

В.Ф. Гурьянихин,

А.Д. Евстигнеев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Ульяновск 2006

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

В. Ф. Гурьянихин, А. Д. Евстигнеев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебное пособие

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Ульяновск 2006

УДК 621.7.001.63 + 621.9.02/06 (075)
ББК 32.965 я7
Г 95

Рецензенты:
канд. техн. наук, профессор В. И. Котельникова;
технический руководитель производства ОАО «Ульяновский
моторный завод» Г. С. Швайцбург

Гурьянихин, В. Ф.
Г 95 Технологическая оснастка: учебное пособие / В. Ф. Гурьянихин,
А. Д. Евстигнеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 80 с.
ISBN 5-89146-800-0

Пособие написано в соответствии с учебной программой дисциплины «Технологическая оснастка» для студентов специальностей 15100165 «Технология машиностроения» и 15100265 «Металлорежущие станки и комплексы».

Учебное пособие предназначено для закрепления студентами теоретических знаний и приобретения умений и практики в области расчета и проектирования современной технологической оснастки, а также привития навыков научно-исследовательской работы.

Пособие подготовлено на кафедре «Технология машиностроения» УлГТУ.

УДК 621.7.001.63 + 621.9.02/06 (075)
ББК 32.965 я7

© В. Ф. Гурьянихин, А. Д. Евстигнеев, 2006

ISBN 5-89146-800-0

© Оформление. УлГТУ, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ	4
1. Правила техники безопасности и требования к поведению студентов при выполнении лабораторных работ	4
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Исследование погрешности закрепления заготовок, вызываемой винтовыми и эксцентриковыми зажимами	5
3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Исследование влияния жесткости установочных и зажимных элементов приспособления на усилие закрепления	15
4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Исследование факторов, влияющих на усилие закрепления заготовок магнитным приводом приспособлений	21
5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Исследование рабочих характеристик пневматических, гидравлических, пневмогидравлических и вакуумных приводов	31
6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Исследование точности установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям	44
7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Исследование точности установки деталей в контрольных приспособлениях	51
8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Практика проектирования и сборки универсально-сборных приспособлений	57
9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. Исследование точности делительных приспособлений	63
10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. Исследование точности установки заготовок в приспособление промышленным роботом	69
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Примеры заготовок, устанавливаемых в УСП	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Инструкция по эксплуатации промышленного робота ПР5-2Э	78

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Лекционный курс «Технологическая оснастка» сопровождается лабораторным практикумом, который способствует лучшему усвоению студентами материала, закреплению теоретических знаний, приобретению некоторых умений, привитию навыков проведения научных исследований.

Лабораторный практикум охватывает основные разделы курса: изучение и расчет приспособлений, исследование зажимных устройств и точности технологической оснастки, в частности, станочных и контрольных приспособлений.

Перед началом каждой лабораторной работы проверяется степень подготовленности студента в области теоретических положений, относящихся к данной работе, конструкций применяемых установок, оснастки, а также содержания и порядка проведения лабораторной работы. Проверку знаний студентов проводит преподаватель, ведущий лабораторные работы, с помощью машинного программированного контроля.

Каждый студент до выполнения лабораторных работ в лаборатории должен предварительно ознакомиться с настоящими методическими указаниями, а также изучить соответствующие разделы курса по рекомендованной литературе и конспекту лекций.

1. Правила техники безопасности и требования к поведению студентов при выполнении лабораторных работ

Перед началом проведения лабораторного практикума все студенты проходят инструктаж по соблюдению общих правил техники безопасности в лаборатории и расписываются в журнале по технике безопасности.

При подготовке к каждой лабораторной работе студенты должны подробно изучить все правила техники безопасности, необходимые для выполнения данной работы, и только после проверки преподавателем их теоретических и практических знаний в этой области они допускаются к выполнению работы.

Приступая к выполнению работы, студент должен: ознакомиться с инструкцией по охране труда; подготовить рабочее место (на столах, стендах не должны находиться посторонние предметы), проверить наличие средств технологического оснащения; проверить заземление и исправность установок, технологической оснастки, приборов; о любых неисправностях студент немедленно должен ставить в известность преподавателя, ведущего лабораторные работы.

Во время выполнения лабораторных работ студент должен быть внимательным и аккуратным, не отвлекать других студентов посторонними разговорами, находиться только на рабочем месте.

Запрещается: производить установку и снятие образцов (заготовок) при включенной установке; прикасаться к токоведущим местам электроустановок, находящихся под напряжением; снимать и открывать предохранительные щитки во время работы электроустановок; пользоваться открытым огнем.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК, ВЫЗЫВАЕМОЙ ВИНТОВЫМИ И ЭКСЦЕНТРИКОВЫМИ ЗАЖИМАМИ

2.1. Цель работы

Освоение расчетно-экспериментальных методов определения погрешности закрепления заготовок в приспособлениях.

2.2. Общие положения

2.2.1. Винтовые зажимные устройства

Винтовые зажимные устройства (ЗУ) относятся к механическим (элементарным) устройствам, которые применяют для непосредственного закрепления заготовок или в качестве промежуточных звеньев в сложных (комбинированных) ЗУ. Винтовые ЗУ можно использовать в приспособлениях с ручным и механизированным приводами, а также в приспособлениях-спутниках, применяемых для закрепления заготовок на автоматических линиях. Принципиальные схемы винтовых зажимов и формулы для расчета зажимных усилий приведены в табл. 2.1.

В формулах (2.1) – (2.4) для определения приведенного угла трения в резьбе $\varphi_{\text{пр}}$ используют приведенный коэффициент трения $f_{\text{пр}}$:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}} = f_{\text{пр}},$$

где $f_{\text{пр}} = f / \cos \beta$; β – половина угла при вершине профиля резьбы; для метрической резьбы $\beta = 30^\circ$; $f_{\text{пр}} = 1,15$; для прямоугольной резьбы $\beta = 0^\circ$ и $f_{\text{пр}} = f$.

2.2.2. Эксцентрикые зажимные устройства

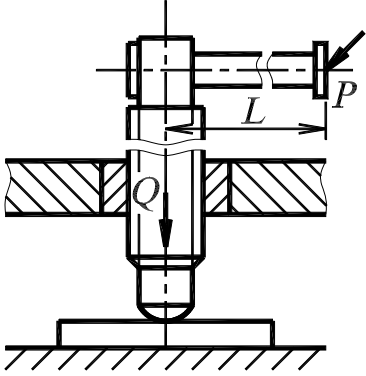
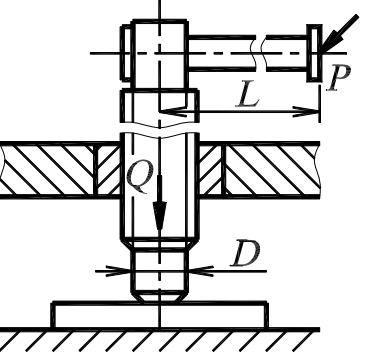
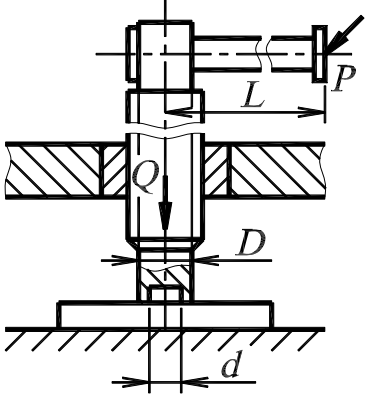
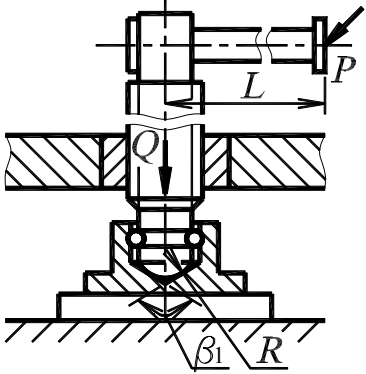
Эксцентрикые ЗУ относятся также к механическим (элементарным) устройствам.

По сравнению с винтовыми ЗУ они создают меньшие силы зажима и имеют небольшой линейный ход. Достоинством эксцентрикых ЗУ является их простота и быстрое действие.

В эксцентрикых ЗУ применяют круглые и криволинейные эксцентрики. Круглые эксцентрики широко используют в приспособлениях, так как они просты в изготовлении. Недостатком круглых эксцентриков является непостоянство угла подъема рабочей поверхности (рис. 2.1), что приводит к непостоянству силы зажима и самотормозящих свойств зажима. Для устранения этого недостатка используют более сложные в изготовлении криволинейные эксцентрики,

Таблица 2.1

Схемы винтовых зажимов и расчетные формулы

Расчетные схемы	Формулы для расчета усилий зажима
	$Q = \frac{PL}{r_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}})}, \quad (2.1)$ где P – сила, приложенная к рукоятке винта, Н; $P = (100 \dots 150)$ Н; r_2 – средний радиус резьбы, мм; α – угол подъема резьбы, град; φ – приведенный угол трения в резьбе, град
	$Q = \frac{PL}{r_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3}fD}, \quad (2.2)$ где f – коэффициент трения на плоскости, приравненный к коэффициенту трения на плоском торце
	$Q = \frac{PL}{r_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3}f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}, \quad (2.3)$
	$Q = \frac{PL}{r_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + fR \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta_1}{2}}, \quad (2.4)$ где R – радиус сферы винта, мм; β_1 – угол конусного углубления наконечника, град

рабочая поверхность которых выполняется по логарифмической спирали, по эвольвенте или по спирали Архимеда.

