр базовой поверхности – D , мм (рис. 4 и табл. 6).

Пример выполнения задачи 2.

Исходные данные: определить погрешность установки гладкого вала на неподвижную призму с углом $\alpha = 90^\circ$ при фрезеровании паза, если нужно выдержать размер $h_2 = 54,5_{-0,2}$ мм, заданный от нижней образующей. Диаметр базовой поверхности $D = 60e9 \begin{pmatrix} -0,04 \\ -0,12 \end{pmatrix}$.

Таблица 6

Варианты заданий

№ варианта	Содержание операции	№ рисунка	Исходный размер с допусками мм	Диаметр базовой поверхности с допуском мм
1	Сверление отверстия	4а	$30 \pm 0,2$	$165e9$
2	Сверление отверстия	4а	$10 \pm 0,05$	$120h8$
3	Фрезерование паза в торце детали	4б	$20 \pm 0,1$	$140js6$
4	Фрезерование паза в торце детали	4б	$17 \pm 0,2$	$160h9$
5	Фрезерование шпоночного паза	4в	$6,7H10$	$40a10$
6	Фрезерование шпоночного паза	4в	$11,7H10$	$50h6$
7	Фрезерование лыски	4г	$18H8$	$140h6$
8	Фрезерование лыски	4г	$35H12$	$150h9$
9	Фрезерование шпоночного паза	4д	$63H11$	$70e9$
10	Фрезерование шпоночного паза	4д	$110H11$	$120h9$

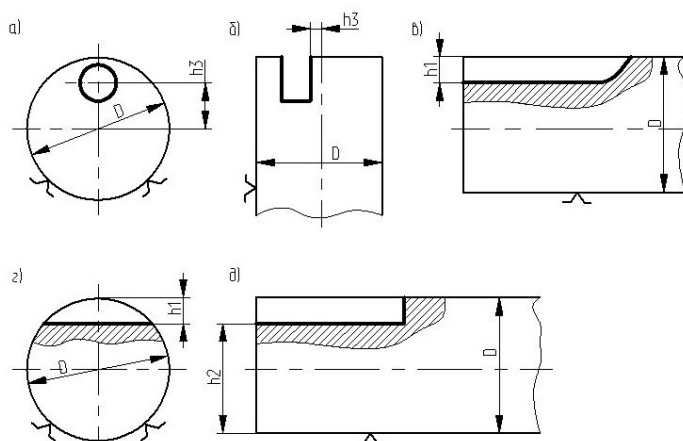


Рис. 4. Схемы для определения погрешности установки

Решение:

Для заданного случая используется формула:

$$\varepsilon_{h2} = 0,2\delta_D,$$

$$\delta_D = 0,12 - 0,04 = 0,08 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_{h2} = 0,2 \cdot 0,08 = 0,016 \text{ мм},$$

Погрешность установки 0,016 мм составляет незначительную величину от допуска исходного размера, т. е. $\varepsilon_{h2} \leq \delta_D$, что не может вызвать затруднения при обработке.

Задача 3

Определить наибольшую угловую погрешность при установке обработанной детали по двум отверстиям, выполненным с указанной точностью и находящимся друг от друга на указанных расстояниях (рис. 5 и табл. 7). Установка производится на два установочных пальца (см. ГОСТ 12209-66 и 12210-66), имеющих указанные точности и посадки.

Таблица 7

Варианты заданий

№ варианта	Диаметры базовых отверстий, мм		Основные размеры между осями базовых поверхностей детали, мм			Диаметры установочных пальцев D1 и D2, мм	
	I	II	a	b	L	I	II
1	10H9	10H9	200	150	-	10e9	10e9
2	70H9	10H7	220	150	-	70e9	10g6
3	6H9	6H9	---	-	180	6e9	6e6
4	20H7	70H9	---	-	245	20g6	70g6
5	15H7	15H7	350	300	-	15g6	15g6
6	100H7	15H7	200	270	-	100g6	15e9
7	8H9	8H7	---	-	250	8e9	8e9
8	75H9	12H9	---	-	150	75e9	12e9
9	8H7	8H7	120	120	-	8e9	8e9
10	50H9	12H9	150	150	-	50e9	12e9

