

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

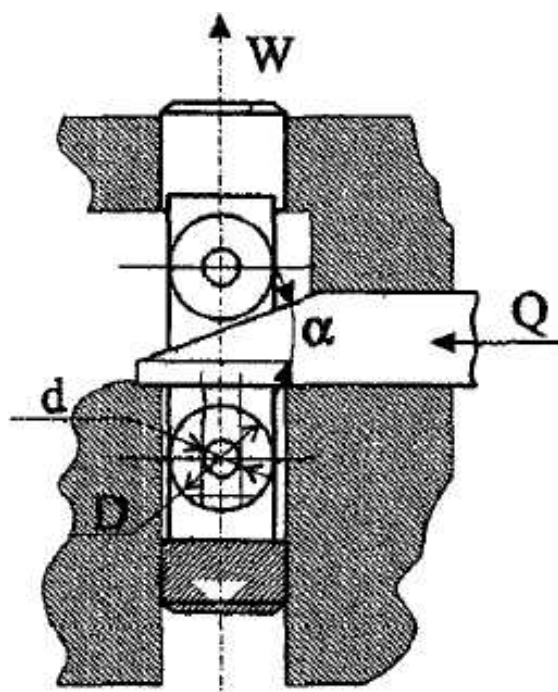
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Часть II

Методические указания
к практическим работам по дисциплине
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
дневной и заочной форм обучения



Севастополь
СевГУ
2018

УДК 621.797

Р е ц е н з е н т:

С.Е. Сазонов - канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составитель: Богуцкий В.Б.

Проектирование технологической оснастки: метод. указания к практическим работам по дисциплине для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения. Ч. II / Сост. В.Б. Богуцкий. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 55 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Проектирование технологической оснастки».

УДК 621.797

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая занятие 7.....	4
Практическая занятие 8.....	7
Практическая занятие 9.....	12
Практическая занятие 10.....	17
Практическая занятие 11.....	22
Практическая занятие 12.....	25
Практическая занятие 13.....	29
Практическая занятие 14.....	31
Рекомендуемая литература.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	36

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С ЭКСЦЕНТРИКОВЫМИ ЗАЖИМНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки применения и расчета технологической оснастки с эксцентриковыми приводами зажимных устройств.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Эксцентриковые зажимы являются быстродействующими, но развивают меньшую силу зажима, чем винтовые, имеют ограниченное линейное перемещение и не могут надежно работать при значительных колебаниях размеров между установочной и зажимаемой поверхностями обрабатываемых заготовок данной партии. В технологической оснастке применяют круглые и криволинейные эксцентриковые зажимы.

Круглый эксцентриковый зажим (рис. 1) представляет собой диск или валик, поворачиваемый вокруг оси O , смещенной относительно геометрической оси эксцентрика на некоторую величину « e », называемую эксцентриситетом. для надежного закрепления заготовок эксцентриковые зажимы должны быть самотормозящимися. Круглые эксцентрики изготавливают из стали 20Х, цементируют на глубину 0,8...1,2 мм и затем закаливают до твердости $HRC\ 55...60$, некоторые виды круглых эксцентриков нормализованы.

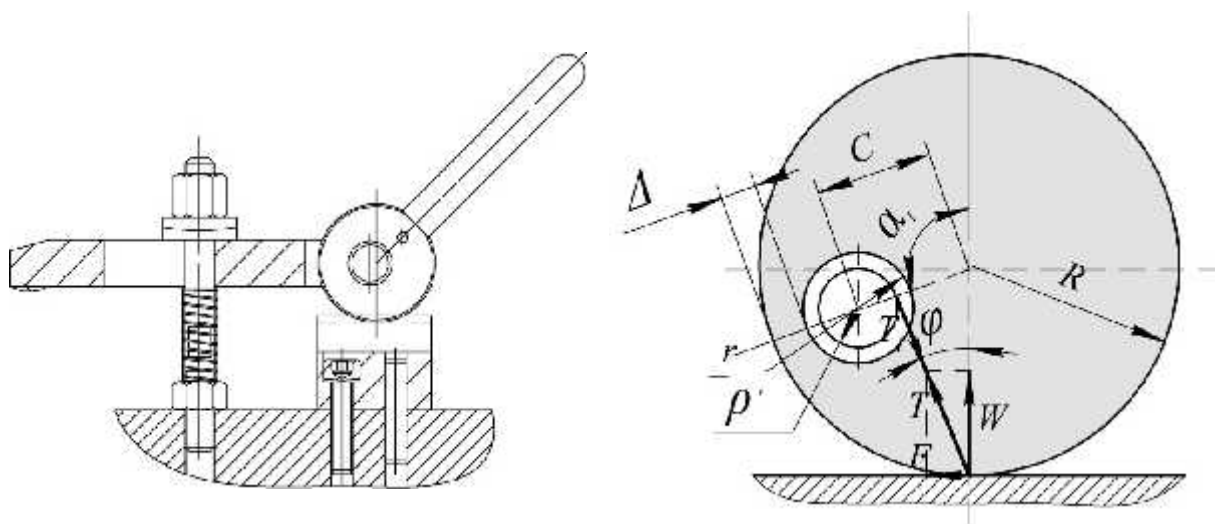


Рис. 1. Круглый самотормозящий эксцентрик и силы действующие на него

Известно, что условие самоторможения двух трущихся тел определяется: $\varphi > \alpha$, где φ - угол трения; α - угол подъема, под которым происходит трение. Следовательно, если угол подъема эксцентрика α в определенном его положении не больше угла трения φ , то эксцентрик является самотор-

мозящимся. Самотормозящиеся эксцентрики после зажима заготовки не изменяют своего положения. Самоторможение эксцентриковых зажимов обеспечивается при определенном отношении его наружного диаметра D к эксцентриситету « e ». Для расчета основных размеров круглого эксцентрика необходимо иметь следующие данные: δ - допуск на размер обрабатываемой детали от ее установочной базы до места приложения силы зажима детали, мм; α' - угол поворота рукоятки эксцентрика от ее начального положения до момента зажима детали, град; W - силу зажима заготовки, Н.

$$2e = S_1 + d + S_2 + \frac{W}{j},$$

где S_1 - зазор для нормальной установки заготовки в технологической оснастке под эксцентрик ($S_1 = 0,2 \dots 0,4$ мм); S_2 - запас хода эксцентрика, предохраняющий его переход через мертвую точку (учитывает неточность изготовления и износ эксцентрика $S_2 = 0,1 \dots 0,5$ мм); j - жесткость зажимного устройства технологической оснастки, Н/м в среднем $j = 118$ МН/м.

Радиус R наружной поверхности эксцентрика определяют из условия его самоторможения. Рассмотрев силы, действующие на круглый эксцентрик, найдем, что равнодействующая сила T от сил зажима (реакции) W и силы трения F должна быть равна и направлена обратно силе реакции T' со стороны цапфы эксцентрика. Сила реакции T' находится по касательной к кругу трения радиуса ρ' :

$$\frac{e - r'}{R} = \sin j.$$

где $\varphi = 6^\circ \dots 8^\circ$ - угол трения покоя, а R определяют из равенства $\frac{e - r'}{\sin j} = R$;

r - радиус цапфы эксцентрика мм; ρ' - радиус круга трения, мм.

Величины ρ' и r определяют из равенства

$$r' = f \cdot r.$$

где $f = 0,12 \dots 0,15$ - коэффициент трения покоя в цапфе эксцентрика.

Радиус цапфы эксцентрика можно определить, задаваясь ее шириной b :

$$r = \frac{W}{2bs_{cm}},$$

где b - ширина эксцентрика в месте сопряжения с цапфой (осью), которую выбирают из конструктивных соображений; $s_{cm} = 5,88 \cdot 10^2$ МН/м².

Для полусухих поверхностей $\alpha = 6 \dots 8^\circ$; $f = 0,18 \dots 0,2$.

Ширина рабочей части эксцентрика:

$$B = \frac{0.0175W \cdot E}{R \cdot s_{cm}^2},$$

где $E = 1,96 \cdot 10^5$ - модуль упругости материала эксцентрика, МН/м².

Условие самоторможения эксцентрикового зажима получается при $D/d \geq 14$. Отношение D/e называют характеристикой эксцентрика.

Круглые эксцентрики имеют небольшой линейный ход и их не следует применять для зажима заготовок деталей, имеющих большой допуск на размер детали в направлении ее зажима. Достоинство круглых эксцентриков - простота их изготовления; недостатки - изменение угла подъема α и силы зажима W при закреплении заготовок с большими колебаниями размеров в направлении зажима.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя рабочий чертеж детали, сведения о выполняемой операции, маршрут обработки детали.
- 3.3. Рассчитать требуемое усилие закрепления заготовки.
- 3.4. Рассчитать конструктивные размеры эксцентрикового привода технологической оснастки.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные для расчёта.
- 4.3. Схема закрепления заготовки в технологической оснастке.
- 4.4. Расчёт усилия закрепления заготовки.
- 4.5. Расчёт конструктивных размеров эксцентрикового привода технологической оснастки.
- 4.6. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения эксцентриковых зажимных устройств.
- 5.2. Материалы, применяемые для изготовления эксцентриков.
- 5.3. Условие самоторможения эксцентрика.
- 5.4. Порядок расчета эксцентрика.
- 5.5. Как определяется радиус цапфы эксцентрика?
- 5.6. Как определяется ширина эксцентрика?

РАСЧЕТ ГИДРОПЛАСТОВЫХ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки расчета технологической оснастки с гидропластовыми зажимными устройствами.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Оправки и патроны с гидропластмассой применяют для установки по наружной или внутренней поверхности заготовок обрабатываемых на токарных или круглошлифовальных станках, также для крепления фрез и сверл на станках с ЧПУ (рис. 1). На приспособлениях с тонкостенной втулкой, заготовки наружной или внутренней поверхностью устанавливают на цилиндрическую поверхность втулки. При разжиге втулки гидропластмассой заготовки центрируются и зажимаются. Формы и размеры тонкостенной втулки должны обеспечивать достаточную ее деформацию для надежного зажима заготовки на втулке при обработке на станке.



Рис. 1. Технологическая оснастка с гидропластмассой: а – разжимная оправка; б – сверлильный патрон; в – фрезерный патрон

Конструкция консольной оправки с тонкостенной втулкой и гидропластмассой показана на рис. 2. Обрабатываемую заготовку 4 с базовым отверстием устанавливают на наружную поверхность тонкостенной втулки 5. При подаче сжатого воздуха в полость пневмоцилиндра поршень со штоком перемещается в пневмоцилиндре влево и шток через тягу 6 и рычаг 1 передвигает плунжер 2, который нажимает на гидропластмассу 3. Гидропластмасса равномерно давит на внутреннюю поверхность втулки 5, втулка разжимается; наружный диаметр втулки увеличивается, и она центрирует и закрепляет заготовку 4.

При конструировании патронов и оправок с тонкостенными втулками с гидропластмассой рассчитывают:

1. Основные размеры тонкостенных втулок;

2. Размеры нажимных винтов и плунжеров у приспособлений с ручным зажимом;

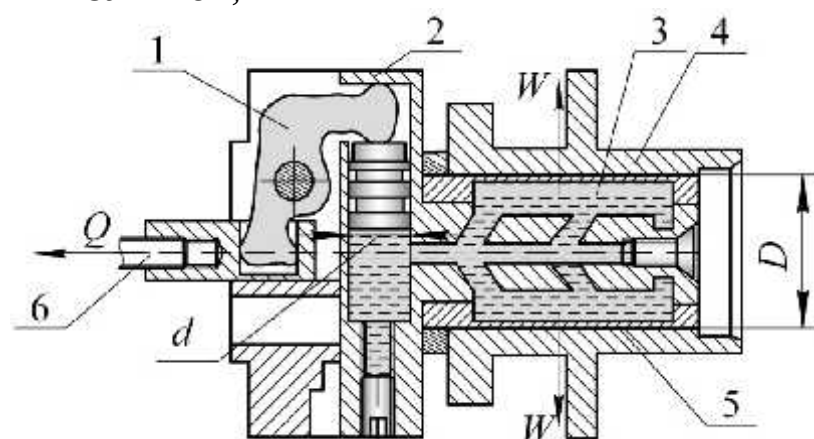


Рис. 2. Разжимная оправка с тонкостенной втулкой

3. Размеры плунжеров, диаметр цилиндра и ход поршня для приспособлений с механизированным приводом.

Исходными данными для расчета тонкостенных втулок являются диаметр и длина L_3 отверстия изготавливаемой детали.

Для расчета тонкостенной самоцентрирующей втулки (рис. 3) примем следующие обозначения: D - диаметр установочной поверхности центрирующей втулки 2, мм; h - толщина тонкостенной втулки, мм; T - длина опорных поясков втулки, мм; t - толщина опорных поясков втулки, мм; ΔD_{don} наибольшая диаметральная упругая деформация втулки (увеличение или уменьшение диаметра в ее средней части), мм; S_{max} - максимальный зазор между установочной поверхностью втулки и базовой поверхностью обрабатываемой заготовки 1 в свободном состоянии, мм; L_k - длина контактного участка упругой втулки с установочной поверхностью заготовки после разжима втулки, мм; L - длина тонкостенной части втулки, мм; L_3 - длина обрабатываемой заготовки, мм; D_3 - диаметр базовой поверхности обрабатываемой заготовки, мм; d - диаметр отверстия опорных поясков втулки, мм; p - давление гидропластмассы, требуемой для деформации тонкостенной втулки, МН/м²; r_1 - радиус закругления втулки, мм; P - сила резания, Н; $M_{рез} = Pr$ - допустимый крутящий момент, возникающий от силы резания, Н·мм; r - плечо момента силы резания, мм.

Расчет тонкостенной втулки осуществляется в следующей последовательности: диаметр D принимают по рабочему чертежу изготавливаемой детали.