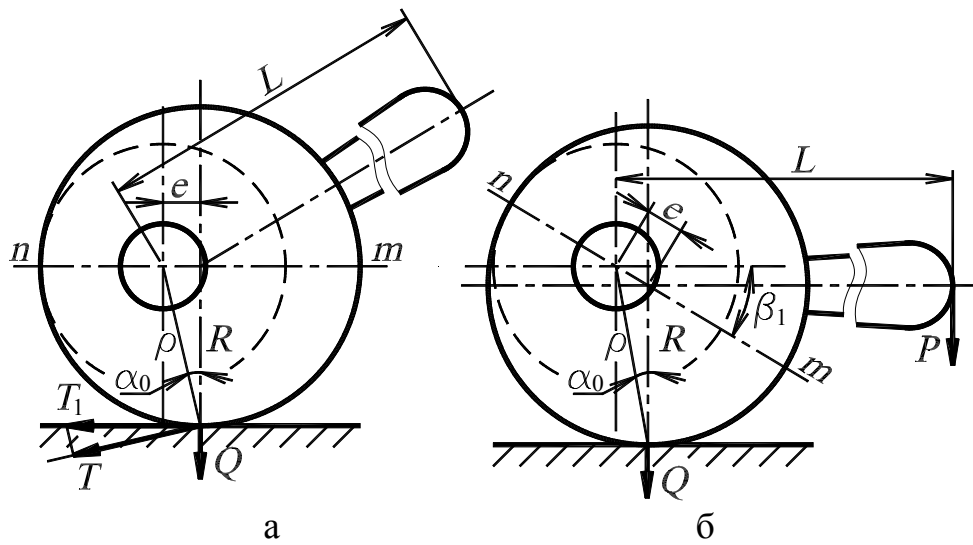


Рис. 2.1. Схемы к расчету силы зажима круглым эксцентриком:
а – перед зажимом; б – рабочее положение

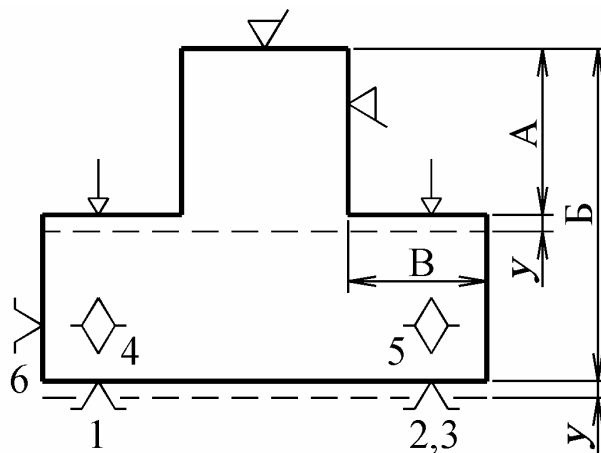


Рис. 2.2. Схемы к расчету погрешности закрепления

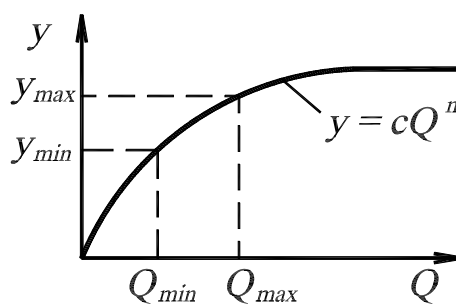


Рис. 2.3. Зависимость контактных деформаций y от силы зажима Q

Сила зажима круглым эксцентриком определяется по формуле

$$Q = \frac{P\ell}{\rho[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]}, \quad (2.5)$$

где P – сила, приложенная к рукоятке эксцентрика (принимают при долговременной работе – 100 Н, при кратковременной – 150 Н); ℓ – плечо приложения силы, мм; ρ – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с заготовкой, мм; α – угол подъема эксцентрика; может изменяться от 0° до $8^\circ 30'$; при расчете принимают $\alpha = 4^\circ$; φ_1 – угол трения на оси эксцентрика, град; φ – угол трения между рабочей поверхностью эксцентрика и заготовкой, град.

Величины α и ρ изменяются в зависимости от угла поворота эксцентрика β_1 (см. рис. 2.1) и могут быть определены по формулам:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{e \cdot \cos\beta_1}{R + e \cdot \sin\beta_1}, \quad (2.6)$$

$$\rho = \frac{R + e \cdot \sin\beta_1}{\cos\alpha}, \quad (2.7)$$

где R – радиус эксцентрика, мм; e – эксцентриситет, мм.

2.2.3. Определение погрешности закрепления

Погрешность закрепления заготовки ω_3 представляет собой разность наибольшей и наименьшей проекций смещения исходной базы размера на направление выполняемого размера при приложении к заготовке силы (сил) закрепления.

Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна; при этом поле рассеивания выполняемого размера не изменяется, а изменяется его положение, которое корректируют настройкой станка.

$$\omega_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos\alpha_1, \quad (2.8)$$

где α_1 – угол между направлением выполняемого размера и направлением смещения исходной базы размера, град; $y_{\max}$, $y_{\min}$ – соответственно максимальная и минимальная величина смещения исходной базы размера в направлении действия силы зажима, мм.

Для схемы, приведенной на рис. 2.2, для размеров А и Б угол $\alpha_1 = 0^\circ$, поэтому

$$\omega_3^A = \omega_3^B = y_{\max} - y_{\min};$$

для размера В: $\alpha_1 = 90^\circ$, $\omega_3^B = 0$.

Смещение исходной базы размера заготовки обусловлено деформацией (перемещением) в стыке «заготовка – установочные элементы» приспособлений, деформациями в подвижных сопряжениях приспособлений, деформациями сжатия заготовки и деталей приспособления.

При этом величины перемещений в стыке «заготовка – установочные элементы», как правило, значительно превышают другие перемещения и имеют определяющее значение при расчете величины смещения исходной базы размера.

Зависимость контактных деформаций для стыка «заготовка – установочные элементы» приспособления выражается уравнением (рис. 2.3):

$$y = cQ^n, \quad (2.9)$$

где c – коэффициент, характеризующий вид контакта, материал и состояние (шероховатость, физико-механические свойства) контактирующих поверхностей заготовки и приспособления; Q – сила, приходящаяся на опору, Н; n – постоянный коэффициент.

Величины c и n определяют экспериментально.

При обработке партии заготовок сила Q колеблется от $Q_{\min}$ до $Q_{\max}$, а коэффициент c – от $c_{\min}$ до $c_{\max}$. Тогда

$$y_1 = y_{\max} - y_{\min} = c_{\max}Q_{\max}^n - c_{\min}Q_{\min}^n. \quad (2.10)$$

Так как распределение величин c и Q подчиняется нормальному закону распределения (подтверждено экспериментально [2.1]), то распределение величины y_1 отклоняется от этого закона незначительно.

При определении погрешностей закрепления учитывают также смещение исходных баз размеров заготовок y_2 в результате упругих деформаций элементов приспособления, через которые передается сила закрепления (зажима):

$$y_2 = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{J},$$

где J – жесткость системы установленных элементов приспособления, Н/мм.

Так как распределение случайных величин y_1 и y_2 часто подчиняется нормальному закону, то их сумму (т. е. ω_3) определяем по формуле

$$\omega_3 = \sqrt{y_1^2 + y_2^2} \cdot \cos \alpha_1 = \sqrt{(c_{\max}Q_{\max}^n - c_{\min}Q_{\min}^n)^2 + \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})^2}{J^2}} \cdot \cos \alpha. \quad (2.11)$$

Для жестких по конструкции приспособлений $y_1 \geq 4y_2$.

Тогда

$$\omega_3 \approx (c_{\max}Q_{\max}^n - c_{\min}Q_{\min}^n) \cdot \cos \alpha_1.$$

При одинаковом качестве поверхностей технологических баз:

$$c_{\max} = c_{\min} = c.$$

Погрешность закрепления в этом случае определяется величиной колебания силы зажима и может быть определена для жестких приспособлений по формуле

$$\omega_3 = c(Q_{\max}^n - Q_{\min}^n) \cdot \cos \alpha_1$$

или

$$\omega_3' = 2^n c \cdot Q_{\text{ср}} \frac{K^2 - 1}{(K + 1)^n} \cdot \cos \alpha_1, \quad (2.12)$$

где $K = Q_{\max} / Q_{\min}$ – коэффициент непостоянства силы зажима.

По данным [2.1] погрешность закрепления, вызываемая неоднородностью качества базовых поверхностей, приближенно может быть определена по формуле:

$$\omega_3'' = 0,2c \cdot Q^n \cdot \cos \alpha_1. \quad (2.13)$$

Расчет сил зажима и погрешности закрепления ω_3' заготовок в приспособлении с винтовым и эксцентриковым зажимами осуществляется с использованием ЭВМ в пакете Microsoft Office.

2.3. Содержание работы

- 1) На специальных установках, смонтированных на базовых плитах УСП, определить колебание сил зажима для винтового и эксцентрикового зажимных устройств.
- 2) Определить расчетные значения сил зажима, создаваемых винтовым и эксцентриковым ЗУ.
- 3) Экспериментально исследовать влияние неоднородности базовой поверхности заготовки и колебаний сил зажима на величину погрешности закрепления.

2.4. Техника безопасности при выполнении работы

Проверяют исправность зажимных устройств, используемых для закрепления испытуемых объектов, плавность их работы. При экспериментальном определении сил зажима следует быть предельно внимательным.

2.5. Средства технологического оснащения

- Винтовое зажимное устройство.
- Эксцентриковое зажимное устройство.

- Динамометр.
- Индикаторная стойка с индикатором.
- Набор образцов с различной шероховатостью поверхностей.

2.6. Техника проведения эксперимента

2.6.1. Исследование колебания сил зажима винтовым и эксцентриковым ЗУ

- 1) Изучить конструкцию винтового и эксцентрикового ЗУ.
- 2) Для одной и той же заготовки с помощью динамометра произвести по 20 – 25 замеров сил зажима для винтового и эксцентрикового зажимов. При этом закрепление заготовки осуществляет один студент примерно с одинаковой силой, не наблюдая за показаниями индикатора динамометра. Второй студент заполняет протокол по форме табл. 2.2, записывая показания индикатора динамометра.

Таблица 2.2

Результаты измерений

Винтовой зажим				Эксцентриковый зажим			
№ опыта	Показания индикатора динамометра, мм	Сила зажима Q , Н	Коэффициент непостоянства силы зажима K	№ опыта	Показания индикатора динамометра, мм	Сила зажима Q , Н	Коэффициент непостоянства силы зажима K
1				1			
2				2			
...				...			
25				25			

- 3) По показаниям индикатора, с помощью тарировочных графиков определить силу зажима Q .

- 4) Определить коэффициент непостоянства силы зажима K винтовым и эксцентриковым ЗУ.

- 5) По данным табл. 2.2 построить гистограммы распределения сил зажима винтовым и эксцентриковым зажимным устройством. Для построения гистограммы по оси абсцисс откладывают значение силы зажима, а по оси ординат – частоту появления этого значения силы зажима. Число интервалов при числе опытов 25 принимают равным пяти.

2.6.2. Исследование влияния силы зажима и качества базовой поверхности заготовки на погрешность закрепления

- 1) Для заготовки, использованной при выполнении работы по п. 2.6.1, с помощью индикатора определить значения ее деформации при закреплении

винтовым и эксцентриковым зажимом (рис. 2.4). Деформации определяют для пяти значений Q , начиная с Q_{min} до Q_{max} по табл. 2.2 (деформации измеряют при непрерывном изменении Q от Q_{min} до Q_{max}). Результаты измерений занести в табл. 2.3.