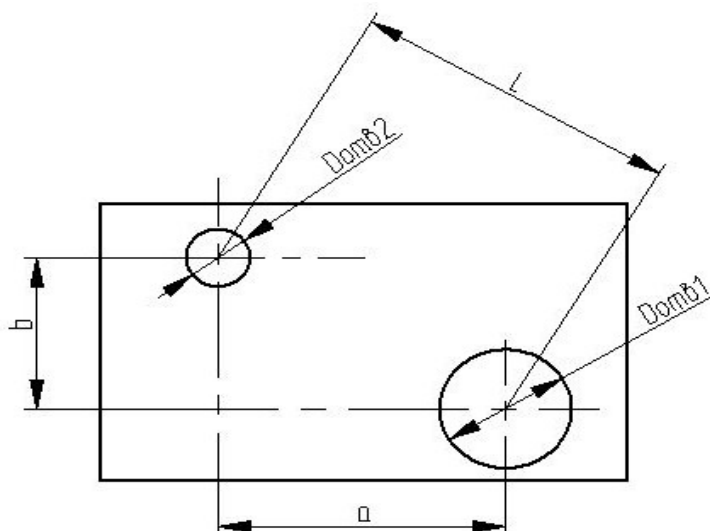


Рис. 5. Схема для определения угловой погрешности

Пример выполнения задачи 3

Исходные данные: определить наибольшую угловую погрешность при установке обрабатываемой детали по двум отверстиям, если за установочные базы приняты два отверстия диаметрами $D_{омб1} = 50H7$; $D_{омб2} = 12H7$; Установка производится на два установочных постоянных пальца: цилиндрический и срезанный с соответствующими посадочными диаметрами – $50e9$ и $12e9$.

Решение:

Определяем наибольший зазор в соединении отверстия $D12 H 7^{(+0,035)}$ с пальцем $D = 12e9 \left(\begin{smallmatrix} -0,09 \\ -0,070 \end{smallmatrix} \right)$

$$S_{max1} = 12,035 - 11,930 = 0,105 \text{ мм.}$$

Вычисляем наибольший зазор в соединении отверстия $D50 H 7^{(+0,005)}$ с пальцем $D = 50e9 \left(\begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,100 \end{smallmatrix} \right)$

$$S_{max2} = 50,05 - 49,9 = 0,15 \text{ мм.}$$

Рассчитываем межцентровое расстояние между отверстиями:

$$L = \sqrt{a^2 + b^2},$$

$$L = \sqrt{60^2 + 75^2} = 96 \text{ мм}$$

Находим наибольшее угловое смещение:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,15 + 0,105}{2 \cdot 96} = 0,00133$$

Определяем возможный перекосяк и наибольшую угловую погрешность (мин): возможный перекосяк $0,13$ мм на длине 100 мм; угловая погрешность $\alpha = 4'$.

Практическая работа № 3

МЕТОДЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ЗАЖИМНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И МЕХАНИЗМЫ

Цель работы: Определить усилие зажима для закрепления деталей.

Для закрепления обрабатываемых деталей на металлорежущих станках заготовок используют различной конструкции зажимные механизмы. При этом применяют как простые, так и сложные конструкции зажимных механизмов. К простым относятся винтовые, эксцентриковые, рычажные и клиновые зажимы, работающие от мускульной силы рабочего. Сложные зажимные механизмы состоят из многих элементов, которые в основном работают от механизированного привода.

При конструировании зажимных элементов и зажимных устройств приспособлений часто возникает необходимость определения величины силы, развиваемой этим зажимом. Усилие зажима Q , создаваемое винтом или гайкой, рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{PL}{[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + k]} \quad (8)$$

где P – усилие, приложенное к гаечному ключу или рукоятке, Н; L – длина ключа или рукоятки (плечо), мм;

r_{cp} – средний радиус резьбы

(у стандартных метрических резьб с крупным шагом $\alpha = 2^{\circ}30' - 3^{\circ}30'$, φ – угол трения в резьбовом соединении, для метрических резьб $\varphi = 6^{\circ}34'$); k – коэффициент, зависящий от формы и размеров поверхности прикосновения зажимного элемента с зажимной поверхностью.

Усилие зажима, развиваемое Г-образным прихватом, определяется по формуле:

$$Q = P \left[1 - \left(\frac{0,3l}{H} \right) \right] \quad (9)$$

где P – действующая на прихват осевая сила, Н; l – плечо прихвата, мм; H – высота прихвата, мм.

Усилие зажима, развиваемое эксцентриком, определяется по формуле:

$$Q = \frac{PL}{\rho \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]} \quad (10)$$

где P – усилие, приложенное к рукоятке, Н; L – плечо рукоятки, мм; ρ – радиус эксцентрика в точке касания, мм.