1. Определяют наружный или внутренний диаметр $D = 2a$ в зависимости от наружного или внутреннего диаметра D_3 базовой поверхности заготовки. Базовая поверхность заготовки должна быть обработана по 6...7 качеству точности. Такую же точность должна иметь и установочная поверхность тонкостенной втулки с посадкой с зазором;

2. Длину L средней части тонкостенной втулки (без утолщенных бортов) принимают $L = (1,0...1,2) L_3$;

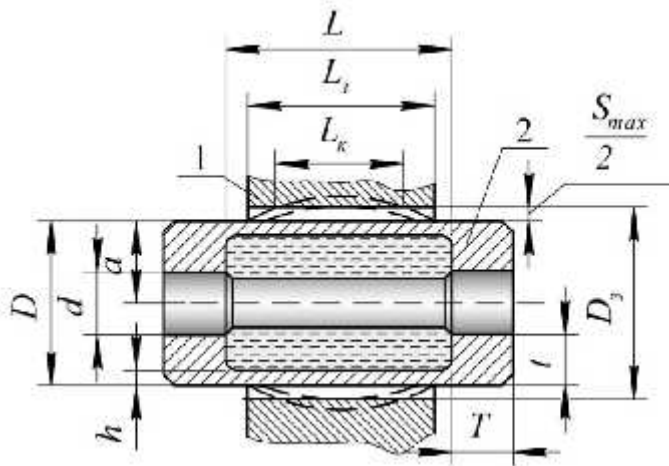


Рис. 3. Тонкостенная втулка

3. Толщина h тонкостенной части L втулки: $h = \frac{pD^2}{2EDD}$, где p - удельное давление гидропластмассы в полости втулки, МН/м².

4. Максимальный радиальный зазор S_{max} между установочной поверхностью тонкостенной втулки и базовой поверхностью заготовки, когда она не зажата: при зажиме по внутренней поверхности заготовки $S_{max} = D_{3max} - D_{min}$, при зажиме по наружной поверхности заготовки $S_{max} = D_{min} - D_{3max}$. Практически принимают $S_{max} = 0,01 \dots 0,3$ мм.

5. Допустимая деформация тонкостенной части втулки в ее средней части:

$$DD_{дон} = \frac{\sigma_T}{EK} D,$$

где σ_T - предел текучести материала центрирующей втулки, МН/м²; $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ - предел упругости, МН/м²; $K = \sigma_T / [\sigma]_{дон} = 1,2 \dots 1,5$ - коэффициент запаса прочности втулки, принимают $K = 1,4$; $[\sigma]_{дон}$ - допустимое напряжение стальной втулки, МН/м².

В случае деформации короткой втулки при $L < 0,3D$ в зоне контакта тонкостенной втулки с опорными поясками возникают сложные напряжения, создаваемые изгибающим моментом, поэтому коэффициент запаса прочности принимают $K = 2$, тогда максимальное увеличение диаметра втулки: $\Delta D_{дон} = 0,002D$. Натяг при зажиме заготовки $d = DD_{дон} - S_{max}$.

При $DD_{дон} \geq S_{max}$ втулка центрирует и зажимает заготовку; при $DD_{дон} = S_{max}$ втулка только центрирует, но не зажимает заготовку; при $DD_{дон} \leq S_{max}$ втулка не центрирует и не зажимает заготовку, т.е. ее нельзя применять.

Гидростатическое давление (МН/м²) в полости тонкостенной втулки, требуемое для зажима заготовки:

$$p = \frac{2DDEh}{D^2} \quad \text{при } L \geq 0,3D \quad p = \frac{1,25DDEh}{D^2 n} \quad \text{при } L \leq 0,3D \quad n = \frac{L}{D}.$$

8. Определяют, допустимый крутящий момент Н·м при резании $M_{кр}$, который стремится повернуть обрабатываемую заготовку на втулке. Чтобы заготовка во время обработки не повернулась на втулке, максимальный крутящий момент M_{max} от силы трения на поверхности втулки и заготовки должен быть больше $M_{рез}$:

$$M_{max} > M_{рез} = P_z \cdot r \quad M_{max} = 5 \cdot 10^2 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D}} d D^2.$$

9. Требуемая продольная сила Н зажима заготовки на тонкостенной втулке:

$$Q = 10^4 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D}} d D.$$

10. Коэффициент длины контакта:

$$a' = \frac{L_k}{L} = 0.5 - 0.8.$$

11. Высота рабочей полости тонкостенной втулки: $t - h = H = 2\sqrt[3]{D}$.

12. Длина посадочного пояса втулки: $T = 2.5\sqrt[3]{D}$.

13. Диаметр d отверстия для втулки с наружной установочной поверхностью для заготовки с базовой поверхностью, изготовленной по 7 качеству точности $d = D - 2h - 2H - 2$, по 8-му качеству точности $d = D - 2h - 2H + 2$.

Материал для изготовления тонкостенных втулок: при $D < 40$ мм - сталь 40Х с термообработкой до HRC 40; при $D > 40$ мм сталь У7А с термообработкой до HRC 36.

Технические требования на изготовление тонкостенных втулок

1. Допускаемая разностенность тонкостенной части втулки - 0,03 мм при $D < 40$ мм; 0,05 мм при $D > 40$ мм.

2. Допускаемое биение установочной поверхности тонкостенной втулки относительно поверхности посадочных поясков и базовой поверхности приспособления не более 0,01 мм;

3. Сопряжение втулки с корпусом выполняют по посадке с натягом 7 качества точности. Диаметр d_0 плунжера для передачи внешней силы давления на гидропластмассу, находящуюся в полости тонкостенных втулок: при $0,125 \leq L \leq 0,25D$ $d_0 = 1.2\sqrt{D}$; при $0,25 \leq L \leq 0,5D$ $d_0 = 1.5\sqrt{D}$; при $0,5 \leq L \leq 1,0D$ $d_0 = 1.8\sqrt{D}$.

Материал плунжеров сталь 45 с термообработкой до HRC 40...45. Для лучшей герметичности плунжеры притираются по отверстию для получения зазора не более 0,01 мм.

Приспособления с тонкостенной втулкой рассчитываются в следующей последовательности:

1. Определяют силу Q на штоке гидроцилиндра. При этом по формулам находят диаметр плунжера d_0 и гидростатическое давление в полости p МН/м² и подставляют в формулу для определения силы Q :

$$Q = \frac{\rho d_0^2}{4} p.$$

2. Определяют диаметр поршня цилиндра:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\rho p_\phi h}}.$$

где: p_ϕ - давление воздуха в сети, МН/м²; $\eta=0,85$ - коэффициент полезного действия привода.

3. Определяют ход поршня и плунжера:

$$L' = \frac{4(D - 2h) \cdot (L_k \cdot S_{\max} + L \cdot H \cdot K_1 \cdot K_2)}{d_0^2}.$$

где $K_1=1,15//1,2$ - коэффициент запаса гидропластмассы в каналах; $K_2=5 \cdot 10^5 p$ - коэффициент упругости гидропластмассы при заданном давлении гидропластмассы.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя исходные данные для расчета.
- 3.3. Построить схему сил и рассчитать усилие закрепления заготовки.
- 3.4. Рассчитать конструктивные размеры оснастки с гидропластмассой.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Схема сил и расчет усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчет конструктивных размеров технологической оснастки с гидропластмассой.
- 4.5. Вывод.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения приспособлений с гидропластовыми зажимными устройствами.
- 5.2. Материалы применяемые для изготовления основных деталей гидропластовых зажимных устройств.
- 5.3. Технические требования на изготовление тонкостенных втулок гидропластовых зажимных устройств.
- 5.4. Порядок расчета гидропластовых зажимных устройств.
- 5.5. Что является исходными данными для расчета тонкостенных втулок.
- 5.6. Последовательность расчета тонкостенных втулок.

РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение навыков практического применения методики расчета точности проектируемой технологической оснастки.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель расчета на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному параметру. Расчет, как правило, должен состоять из следующих этапов:

- выбор одной или нескольких компоновок приспособления, реализующих за данную технологическую схему базирования заготовки на рассматриваемой операции;
- выбор одного или нескольких параметров приспособления, которые оказывают влияние на положение и точность обработки заготовки;
- принятие порядка расчета и выбор расчетных технологических факторов;
- определение требуемой точности изготовления приспособления по выбранным параметрам;
- внесение в ТУ сборочного чертежа приспособления требований по точности.

Выбор расчетных параметров осуществляется в результате анализа принятых схем базирования и закрепления заготовки и приспособления, а также точности обеспечиваемых обработкой размеров. Приспособление рассчитывается на точность по одному параметру в случае, если при обработке заготовки размеры выполняются в одном направлении. По нескольким параметрам, если на заготовке выполняются размеры в нескольких направлениях. Направление расчетного параметра приспособления должно совпадать с направлением выполняемого размера при обработке заготовки.

В зависимости от конкретных условий в качестве расчетных параметров могут выступать: допуск параллельности или перпендикулярности рабочей поверхности установочных элементов к поверхности корпуса приспособления, контактирующей со станком; допуск линейных и угловых размеров; допуск соосности и перпендикулярности осей цилиндрических поверхностей и т.п. Чаще всего параметр определяет точность положения рабочих поверхностей корпуса, посредством которых приспособление соединяется со столом или шпинделем станка.

На точность обработки влияет ряд технологических факторов, вызывающих общую погрешность обработки ε_0 , которая не должна превышать допуск δ выполняемого размера при обработке заготовки, т.е. $\varepsilon_0 < \delta$.

Для выражения допуска δ , выполняемого при обработке размера, можно воспользоваться формулой

$$d = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_H^2 + e^2 + 3 \cdot \Delta_H^2 + 3\Delta_T + \sum \Delta_\Phi},$$

где Δ_y - погрешность вследствие упругих отжатий технологической системы под влиянием сил резания; Δ_H - погрешность настройки станка; e - погрешность установки заготовки в приспособлении; Δ_u - погрешность от размерного изнашивания инструмента; Δ_T - погрешность вызываемая тепловыми деформациями технологической системы; $\sum \Delta_\Phi$ - суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности, обусловленная геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки при обработке.

Погрешность установки заготовки в приспособлении определяется из выражения:

$$e = \sqrt{e_6^2 + e_3^2 + \Delta_{np}^2},$$

где e_6 - погрешность базирования заготовки в приспособлении; e_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима; Δ_{np} - погрешность положения заготовки, зависящая от приспособления.

$$\Delta_{np} = e_{np} + e_y + e_u,$$

где e_{np} - погрешность изготовления приспособления по выбранному параметру; e_y - погрешность установки приспособления на станке; e_u - погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления.

Если в приспособлении предусмотрены элементы для направления и определения положения или траектории движения обрабатывающего инструмента, то в общей погрешности обработки заготовки может появиться еще одна составляющая – погрешность от перекоса инструмента e_n .

Общая погрешность обработки, приравнивается допуску выполняемого размера, откуда погрешность изготовления приспособления

$$e_{np} = \left[(d - \sum \Delta_\Phi) - \Delta_y^2 + \Delta_H^2 + e_6^2 + e_3^2 + e_{np}^2 + 3e_u^2 + e_y^2 + e_n^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_T^2 \right]^{0,5}.$$

В связи со сложностью нахождения значений ряда величин, входящих в формулу для определения e_{np} , погрешность изготовления приспособления можно рассчитать по упрощенной формуле. Расчет e_{np} при этом сводится к вычитанию из допуска выполняемого размера всех других составляющих общей погрешности обработки.

$$e_{np} \leq d - K_T \left[(K_{T1} \cdot e_6)^2 + e_3^2 + e_y^2 + e_u^2 + e_n^2 + (K_{T2} \cdot w)^2 \right]^{0,5},$$

где d - допуск выполняемого при обработке размера заготовки; K_T - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения: $K_T = 1 \dots 1,2$ (в зависимости от количества значимых слагаемых; чем их больше, тем K_T ближе к единице); K_{T1} - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках: $K_{T1} = 0,8 \dots 0,85$;

K_{T2} - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления ($\Delta_y, \Delta_n, \Delta_u, \Delta_T, \Sigma\Delta_\phi$); $K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ (большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления); ω - экономическая точность обработки (принимается по таблицам).

Для расчета допустимой погрешности изготовления приспособления предварительно определяем значения всех составляющих входящих в формулу.

Допуск δ берется с чертежа детали или с операционного эскиза технологического процесса обработки заготовки.

Погрешность базирования ε_6 - рассчитывается в каждом конкретном случае. В табл. А.1 прил. А, представлены схемы базирования и формулы, по которым следует определять погрешность базирования для типовых случаев. Принятые обозначения: ε_1 – смещение (эксцентриситет) оси отверстия относительно оси наружной цилиндрической поверхности; δ_d – допуск диаметра наружной поверхности; S_{min} – односторонний минимальный гарантированный зазор; δ_A – допуск размера базового отверстия; δ_B – допуск размера оправки; $\Delta_{Ц}$ – просадка центров.

Погрешность закрепления ε_3 - определяется аналитически в случае, когда рассчитывают весьма малые смещения заготовок в прецизионных приспособлениях. В остальных случаях при расчете приспособлений на точность значения ε_3 принимают по табл. А.2, А.3, прил. А.

Погрешность установки приспособления на станке ε_y возникает из-за зазоров между направляющими шпонками или установочными пальцами приспособления и Т-образными пазами или отверстиями стола станка, что характерно для фрезерных, расточных и других приспособлений (рис. 1). Для уменьшения этих погрешностей рекомендуется точнее изготавливать посадочные места, а элементы для базирования приспособлений как можно дальше друг от друга. Погрешность установки вращающихся приспособлений на токарные, зубофрезерные и другие станки зависит от точности их базирования в гнездах станка (конусное отверстие шпинделя, центральное отверстие поворотного стола, центрирующий пояс планшайбы станка и др.).

Расчет ε_y в каждом конкретном случае следует вести по схеме установки приспособления на станке (табл. А.4, прил. А).

Погрешность положения отверстий ε_n , связанная с перекосом и смещением обрабатывающего инструмента возникает из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления (рис. 2). Для уменьшения износа направляющей втулки между ее нижним торцом и поверхностью заготовки предусматривается зазор t (при обработке чу-

гуна и других хрупких материалов $m=(0.3...0.5)d$, при обработке стали и вязких материалов $m = d$; при зенкеровании $m \leq 0,3d$).

$$\text{При } m > 0,3d \quad e_{\pi} = \frac{S + 2 \cdot S \cdot m}{L}, \quad \text{при } m < 0,3d \quad e_{\pi} = \frac{S + 2 \cdot S \cdot 0,3d}{L - 0,3d},$$

где S - односторонний максимальный радиальный зазор между втулкой и инструментом; d - диаметр инструмента; L - длина направляющей втулки.