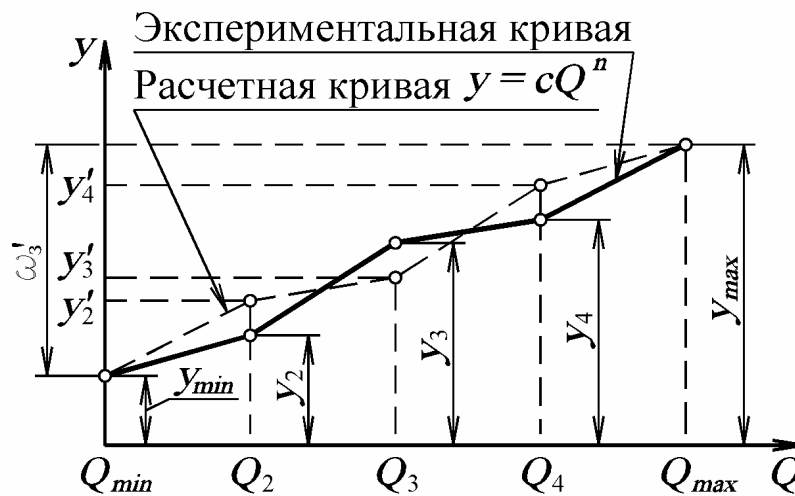


Рис. 2.4. Зависимость контактной деформации y от силы зажима Q

2) Построить экспериментальную зависимость контактных деформаций y от силы зажима Q для винтового и эксцентрикового ЗУ (см. рис. 2.4) по данным табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты измерений

Винтовой зажим			Эксцентриковый зажим		
Сила зажима Q , Н	Деформация заготовки y , мм	Погрешность закрепления ω_3 , мм	Сила зажима Q , Н	Деформация заготовки y , мм	Погрешность закрепления ω_3 , мм

3) Определить экспериментальную величину погрешности закрепления, вызываемую колебанием сил зажима:

$$\omega'_3 = y_{max} - y_{min}.$$

4) Построить расчетную (по формуле (2.9)) зависимость контактных деформаций y от силы зажима Q для винтового и эксцентрикового зажимных устройств (см. рис. 2.4). Расчетная зависимость $y = cQ^n$ может быть по указанию преподавателя построена по данным расчета величин y'_2 , y'_3 , y'_4 на ЭВМ в пакете *Microsoft Office Excel* или расчетом величин c и n , y'_2 , y'_3 , y'_4 вручную.

Коэффициенты c и n по данным Q_{min} , Q_{max} , y_{min} , y_{max} находят из графика $y = cQ^n$, построенного в логарифмических координатах (рис. 2.5):

$$\lg y = \lg c + n \cdot \lg Q. \quad (2.14)$$

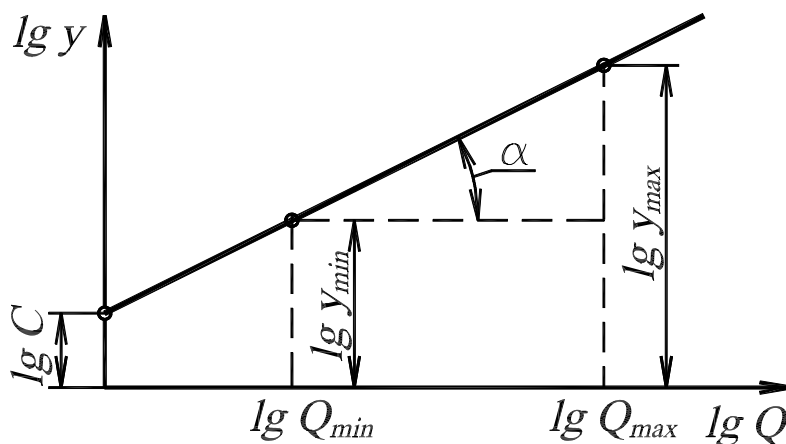


Рис. 2.5. Зависимость контактной деформации y от силы зажима Q в логарифмических координатах

При $c = 0$: $n = \lg y / \lg Q = \operatorname{tg} \alpha$,

или:

$$n = \frac{\lg y_{max} - \lg y_{min}}{\lg Q_{max} - \lg Q_{min}}.$$

Тогда значение коэффициента c можно найти из зависимости (2.15):

$$\lg c = \lg y_{min} - n \cdot \lg Q_{min}. \quad (2.15)$$

Определив значения коэффициентов n и c , находят величины контактных деформаций y'_2 , y'_3 , y'_4 , соответствующие значениям силы зажима Q_2 , Q_3 , Q_4 , например, $y_2 = 2^n c Q$.

5) Определить расчетную величину погрешности закрепления, вызываемую непостоянством сил зажима ω'_c , по формуле (2.12). Величины K и Q_{cp} определяют по данным табл. 2.3.

6) Для трех – пяти заготовок, имеющих различную шероховатость поверхности технологической базы, определить величину деформации при закреплении их винтовым и эксцентриковыми ЗУ с постоянным (выбранным в интервале от Q_{min} до Q_{max}) усилием. Для каждой заготовки выполнить 5 – 7 замеров. Результаты измерений занести в табл. 2.4. Найти для каждой заготовки среднее значение деформации y_{cp} .

7) Определить экспериментальную величину погрешности закрепления ω''_c , вызываемую непостоянством шероховатости поверхностей установочных технологических баз заготовок, по формуле

$$\omega_3'' = y_{cp_{max}} - y_{cp_{min}} \quad (2.16)$$

8. Определить расчетную величину погрешности закрепления ω_3'' по формуле (2.13) и занести в табл. 2.4.

9. Сопоставить экспериментальные и расчетные величины ω_3' и ω_3'' по табл. 2.3 и 2.4.

10. Сформулировать выводы о влиянии колебания сил зажима и качества базовых поверхностей заготовок на погрешность закрепления.

11. Перечислить мероприятия, позволяющие уменьшить величину погрешности закрепления.

2.7. Содержание отчета

- Схемы экспериментальных установок.
- Протоколы экспериментальных исследований.
- Гистограммы и зависимости деформаций от сил зажима.
- Расчет сил зажима и погрешностей закрепления.
- Выводы по работе.

2.8. Вопросы для самопроверки

- 1) От чего зависит усилие зажима заготовки винтовым ЗУ?
- 2) Для чего служат подводимые опоры?
- 3) Влияет ли зажимное усилие на погрешность закрепления при ручном зажиме?
- 4) От каких факторов зависит деформация заготовки при установке ее на опорные штыри со сферической головкой?
- 5) От чего зависит погрешность закрепления винтовым ЗУ?
- 6) В каких местах заготовки допускается приложение зажимного усилия?
- 7) Какие преимущества имеют криволинейные эксцентрики?
- 8) Возникает ли погрешность закрепления при обработке диаметральных размеров?
- 9) Какое влияние оказывает конструкция опорных элементов на погрешность закрепления?
- 10) Чему равен коэффициент непостоянства сил зажима для круглых эксцентриковых зажимных устройств?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 2.1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 17 – 19, 85 – 93.
- 2.2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 73 – 99.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ УСТАНОВОЧНЫХ И ЗАЖИМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА УСИЛИЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

3.1. Цель работы

Освоение методики расчетно-экспериментального определения жесткости установочных и зажимных элементов приспособления и их влияния на усилие закрепления заготовки.

3.2. Общие положения

Приспособления являются важным элементом технологической системы, от повышения жесткости которых во многом зависят точность, производительность и себестоимость механической обработки, сборки и контроля изделий.

Зажимные устройства приспособлений обеспечивают надежный контакт заготовки с установочными элементами, предупреждают ее смещение и вибрации в процессе обработки. Для определения усилий зажима необходимо знать направление и место приложения сил, сдвигающих заготовку, а также схему ее базирования и закрепления. Расчет усилий зажима в первом приближении сводят к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. При этом усилие зажима должно не только предупреждать смещение заготовки, но и обеспечивать заданную точность. Поэтому погрешность закрепления не должна превышать ее расчетное значение от действия расчетного усилия зажима.

Система «заготовка – приспособление (зажимное устройство, установочные элементы, корпус)» представляет собой упругую систему, в которой упругие перемещения происходят при закреплении независимо от конструкции зажимного устройства. При расчете усилия зажима в ряде случаев необходимо учитывать упругую характеристику зажимного устройства.

В зависимости от упругой характеристики применяемые в приспособлениях зажимные устройства разделяют на два типа. В зажимных устройствах первого типа упругие деформации прямо пропорциональны действующей на них силе. К этим устройствам относят винтовые, клиновые, эксцентриковые и другие зажимные механизмы независимо от вида привода (ручной, пневматический, гидравлический). Если к зажимному устройству этого типа приложить дополнительное усилие, то величина упругих деформаций в направлении приложенного усилия будет прямо пропорциональна значению этого усилия.

К зажимным устройствам второго типа относят пневматические, гидравлические и пневмогидравлические приводы прямого действия, в которых упругие перемещения не зависят от действующей силы. Если к зажимному элементу

этих устройств приложить увеличивающуюся по величине силу, то упругого перемещения элементов не произойдет до тех пор, пока приложенная сила не превысит противодействующую силу.

Таким образом, если внешняя сила P (сила резания) совпадает с направлением действия усилия зажима Q и направлена на установочные элементы, то усилие закрепления для устройств первого типа (рис. 3.1, а) уменьшится на величину $P \cdot J_1 / (J_1 + J_2)$ (где J_1, J_2 – соответственно жесткость системы зажимных и установочных элементов приспособления) и останется без изменения для устройств второго типа.

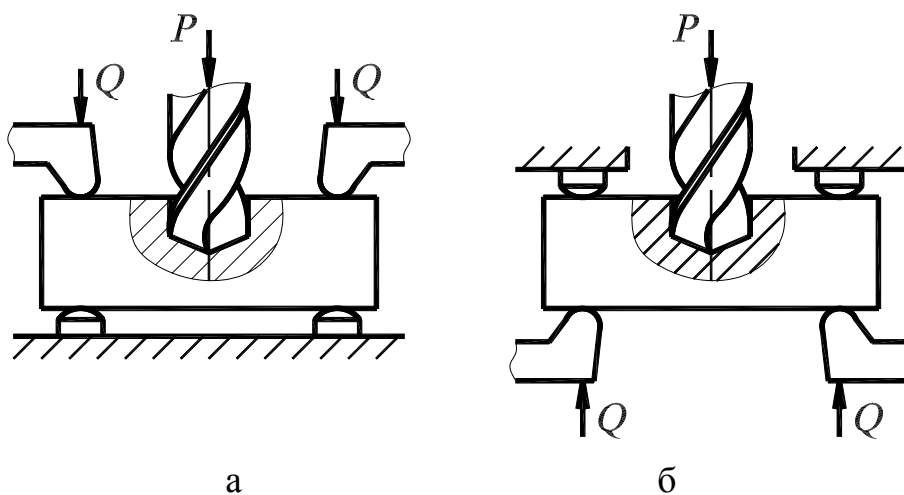


Рис. 3.1. Способ закрепления заготовки при действии внешней силы P , действующей по отношению к усилию зажима Q : а – сонаправленно; б – навстречу

Если внешняя сила P (сила резания) направлена против усилия зажима (рис. 3.1, б), то вследствие уменьшения реакций на установочных элементах усилие зажима возрастает для устройств первого типа на величину $P \cdot J_2 / (J_1 + J_2)$, а для устройств второго типа – на величину P .

Для зажимных устройств первого типа сила зажима будет равна

$$Q = KP \cdot \left(\frac{J_2}{J_1 + J_2} \right), \quad (3.1)$$

где K – коэффициент запаса.

Для зажимных устройств второго типа:

$$Q = KP. \quad (3.2)$$

В большинстве случаев $J_2 > J_1$, при этом $J_2 = (1,5 \dots 2,5) J_1$. При расчете усилий закрепления в первом приближении можно принимать:

$$\frac{J_1}{J_1 + J_2} = (0,3 \dots 0,4) \quad \text{и} \quad \frac{J_2}{J_1 + J_2} = (0,6 \dots 0,7)$$

Для зажимных устройств малой жесткости (многозвенные системы) принимают меньшие значения в первом соотношении и большие – во втором.