У кругового эксцентрика:

$$\rho_{90^{\circ}} = \frac{D}{2} \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2l}{D} \quad (12)$$

где φ и φ_1 – углы трения.

Значения коэффициента k для различных случаев:

- винт со сферическим опорным торцом: $K = 0$;

- винт с плоским опорным торцом: $K = 0,6\mu r$;

- винт со сферическим опорным торцом, соприкасающимся с конусным углублением

$$K = R\mu \operatorname{ctg} \left(\frac{\beta}{2} \right) \quad (13)$$

- винт с кольцевым опорным торцом или гайка

$$K = 0,33\mu \left[\frac{D_{\text{нар}}^3 - D_{\text{вн}}^3}{D_{\text{нар}}^2 - D_{\text{вн}}^2} \right], \quad (14)$$

где μ – коэффициент трения на торце винта или гайки; $\mu \sim 0,1$; r – радиус опорного торца болта, мм; $r \sim 0,4D_{\text{вн}}$ резьбы; R – радиус сферы опорного торца винта, мм; β – угол при вершине конусного углубления; $\beta = 120^{\circ}$; $D_{\text{нар}}$ и $D_{\text{вн}}$ – наружный и внутренний диаметры опорного кольцевого торца винта или гайки, мм.

Задача 1

Определить усилия, создаваемые винтом или гайкой, при заданных условиях (табл. 8).

Таблица 8

Варианты заданий

№ варианта	Тип болта или гайки	Диаметр резьбы, мм	Прилагаемое усилие P , Н
1	Гайка шестигранная	10	90
2	Гайка шестигранная	16	120
3	Гайка шестигранная	24	150
4	Болт со сферическим торцом	12	70
5	Болт со сферическим торцом	16	130
6	Болт со сферическим торцом	20	150
7	Болт с плоским опорным торцом	12	90
8	Болт с плоским опорным торцом	12	150
9	Болт со сферическим опорным торцом, упирающийся в конусное отверстие ($\beta = 120^{\circ}$)	16	110
10	Болт со сферическим опорным торцом, упирающийся в конусное отверстие ($\beta = 120^{\circ}$)	24	160

Пример выполнения задачи 1

Исходные данные: определить усилие Q , создаваемое болтом М20 со сферическим опорным торцом при действии на плоскость, если усилие, прилагаемое к ключу, $P = 100$ Н.

Решение:

Вычисляем значения величин r_{cp} , L , α , φ , входящих в формулу для определения усилия, создаваемого винтом:

$$L = 12 D \text{ резьбы} = 12 \cdot 20 = 240 \text{ мм};$$

$$r_{cp} = 9,19 \text{ (из таблицы метрических резьб) [3]; } \alpha = 3^\circ - 3^\circ 30', \text{ принимаем } \alpha = 3^\circ 18'; \varphi = 6^\circ 34' \text{ (из условия } tg \varphi = K_{mp} = 0,1).$$

Определяем усилие Q , создаваемое винтом:

$$Q = \frac{100 \cdot 240}{9,19 \cdot tg(3^\circ 15' + 6^\circ 34')} = 15550 \text{ Н}$$

Сверяем с табличными данными [3]: $Q = 16000$ Н.

Задача 2

Выбрать круговой эксцентрик для зажима заготовки по размеру H , определить усилие, развиваемое этим зажимом (табл. 9).

Пример выполнения задачи 2

Исходные данные: выбрать круговой эксцентрик для зажима заготовки по размеру $H = 130$ h16. Определить усилие Q , развиваемое этим зажимом.

Таблица 9

Варианты заданий

№ варианта	H, мм	№ варианта	H, мм
1	25 ± 0,5	6	275h16
2	140h14	7	300h16
3	210h12	8	500h16
4	70±0,25	9	35+0,6
5	90±0,3	10	175+1,5

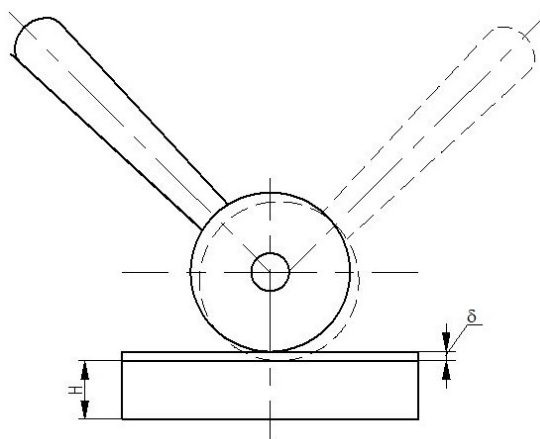


Рис. 6. Схема кругового эксцентрика

Определяем допуск зажимаемого размера заготовки:

Устанавливаем величину хода эксцентрика:

$$S_{ход} = 1,5\delta = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75 \text{ мм.}$$

Выбираем величину эксцентриситета $e = S_{ход}$; принимаем $e = 4$ мм.