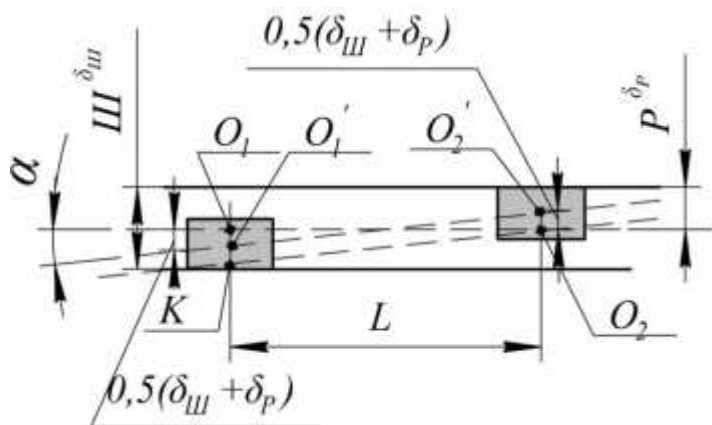


Рис. 1. Схема образования погрешности установки приспособления на станке

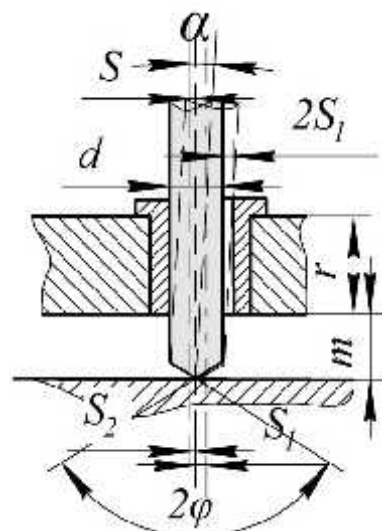


Рис. 2. Схема образования погрешности, связанной с перекосом инструмента

Погрешность положения заготовки, возникающая в результате изнашивания элементов приспособления ϵ_u характеризует изменение положения рабочих поверхностей установочных элементов в результате их изнашивания в процессе эксплуатации приспособления. На интенсивность изнашивания установочных элементов влияют их размеры, конструкция, материал и масса обрабатываемой заготовки, состояние ее базовых поверхностей.

Износ установочных элементов определяется:

- для опор с малой поверхностью контакта $e_u = b_1 \cdot N$.
- для опор с развитой поверхностью контакта $e_u = b_2 \cdot N$.

где β_1, β_2 - постоянные, зависящие от вида установочных элементов, определяемые по табл. А.5, прил. А; N - количество контактов заготовки с опорой за 1 год.

Последним расчетным факторам при расчете приспособления на точность является экономическая точность обработки ω (определяется по табл. А.6 – А.14, прил. А).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя рабочий чертеж детали, сведения о выполняемой операции, объем выпуска данной детали, маршрут обработки детали, чертеж технологической оснастки.
- 3.3. Рассчитать составляющие и общую погрешность технологической оснастки.
- 3.4. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные для расчета.
- 4.3. Расчёт составляющих и общей погрешности технологической оснастки.
- 4.4. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Что включает в себя понятие «погрешность установки заготовки».
- 5.2. Поясните понятие - погрешность базирования заготовки ?
- 5.3. Что такое погрешность закрепления заготовки и какими факторами определяется её величина?
- 5.4. Как осуществляется выбор расчетных параметров точности технологической оснастки?
- 5.5. Как рассчитывается погрешность установки в точности технологической оснастки на станке.
- 5.6. Как в расчете точности технологической оснастки учитывается экономическая точность обработки.
- 5.7. С какой целью рассчитывается допустимая погрешности изготовления технологической оснастки?
- 5.8. Как рассчитывается погрешность вызываемая элементами технологической оснастки, предназначенными для направления обрабатываемого инструмента?
- 5.9. Перечислите этапы расчета параметров точности технологической оснастки.
- 5.10. Как при расчете точности технологической оснастки учитывается износ установочных элементов.

РАСЧЕТ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки применения и расчета технологической оснастки с пневматическими приводами зажимных устройств.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Силовые пневматические приводы состоят из пневмодвигателей, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

Пневматические силовые приводы разделяют по виду пневмодвигателя на пневматические цилиндры с поршнем и пневматические камеры с диафрагмами.

По способу компоновки с приспособлениями поршневые и диафрагменные пневмоприводы разделяют на встроенные, прикрепляемые и универсальные. Встроенные пневмоприводы размещают в корпусе приспособления и составляют с ним одно целое. Прикрепляемые пневмоприводы устанавливают на корпусе приспособления, соединяют с зажимными устройствами, их можно отсоединять от него и применять на других приспособлениях.

Пневматические поршневые и диафрагменные пневмодвигатели бывают одно- и двустороннего действия. Пневмоприводы одностороннего действия применяют в тех случаях, когда при зажиме заготовки требуется сила, большая, чем при разжиме; пневмоприводы двустороннего действия - когда при зажиме и разжиме требуется большая сила, например в приспособлениях с самотормозящимися зажимными устройствами.

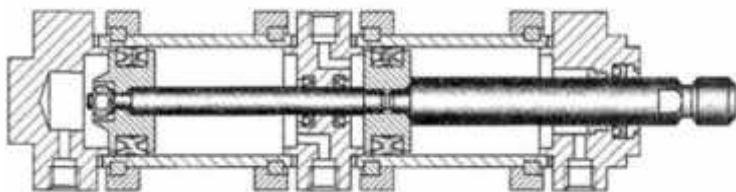
По виду установки пневмоприводы делятся на неврвращающиеся и вращающиеся. Не вращающиеся пневмоприводы применяют в стационарных приспособлениях, устанавливаемых на столах сверлильных и фрезерных станков, вращающиеся пневмоприводы - для перемещения зажимных устройств вращающихся приспособлений (патроны токарных станков). Пневмоприводы применяются также для зажимных устройств приспособлений, устанавливаемых на непрерывно или периодически вращающихся столах станков.

Диафрагменные пневмоприводы (пневмокамеры). Пневмокамеры с упругими диафрагмами бывают одно и двустороннего действия. В зависимости от способа компоновки с приспособлениями пневмокамеры также подразделяют на универсальные, встраиваемые и прикрепляемые.

Исходными данными для расчета зажимных устройств с пневматическими приводами являются: сила закрепления заготовки W , давление сжатого воздуха p , ход зажимного элемента L и время срабатывания t .



Стационарные пневмоцилиндры



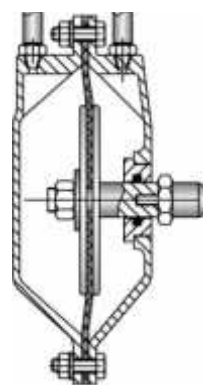
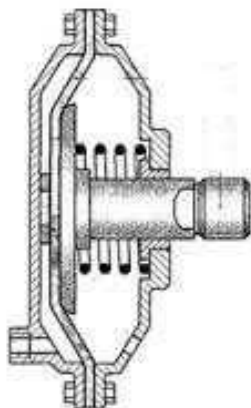
Сдвоенный стационарный пневмоцилиндр



Вращающийся пневмоцилиндр



Линейный пневмоцилиндр



Диафрагменные пневмоприводы

Рис. 1. Пневматические силовые приводы технологической оснастки

При расчете пневмоприводов определяют осевую силу на штоке поршня, зависящую от диаметра пневмоцилиндра и давления сжатого воздуха в его полостях. По заданной силе на штоке поршня и давлению сжатого воздуха определяют диаметр пневмоцилиндра. Расчет осевой силы на штоке поршневого привода производится по следующим формулам:

$$Q = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} - Q_1 \text{ - для пневмоцилиндров одностороннего действия;}$$

$$Q = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} \text{ - для пневмоцилиндров двустороннего действия при}$$

давлении сжатого воздуха на поршень в бесштоковой полости;

$$Q = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4} \text{ - для пневмоцилиндров двустороннего действия}$$

при давлении сжатого воздуха на поршень в штоковой полости.

где D - диаметр пневмоцилиндра (поршня), см; d - диаметр штока поршня, см; p - давление сжатого воздуха $p = 0,39$ МПа; $\eta = 0,85 \dots 0,9$ - КПД, учитывающий потери в пневмоцилиндре; Q_1 - сила сопротивления возвратной пружины в конце рабочего хода поршня, Н.

Возвратная пружина на штоке при ее определенном сжатии (в конце рабочего хода поршня) должна оказывать сопротивление от 5 % (при больших) до 20 % при малых диаметрах пневмоцилиндра от силы на штоке пневмоцилиндра в момент зажима детали.

Для сдвоенных стационарных пневмоцилиндров:

$$Q = \frac{p \cdot (2D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4} \text{ - сила на штоке пневмоцилиндра с двумя}$$

поршнями при толкающем движении поршней со штоком;

$$Q = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{2} \text{ - при тянущем движении поршней со штоком}$$

вправо с одинаковым диаметром штока;

$$Q = \frac{p \cdot (2D^2 - d^2 - d_1^2) \cdot p \cdot h}{4} \text{ - с разными диаметрами штоков,}$$

где D - диаметр поршня пневмоцилиндра; d_1 и d - диаметры штока в полостях цилиндра; p - давление сжатого воздуха $p = 0,39 \dots 0,49$ МПа; $\eta = 0,85 \dots 0,9$ - КПД пневмоцилиндра.

Найденный размер диаметра пневмоцилиндра округляют по нормали (прил. Б) и по принятому диаметру определяют действительную осевую силу на штоке. При необходимости производится корректировка давления воздуха поступающего в пневмопривод.

Основными величинами, определяющими работу пневмокамеры, является сила Q на штоке и длина рабочего хода штока.

В пневмокамерах усилие на штоке меняется при перемещении штока от исходного положения в конечное. Оптимальная длина хода штока пневмокамеры, при котором сила Q изменяется незначительно, зависит от расчетного диаметра D диафрагмы, ее толщины h , материала, формы и диаметра d опорного диска диафрагмы.

Расчетные диаметры D диафрагм выбирают из ряда: 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм. Толщину диафрагмы h выбирают в зависимости от ее диаметра D : $h = 4 \dots 8$ мм.

Диаметр d опорных дисков принимают для резинотканевых диафрагм $d = 0,7D$ мм; для резиновых диафрагм $d = D - 2h - (2 \dots 4)$ мм.

Сила на штоке пневмокамер одностороннего действия для тарельчатых (выпуклых) и плоских диафрагм из прорезиненной ткани:

$$Q = \frac{p \cdot (D + d)^2 \cdot p \cdot h}{16} - Q_1 \text{ - в исходном положении штока;}$$

$$Q = \frac{0,75p \cdot (D + d)^2 \cdot p \cdot h}{16} - Q_1 \text{ - после перемещения штока на длину}$$

$0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм.

Сила Q на штоке пневмокамеры для плоских резиновых диафрагм при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость:

$$Q = \frac{p \cdot D^2 \cdot p}{4} - Q_1 \text{ - начальном положении штока;}$$

$$Q = \frac{0,9p \cdot D^2 \cdot p}{4} - Q_1 \text{ - положении штока после перемещения на длину}$$

$0,22D$.

Оптимальная длина хода штока пневмокамеры одностороннего действия от исходного до конечного положения штока:

- для тарельчатой резинотканевой диафрагмы $L = (0,25 \dots 0,35)D$;

- для плоской резинотканевой диафрагмы $L = (0,18 \dots 0,22)D$.

Сила Q на штоке диафрагменной пневмокамеры двустороннего действия для тарельчатых и плоских резинотканевых диафрагм при подаче воздуха в бесштоковую полость:

$$Q = \frac{p \cdot (D + d)^2 \cdot p \cdot h}{16} \text{ - в исходном положении штока;}$$

$$Q = \frac{0,75p \cdot (D + d)^2 \cdot p \cdot h}{16} \text{ - после перемещения штока на длину } 0,3D$$

для тарельчатых и $0,07D$ для плоских диафрагм;

$$Q = \frac{p \cdot [(D + d)^2 - d_1^2] \cdot p \cdot h}{16} \text{ - сила } Q \text{ на штоке диафрагменной пнев-}$$

мокамеры двустороннего действия при подаче воздуха в штоковую полость;

$$Q = \frac{0,75p \cdot [(D + d)^2 - d_1^2] \cdot p \cdot h}{16} \text{ - после перемещения штока на длину}$$

$0,3D$ для тарельчатых и $0,07D$ для плоских резинотканевых диафрагм.

В приведенных формулах: D - диаметр диафрагмы внутри пневмокамеры; d - диаметр опорного диска диафрагмы, p - давление сжатого воздуха, МПа, Q_1 - сопротивление возвратной пружины при конечном рабочем положении штока, Н; d_1 - диаметр штока.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя схему обработки заготовки в технологической оснастке.
- 3.3. Построить схему действующих сил и рассчитать потребное усилие закрепления заготовки.
- 3.4. выбрать тип пневмопривода и рассчитать его конструктивные размеры.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчет конструктивных размеров пневматического привода.
- 4.5. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения технологической оснастки с пневмоприводом.
- 5.2. Виды пневмоцилиндров, применяемых в технологической оснастке.
- 5.3. Виды уплотнений применяемых в гидроцилиндрах технологической оснастки.
- 5.4. Порядок расчета конструктивных размеров пневмоцилиндров технологической оснастки.
- 5.5. Порядок расчета конструктивных размеров диафрагменных пневмоприводов технологической оснастки.
- 5.6. Какие элементы входят в состав пневмопривода технологической оснастки?
- 5.7. Виды диафрагменных пневмоприводов, применяемых в технологической оснастке.

РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки расчета гидравлического привода технологической оснастки.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Гидравлический привод это самостоятельная установка, состоящая из гидродвигателя, рабочего цилиндра, насоса для подачи масла в цилиндр, бака для масла, аппаратуры управления и регулирования и трубопроводов. В зависимости от назначения и мощности гидравлический привод может обслуживать одно приспособление, группу из трех-пяти приспособлений на нескольких станках, или группу из 25 – 35 приспособлений, установленных на различных станках.

В станочных приспособлениях применяют нормализованные гидроцилиндры двух видов: встраиваемые; агрегатированные.

Гидроцилиндры бывают одностороннего действия с возвратной пружиной и двустороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия в зависимости от направления перемещения поршня со штоком бывают толкающими и тянущими.

В зависимости от вида обслуживаемого приспособления гидроцилиндры бывают неподвижными и вращающимися. Конструкции гидроцилиндров показаны на рис. 1.

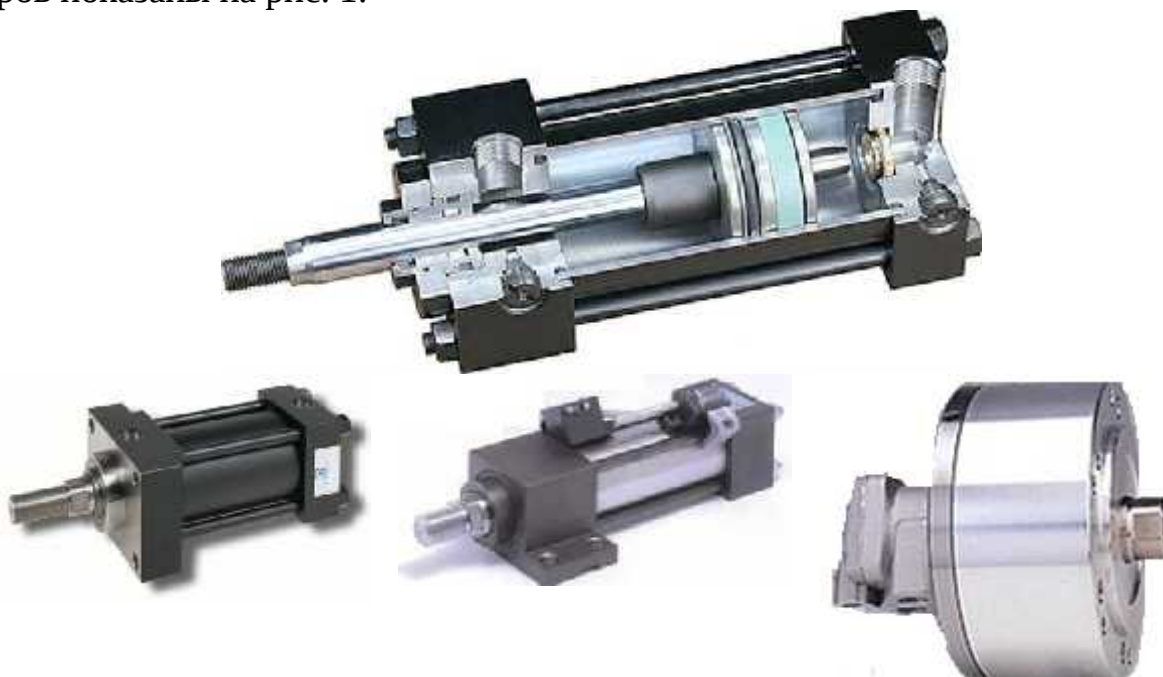


Рис. 1. Конструкции гидроцилиндров

Размеры всех деталей, входящих в гидроцилиндры одно- и двустороннего действия, нормализованы. Цилиндры одностороннего действия изготавливают из стали 40Х, а цилиндры двустороннего действия - из холоднокатанных бесшовных труб. Поршень изготавливают заодно со штоком или отдельно из стали 40. Наружные поверхности поршня и штока изготавливаются по 7 квалитету точности с посадкой с зазором и шероховатостью $Ra = 0,32$ мкм.

В качестве уплотнений в соединениях поршней с цилиндрами и штоков с крышками применяют манжеты У-образного сечения и кольца круглого сечения из маслостойкой резины.

По сравнению с пневматическими гидравлические приводы имеют ряд преимуществ: высокое давление масла на поршень гидроцилиндра создает большую осевую силу на штоке поршня; вследствие высокого давления масла в полостях гидроцилиндра можно уменьшить размеры и вес гидроцилиндров; возможность бесступенчатого регулирования сил зажима и скоростей движения поршня со штоком.

К недостаткам гидравлических приводов относятся: сложность гидроустановки и выделение площади для ее размещения; утечки масла, ухудшающие работу гидропривода

Сила на штоке для гидроцилиндров одностороннего действия:

$$\text{толкающих } Q = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4} - Q_1, \text{ тянущих } Q = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4} - Q_1.$$

Для гидроцилиндров двустороннего действия при подаче масла: в бесштоковую полость $Q = \frac{p \cdot D^2 \cdot p \cdot h}{4}$ в штоковую полость:

$$Q = \frac{p \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot h}{4},$$

где D - диаметр поршня гидроцилиндра, м; p - давление масла на поршень 1,9...7,3 МПа; $\eta = 0,85...0,9$ - КПД гидроцилиндра; Q_1 - сила сопротивления сжатой пружины при крайнем рабочем положении поршня Н; d - диаметр штока, м.

Задаваясь давлением масла, определяют площадь поршня (m^2) и диаметр поршня гидроцилиндра $F = \frac{p D^2}{4} = \frac{Q}{P} \cdot D = \sqrt{\frac{4F}{p}} = \sqrt{\frac{4Q}{p \cdot p}} = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}.$

Производительность V м³/с насосов гидравлических приводов:

$$V = \frac{F \cdot L}{t \cdot h_1} = \frac{Q \cdot L}{p \cdot t \cdot h_1},$$

где Q - требуемая сила на штоке гидроцилиндра, Н; L - длина рабочего хода поршня гидроцилиндра, м; p - давление масла в гидроцилиндре, МПа;

t - время рабочего хода поршня гидроцилиндра, мин; $\eta = 0,85$ - объемный КПД гидросистемы, учитывающий утечки масла в золотнике и гидроцилиндре.

Время (мин) срабатывания гидроцилиндра определяют по формуле

$$t = \frac{p \cdot D^2 \cdot L}{4 \cdot 10^3 V}.$$

Мощность кВт, расходуемая на привод насоса,

$$N = \frac{V \cdot p}{75 \cdot 100 \eta_2 \cdot 1,36}, \quad N = \frac{L \cdot Q}{75 \cdot 100 \cdot t \cdot \eta_1 \cdot \eta_2},$$

где V - производительность насоса, м³/с; $\eta = 0,9$ - КПД насоса и силового узла.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя схему обработки заготовки в технологической оснастке.
- 3.3. Построить схему действующих сил и рассчитать потребное усилие закрепления заготовки.
- 3.4. Рассчитать конструктивные размеры гидравлического привода технологической оснастки и характеристики насоса.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчет конструктивных размеров гидравлического привода и характеристики насоса.
- 4.5. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения технологической оснастки с гидроприводом.
- 5.2. Виды гидроцилиндров, применяемых в технологической оснастке.
- 5.3. Виды уплотнений применяемых в гидроцилиндрах технологической оснастки.
- 5.4. Порядок расчета конструктивных размеров гидроцилиндров технологической оснастки.
- 5.5. Какие элементы входят в состав гидропривода технологической оснастки?
- 5.6. Порядок расчета основных характеристик гидропривода технологической оснастки.

РАСЧЕТ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки применения и расчета технологической оснастки с пневмогидравлическими приводами.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Пневмогидравлические приводы применяют для перемещения зажимных устройств технологической оснастки. Они состоят из преобразователя давления, который соединен с гидроцилиндрами технологической оснастки и необходимой аппаратуры.

По виду работы пневмогидроприводы бывают с преобразователями давления прямого действия и с преобразователями давления последовательного действия.

Пневмогидравлические приводы питаются сжатым воздухом из цеховой сети через пневматическую аппаратуру под давлением $0,39...0,58 \text{ МН/м}^2$ при давлении масла в гидравлической части привода $7,8...9,8 \text{ МН/м}^2$. Высокое давление масла в пневмогидроприводе создается пневмогидравлическим и преобразователями прямого или последовательного действия, превращающими давление сжатого воздуха в высокое давление масла.

Пневмогидравлические приводы, сочетающие в себе простоту конструкции пневматических с преимуществами гидравлических приводов, обеспечивают быстроту перемещения зажимных устройств, небольшие габариты конструкции, создание больших сил зажима, сравнительно небольшую стоимость. Пневмогидроприводы применяют для зажима заготовок в одно-, многоместной и многопозиционной технологической оснастке в серийном производстве.

Схема работы пневмогидравлического привода с преобразователем давления прямого действия основана на непосредственном преобразовании давления сжатого воздуха в высокое давление масла.

Пневмогидропривод (рис. 1) состоит из пневмоцилиндра 2 одностороннего действия и гидравлического цилиндра 7 одностороннего действия. Сжатый воздух поступает в цилиндр 2 диаметром D . Шток поршня этого цилиндра диаметром d служит плунжером гидроцилиндра 1 (главный гидроцилиндр). Масло, вытесняемое плунжером, поступает по трубопроводу 5 во второй гидроцилиндр 7 (рабочий цилиндр) диаметром D_1 , шток поршня 4 которого связан с исполнительным механизмом зажима заготовки. Обратное движение поршней цилиндров 2 и 7 при отключении привода осуществляется пружинами 6 и 3. Резервуар служит для подачи масла в систему в случае утечек. В пневмогидравлических системах масло меньше нагревается, чем в насосных гидравлических, и меньше вспенивается. Потери

The diagram illustrates the operation of a hydraulic control valve. On the left, the valve is in the closed state. The spool (3) is held at the top by a spring (6), blocking the flow path from the inlet (1) to the outlet (5). Atmospheric pressure P_a is applied to the top of the spool. On the right, the valve is in the open state. An external force Q (represented by a downward arrow) compresses the spring (4), moving the spool (3) downwards. This opens the flow path from the inlet (1) through the valve body to the outlet (5). The outlet pressure is P_M . The inlet diameter is D , the outlet diameter is D_l , and the spool diameter is d .



6)

При равновесии привода, т.е. давления между воздухом и маслом в пневмогидравлическом преобразователе (без учета трения):

$$p_M = \frac{\rho d^2}{4} = p_\varepsilon \frac{\rho D_1^2}{4}.$$

26

$$p_m = p_v \frac{p D_1^2}{d^2},$$

где p_m - давление масла в гидроцилиндре, МН/м²; p_v - давление воздуха в пневмоцилиндре, МН/м²; D - диаметр поршня пневмоцилиндра, м; d - диаметр штока плунжера, м.

$$i = \frac{p_m}{p_v} = \frac{p D_1^2}{d^2}.$$

Отношение i является коэффициентом усиления давления, принимают $i = 16 \dots 21$.

Сила на штоке рабочего гидроцилиндра (без учета сопротивления возвратной пружины), но с учетом механического КПД

$$Q = \frac{p D^2}{4} \cdot p_m \cdot h.$$

Подставим вместо P его значение, тогда

$$Q = p_m \cdot \frac{D_1^2}{d^2} \cdot \frac{p D^2}{4} \cdot h, \text{ обозначим } p_v \cdot \frac{p D_1^2}{4} = Q_1.$$

Подставим в равенство значение силы Q и, произведя преобразования, получим

$$Q_1 = p_v \cdot \frac{p D_1^2}{4} h, \quad Q = Q_1 \frac{D^2}{d^2} h,$$

где D - диаметр поршня гидроцилиндра, м; η - 0,8...0,85 - коэффициент полезного действия; Q - сила на штоке пневмоцилиндра, Н.

Величина хода штока пневмоцилиндра:

$$\frac{L p d^2}{4} = l \cdot \frac{p D}{4}, \text{ откуда } L = l \cdot \left(\frac{D}{d} \right)^2.$$

С учетом η_0 определяющего потери масла на утечку

$$L = l \cdot \left(\frac{D}{d} \right) \cdot \frac{h}{\eta_0}.$$

где L - ход штока пневмоцилиндра, м; l - ход штока рабочего гидроцилиндра, м; $\eta_0 = 0,95$ объемный КПД привода; n - число рабочих гидроцилиндров оснастки, обслуживаемых приводом.

Из выражения $Q = p_m \frac{p D^2}{4}$ определяем диаметр рабочего гидроцилиндра без учета КПД

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p \cdot p_m}} = 1,13 \sqrt{\frac{4Q}{p_m}}.$$

Диаметр штока пневмоцилиндра $d = \frac{D}{(1.75...2.5)}$.

Из формулы $p_m = p_g \frac{\rho D_1^2}{d^2}$ определяем диаметр пневмоцилиндра

$$D_1 = d \sqrt{\frac{p_m}{p_g \cdot h}}.$$

Объем (м^3) сжатого воздуха, расходуемого за один цикл зажима детали в технологической оснастке:

$$V = 0.785 D^2 \cdot L,$$

где D - диаметр поршня пневмоцилиндра, м; L - длина хода поршня со штоком пневмоцилиндра, м.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя схему закрепления заготовки в технологической оснастке и значение силы резания.
- 3.3. Рассчитать потребное усилие закрепления заготовки.
- 3.4. Рассчитать конструктивные размеры пневмогидравлического привода технологической оснастки.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчет конструктивных размеров пневмогидравлического привода технологической оснастки.
- 4.5. Вывод

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения технологической оснастки с пневмогидроприводом.
- 5.2. Виды уплотнений применяемых в пневмогидросистемах технологической оснастки.
- 5.3. Порядок расчета конструктивных размеров пневмогидроприводов технологической оснастки.
- 5.4. Какие элементы входят в состав пневмогидропривода технологической оснастки?
- 5.5. Порядок расчета величины хода штока пневмоцилиндра технологической оснастки с пневмогидроприводом.
- 5.6. Порядок расчета основных характеристик пневмогидропривода технологической оснастки.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки применения и расчета технологической оснастки с электромеханическим приводом.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Электромеханические приводы (рис. 1) представляют собой электромоторные устройства с муфтой тарирования крутящего момента. Эти устройства используются в технологической оснастке для токарно-револьверных и агрегатных станков и в качестве приводов винтовых зажимов приспособлений-спутников. От электродвигателя 1 через редуктор 2 и кулачковую муфту 3 вращение передается на винт 6, который перемещает гайку 7 с тягой зажимного механизма 8. При достижении необходимых сил и зажима прихватом 11 установленных в призмах 9 заготовок 10 половина муфты (подвижная в осевом направлении) отходит вправо, сжимая тарированную пружину 4, и перестает вращаться. При этом концевой выключатель (КВ) отключает электродвигатель 1. Значение исходной силы на тяге 8 можно регулировать изменением предварительной затяжки пружины гайкой 5.