Кроме определения рассмотренной выше жесткости систем установочных и зажимных элементов приспособления по нормали, при расчете усилий зажима необходимо знать жесткость этих же систем в касательном направлении. Касательная жесткость стыка «заготовка – зажимной элемент» обычно в 3...4 раза ниже жесткости стыка «заготовка – опора» вследствие влияния зазоров в сопряжениях зажимного устройства и консоли зажимных элементов.

Исследования выполняют на установке, представленной на рис. 3.2.

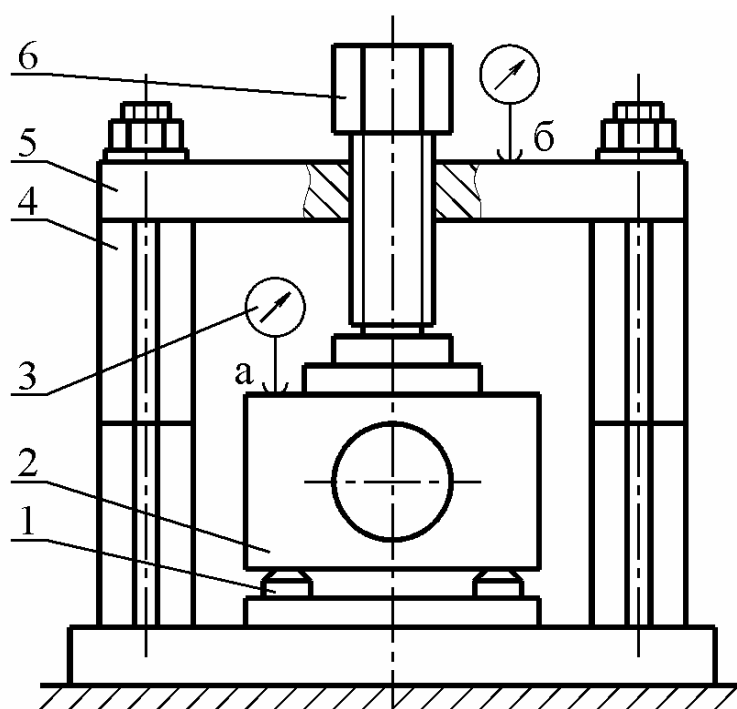


Рис. 3.2. Схема экспериментальной установки: 1 – опоры; 2 – образец; 3 – индикатор; 4 – стойка; 5 – планка; 6 – винт

Жесткость системы установочных элементов для ЗУ первого типа (см. рис. 3.2) определяют путем ступенчатого приложения усилия зажима Q к образцу 2 и регистрации показаний индикатора 3 в точке «а». По данным эксперимента строят график и определяют жесткость системы установочных элементов:

$$J_2 = Q / y_2,$$

где y_2 – среднее перемещение образца в точке «а».

Измерение жесткости системы зажимного устройства производят с помощью индикатора, регистрирующего перемещение образца в точке «б» (см. рис. 3.2) при ступенчатом нагружении его силой Q . По данным эксперимента строят график и определяют жесткость системы зажимного устройства:

$$J_1 = Q / y_1,$$

где y_1 – среднее перемещение ЗУ в точке «б».

Для закрепления заготовки по схеме рис. 3.1, б жесткость системы установочных и зажимных устройств определяют аналогично. Отличие состоит лишь в том, что к заготовке дополнительно прикладывают отрывающее усилие P , направленное навстречу усилию зажима Q (рис. 3.3).

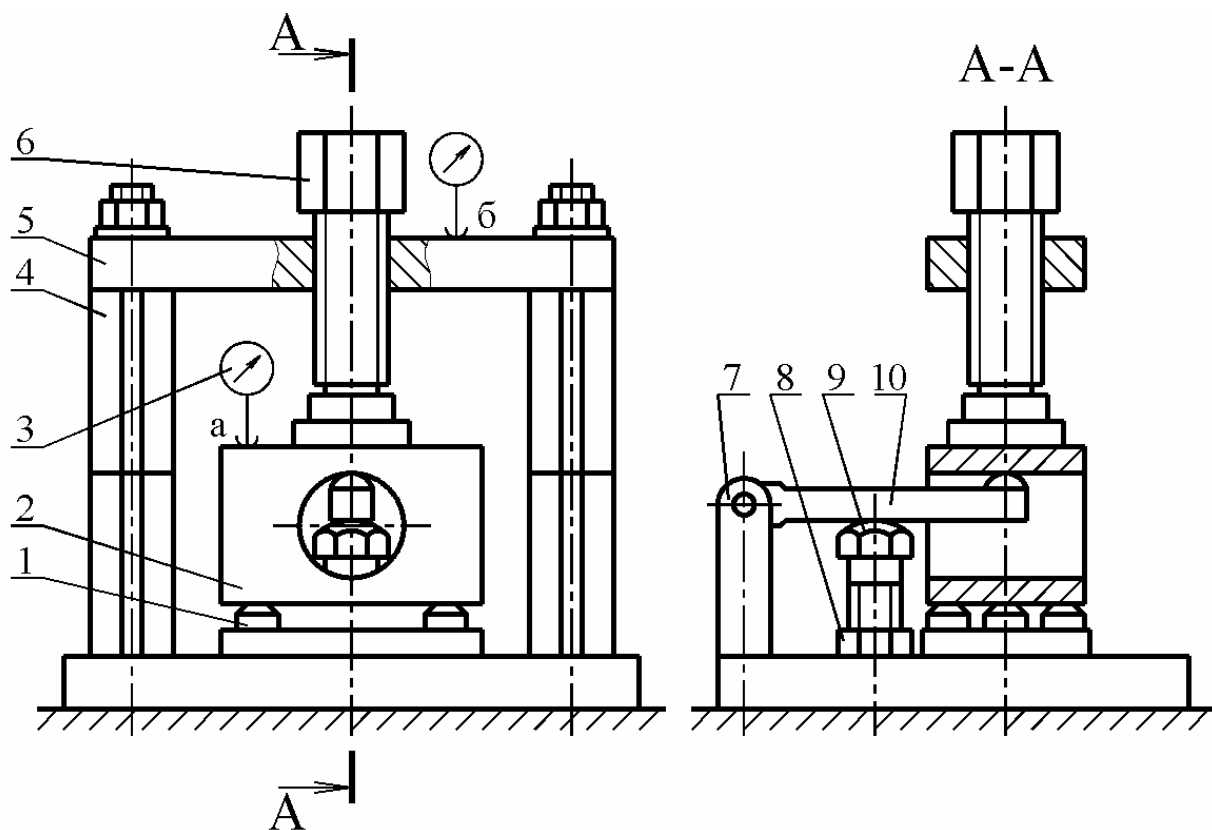


Рис. 3.3. Схема экспериментальной установки: 1 – опоры; 2 – образец; 3 – индикатор; 4 – стойка; 5 – планка; 6, 9 – винт; 7 – стойка; 8 – гайка; 10 – рычаг

Тогда жесткость системы установочных элементов по рис. 3.1, б будет равна:

$$J_2 = (Q - P) / y_2.$$

Соответственно жесткость системы зажимного устройства по рис. 3.1, б равна:

$$J_1 = (Q + P) / y_1.$$

3.3. Содержание работы

1) На установке, смонтированной на базовой плите УСП, определить жесткости установочных и зажимных элементов приспособления по двум схемам нагружения (см. рис. 3.1).

2) Определить влияния установочных и зажимных элементов приспособления на усилие закрепления заготовки.

3.4. Техника безопасности при выполнении работы

Проверяют исправность установки, плавность работы, исправность индикаторов. При экспериментальном определении усилия зажима следует быть предельно внимательным.

3.5. Средства технологического оснащения

- Винтовое зажимное устройство.
- Набор образцов.
- Индикаторы.
- Динамометрический ключ.

3.6. Техника проведения эксперимента

1) Изучить конструкцию установки.

2) Для одной и той же заготовки с помощью динамометрического ключа произвести ступенчатое нагружение ее винтовым зажимом и снять 5 – 7 замеров сил зажима и соответствующих перемещений индикаторов в точках «а» и «б» (см. рис. 3.2). При этом закрепление заготовки осуществляет один студент по показаниям динамометрического ключа. Второй студент снимает показания индикаторов в точках «а» и «б», записывая протокол по форме табл. 3.2.

3) Произвести ступенчатое нагружение заготовки силой зажима Q и внешней силой P (см. рис. 3.1, б) по схеме нагружения, представленной на рис. 3.3, и снять аналогично 5 – 7 замеров показаний динамометрического ключа и индикаторов в точках «а» и «б».

4) По показаниям индикатора, с помощью тарировочных графиков определить силу зажима Q .

5) По данным табл. 3.2 построить графики жесткости системы установочных и зажимных элементов и рассчитать их жесткость J_1 и J_2 .

6) Определить влияние жесткости установочных и зажимных элементов приспособления на усилие закрепления заготовки.

Результаты измерений

№ опы- та	Схема нагружения по рис. 3.2				Схема нагружения по рис. 3.3			
	Показания ин- дикатора, мм		Сила резания P , Н	Сила зажима Q , Н	Показания ин- дикатора, мм		Сила резания P , Н	Сила зажима Q , Н
	y_1	y_2			y_1	y_2		
1								
2								
3								
4								
5								

3.7. Содержание отчета

- Схема экспериментальной установки.
- Протоколы экспериментальных исследований.
- Расчет и графики жесткостей систем установочных и зажимных элементов приспособления.
- Расчет усилий зажима по исследуемым схемам нагружения заготовки.
- Выводы по работе.

3.8. Вопросы для самопроверки

- 1) В каких случаях учитывают жесткость зажимных устройств при расчете усилий закрепления?
- 2) Какие зажимные устройства относят к первому типу?
- 3) Какие зажимные устройства относят ко второму типу?
- 4) Почему жесткость установочных элементов больше жесткости зажимных устройств приспособлений?
- 5) В каких случаях при расчете усилия зажима необходимо учитывать касательную жесткость установочных и зажимных элементов приспособления?
- 6) За счет чего уменьшается усилие закрепления при совпадении внешней силы и направление действия усилия зажима для зажимных устройств первого типа?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 66 – 71, 80 – 82.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСИЛИЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК МАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

4.1. Цель работы

Освоение расчетно-экспериментального метода определения силы закрепления заготовок в магнитных приспособлениях и исследование факторов, влияющих на ее величину.

4.2. Общие положения

4.2.1. Магнитные приспособления и их назначение

Магнитные приспособления – технологическая оснастка многократного применения. Они наиболее перспективны, так как обладают значительными преимуществами по сравнению с другими быстродействующими приспособлениями. Источником энергии магнитных приспособлений является энергия магнитного (или электромагнитного) силового поля, образуемого постоянным магнитом или электромагнитными катушками.

В зависимости от типа источника энергии приспособления подразделяют на приспособления с постоянными магнитами и электромагнитами. Принципиальные схемы магнитных приспособлений приведены на рис. 4.1.