Выбираем диаметр круглого эксцентрика. Из условия $D \geq 20e$ принимаем $D = 80$ мм.

Определяем усилие зажима эксцентриком Q , используя формулу 10.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2e}{D} \quad (15)$$

φ и φ_1 — углы трения на поверхности соприкосновения эксцентрика с зажимаемой деталью и его осью.

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + e^2} = 40,1 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e}{0,5D} = 0,1; \quad \alpha = 5^{\circ}43'$$

$$\varphi = \varphi_1 = 5^{\circ}43'$$

$$Q = \frac{150 \cdot 200}{40,1 \cdot [\operatorname{tg} 11^{\circ}26' + \operatorname{tg} 5^{\circ}43' \varphi]} = \frac{150 \cdot 200}{40,1(0,2 + 0,1)} = 2730 \text{ Н}$$

Практическая работа № 4

ПРИВОДЫ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы: Произвести выбор наиболее эффективной конструкции силового привода

Наибольшее применение получили силовые приводы станочных приспособлений: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромеханические и др. Выбор наиболее эффективной конструкции силового привода зависит от конкретных производственных условий и других факторов.

Усилия $P_{шт}$ на штоке пневматических и гидравлических цилиндров определяют по формулам:

- для цилиндров одностороннего действия (пуск воздуха или масла в бесштоковую полость): $P_{шт}$

$$P_{um} = 0,785D_{ц}^2 p \eta \quad (16)$$

- для цилиндров двухстороннего действия при пуске воздуха (масла) в бесштоковую полость:

$$P_{um} = 0,785D_{ц}^2 p \eta \quad (17)$$

- в штоковую полость:

$$P_{um} = 0,785(D_{ц}^2 - d_{um}^2) p \eta \quad (18)$$

где $D_{ц}$ – диаметр цилиндра, мм; d_{um} – диаметр штока, мм; p – давление воздуха или масла, Па; η – коэффициент полезного действия цилиндра.

Усилие на штоке пневматической диафрагменной камеры двухстороннего действия определяют по формуле:

$$P_{um} = 0,26(D^2 + Dd + d^2) p \eta \quad (19)$$

где p – давление воздуха, Па; D – диаметр пневмокамеры (внутренний), мм; d – диаметр диска, мм.

Обычно $d = 0,7D$, тогда

$$P_{um} = 0,58D^2 \cdot p \eta \quad (20)$$

Задача 1

Подобрать пневматический цилиндр двустороннего действия, если при давлении сжатого воздуха p , МПа, усилие на штоке составляет P_{um} , Н (табл. 10).

Пример выполнения задачи 1

Исходные данные: подобрать пневматический цилиндр двустороннего действия, если при пуске сжатого воздуха под давлением $p = 0,4$ МПа в бесштоковую камеру усилие на штоке составляет $P_{um} = 5000$ Н.

Таблица 10

Наименование параметров	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{um}, Н$	18000	33000	23000	3100	3500	8000	4000	2500	30000	25000
$p, МПа$	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5
Пуск сжатого воздуха производится в полость	Без штока					Со штоком				

Решение:

Для определения диаметра пневматического цилиндра используем формулу (17), из которой определяем:

$$D = \sqrt{\frac{P_{шт}}{0,785 p \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{5000}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 137 \text{ мм}$$

Выбираем цилиндр из нормального ряда диаметром $D = 150$ мм. Усилие на штоке:

$$P_{шт} = 0,785 \cdot 150^2 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 6000 \text{ Н}$$

Задача 2

Определить диаметр гидравлического цилиндра двустороннего действия или при каком давлении масла p , МПа, нужно работать, если необходимо иметь усилие на штоке $P_{шт}$, Н (табл. 11); $d = 0,5D$.

Пример выполнения задачи 2

Исходные данные: определить диаметр D , мм, гидравлического цилиндра двустороннего действия, если масло подается в полость без штока под давлением $p = 8$ МПа и требуется усилие $P_{шт} = 7000$ Н.