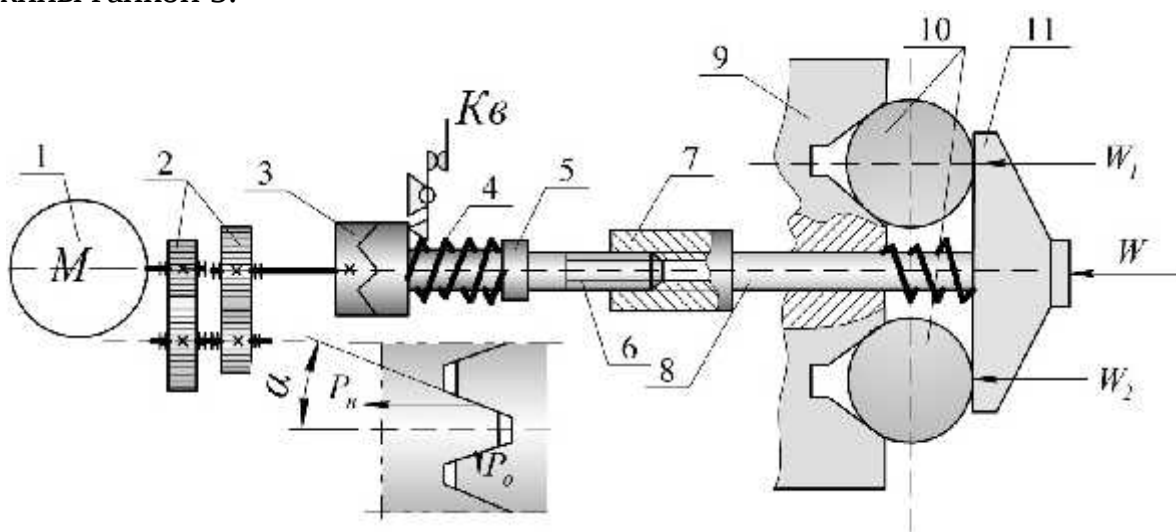


Рис. 1

Усилие тяги для указанной выше схемы определяется по формуле

$$Q = 71620 \frac{N \cdot h \cdot i}{n \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

где N – мощность электродвигателя, кВт; n – частота вращения двигателя, мин⁻¹; r_{cp} – средний радиус резьбы, мм; α – угол подъема резьбы; φ – угол трения в резьбе; i – передаточное отношение редуктора, h – КПД редуктора.

Диаметр винтовой передачи и потребный крутящий момент для обеспечения необходимой осевой силы на винте определяют по формулам расчета винтовых зажимных устройств.

Путем задания момента M , который должна развивать муфта 3 для получения необходимой осевой силы, можно определить силу P_n (Н) предварительной затяжки пружины:

$$P_n = \frac{M}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

где M - момент, передаваемый муфтой, Н·мм; r_{cp} – средний радиус расположения кулачкового венца муфты, мм; φ – угол трения на поверхности контакта зубьев ($\operatorname{tg} \varphi = f$, здесь f – коэффициент трения, $f = 0,16$).

При проектных расчетах по известной величине усилия, которое должно быть создано тягой устройства определяется по приведенной выше формуле мощность электродвигателя. По величине мощности и принятому числу оборотов подбирают его марку по каталогу электродвигателей переменного тока.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя исходные данные для расчета.
- 3.3. Построить схему сил и рассчитать усилие закрепления заготовки
- 3.4. Рассчитать конструктивные размеры электромеханического привода технологической оснастки.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчет конструктивных размеров электромеханического привода технологической оснастки.
- 4.5. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Требования к электромеханическим приводам технологической оснастки.
- 5.2. Исходные данные для расчёта электромеханического привода технологической оснастки.
- 5.3. Области применения технологической оснастки с электромеханическим приводом.
- 5.4. Как рассчитываются характеристики винтовой передачи и выбирается пружина муфты?

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки выполнения расчетов на прочность деталей технологической оснастки.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

После выполнения силовых расчетов и расчета точности изготовления технологической оснастки необходимо выбрать конструкционные материалы для её деталей, назначить химико-термическую обработку или вид покрытия и рассчитать размеры элементов из условий прочности.

Рекомендации по применению конструкционных материалов для различных элементов технологической оснастки, применяемая химико-термическая обработка, достигаемая твердость и технологические свойства материалов в состоянии поставки представлены в прил. Д, табл. Д.1 – Д5.

Покрытия деталей технологической оснастки применяются в защитных (от коррозии, старения, биоповреждения) и защитно-декоративных целях. Они подразделяются на лакокрасочные, металлические и неметаллические неорганические. В зависимости от условий эксплуатации покрытия делятся на *легкие* (Л) - для работы в закрытых сухих помещениях, *средние* (С) - в закрытых помещениях с относительной влажностью не выше 80 %, *жесткие* (Ж) - на открытом воздухе или в помещениях с относительной влажностью свыше 80 %.

При работе приспособлений в масляной среде, не вызывающей коррозии, покрытия можно не применять.

Виды, обозначения и область применения лакокрасочных покрытий регламентируются ГОСТ 22133-86.

Общие требования к выбору металлических покрытий определены ГОСТ 9.303-84, а виды, ряды толщин слоев и обозначения покрытий приведены в ГОСТ 9.306-85.

Прочность деталей технологической оснастки – одно из основных требований, предъявляемых к ее конструкции. Под прочностью понимают способность деталей и их материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних сил. Это позволяет деталям и технологической оснастке в целом выполнять свое назначение, не разрушаясь в течение заданного периода времени. Расчет деталей технологической оснастки на прочность следует проводить в том случае, если на технологическую оснастку действуют достаточно большие силы, как в процессе обработки, так и при закреплении заготовки, способные привести к поломке ее деталей.

Существуют различные методики прочностных расчетов деталей технологической оснастки, среди них наиболее распространена методика, основанная на расчете по номинальным допускаемым напряжениям. Эта методика отличается значительной простотой и не требует больших затрат времени на выполнение расчетов, хотя она менее точна, чем другие методики. Её суть заключается в проверке того, превышают ли внутренние напряжения в детали допустимых для данного материала значений при различных видах нагрузки, т.е. проверяется выполнение следующих условий:

$$s_{рас}^{max} \leq [s_{рас}] \quad s_{изг}^{max} \leq [s_{изг}] \quad t_{кр}^{max} \leq [t_{кр}] \quad t_{ср}^{max} \leq [t_{ср}]$$

где $s_{рас}^{max}$, $s_{изг}^{max}$, $t_{кр}^{max}$, $t_{ср}^{max}$ – максимальные расчетные напряжения, действующие в рассматриваемом сечении стержня (обычно в самом опасном), при его растяжении (сжатии), изгибе, кручении и срезе соответственно, МПа; $[s_{рас}]$, $[s_{изг}]$, $[t_{кр}]$, $[t_{ср}]$ – допускаемые напряжения растяжения (сжатия), изгиба, кручения и среза, соответственно, МПа. Значения этих напряжений для различных материалов приведены в табл. Д.6 – Д.9, прил. Д.

Таким образом, с помощью расчета деталей технологической оснастки на прочность можно решать две задачи:

а) осуществить проверку на прочность уже имеющихся деталей технологической оснастки с определенными размерами сечений (проверочный расчет);

б) определить размеры сечений деталей исходя из силовых нагрузок, действующих на них (проектный расчет).

В табл. 1 приведены зависимости для определения максимальных напряжений деталей различных сечений при разных видах силовых воздействий на них.

Таблица 1 – Зависимости для прочностных расчетов

Виды деталей и действующие на них нагрузки	Расчетные формулы	Примеры деталей приспособлений
Растяжение (сжатие) стержня круглого сечения диаметром d	$s_{рас}^{max} = \frac{4P}{\rho d^2}$	Винты, болты, шпильки, штоки, тяги, опоры
Растяжение (сжатие) прямоугольного стержня с размерами сечения $B \times H$	$s_{рас}^{max} = \frac{P}{B \cdot H}$	Толкатели, рейки, планки, звенья зажимных механизмов
Растяжение (сжатие) стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$s_{рас}^{max} = \frac{4P}{\rho (D^2 - d^2)}$	Штоки, тяги, опоры, оси

Виды деталей и действующие на них нагрузки	Расчетные формулы	Примеры деталей приспособлений
Изгиб стержня круглого сечения диаметром d	$S_{изг}^{max} = \frac{32M_{изг}}{\rho d^3}$	Валы, оси, рычаги, прихваты, направляющие, оправки, рукоятки
Изгиб прямоугольного стержня с размерами сечения $B \times H$	$S_{изг}^{max} = \frac{6M_{изг}}{B \cdot H^2}$	Рычаги, прихваты, рейки, планки
Изгиб стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$S_{изг}^{max} = \frac{32M_{изг}}{\rho d^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)}$	Тяги, опоры, оси, оправки, рукоятки
Кручение стержня круглого сечения диаметром d	$t_{кр}^{max} = \frac{16M_{кр}}{\rho d^3}$	Винты зажимов, валы, оправки
Кручение квадратного стержня с размерами сечения $B \times B$	$t_{кр}^{max} = \frac{M_{кр}}{0,208B^3}$	Валы, винты, зажимы
Кручение стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$t_{кр}^{max} = \frac{16M_{кр}}{\rho d^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)}$	Винты зажимов, валы, оправки
Срез детали	$t_{ср}^{max} = \frac{4P}{\rho d^2}$	Винты, штифты, пальцы
где: P – сила, действующая в расчетном направлении (при растяжении/сжатии – в направлении оси, при срезе – в плоскости среза), Н; $M_{изг}$ – изгибающий момент, Нмм; $M_{кр}$ – крутящий момент, Нмм.		

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить методическое пособие к практическому занятию.
- 3.2. Получить у преподавателя чертеж технологической оснастки, усилие закрепления заготовки.
- 3.3. Определить два самых нагруженных конструктивных элемента технологической оснастки.
- 3.4. Определить критерии прочностного расчета выбранных конструктивных элементов
- 3.5. Выполнить прочностной расчет выбранных конструктивных элементов технологической оснастки.
- 3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.

4.3. Обоснование выбора элементов технологической оснастки для расчета на прочность.

4.4. Обоснование выбора критериев прочностного расчета конструктивных элементов технологической оснастки.

4.5. Прочностной расчет выбранных конструктивных элементов технологической оснастки.

4.6. Вывод.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Цель выполнения расчетов на прочность деталей технологической оснастки?

5.2. Поясните понятие «прочность».

5.3. Задачи, решаемые с помощью расчета деталей технологической оснастки на прочность.

5.4. Виды покрытий деталей технологической оснастки и их маркировка.

5.5. Области применения покрытий деталей технологической оснастки.

5.6. Поясните методику прочностных расчетов деталей технологической оснастки.

5.7. Поясните методику выбора критериев прочностного расчета конструктивных элементов технологической оснастки.

5.8. Материалы, применяемые для изготовления ответственных деталей технологической оснастки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г.Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г.Н. Андреев и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2011 – 415 с.
2. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений / В.Е. Антонюк. – Минск: «Беларусь», 1969. – 392 с.
3. Ванин В.А. Приспособления для металлорежущих станков: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 316 с.
4. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления. – Т. 1, 2 / Б.Н. Вардашкин, В.В. Данилевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 302 с.
5. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. – М.: Машиностроение, 1979.
6. Дмитриев В.А. Расчет приспособлений на точность: учеб. пособ. / В.А. Дмитриев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 90 с.
7. Кононов А.А. Гидравлические и пневматические машины: Курс лекций / А.А. Кононов, Д.Ю. Кобзов, С.М. Ермашенок. – Братск: ГОУВПО «БрГУ». 2005. – 200 с.
8. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. – М.: Высш. шк., 2011. – 110 с.
9. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи: учеб. пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев; под ред. А.В. Беляева. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Справочные данные к практической работе 8