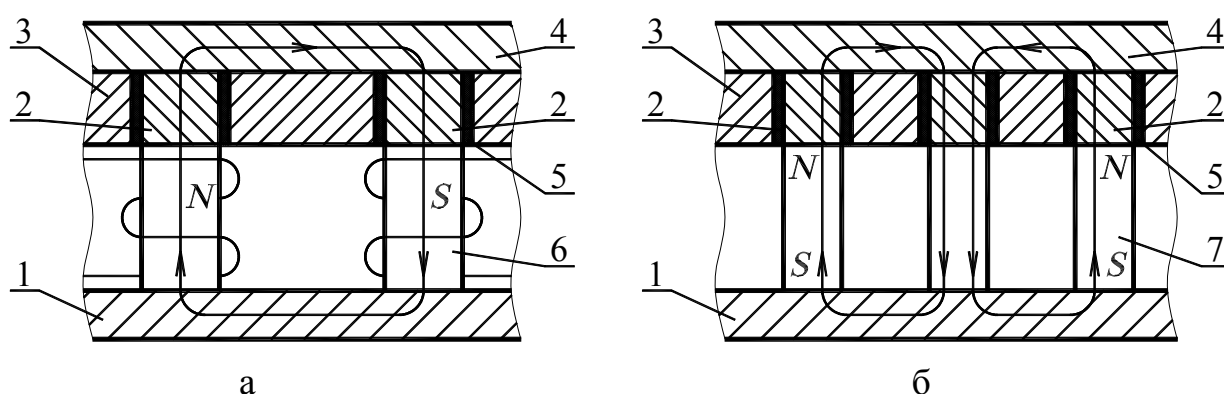


Рис. 4.1. Схемы магнитных приспособлений: а – электромагнитные приспособления; б – приспособления на постоянных магнитах; 1 – основание корпуса; 2 – магнитопровод; 3 – адаптерная плита; 4 – заготовка; 5 – магнит; 6 – электромагнит; 7 – постоянный магнит

В последнее время большое распространение получили приспособления с постоянными магнитами благодаря созданию постоянных магнитов с высокими магнитными свойствами – на основе железо-никель-кобальтовых сплавов и оксидно-бариевых (керамических). Наиболее перспективны оксидно-бариевые магниты, которые значительно дешевле, обеспечивают большую удельную силу притяжения (порядка 1,0 – 1,2 МПа), не вызывают остаточного магнетизма у обрабатываемых заготовок и, наконец, ввиду короткого пути магнитного потока над рабочей поверхностью их можно использовать на фрезерных, токарных, сверлильных и других станках, где обработка ведется металлическим инструментом.

Преимущества магнитных приспособлений:

- заготовки равномерно притягиваются своими базами к установочной поверхности приспособления, исключается приложение сосредоточенной нагрузки при закреплении;
- свободный доступ к обрабатываемым поверхностям;
- надежность в эксплуатации, долговечность и относительно низкая стоимость;
- простота управления;
- сокращение времени на установку и закрепление заготовок и, как следствие, повышение производительности обработки (иногда до 10 – 15 раз);
- возможность одновременного закрепления большого количества мелких заготовок;
- при применении различных универсальных наладок и дополнительных устройств расширяются технологические возможности магнитных приспособлений, с их помощью можно обрабатывать заготовки различной конфигурации и производить разные виды механической обработки;
- высокая жесткость, которая составляет для магнитных плит (50 – 80) кН/мм, для электромагнитных – до 100 кН/мм;
- высокая виброустойчивость, так как явление резонанса при обработке практически исключено за счет того, что частота собственных колебаний плит лежит в пределах (800 – 1500) Гц;
- безопасность в работе ввиду отсутствия источника тока (только для приспособлений с постоянными магнитами).

Недостатками магнитных приспособлений являются:

- меньшие силы закрепления по сравнению с механическими приводами;
- необходимость постоянного подвода электроэнергии, сложность устройств, обеспечивающих безопасность работы;
- необходимость применения демагнетизаторов для устранения остаточного магнетизма в заготовках (только для электромагнитных приспособлений);
- сложность конструкции приспособления ввиду необходимости устройства подвижного блока для отвода магнитного потока от заготовки и механизма управления (только для приспособлений с постоянными магнитами при механическом способе управления).

4.2.2. Силы закрепления заготовок на магнитных приспособлениях

Силы закрепления на магнитных и механических приспособлениях совершенно различны. Если в механических приспособлениях заготовки прижимаются зажимными устройствами (ЗУ), то в магнитных – притягиваются. Силы притяжения зависят от величины магнитного потока, проходящего через заготовку, следовательно, на величину силы притяжения оказывают влияние параметры магнитной плиты (характеристика магнита, его размеры, толщина и материал полюсников, высота адаптерной плиты), а также параметры закрепляемой заготовки: размеры (длина, ширина, высота), материал, шероховатость ее базовой поверхности.

Силу притяжения заготовки к магнитной плите определяют расчетным или опытным путем.

Силу притяжения при закреплении заготовки магнитным полем в общем случае определяют по формуле

$$Q = 40,6\Phi^2 / S \quad (4.1)$$

или

$$Q = 40,6B^2S, \quad (4.2)$$

где Φ – магнитный поток, пересекающий опорную поверхность заготовки, Вб; определяют расчетом или непосредственным методом измерения баллистическим гальванометром и милливеберметром; S – площадь, охватываемая магнитным потоком, м²; B – плотность магнитного потока (магнитная индукция в рабочем зазоре), Вб/м² ($B = \Phi / S$).

В практике применения магнитных приспособлений магнитная индукция в рабочем зазоре обычно находится в пределах (1,6 – 1,9) Тл, т. е. (1,6 – 1,9) Вб/м².

При расчете плит с постоянными магнитами используют зависимость:

$$Q = 40,6a_{\text{ст}}b_{\text{ст}}(1 + B_0 - K_{\text{п}})^2 \cdot K_{\text{п}}(\ell/t + 1), \quad (4.3)$$

где $a_{\text{ст}}$, $b_{\text{ст}}$ – соответственно ширина и длина полюсника, см; ℓ – длина заготовки, см; t – межполюсное расстояние, см; B_0 – магнитная характеристика плиты, Вб/м²; $K_{\text{п}}$ – коэффициент перекрытия.

Значения величины B_0 и $K_{\text{п}}$ определяют по формуле:

$$B_0 = \sqrt{P \frac{t + a_{\text{ст}}}{8,12a_{\text{ст}}}},$$
$$K_{\text{п}} = \frac{b}{b_{\text{ст}}},$$

где P – задаваемое в паспорте магнитной плиты удельное усилие притяжения к единице опорной поверхности заготовки, МПа; b – ширина заготовки, см.

При опытном определении силы притяжения применяют три метода:

а) непосредственный метод. Отрыв заготовки производят на специальной установке с применением специального динамометра;

б) метод отрыва (рис. 4.2, а); силу притяжения определяют по формуле

$$Q = P_0 \frac{(\ell + 2a)}{\ell}; \quad (4.4)$$

в) метод сдвига (рис. 3.2, б); силу сдвига находят по формуле

$$Q = \frac{P_c}{f_{\text{сд}}}, \quad (4.5)$$

где $f_{\text{сд}}$ – коэффициент сдвига.

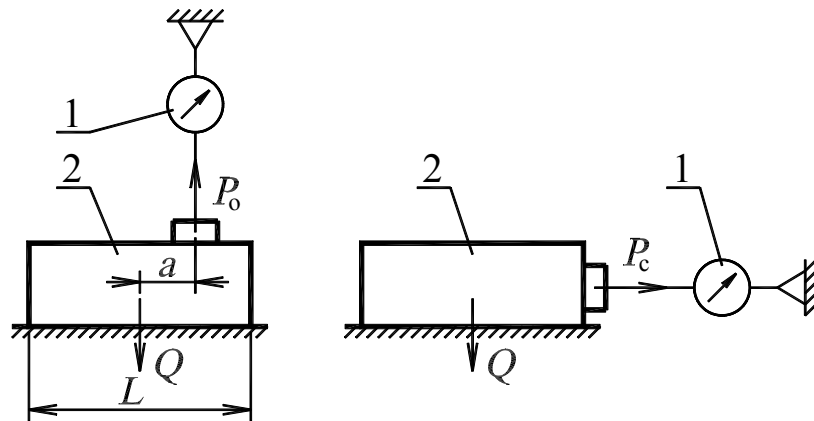


Рис. 4.2. Схема расчета и измерения силы притяжения: а – метод отрыва; б – метод сдвига; 1 – динамометр; 2 – испытуемый образец

Следует иметь в виду, что приведенные расчетные формулы дают заниженные значения сил притяжения (примерно на 20 %), так как они не учитывают погрешностей, связанных с тарированием динамометра, упругими деформациями в системе и ряд других факторов.

Оценить качество магнитных плит по силе сдвига представляет большие трудности. Дело в том, что точно определить величину сдвига не представляется возможным из-за больших колебаний коэффициента трения между заготовкой и зеркалом плиты. Коэффициент трения зависит от материала трущихся пар, состояния поверхностей, температуры и ряда других факторов. В связи с этим в расчетах принимают при определении силы сдвига вместо коэффициента трения f коэффициент сдвига $f_{\text{сд}}$:

$$f_{\text{сд}} = f + \Delta,$$

где Δ – дополнительная величина, зависящая от конструкции плиты и направления сдвига (вдоль или поперек полюсников).

Так как коэффициент сдвига колеблется в больших пределах ($f_{сд} = 0,12 - 0,35$), что может привести к большим колебаниям силы сдвига, рекомендуют уже при установке заготовки на плиту применять упорные планки, которые будут препятствовать сдвигу заготовки, воспринимать часть силы резания и в то же время выполнять роль базирующих элементов.

Силы притяжения должны быть достаточными, чтобы не допустить отрыва заготовки в процессе обработки и сохранять постоянство ее положения. С этой целью необходимо производить расчеты, связанные с равновесием заготовки в процессе обработки под действием всех приложенных к ней сил, т. е. выполнить расчет силы зажима по одной из типовых схем с учетом расчетных факторов. По найденной силе зажима, опорной площади заготовки выбирают тип магнитной плиты (в паспортах магнитных плит приводятся удельные силы притяжения).

4.2.3. Управление магнитными приспособлениями

Управление магнитными приспособлениями сводится к управлению магнитным потоком.

Магнитный поток должен проходить через заготовку при закреплении ее в приспособлении и быть отключенным при снятии заготовки.

В электромагнитных приспособлениях магнитным потоком управляют путем включения и отключения электроэнергии.

В приспособлениях с постоянными магнитами магнитным потоком управляет механическим путем за счет перемещения магнитных блоков (метод шунтирования или нейтрализации) и электрическим методом. Метод шунтирования большей частью применяют в приспособлениях с литыми магнитами (рис. 4.3). Сущность метода заключается в создании участков, по которым проходит магнитный поток со значительно меньшим магнитным сопротивлением по сравнению с участками, по которым магнитный поток замыкается при закреплении заготовки. Шунтирование осуществляется путем перемещения магнитного блока между основанием и крышкой приспособления.