Таблица 11

Варианты заданий

Наименование параметров	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D , мм	-	50	-	60	-	40	-	50	-	60
p , МПа	8,0	-	6,0	-	4,0	-	5,0	-	6,0	-
$P_{шт}$, Н	19000	17000	8000	19000	4000	5000	2500	4000	6500	7200
Пуск сжатого воздуха производится в полость	Без штока					Со штоком				

Решение:

Из формулы (17)

$$D = \sqrt{\frac{P_{ум}}{0,785 p \eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{7000}{0,785 \cdot 8 \cdot 0,75}} = 38,8 \text{ мм}$$

Принимаем цилиндр из нормального ряда $D = 40$ мм и проверяем усилие на штоке этого цилиндра:

$$P_{ум} = 0,785 \cdot 40^2 \cdot 8,0 \cdot 0,75 = 7500 \text{ Н}$$

Задача 3

Определить усилие $P_{ум}$ на штоке диафрагменной камеры двустороннего действия, если заданы ее размеры и известно давление воздуха p , МПа (табл. 12).

Таблица 12

Варианты заданий

Наименование параметров	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_{нар}$, мм	230	200	175	230	200	175	230	200	175	230
D , мм	178	148	130	178	148	130	178	148	130	178
d , мм	120	88	80	120	88	80	-	-	-	-
p , МПа	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,45	0,4	0,45

Пример выполнения задачи 3

Исходные данные: определить усилие на штоке диафрагменной камеры при среднем положении диафрагмы, если ее размеры $D_{нар} = 200$ мм; $D = 140$ мм; давление сжатого воздуха $p = 0,4$ МПа.

Решение:

Усилие на штоке определяем по формуле:

$$P_{ум} = 0,58 D^2 \cdot p \eta$$

в нашем случае находим среднюю величину так:

$$P_{ум} = 0,58 \cdot 140^2 \cdot 0,4 = 4550 \text{ Н}$$

Практическая работа № 5

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель работы: изучить методику выбора геометрических параметров токарных резцов.

Режущий инструмент является тем средством, без которого невозможно реализовать заложенные в станках технологические возможности и достичь высоких технико-экономических показателей обработки деталей. Надо помнить, что для осуществления процесса резания необходимы как минимум следующие условия:

- а) инструмент должен иметь соответствующую форму и рациональную геометрию заточки;
- б) твердость режущей части инструмента должна быть значительно выше твердости обрабатываемого материала;
- в) инструмент и заготовка в процессе резания должны перемещаться относительно друг друга строго по заданным траекториям;
- г) все взаимные перемещения должны происходить с определенными скоростями главного движения и движения подачи в зависимости от различных технологических факторов и условий обработки.

Пример. Выбрать геометрические параметры токарного проходного прямого резца с пластиной из твердого сплава, предназначенного для предварительного обтачивания на проход без ударных нагрузок заготовки из стали 45 с пределом прочности $\sigma_B = 700$ МПа (~ 70 кгс/мм²). Размеры поперечного сечения державки резца 16 x 25 мм. Система станок — инструмент — заготовка жесткая.

Решение. 1. По справочнику /7/ выбираем радиусную форму передней поверхности резца с фаской ШБ (табл. 29, с. 187). Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения наименее прочного и наиболее нагруженного участка режущей кромки резцов с пластиной из твердого сплава, предназначенных для обработки заготовок из конструкционных сталей средней прочности. Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки.

2. Передний угол $\gamma = 15^\circ$ (табл. 30, с. 188); для конструкционной стали $\sigma_B = 100$ кгс/мм².

3. Передний угол на упрочняющей фаске $\gamma_\phi = -3 \text{ } 4 \text{ } - 5^\circ$ (табл. 30, с. 188); принимаем $\gamma_\phi = -5^\circ$.

4. Главный задний угол на пластине из твердого сплава $\alpha = 12^\circ$ (табл. 30, с. 188); на державке $\alpha + 3^\circ = 12^\circ + 3^\circ = 15^\circ$;

5. Угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0$, так как осуществляется точение без ударных нагрузок (в табл. 30 значение угла не приведено).

6. Главный угол в плане $\varphi = 30 \text{ } 4 \text{ } 60^\circ$ (табл. 31, с. 190), так как по условию задачи точение производится на проход при жесткой системе станок — инструмент — заготовка; принимаем $\varphi = 45^\circ$.

7. Вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 15^\circ$ (табл. 31, с. 190), так как обработка осуществляется проходным резцом с пластиной из твердого сплава без врезания.

8. Радиус при вершине резца $r = 1 \text{ мм}$, так как резец проходной с пластиной из твердого сплава, с державкой сечением $16 \text{ } 3 \text{ } 25 \text{ мм}$ (табл. 32, с. 190 и табл. 4, примечание 3, с. 420).

9. Размеры радиусной (стружкоотводящей) лунки (табл. 29, с. 187): ширина лунки $B = 2 \text{ } 4 \text{ } 2,5 \text{ мм}$; радиус лунки $R = 4 \text{ } 4 \text{ } 6 \text{ мм}$; глубина лунки $h = 0,1 \text{ } 4 \text{ } 0,15 \text{ мм}$. Так как при черновой обработке снимается стружка большего сечения, чем при чистовой, принимаем наибольшие значения размеров лунки: $B = 2,5 \text{ мм}$; $R = 6 \text{ мм}$; $h = 0,15 \text{ мм}$.

Задача 1. Выбрать значения геометрических параметров резца для заданных условий обработки (таблица 13).

Таблица 13

Данные к задаче 1

№ варианта	Материал заготовки	Вид обработки	Материал инструмента	Поперечное сечение державки резца, мм	Система станок — инструмент — заготовка
1	Сталь 38ХА, $\sigma_B = 680 \text{ МПа}$ ($\sim 68 \text{ кгс/мм}^2$)	Растачивание в упор предварительное	Твердый сплав Т14К8	25×25	Нежесткая
2	Серый чугун СЧ 30, <i>НВ</i> 220	Обтачивание на проход окончательное	Минералокерамика ЦМ 332	16×25	Жесткая
3	Сталь коррозионно-стойкая 12Х18Н9, <i>НВ</i> 160	Подрезание сплошного торца окончательное с малым сечением среза (тонкое)	Твердый сплав ВК6М	25×40	
4	Ковкий чугун КЧ 45-7, <i>НВ</i> 150	Обтачивание на проход предварительное	Твердый сплав ВК8	20×30	Недостаточно жесткая
5	Бронза Бр. АЖН 10-4-4, <i>НВ</i> 170	Растачивание на проход окончательное	Быстрорежущая сталь Р18	25×25	Нежесткая
6	Сталь 40ХН, $\sigma_B = 700 \text{ МПа}$ ($\sim 70 \text{ кгс/мм}^2$)	Обтачивание на проход окончательное с малым сечением среза (тонкое)	Твердый сплав Т30К4	16×25	Жесткая
7	Серый чугун СЧ 10, <i>НВ</i> 170	Подрезание торца втулки окончательное	Твердый сплав ВК3	25×40	Недостаточно жесткая
8	Сталь 40ХНМА, $\sigma_B = 850 \text{ МПа}$ ($\sim 85 \text{ кгс/мм}^2$)	Растачивание на проход предварительное	Твердый сплав Т5К10	30×30	Нежесткая
9	Латунь ЛКС 80-3-3, <i>НВ</i> 90	Обтачивание в упор окончательное	Быстрорежущая сталь Р6М5	20×30	Жесткая
10	Серый чугун СЧ 15, <i>НВ</i> 190	Прорезание паза предварительное	Твердый сплав ВК8	12×20	Недостаточно жесткая

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машгиз, 1960. – 650 с.
2. Гельфгат, Ю. Н. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / Ю. Н. Гельфгат. – М.: ВШ, 1975. – 237 с.
3. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение, 1974. – 303 с.
4. Технологическая оснастка (практикум) / Н. П. Косов [и др.]. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2003. – 256 с.
5. Схиртладзе, А. Г. Проектирование оснастки машиностроительных производств: В 2-х ч. / А. Г. Схиртладзе. – М.: Станкин, 1999.
6. Схиртладзе, А. Г. Станочные приспособления / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. – Йошкар-Ола, 1998. – 170 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. / Под ред. А. Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1972.
8. Терликова, Т. Ф. Основы конструирования приспособлений / Т. Ф. Терликова, А. С. Мельников. – М.: Машиностроение, 1990. – 144 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1.....	3
Практическая работа № 2.....	8
Практическая работа № 3.....	13
Практическая работа № 4.....	16
Практическая работа № 5.....	20
Библиографический список.....	22

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составитель
Симонова Юлия Эдуардовна

В авторской редакции

Подписано к изданию 08.11.2021.
Уч.-изд. л. 1,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14