Таблица А.1. Погрешность базирования при установке в технологической оснастке

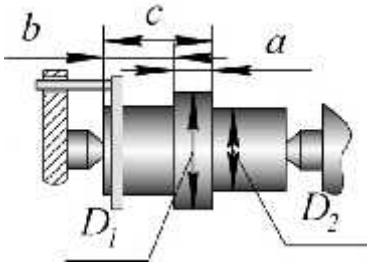
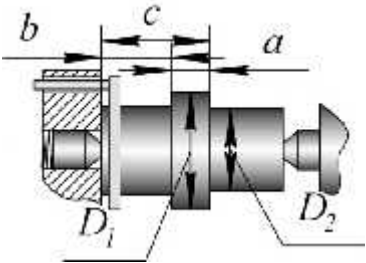
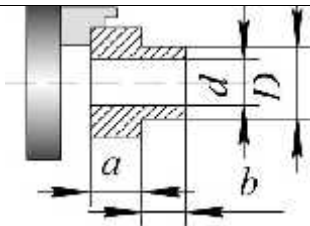
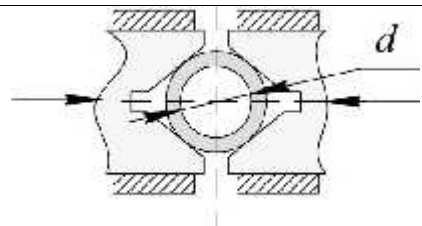
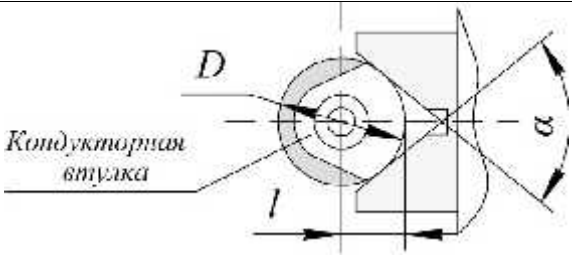
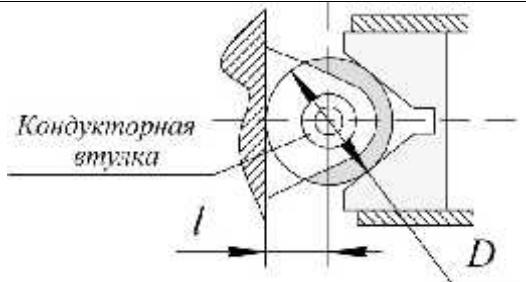
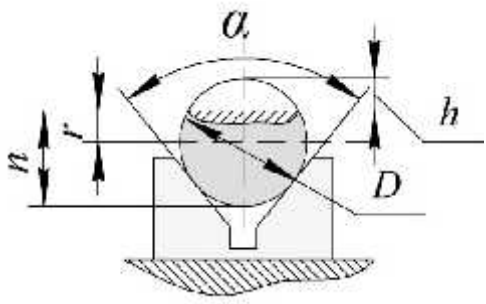
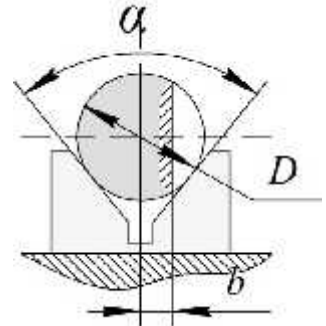
Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 $e_{sD1} = e_{sD2} = e_{sa} = 0 \quad e_{sb} = e_{sc} = D_{II}$	 $e_{sD1} = e_{sD2} = e_{sa} + e_{sb} + e_{sc} = 0$
 $e_{sD} = e_{sd} = e_{sa} = e_{sb} = 0$ (при параллельном подрезании торцов)	 $e_{sd} = e_l = 0$
 $e_{s1} = \frac{d_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} - 1 \right) e_l = \frac{d_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\alpha/2)}$	 $e_l = \frac{d_D}{2}$
 $e_{sm} = \frac{d_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\alpha/2)} e_{sh} = \frac{d_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} - 1 \right)$ $e_{sn} = \frac{d_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\alpha/2)} + 1 \right)$	 $e_{sb} = 0$ $e_{sm} = e_{sn} = \frac{d_D}{2}$

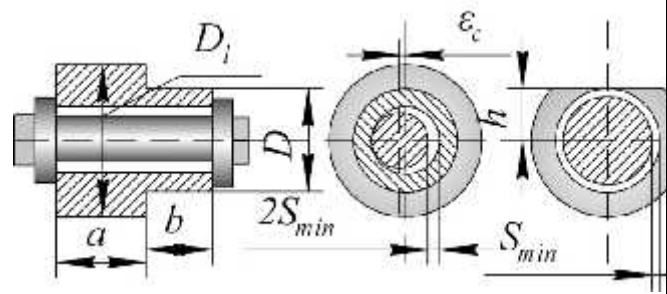
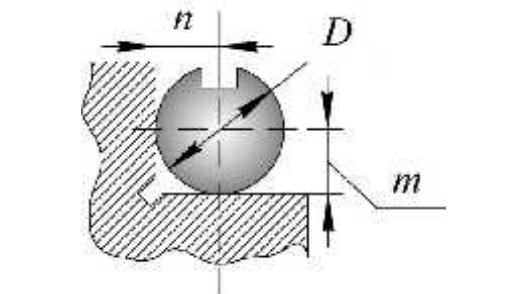
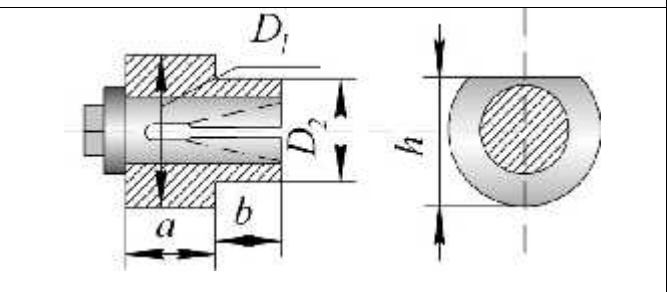
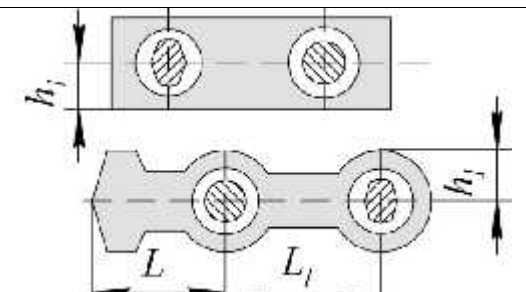
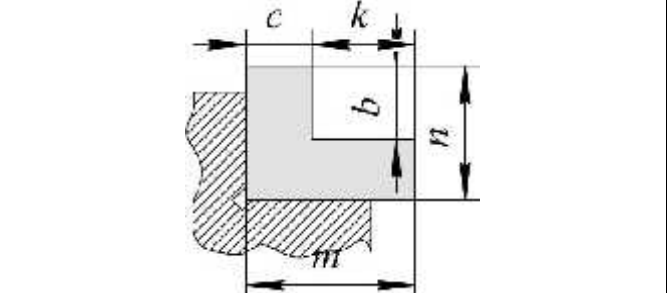
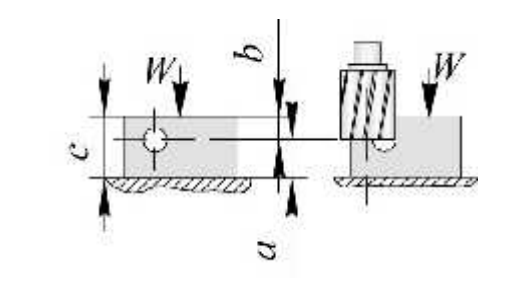
Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 При установке оправки на плавающий передний центр, гильзу или патрон по упору. $e_{eD} = e_{eD1} = s_{\min} + \frac{d_B}{2} + \frac{d_A}{2}$ $e_{sh} = 2s_{\min} + d_B + d_A$	 $e_{sa} = e_{sb} = 0$
 При установке оправки на жёсткий передний центр. $e_{sa} = \Delta_a \quad e_{sb} = d_a$ $e_{sh} = e_{eD1} = e_{eD2} = 0$	 $e_{sh1} = 2s_{\min} + d_B + d_A$ $e_{sh1} = (2s_{\min} + d_B + d_A) \left(\frac{l + l_1}{l} \right)$
 $e_{sc} = e_{sn} = e_{sm} = 0$ $d_{sk} = d_c \quad e_{sb} = d_n$	 $e_a = 0 \quad e_{\delta} = d_c$

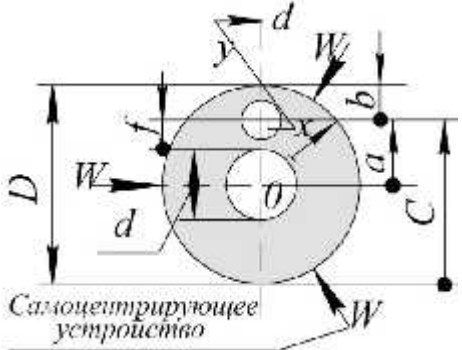
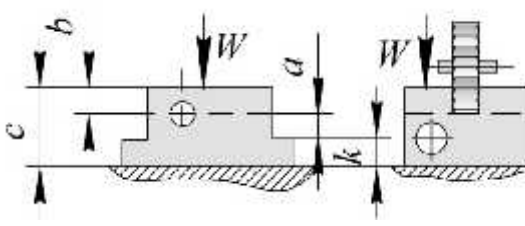
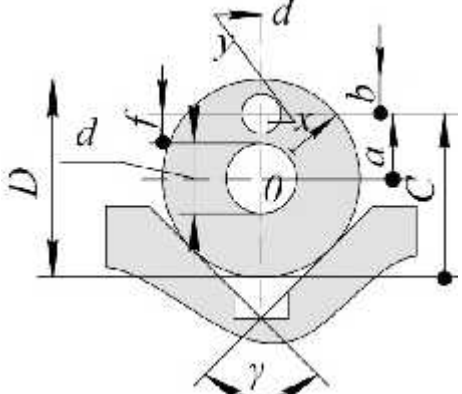
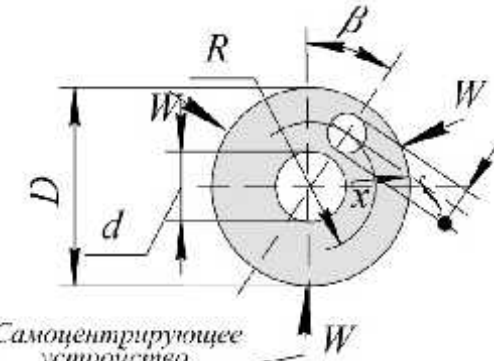
Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 Самоцентрирующее устройство $e_y = x \quad e_f = \frac{dd}{2} + x \quad e_a = 0$ $e_6 = e_c = \frac{dD}{2}$	 $e_a = d_k \quad e_6 = d_c$
 $e_b = \frac{dD}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} + 1 \right)$ $e_c = \frac{dD}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} - 1 \right)$ $e_f = \frac{dD}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} + \frac{dd}{2} + x$ $e_a = \frac{dD}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} \quad e_y = x$	 Самоцентрирующее устройство $e_b = e_R = 0$ $e_f = \frac{dd}{2} + x$

Таблица А.2 – Погрешность закрепления заготовок ε_3 при установке в осевом направлении при обработке на станках, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки									
	6.. ..10	10.. ..18	18.. ..30	30.. ..50	50.. ..80	80.. ..120	120.. ..180	180.. ..260	260.. ..360	360.. ..500
Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору										
Холоднотянутая калиброванная	40	50	60	70	80					
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80					
Окончательно обработанная	20	25	30	35	40					
Полученная литьем:	Установка в трехкулачковом патроне с ручным приводом									
- в песчаную форму	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
- в постоянную форму	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
- по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	110	120		
- под давлением	30	40	50	60	70	80	90	100		
Полученная горячей штамповкой	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	130			
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Окончательно обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Полученная литьем:	Установка в трехкулачковом патроне с механизированным приводом									
- в песчаную форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
- в постоянную форму	55	60	65	75	80	90	100	110	120	130
- по выплавляемой модели	45	50	55	65	75	80	85	90		
- под давлением	25	35	45	50	55	65	70	80		
Полученная горячей штамповкой	55	60	70	80	90	100	110	120	130	
Горячекатаная	55	60	70	80	90	100	110			
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Окончательно обработанная	25	30	35'	40	50	60	70	80	90	100

Таблица А.3 – Погрешность закрепления заготовок ε_z при установке на точечные опоры, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки									
	6.. ..10	10.. ..18	18.. ..30	30.. ..50	50.. ..80	80.. ..120	120.. ..180	180.. ..260	260.. ..360	360.. ..500
Полученная литьем:	Установка на точечные опоры в зажимное приспособление с винтовыми (эксцентриковыми) зажимными устройствами, мкм									
- в песчаную форму		100	125	150	175	200	225	250	300	350
- в постоянную форму		100	110	120	130	140	150	160	180	200
- по выплавляемой модели	80	90	100	110	120	130	140	150		
- под давлением	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Полученная горячей штамповкой		100	125	150	175	200	225	250	300	
Горячекатаная	90	100	125	150	175	200	225			
Предварительно обработанная	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Окончательно обработанная	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Шлифованная	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Полученная литьём:	Установка на точечные опоры в приспособлении с пневматическими зажимными устройствами									
- в песчаную форму		90	100	120	140	160	180	200	240	280
- в постоянную форму		80	90	100	110	120	130	140	160	180
- по выплавляемой модели	65	70	75	80	90	100	110	120		
- под давлением	40	45	50	60	70	80	90	100		
Полученная горячей штамповкой		90	100	120	140	160	180	200	200	
Горячекатаная	70	80	100	120	140	150	180			
Предварительно обработанная	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140
Окончательно обработанная	50	60	70	80	90	90	100	110	120	130
Шлифованная	40	50	60	70	80	80	90	100	110	120
Полученная литьем:	Установка на опорные пластины в зажимное приспособление с винтовыми (эксцентриковыми) зажимными устройствами									
- в песчаную форму		100	110	120	135	150	175	200	240	280
- в постоянную форму	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140
- по выплавляемой модели	40	50	60	70	80	90	100	110		
- под давлением	30	40	50	60	70	80	90	100		
Полученная горячей штамповкой		100	110	120	135	150	175	200	240	
Горячекатаная	90	100	110	120	135	150	175			
Предварительно обработанная	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки									
	6.. ..10	10.. ..18	18.. ..30	30.. ..50	50.. ..80	80.. ..120	120.. ..180	180.. ..260	260.. ..360	360.. ..500
Окончательно обработанная	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Шлифованная	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Полученная литьем:	Установка на опорные пластины в приспособлении с пневматическими зажимными устройствами									
- в песчаную форму		80	90	100	110	120	140	160	190	220
- в постоянную форму	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120
- по выплавляемой модели	35	40	50	55	60	70	80	90		
- под давлением	25	30	35	40	50	60	70	80		
Полученная горячей штамповкой		80	90	100	110	120	140	160	190	
Горячекатаная	70	80	90	100	110	120	140			
Предварительно обработанная	35	40	50	55	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	15	20	25	30	40	50	60	70	80	

1. При установке на магнитной плите погрешность закрепления отсутствует

2. Погрешность закрепления дана по нормали к обрабатываемой поверхности

Таблица А.4 – Погрешность установки приспособлений

В направлении оси X: 0,01-0,04 мм; Оси Y: значение s; Для угла β: $2\arctg(S/L)$	В направлении оси X: значение s; Оси Y: 0,01-0,04 мм; Для угла β: $2 \cdot \arctg \frac{0,01-0,04}{D}$	В направлении оси X: 0,03-0,6 мм; Оси Y: значение s; Для угла β: $5-10^\circ$
Для конуса Морзе №0: 0,1-0,2 мм; №1, 2, 3: 0,15-0,3 мм; №4, 5: 0,2-0,4 мм; №6: 0,25-0,5 мм. Для метрического конуса №80: 0,25-0,5 мм; №100, 200: 0,3-0,6 мм; В направлении оси X: 0,01-0,03 мм; Оси Y: значение s; Для угла β: $2\delta_\alpha$	В направлении оси X: 0,05-0,2 мм; Для угла β: $2-5'$	В направлении оси Y: 0-0,02 мм; Оси X: значение s; Для угла β: $\arctg(S/L)$; На длине l: $(sl)/L$
	В направлении оси Y: 0-0,03 мм; Для угла β: $2\arctg(0,01-0,03/L)$	Примечание. Обозначения на рисунках: 1 – шпиндель, 2 – приспособление, 3 – конус, 4 – центр, 5 – деталь, 6 – стол станка, 7 – плита приспособления, 8 – кондуктор.