Метод нейтрализации используется в приспособлениях на базе оксидно-бариевых магнитов (рис. 4.4). В таких приспособлениях магнитный блок разделен на две части: неподвижную и подвижную. Для закрепления заготовки блоки расположены один относительно другого таким образом, что образуют одну систему, и магнитный поток проходит через заготовку; при отключении подвижный блок устанавливается против неподвижного блока с противоположной полярностью, и магнитный поток проходит только внутри системы и не выходит на заготовку.

Магнитные приспособления с подвижными блоками имеют меньшую жесткость, конструктивно значительно сложнее. Для перемещения в приспособлениях магнитных блоков применяют эксцентриковые, винтовые силовые

механизмы, а также электромеханические, рычажные, пневматические и гидравлические приводы.

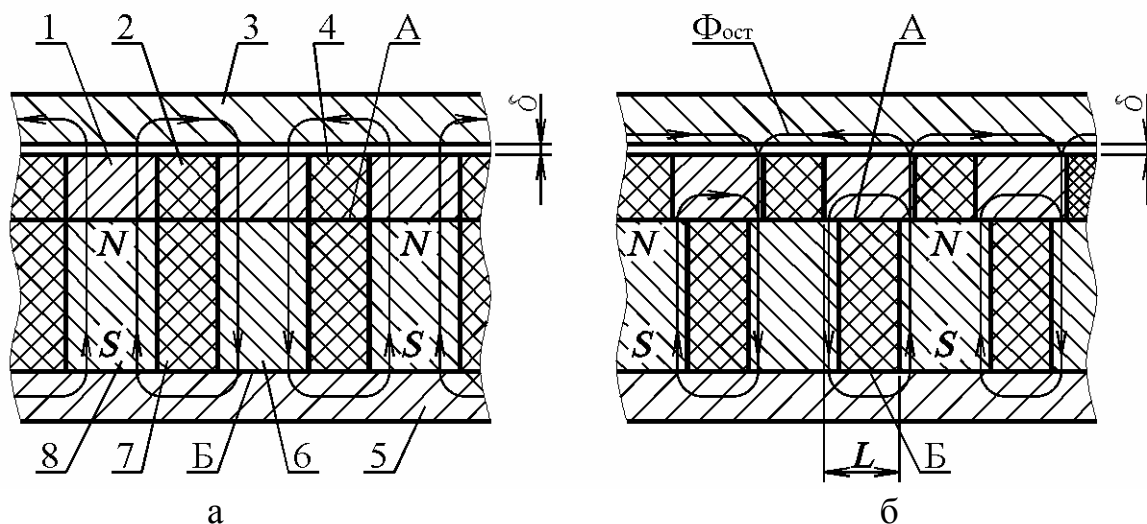


Рис. 4.3. Схема метода шунтирования: а – включено; б – выключено; А, Б – зазоры в плоскостях; L – величина перемещения; δ – рабочий зазор; 1 – полюсник; 2, 4, 7 – прокладки; 3 – заготовка; 5 – основание корпуса; 6, 8 – магнитопровод

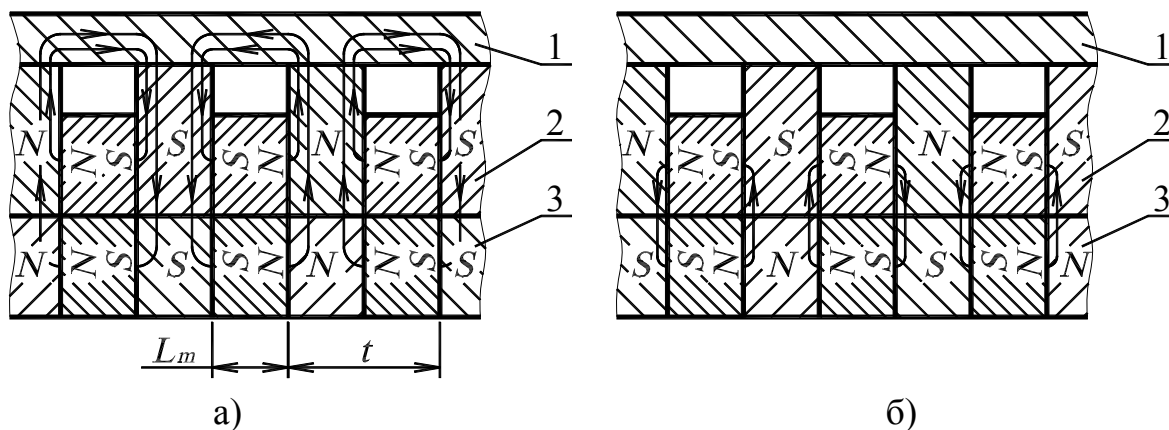


Рис. 4.4. Схема метода нейтрализации: а – включено; б – выключено; А, Б – зазоры в плоскостях; L_m – длина магнита; t – шаг блока; 1 – заготовка; 2 – неподвижный блок; 3 – подвижный блок

Электрические методы управления приспособлениями с постоянными магнитами (размагничивание и нейтрализация) наиболее перспективны, особенно для приспособлений больших размеров, а также при автоматизации приспособлений.

Способ «размагничивания» применяется в приспособлениях с постоянными литыми магнитами. В приспособления встраивают электромагнитные

катушки, через которые подают кратковременные импульсы тока большой силы, в результате магнитная система, включая заготовку, намагничивается. В период обработки заготовка притягивается постоянными магнитами. При отключении в электромагнитную катушку приспособления подают импульсы тока, убывающие по амплитуде и чередующиеся по знаку; вся система размагничивается.

При методе «нейтрализация» постоянный магнит помещен в электромагнитную катушку. Если при включении катушек создается магнитное поле, противоположное по знаку полю постоянного магнита, то его действие будет нейтрализовано; заготовка раскрепляется.

4.3. Содержание работы

1) Изучить конструкцию установки для определения силы закрепления заготовки в магнитном приспособлении.

2) Провести экспериментальные исследования факторов, влияющих на силу закрепления заготовок в магнитном приспособлении.

3) Рассчитать и экспериментально определить сдвигающую силу для стальной заготовки.

4.4. Техника безопасности при выполнении работы

Проверяют исправность тросиков, надежность их крепления в местах присоединения наконечников, используемых для закрепления испытуемых объектов. При экспериментальном определении сил отрыва и сдвига образца на магнитном приспособлении следует быть предельно внимательным.

4.5. Средства технологического оснащения

- Специальная установка с приспособлением на постоянных магнитах.
- Набор образцов для исследования.
- Образцовые меры шероховатости.
- Динамометр.

4.6. Техника проведения эксперимента

1) Определить коэффициенты непостоянства силы закрепления при отрыве K_o и сдвиге, K_c для одной и той же заготовки при одинаковом базировании ее на поверхности плиты:

$$K_o = \frac{P_{o_{\max}}}{P_{o_{\min}}}; \quad K_c = \frac{P_{c_{\max}}}{P_{c_{\min}}}.$$

Полученные данные занести в таблицу, выполненную по форме табл. 4.1.

2) Исследовать влияние материала заготовки (одинаковой шероховатости, при одинаковых размерах базовой поверхности и неизменном базировании) на величины сил отрыва P_o и сдвига заготовки P_c , коэффициент трения f и силу притяжения.

Полученные данные занести в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Исследование непостоянства сил закрепления заготовок
при отрыве и сдвиге

№ опы- та	Сила отрыва P_o , Н	Сила сдвига P_c , Н	Коэффициент непосто- янства силы зажима		Коэффи- циент трения $f = P_c / P_o$	Экспериментальная сила притяжения	
			при отрыве K_o	при сдвиге K_c		Q , Н	удельная $Q_{уд}$, МПа
1							
2							
3							
4							
5							

Таблица 4.2

Исследование влияния материала заготовки
на силы отрыва и сдвига, коэффициент трения и силу притяжения

№ опыта	Материал заготовки	Сила отрыва P_o , Н	Сила сдвига P_c , Н	Коэффици- ент трения $f = P_c / P_o$	Экспериментальная сила притяжения	
					Q , Н	удельная $Q_{уд}$, МПа
1						
2						
3						

3) Исследовать влияние шероховатости базовой поверхности заготовки на силы отрыва и сдвига. Исследование проводить с образцами из одного материала, одинаковых размеров и при неизменности базирования на плите.

Полученные данные занести в табл. 4.3.

4) Исследовать влияние размеров базовой поверхности заготовки и ее толщины на величину сил отрыва и сдвига (при одном материале образцов, одинаковой шероховатости базовой поверхности и неизменном базировании).

Полученные данные занести в табл. 4.4.

Таблица 4.3

Исследование влияния шероховатости базовой поверхности заготовки
на силы отрыва, сдвига и притяжения

№ опыта	Параметры шероховатости, мкм		Сила отрыва P_o , Н	Сила сдвига P_c , Н	Коэффициент трения $f = P_c / P_o$	Экспериментальная сила притяжения	
	R_a	R_z				Q , Н	удельная $Q_{уд}$, МПа
1							
2							
3							
4							

Таблица 4.4

Исследование влияния размеров заготовки
на величину силы отрыва, сдвига и притяжения

№ опыта	Толщина заготовки T , мм	Площадь заготовки S , мм ²	Сила отрыва P_o , Н	Сила сдвига P_c , Н	Коэффициент трения f	Сила притяжения			
						экспериментальная		расчетная	
						Q , Н	$Q_{уд}$, МПа	Q , Н	$Q_{уд}$, МПа
1									
2									
3									

4.7. Обработка экспериментальных данных

Рассчитать коэффициенты непостоянств сил зажима K_o и сдвига K_c и занести их в табл. 4.1.

По данным табл. 4.1 – 4.4 рассчитать коэффициенты трения f , по формуле (4.4) определить экспериментальную силу притяжения Q и удельную силу притяжения $Q_{уд}$:

$$Q_{уд} = Q / S,$$

где S – площадь базовой поверхности испытуемого образца, мм².

По формуле (4.3) определить расчетную силу притяжения Q ; по данным табл. 4.2 – 4.4 построить диаграмму и графики зависимости силы притяжения Q от материала, шероховатости (R_a), площади базовой поверхности заготовки S и ее толщины T .

По результатам исследования и расчетов сделать обобщающие выводы.

4.8. Содержание отчета

- Принципиальная и расчетная схемы установки для определения силы притяжения заготовки.
- Протоколы результатов исследований.
- Диаграммы и графики зависимости силы притяжения от материала, шероховатости и размеров заготовки (по данным табл. 4.1 – 4.4).
- Выводы по работе.