Таблица А.5 – Значение коэффициентов для различных установочных элементов

Установочные элементы	Материал установочных элементов		
	Стали 20, 45, 20Х	Углеродистые стали У8А и др.	Твердые сплавы
Точечные опоры:	коэффициент		
- головка сферическая	0,5..2,0	0,4..0,8	0,06..0,25
- головка рифленая	0,6..2,5	-	-
- головка плоская	0,4..0,8	-	-
Призмы	0,3..0,8	0,25..0,7	0,035..0,095
Пальцы ромбические	0,2..0,6	0,15..0,5	0,025..0,07
Пластины опорные	0,002..0,004	0,0015..0,0035	0,00025..0,00045
Пальцы цилиндрические	0,001..0,002	0,0008..0,0018	0,00012..0,00023

Таблица А.6 – Экономическая точность обработки

Вид обработки	Квалитет	Вид обработки	Квалитет
Экономическая точность обработки наружных цилиндрических поверхностей.			
Обтачивание на токарных станках		Шлифование	
- черновое	12-13	- однократное	9
- отделочное	11	- отделочное	8
- отделочное повышенной точности	10	- тонкое	5-6
- тонкое	7		
Экономическая точность обработки внутренних цилиндрических поверхностей.			
Сверление		Зенкерование и растачивание	
- без кондуктора	12-13	- черновое	12-13
- по кондуктору	11	- чистовое	11
Шлифование		- отделочное	10
- однократное	9	- тонкое	7
- чистовое	7	Хонингование	5-6
- тонкое	5-6	Протягивание	7
Развертывание			
- однократное стали	9	- отделочное чугуна и повышенной точности стали	7
- однократное чугуна и отделочное стали	8	- повышенной точности чугуна	5-6
Экономическая точность обработки плоскостей.			
Фрезерование и строгание			
- черновое стали	12-13	- чистовое чугуна	10
- черновое чугуна и чистовое стали	11	- отделочное чугуна	8
		- отделочное стали	9
Шлифование			
- однократное	9	- тонкое	7
- чистовое	8		

Таблица А.7 – Экономическая точность обработки фасонной фрезой

Длина поверхности, мм	Погрешность размера (мкм) при обработке фрезой шириной (мм)	
	До 120	120... 180
До 100	200	-
100... 300	200... 300	200 ...400
300 ... 600	250... 450	250 ...500

Таблица А.8 – Экономическая точность обработки торцевых поверхностей

Диаметр заготовки, мм	Погрешность размера мкм.			
	обтачивание		шлифование	
	черновое	чистовое	черновое	чистовое
до 500	150	70	30	20
50 ... 120	200	100	40	25
120... 260	250	130	50	30
260 ... 500	400	200	70	35

Таблица А.9 – Экономическая точность фрезерования выступов и пазов

Ширина выступов и пазов, мм.	Погрешность (мкм) при обработке фрезой	
	дисковой	концевой
1..3	120	60
3..6	160	80
6..10	200	100
10..18	240	120
18..30	280	140
30..50	340	170
50..80	400	200

Таблица А.10 – Экономическая точность обработки при одновременном фрезеровании параллельных поверхностей дисковыми фрезами

Расстояние между фрезами, мм	Погрешность (мкм) при обработке фрезой		
	до 50	50..80	80..120
до 100	50	60	80
свыше 100	60	80	100

Таблица А.11 – Экономическая точность обработки резьбы

Способ получения резьбы	Поле допуска резьбы	
	наружной	внутренней
На токарно-винторезных станках:		
- призматическими и дисковыми однопрофильными резцами.	4h	4h..5H
- гребенками	4h	4h..5H
- вихревым способом	4h	4h..5H
На револьверных станках и автоматах	8g	7H
На токарных автоматах плашками	8g	-
На сверлильных станках метчиками в:		

Способ получения резьбы	Поле допуска резьбы	
	наружной	внутренней
- сквозных отверстиях,	-	6H
- глухих отверстиях.	-	7H
На универсальных и резьбофрезерных станках:		
- дисковой фрезой	6g	-
- червячной фрезой	8g	-
На шлифовальных станках:		
- одноконтурным кругом	6g	-
- многоконтурным кругом	4H	-
Накатывание:		
- плоскими плашками роликом	8g	-
- роликовой головкой	6g	7H

Таблица А.12 – Экономическая точность обработки пазов и шпоночных канавок шпоночной фрезой.

Ширина паза или шпоночной канавки мм	Погрешность (мкм) при обработке	
	черновой	чистовой
6..10	100	30
10..18	150	40
18..30	200	50

Таблица А.13 – Экономическая точность соосности расположения поверхностей тел вращения

Способ обработки	Отклонение от соосности, мкм
Обтачивание и шлифование наружной поверхности в центрах	
- с одной установки	100
- с двух установок	150
Растачивание и шлифование внутренней поверхности	
- на оправке	25
- в центрах на оправках	50

Таблица А.14 – Экономическая точность различных способов обеспечения перпендикулярности оси отверстий относительно плоскости

Способ обработки	Отклонение на длине L=100 мм, мкм
Сверление	
- по разметке	500
- по кондуктору	100
Растачивание на токарном станке при установке заготовки	
- по разметке	800
- по индикатору	300
На вертикально-фрезерном станке	50

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Справочные данные к практической работе 10

Таблица Б.1 – Технические характеристики пневматических цилиндров ISO 6431

Параметр	Данные								
Диаметр поршня, мм	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Номинальное давление, МПа	1,0								
Давление срагивания, МПа	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,035	0,03	0,03
Номинальное усилие цилиндра, Н	при давлении 1,0 МПа, Н								
Номинальное толкающее усилие, Н	803	1256	1962	3115	5024	7850	12267	20107	31417
Номинальное тянущее усилие, Н	690	1102	1708	2837	4644	7470	11467	18850	30160

Таблица Б.2 – Технические характеристики пневмоцилиндров вращающихся ПЦВБ

Наименование параметров	ПЦВБ-160	ПЦВБ-200	ПЦВБ-250	ПЦВСБ-200	ПЦВСБ-250
Номинальное давление, МПа	0,63				
Диаметр поршня, мм	160	200	250	200	250
Ход штока, мм	32	32	40	32	40
Усилие на штоке, Н	11 420	17 800	27 850	34 550	54 290
Частота вращения не более, об/мин	5 000				

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справочные данные к практической работе 11

Таблица В.1 – Технические характеристики гидравлических цилиндров

Гидроцилиндр	Диаметр поршня, мм	Диаметр штока, мм	Номинальное давление, МПа	Толкающее усилие, Н	Тянущее усилие, Н
Гидроцилиндр ЦГ-30.16x130.23	30	16	21	106200	148440
Гидроцилиндр МС 40/25x70-3.11	40	25	-	-	-
Гидроцилиндр МС 50/25x175-3.55	50	25	-	-	-
Гидроцилиндр ЦГ 60.40x305.11-01	60	40	25	70650	39250
Гидроцилиндр МС 63/30x100-3.11	63	30	-	-	-
Гидроцилиндр МС 63/30x250-3.11	63	30	-	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-70.40x700.22	70	40	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-75.55x2700.22	75	55	240	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-80.40x100.11	80	40	16	80380	60290
Гидроцилиндр ЦГ-85.50x725.22	85	50	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ 90.50x400.11	90	50	22	139960	85780
Гидроцилиндр ЦГ-95.65x1170.31	95	65	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ 100.50x390.18	100	50	16	125600	94200
Гидроцилиндр ЦГ-105.70x990.22	105	70	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-110.63x440.11	110	63	250	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-115.75x1175.22	115	75	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-120.50x500.31	120	50	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-130.70x410.22	130	70	360	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-140.70x388.22	140	70	240	-	-
Гидроцилиндр ЦГ-150.70x716.22	150	70	240	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Справочные данные к практической работе 13

Таблица Г.1 – Технические характеристики электродвигателей для электромеханических приводов технологической оснастки

N, кВт	3000 об/мин	1500 об/мин	1000 об/мин	750 об/мин
0,06	-	АИР50А4	-	-
0,09	АИР50А2	АИР50В4	-	-
0,12	АИР50В2	АИР56А4	-	-
0,18	АИР56А2	АИР56В4	АИР63А6	АИР71А8
0,25	АИР56В2	АИР63А4	АИР63В6	АИР71В8
0,37	АИР63А2	АИР63В4	АИР71А6	АИР80А8
0,55	АИР63В2	АИР71А4	АИР71В6	АИР80В8
0,75	АИР71А2	АИР71В4	АИР80А6	АИР90ЛA8
1,10	АИР71В2	АИР80А4	АИР80В6	АИР90ЛВ8
1,50	АИР80А2	АИР80В4	АИР90Л6	АИР100Л8
2,20	АИР80В2	АИР90Л4	АИР100Л6	АИР112МА8
3,00	АИР90Л2	АИР100S4	АИР112МА6	АИР112МВ8
4,00	АИР100S2	АИР100Л4	АИР112МВ6	АИР132S8
5,50	АИР100Л2	АИР112М4	АИР132S6	АИР132М8
7,50	АИР112М2	АИР132S4	АИР132М6	АИР160S8
11,00	АИР132М2	АИР132М4	АИР160S6	АИР160М8
15,00	АИР160S2	АИР160S4	АИР160М6	АИР180М8

Приложение Д. Справочные данные к практической работе 14

Таблица Д.1 – Стали, используемые для приспособлений, их обработка и свойства

Детали и условия их работы	Марка стали	Химико-термическая обработка	HRCэ	Свариваемость
Прокладки, шайбы, заклепки	Ст0, Ст1, Ст2	Без ХТО	–	Хорошая
Сварные детали, щитки, крыльшки, оправки, валы, оси, клинья, штифты и другие детали, работающие при малой и средней нагрузках	Ст3, Ст4, Ст5	Без ХТО	–	Хорошая
Шпонки, зубчатые колеса, валы с повышенной прочностью и твердостью	Ст6	Закалка в воде, отпуск	49...51	Ограниченная
Пальцы, оси, зубчатые колеса, шпиндели, валы, кондукторные втулки диаметром более 25 мм, пальцы и другие детали повышенной и высокой износостойкости	10, 15, 20 15X, 20X, 20XH	Цементация, закалка в масле, отпуск	57...63 59...63	Хорошая Удовлетворительная
Крепежные детали, кондукторные плиты, прихваты, нажимные винты, муфты соединительные, работающие при средних нагрузках	25	Закалка в воде, отпуск	28...34	Хорошая
	35 35X, 35XH, 30XГСА	Закалка в масле, отпуск	31...51 46...51	Ограниченная
Валы, оси, штоки, зубчатые колеса, плунжеры, эксцентрики, пальцы, ролики и другие детали, работающие на изнашивание при средних скоростях	40, 45, 50, 55	Закалка в воде, отпуск	25...56	Ограниченная
	40X, 45X, 50X, 40XГ, 40XH	Закалка в масле, отпуск	31...56	Ограниченная
Зубчатые колеса, валы, втулки, элементы УСП и другие детали, работающие при больших скоростях и ударных нагрузках	12ХН3А, 15ХГНТ А, 18ХГ, 18ХГТ, 20ХГТ, 30ХГТ	Цементация, закалка в масле, отпуск	57...63	Ограниченная
Эксцентрики, кольца пружинные, пружины общего назначения, работающие при средних нагрузках	65, 70, 55С2	Закалка в масле, отпуск	38..53 40...44	Плохая
Зубчатые колеса, вал, оси, диски фрикционные, кольца стопорные, цанги, разжимные элементы, ножи и другие детали, работающие в условиях истирания и знакопеременных нагрузок	50Г 60Г, 65Г 35Г2	Закалка в масле, отпуск	42...51 41...61 35...57	Плохая То же Удовлетворительная
	45Г2		34...50	Ограниченная
	50Г2		28...34	Плохая

Таблица Д.2 – Стали, рекомендуемые для изготовления заготовок деталей приспособлений литьем

Детали (элементы) приспособлений	Марка стали
Ненагруженные (плиты, вилки, стаканы, корпуса, кронштейны и т.п.)	25 Л
Малонагруженные (рычаги, планшайбы, корпуса патронов, кронштейны и т.п.)	35 Л
Особо нагруженные (вилки, цапфы, стержни и т.п.)	45 Л

Таблица Д.3 – Серые и высокопрочные чугуны, рекомендуемые для отливки заготовок деталей приспособлений

Детали (элементы) приспособлений	Марка чугуна	Твердость, НВ
Работающие в условиях средних нагрузок без трения (крышки, планшайбы крупные, плиты, стойки, корпуса, шкивы, маховики и т.п.)	СЧ 10	143...229
Работающие в условиях средних нагрузок с давлениями между трущимися поверхностями, равными примерно 0,5 Н (основания, корпуса, салазки, шкивы, планшайбы)	СЧ 15	163...229
Работающие в условиях средних нагрузок на изнашивание и отливки больших габаритов (втулки подшипников тихоходных передач, корпуса пневмокамер и пневмоцилиндров, корпуса приспособлений)	СЧ 18	170...229
Работающие в условиях больших нагрузок на изнашивание при высокой герметичности (гидроцилиндры, гильзы, корпуса)	СЧ 20	170...241
Ответственные детали, работающие в условиях больших нагрузок на изнашивание (отливки сложной конструкции)	СЧ 25	180...250
	ВЧ 45-5	160...220
	ВЧ 60-2	200...280