4.9. Вопросы для самопроверки

- 1) Какова величина жесткости магнитных плит с постоянными магнитами?
- 2) Каким образом производят размагничивание деталей?
- 3) Как изменяется усилие притяжения на магнитной плите с увеличением толщины и площади сечения заготовки?
- 4) Из каких материалов изготавливают сердечники электромагнитов и полюсники?
- 5) В каких единицах измеряется магнитная индукция?
- 6) Изолируются ли постоянные магниты в приспособлениях?
- 7) Заготовки из каких материалов можно закрепить на магнитных плитах?
- 8) От чего зависит усилие зажима на магнитной плите?
- 9) Какую удельную силу притяжения обеспечивают оксидно-барьерные магниты?
- 10) Чему равна частота собственных колебаний магнитных и электромагнитных плит?
- 11) Как изменяется усилие притяжения с увеличением шероховатости базовой поверхности заготовки?
- 12) Из каких материалов изготавливают постоянные магниты?
- 13) Чем отличается конструкция магнитной плиты с постоянными магнитами от электромагнитной плиты?
- 14) Как зависит сила притяжения заготовки на магнитной плите от площади опорной поверхности заготовки?
- 15) Чем вызван разброс значений силы притяжения заготовки на плите с постоянными магнитами?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 4.1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 130 – 138.
- 4.2. Константинов, О. Я. Магнитная технологическая оснастка / О. Я. Константинов. – Л.: Машиностроение, 1974. – С. 20 – 30, 34 – 60, 84 – 97.
- 4.3. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 338 – 349.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКИХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИХ, ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ВАКУУМНЫХ ПРИВОДОВ

5.1. Цель работы

Освоение расчетно-экспериментальных методов определения сил зажима в приспособлениях с пневматическим, гидравлическим, пневмогидравлическим, вакуумным приводами и исследование их рабочих характеристик.

5.2. Общие положения

5.2.1. Пневматические приводы

Быстродействующие приспособления с пневматическими приводами широко применяют в производствах различных типов, что объясняется относительно простой конструкцией пневмодвигателя и аппаратуры, безопасностью в работе, легкостью управления и эксплуатации.

Источником энергии в приводах является сжатый воздух, который поступает в пневмодвигатель по воздухопроводящей магистрали от компрессорной установки.

Применяют в основном пневматические двигатели поршневого и диафрагменного типов как одностороннего, так и двухстороннего действия.

В приводах одностороннего действия закрепление заготовок происходит под действием сжатого воздуха, а раскрепление – за счет усилия возвратной пружины. В приводах двухстороннего действия закрепление и открепление заготовок осуществляется с помощью сжатого воздуха.

Принципиальные схемы приводов и формулы для расчета сил на штоке приведены в табл. 5.1 (поршневой привод) и в табл. 5.2 (диафрагменный привод).

Выбор типа пневматического привода определяется величиной силы зажима, кинематическими, конструктивными и эксплуатационными особенностями приспособлений. Поршневые пневмодвигатели характеризуются созданием значительных и постоянных по величине сил, достаточно большим ходом (в пределах длины цилиндра). Диафрагменные пневмодвигатели просты по конструкции, обладают хорошей герметичностью, но в то же время отличаются непостоянством силы зажима, уменьшающейся по мере увеличения хода штока и прогиба диафрагмы. Величина хода штока привода ограничивается деформацией и размерами диафрагмы (диаметр, толщина) и принимается равной $1/3$ диаметра диафрагмы. Диафрагменные приводы наиболее рационально применять при наибольших силах зажима и ходе штока не более 35 – 40 мм.

Таблица 5.1

Схемы поршневых пневматических приводов и расчетные формулы

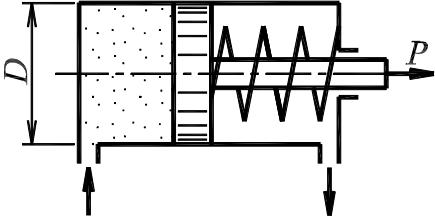
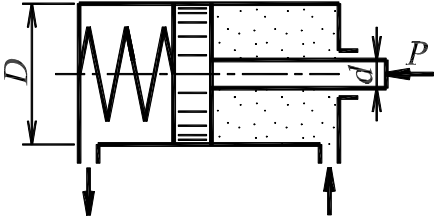
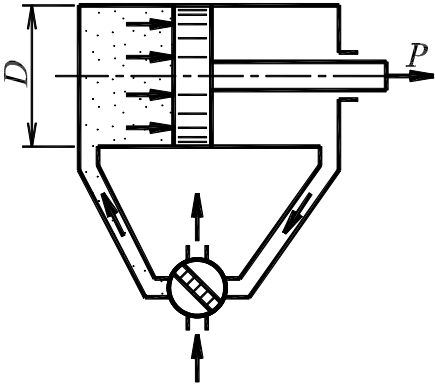
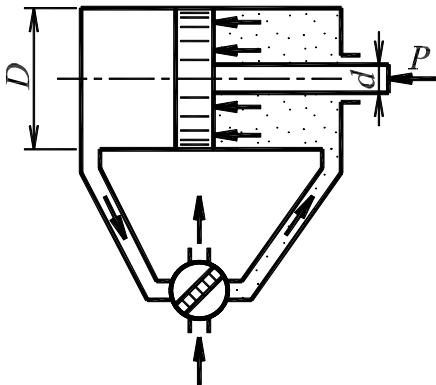
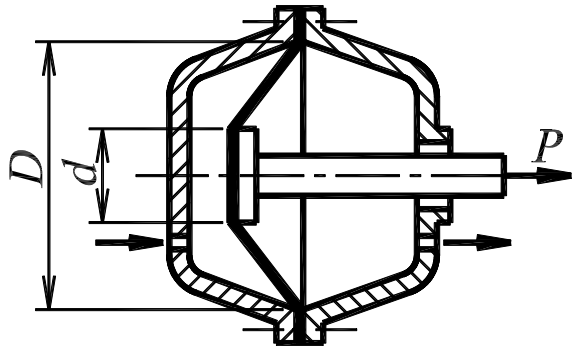
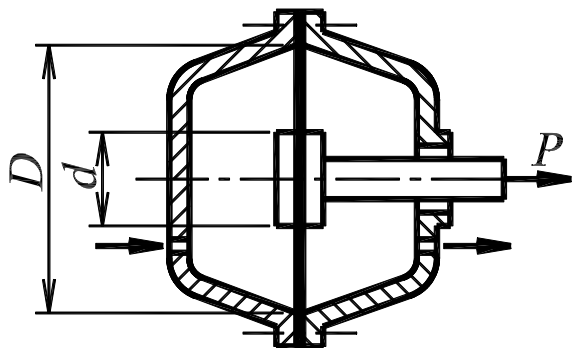
Расчетные схемы		Формулы для расчета силы на штоке
Приводы одностороннего действия		Толкающая сила $P = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q$ q – усилие сопротивления пружины, Н
		Тянущая сила $P = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p \eta - q$
Приводы двухстороннего действия		Толкающая сила $P = \frac{\pi D^2}{4} p \eta$
		Тянущая сила $P = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} p \eta$

Таблица 5.2

Схемы поршневых пневматических приводов и расчетные формулы

Расчетные схемы		Тип и материал диафрагмы	Положение диафрагмы	Формулы для расчета силы на штоке
1		2	3	4
Приводы одностороннего действия	a)	Тарельчатый (а) и плоский (б) из прорезиненных тканей при $d = 0,7 D$	В начале рабочего хода	$P = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - q$
			После перемещения на расстояние $0,3 D$ для тарельчатых и на $0,07 D$ для плоских	$P = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p - q$
	б)	Плоский (б) из резины при $d = 0,7 D$	В начале рабочего хода	$P = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p - q$
			После перемещения на расстояние $0,22 D$	$P = \frac{0,9\pi}{4} d^2 \cdot p - q$

1		2	3	4
Приводы двустороннего действия	в) 	Тарельчатый (в) и плоский (г) из прорезиненных тканей при $d = 0,7 D$; тарельчатый (в) из резины при $d = D - 2t - (2...4) \text{ мм}$	В начале рабочего хода	$P = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p$
	г) 		После перемещения на расстояние $0,3 D$ для тарельчатых и на $0,07 D$ для плоских	$P = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p$
			В начале рабочего хода	$P = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p$
			После перемещения на расстояние $0,22 D$	$P = \frac{0,9\pi}{4} d^2 \cdot p$

Примечание: p – давление сжатого воздуха, принимается $p = 0,4 \text{ МПа}$; q – сила возвратной пружины, Н

В целях обеспечения бесперебойной и безопасной работы пневмодвигателей в воздухопроводящую сеть встраивают регулятор давления, влагоотделитель, обратный клапан, пневмоэлектровыключатель и другую пневмоаппаратуру, в зависимости от вида оборудования, на котором устанавливается приспособление.

5.2.2. Гидравлические приводы

Гидравлический привод состоит из электродвигателя, гидронасоса для подачи масла, рабочего гидроцилиндра (гидродвигателя), бака для масла, аппаратуры управления и регулирования, трубопроводов. Применяют три вида приводов: индивидуальный – для обслуживания одного-двух приспособлений на одном станке; малогрупповой – для 3 – 5 приспособлений на разных станках; групповой – для обслуживания 25 – 30 приспособлений, установленных на 15 – 20 станках.

В гидравлической системе создается высокое рабочее давление масла – (5 – 16) МПа и более [1]. Поэтому создаются большие силы зажима заготовок в приспособлениях при небольших диаметрах гидроцилиндров, что позволяет проектировать более простые и компактные приспособления. Гидравлические приводы широко применяют в массовом и крупносерийном производствах, при больших силах резания при обработке крупногабаритных заготовок на тяжелых металлорежущих станках – в мелкосерийном и среднесерийном производствах, для многоместных приспособлений.

Гидравлические универсальные и специальные приспособления целесообразно устанавливать в первую очередь на станках, имеющих гидропривод, который может быть использован для привода приспособления, при этом на легких и средних станках применяют самотормозящие ЗУ.

На станках без гидропривода универсальные и специальные приспособления с гидроприводом применяют при необходимости использования компактных приспособлений и создания больших сил зажима.

Гидравлические цилиндры, как и пневматические, могут быть двухстороннего и одностороннего действия. Сила на штоке в зависимости от подачи масла в цилиндр может быть соответствующей тянущей или толкающей. Расчет тянущей и толкающей силы на штоке гидроцилиндра принципиально аналогичен расчету силы на штоке пневмоцилиндра (см. табл. 4.1), разница состоит только в том, что в расчетных формулах давление масла принимают в пределах $P_T = (4 - 6)$ МПа и более, вместо давления сжатого воздуха $P_B = (0,4 - 0,6)$ МПа.

На гидроцилиндры для станочных приспособлений введен ГОСТ 6540–68*.

5.2.3. Пневмогидравлические приводы

Приводы состоят из преобразователя давления (пневмодвигателя) и одного или нескольких гидроцилиндров, осуществляющих закрепление заготовок в приспособлениях.

Приводы могут быть прямого действия (одноступенчатые), когда с помощью преобразователя и рабочего гидроцилиндра непосредственно осуществляется закрепление заготовки (рис. 5.1), и последовательного действия (двухступенчатые), в которых сначала осуществляется быстрый подвод зажимных элементов к заготовке и ее предварительный зажим с помощью преобразователя и гидроцилиндра низкого давления, а затем окончательный зажим от гидроцилиндра высокого давления (рис. 5.2).

Пневмогидравлические приводы являются наиболее перспективным средством механизации станочных приспособлений. В них сочетаются преимущества пневматических и гидравлических приводов, просто и дешево достигается высокое давление масла при использовании сжатого воздуха из цеховых магистралей.