Таблица Д.4 – Цветные металлы и сплавы, используемые в производстве приспособлений

Детали (элементы) приспособлений	Конструкционный материал
Литые заготовки ответственных деталей (планшайбы, шкивы, роторы, корпуса пневмоцилиндров)	Ал2
Литые заготовки крупных нагруженных деталей	Ал4
Литые заготовки деталей сложной конфигурации для работы в условиях средней загруженности, а также для свариваемых деталей	Ал9
Втулки подшипников при сопряжении с термически обработанными валами	Ал19
Контакты, детали, требующие хорошей электропроводности, обмотка электроприводов	М1, М2

Детали (элементы) приспособлений	Конструкционный материал
Литые заготовки деталей	МЗ
Гайки нажимных винтов, работающие в тяжелых условиях; массивные червячные винты	ЛАЖМц66- 6-3-2
Детали, обладающие коррозионной стойкостью	ЛА67-2,5
Арматура, втулки, подшипники скольжения	ЛАЖ60-1-1Л
Литые заготовки деталей, втулки	ЛС59-1Л
Зубчатые колеса	ЛМЦ0С58- 2-2-2
Упорные и опорные подшипники	ЛМЦ58-2Л
Несложные по конфигурации ответственные детали	ЛМЦЖ55-3-1
Втулки и вкладыши подшипников скольжения, работающие в паре с термически обработанными валами при средних скоростях; червячные колеса, работающие в паре с термически обработанными червяками; детали насосов, работающие на истирание; фрикционные диски, упорные кольца	БрА9ЖЗЛ
Втулки и вкладыши подшипников скольжения, работающие в условиях больших нагрузок и высоких скоростей в паре с термически обработанными валами	БрС30
Подшипники шпинделей; венцы червячных колес, работающие в паре с незакаленными червяками	Бр05Ц5С5
Втулки подшипников, гайки ходовых щитов	Бр04Ц4С17
Ответственные втулки и вкладыши подшипников скольжения, венцы червячных колес, работающие в паре с термически обработанными червяками	Бр010Ф1

Таблица Д.5 – Неметаллические конструкционные материалы, используемые для деталей приспособлений

Детали (элементы) приспособлений	Материал Наименование и марка
Вкладыши подшипников, втулки, зубчатые колеса и другие конструкционные детали	Пластинки древесные слоистые: ДСП-В, ДСП-Б
Самосмазывающиеся подшипники скольжения	ДСП-В-м, ДСП-Б-м
Зубчатые колеса, малонагруженные ролики и корпуса сборочных приспособлений	Текстолит конструкционный: ПТК
Неответственные детали (ручки и т.п.)	Текстолит ПТ
Вкладыши подшипников скольжения	Текстолит ПТМ-1, ПТМ-2
Детали с антикоррозийной стойкостью	Винипласт листовой ВН и ВП
Прокладки	Картон прокладочный А и Б
Детали с электроизоляционной способностью	ФЭ
Диафрагмы, прокладки, буфера	Резина техническая листовая (ТМКЦ; ОМБ – ограниченно маслбензостойкая; ПМБ – повышенно маслбензостойкая)
Манжеты, прокладки	Кожа техническая
Рабочие жидкости разжимных устройств	Гидропластмасса ДМ и СМ

Таблица Д.6 – Допускаемые напряжения для углеродистых сталей обыкновенного качества в горячекатаном состоянии.

Марка стали	Допускаемые напряжения, МПа													
	при растяжении $[\sigma_p]$			при изгибе $[\sigma_{из}]$			при кручении $[\tau_{кр}]$			при срезе $[\tau_{ср}]$			при смятии $[\sigma_{см}]$	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Ст2	115	80	60	140	100	80	85	65	50	70	50	40	175	120
Ст3	125	90	70	150	110	85	95	65	50	75	50	40	190	135
Ст4	140	95	75	170	120	95	105	75	60	85	65	50	210	145
Ст5	165	115	90	200	140	110	125	80	70	100	65	55	250	175
Ст6	195	140	110	230	170	135	145	105	80	115	85	65	290	210

Таблица Д.7 – Механические свойства и допускаемые напряжения углеродистых качественных конструкционных сталей

Марка стали	Термообработка	Допускаемые напряжения								
		при растяжении $[\sigma_p]$			при изгибе $[\sigma_{из}]$			при кручении $[\tau_{кр}]$		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
08	Н	110	80	60	130	95	75	80	60	45
10	Н	110	80	60	145	100	75	80	60	45
	Ц-B59	130	90	70	155	150	90	100	65	55
20	Н	140	115	95	170	120	95	105	70	55
	Ц-B59	165	115	90	200	140	110	125	75	55
25	Н	150	110	85	180	130	105	110	80	60
	Ц-B58	180	130	100	210	160	125	135	95	75
30	Н	165	115	90	200	140	110	125	90	70
	У	200	140	105	240	175	135	150	105	80
35	Н	180	125	95	210	155	120	135	90	70
	У	210	150	115	260	185	145	160	110	85
	B35	330	230	180	400	290	220	250	165	135
40	Н	190	130	105	230	165	130	140	100	75
	У	230	160	125	270	200	155	170	120	95
	B35	340	230	180	400	290	220	250	175	135
45	Н	200	140	110	240	175	135	150	105	80
	У	240	170	135	290	215	170	185	130	100
	M35	300	210	160	360	260	200	230	165	120
	B42	300	210	160	360	260	200	230	160	120
	TBЧ56	240	170	135	290	210	170	185	130	100
		при срезе $[\tau_{ср}]$			при смятии $[\sigma_{см}]$					
		I	II	III	I	II				
08	Н	60	45	35	165	120				
10	Н	65	45	35	165	120				
	Ц-B59	70	50	40	195	135				
20	Н	85	60	45	210	175				
	Ц-B59	100	60	45	240	175				
25	Н	90	65	50	220	165				
	Ц-B58	110	80	60	270	195				

		при срезе [$\tau_{кр}$]			при смятии [$\sigma_{см}$]	
		I	II	III	I	II
30	Н	100	65	55	240	175
	У	120	85	65	300	210
35	Н	110	75	55	270	190
	У	130	90	70	320	220
	В35	200	140	110	500	350
40	Н	115	80	60	280	200
	У	140	100	80	340	240
	В35	200	140	110	500	350
45	Н	125	85	65	300	210
	У	145	105	80	360	260
	В42	185	125	95	450	310
	ТВЧ56	145	105	80	360	260

Таблица Д.8 – Механические свойства и допускаемые напряжения легированных конструкционных сталей

Марка стали	Термообработка	Допускаемые напряжения								
		при растяжении [σ_p]			при изгибе [$\sigma_{из}$]			при кручении [$\tau_{кр}$]		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
10Г2	Н	140	110	90	170	135	110	105	75	60
09Г2С	-	170	120	95	200	150	120	125	90	70
10ХСНД	-	185	140	110	220	160	135	140	100	80
20Х	Н	190	135	105	230	165	130	140	100	75
	У	240	175	140	290	220	175	180	130	100
40Х	Н	200	155	125	240	190	155	150	115	90
	У	270	200	160	320	250	200	200	150	115
45Х	Н	210	160	130	250	195	160	155	115	90
	У	320	240	190	380	290	230	240	175	135
	М48	480	350	280	570	430	350	360	260	200
50Х	Н	210	160	130	250	200	160	160	120	90
	М48	500	370	300	600	460	370	370	270	210
35Г2	Н	200	155	125	240	190	160	150	115	90
	В, НВ249	270	200	160	320	250	200	200	145	115
40Г2	Н	220	170	135	260	210	170	165	120	95
	М, НВ331	380	310	270	460	380	330	290	230	190
38ХС	У	320	230	185	390	290	230	240	175	140
18ХГТ	Н	230	175	140	270	210	175	170	125	100
	Ц-М59	330	250	200	400	310	250	250	185	145
30ХГТ	М43	430	310	250	510	390	310	320	230	180
	Ц-М59	370	270	220	440	340	270	280	200	160
20ХГНР	М40	450	330	260	540	410	320	340	230	170
	М50	500	360	290	600	450	360	380	270	210
40ХФА	М30	320	230	180	380	280	220	240	170	130
	М50	550	410	320	660	500	400	410	310	240
30ХМ	М	320	240	190	390	300	240	240	155	115
35ХМ	М НВ270	340	250	200	410	310	250	260	185	145
	М50	550	410	320	660	500	400	420	310	240
40ХН	Н	260	195	160	310	240	195	190	140	110
	М43	410	310	240	490	370	300	310	220	170

Марка стали	Термообработка	Допускаемые напряжения								
		при растяжении $[\sigma_p]$			при изгибе $[\sigma_{из}]$			при кручении $[\tau_{кр}]$		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
12ХН2	М	270	200	160	320	250	200	200	145	115
	Ц-М59	270	200	160	320	250	200	200	145	115
12ХН3А	У	320	240	190	380	280	230	240	175	140
	ТВЧ59	340	260	200	410	310	250	250	190	150
20Х2Н4А	ТВЧ59	230	170	135	270	210	170	170	125	100
	Ц-М59	370	270	220	440	340	270	280	200	160
20ХГСА	М	270	200	160	330	250	200	200	145	115
30ХГС	О	200	150	120	240	185	150	150	110	85
30ХГСА	У	370	270	220	440	340	270	280	200	160
	М46	510	380	300	620	470	380	390	270	210
60С2	М НВ269	440	330	260	540	400	320	340	220	170
60С2А	М НВ269	550	400	320	660	500	400	410	300	230
ШХ15	О	200	150	120	240	180	150	150	110	90
	М62	740	350	230	890	480	330	550	250	165
		при срезе $[\tau_{ср}]$			при смятии $[\sigma_{см}]$					
		I	II	III	I	II	III			
10Г2	Н	85	65	50	210	165				
09Г2С	-	100	70	55	250	180				
10ХСНД	-	100	80	65	280	210				
20Х	Н	115	85	60	280	200				
	У	145	105	80	360	260				
	УМ59	175	125	95	430	320				
40Х	Н	120	95	75	300	230				
	У	160	115	90	400	300				
	М48	270	195	150	670	490				
45Х	Н	125	95	75	310	240				
	У	190	135	105	480	360				
	М48	290	200	160	720	520				
50Х	Н	125	90	70	360	240				
	М48	300	220	170	750	550				
35Г2	Н	120	95	75	330	230				
	В, НВ249	160	115	90	400	300				
40Г2	Н	130	95	75	330	250				
	М, НВ331	230	180	150	580	460				
38ХС	У	190	140	110	480	350				
18ХГТ	Н	140	100	80	340	260				
	Ц-М59	200	145	115	490	380				
30ХГТ	М43	260	185	140	640	460				
	Ц-М59	220	160	125	550	410				
20ХГНР	М40	270	180	135	680	500				
	М50	300	215	170	750	540				
40ХФА	М30	190	135	105	480	340				
	М50	330	240	195	820	610				
30ХМ	М	190	125	90	480	360				
35ХМ	М НВ270	200	130	95	520	380				
	М50	330	250	200	820	610				
40ХН	Н	155	115	90	390	290				
	М43	250	175	135	620	460				

		при срезе [$\tau_{ср}$]			при смятии [$\sigma_{см}$]	
		I	II	III	I	II
12ХН2	М	160	115	90	400	300
	Ц-М59	160	115	90	400	300
12ХН3А	У	190	140	110	480	300
	ТВЧ59	200	150	120	510	380
20Х2Н4А	ТВЧ59	140	100	80	340	260
	Ц-М59	220	160	125	550	410
20ХГСА	М	160	115	90	410	300
30ХГС	О	120	90	70	300	220
30ХГСА	У	220	160	125	550	410
	М46	310	220	170	760	570
60С2	М НВ269	260	180	135	670	500
60С2А	М НВ269	330	240	185	820	600
ШХ15	О	120	90	75	300	220
	М62	440	200	130	1100	520

Таблица Д.9 – Механические свойства и допускаемые напряжения для отливок из углеродистых и легированных сталей

Марка стали	Термообработка	Допускаемые напряжения								
		при растяжении [σ_p]			при изгибе [$\sigma_{из}$]			при кручении [$\tau_{кр}$]		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
20Л	Н	90	63	48	110	84	68	63	50	40
25Л		95	65	50	115	90	72	65	52	44
30Л		100	70	53	120	93	76	70	55	46
35Л		110	74	56	130	100	80	75	60	48
45Л		125	84	63	150	110	88	87	65	52
35ГЛ	Н	120	83	63	145	105	88	85	65	52
	В	140	92	68	170	125	96	100	74	58
40ХЛ	М	165	100	72	200	140	105	115	82	64
35ХГСЛ	Н	140	92	68	170	125	96	100	74	58
	В	200	125	90	240	170	130	140	98	76
35ХМЛ	Н	160	95	68	190	130	96	110	76	58
		Допускаемые напряжения								
		при срезе [$\tau_{ср}$]			при смятии [$\sigma_{см}$]					
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
20Л	Н	50	40	32	135	105	85	135	105	85
25Л		52	42	35	145	110	90	145	110	90
30Л		55	44	36	150	115	95	150	110	95
35Л		60	47	38	165	120	100	165	120	100
45Л		70	53	42	190	135	110	190	125	105
35ГЛ	Н	65	50	40	180	125	100	180	125	100
	В	75	55	43	210	150	115	210	150	115
40ХЛ	М	90	64	50	250	165	125	250	165	125
35ХГСЛ	Н	75	55	43	210	150	115	210	150	115
	В	110	78	60	300	200	150	300	200	150
35ХМЛ	Н	88	60	46	240	150	115	240	150	115

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Часть II

Методические указания
к практическим работам

Составитель: **Богущий** Владимир Борисович

Зак. 97/17. Объем 3,5 п.л.

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»