Применение пневмогидравлических приводов упрощает конструкцию приспособления, уменьшает их габариты и стоимость, обеспечивает агрегатирование приспособлений.

5.2.4. Расчет пневмогидравлического привода прямого действия

Под действием давления сжатого воздуха (см. рис. 5.1) поршень 1 вместе со штоком – плунжером 2 перемещается вправо, создавая при этом высокое давление масла в гидроцилиндре, и через поршень 3 штоком 4 осуществляется закрепление заготовки 5, т. е. система приходит в равновесие.

Из условия равновесия системы (без учета трения) сила на штоке рабочего цилиндра (без учета сопротивления возвратной пружины):

$$Q = P_r \frac{\pi D_2^2}{4} = P_r \frac{D_1^2}{d^2} \cdot \frac{\pi D_2^2}{4}.$$

Обозначив $P_r \frac{\pi D_2^2}{4} = Q_1$ и введя КПД привода η , получим:

$$Q = Q_1 \frac{D_2^2}{d^2} \cdot \eta, \quad (5.1)$$

где $\eta = 0,8 - 0,85$.

Следовательно, сила зажима – сила на штоке рабочего гидроцилиндра Q будет во столько раз больше силы на штоке пневмогидроцилиндра Q_1 , во сколько раз диаметр поршня рабочего гидроцилиндра D_2 , будет больше диаметра штока – плунжера d .

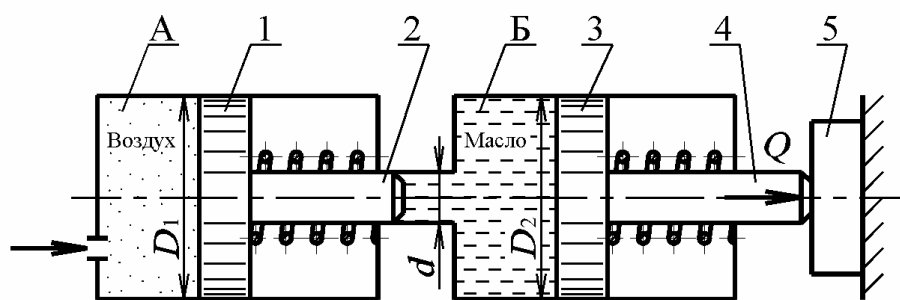


Рис. 5.1. Схема пневмогидравлического привода прямого действия:

А – пневмодвигатель; Б – рабочий гидроцилиндр;

1, 3 – поршень; 2, 4 – шток; 5 – заготовка

Однако значительное увеличение силы на штоке рабочего гидроцилиндра приводит к уменьшению хода штока.

В расчетах принимают $P_v = 0,4 - 0,6$ МПа, $P_r = 5 - 6$ МПа при $D_2 / d = 1,75 - 2,5$.

5.2.5. Пневмогидравлические приводы последовательного действия

В пневмогидравлическом приводе последовательного действия (см. рис. 5.2) при установке распределительного крана 2 в положение I воздух из цеховой магистрали поступает через трубопровод 3 в резервуар 5 и вытесняет масло по трубопроводу 7 в цилиндр 1 и далее в рабочий гидроцилиндр 9, обеспечивая быстрый подвод штока гидроцилиндра 10 к закрепляемой заготовке 11 и предварительный ее поджим к установочным элементам приспособления.

В дальнейшем, в результате повышения давления масла в рабочем гидроцилиндре 9, автоматически срабатывает клапан последовательного действия 4, воздух поступает в пневмоцилиндр 6; поршень со штоком 8 перемещается и в цилиндре 1 развивается высокое давление – происходит окончательное закрепление заготовки.

Для открепления заготовки воздух через распределительный кран (положение II) поступает в пневматический цилиндр 6 и гидроцилиндр 9 и возвращает поршни со штоками в исходное положение.

5.2.6. Вакуумные приводы

Вакуумные приводы относят к механизированным средствам оснащения, обладающим равномерно распределенной силой притяжения (зажима). Приспособления с вакуумным приводом применяют при шлифовании, полировании, фрезеровании и точении обычно нежестких заготовок плоской, круглой, сферической и криволинейной форм. Заготовками для деталей служат прокатные листы, фольга, гнутые обшивки, панели, профили, штампованные сферические детали типа днищ, крышек, диски, коробки и т. п. детали.

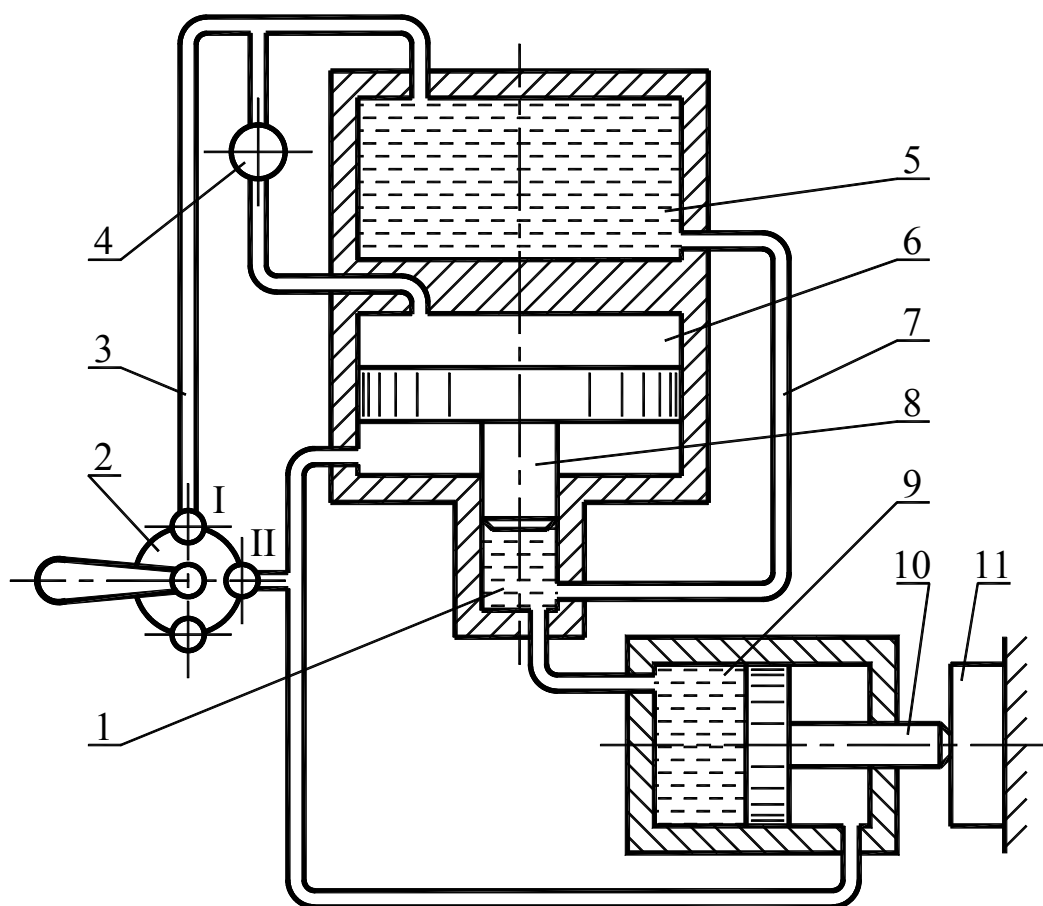


Рис. 5.2. Схема пневмогидравлического привода последовательного действия:
 1, 6, 9 – цилиндр; 2 – распределительный кран; 3, 7 – трубопровод;
 4 – клапан; 5 – резервуар; 8, 10 – шток; 11 – заготовка

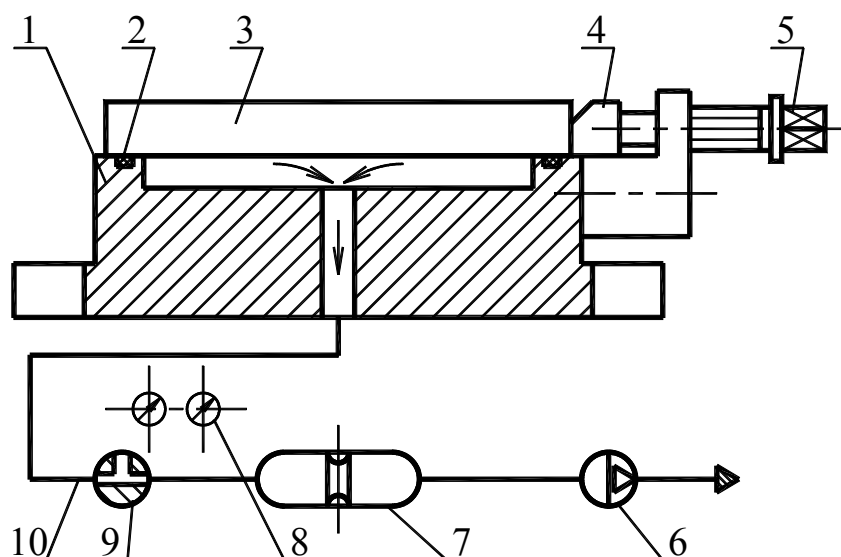


Рис. 5.3. Схема вакуумного привода (приспособления): 1 – корпус;
 2 – уплотнение; 3 – заготовка; 4 – башмак; 5 – винт; 6 – вакуум-резервуар;
 7 – вакуумный насос; 8 – вакуумметр; 9 – кран; 10 – трубопровод

Вакуумный привод (рис. 5.3) состоит из корпуса 1, герметичного элемента – эластичной прокладки (уплотнения) 2, резиновой емкости (вакуум-резервуар) 6, вакуумного насоса 7, контрольных вакуумметров 8, крана 9 и трубопровода 10. Сила притяжения заготовки 3 образуется за счет разности атмосферного давления и давления в разреженной полости корпуса 1 приспособления.

Усилие зажима (прижатия) заготовки находят по формуле

$$Q = [F_a(P - P_v) - q] \cdot K, \quad (5.2)$$

где F_a – активная площадь поверхности корпуса (плиты) приспособления, ограниченная уплотнением, м; P – давление атмосферное, МПа, $P = 0,1$ МПа; P_v – давление, создаваемое в вакуумной полости приспособления, МПа; q – усилие сжатия прокладки, Н; K – коэффициент герметичности вакуумной системы, $K = 0,8 - 0,85$.

Рабочее давление, создаваемое в вакуумной полости приспособления, принимают равным $P_v = (0,01 - 0,015)$ МПа.

Усилие сжатия упругой прокладки (уплотнения) должно быть меньше силы прижима заготовки во избежание разгерметизации рабочей полости приспособления. Это условие имеет вид

$$q = P_{np}S_{np} < pS_d - P_vF_a, \quad (5.3)$$

где P_{np} – давление прокладки в сжатом состоянии, МПа; S_{np} – площадь прокладки, м²; S_d – площадь заготовки, м².

Диаметр (высоту) уплотнительной манжеты выбирают таким образом, чтобы после укладки она выступала над поверхностью наладки на $(1/5 - 1/6)$ диаметра (высоты).

Для исключения деформаций заготовок из листа толщиной до 0,025 мм на установочной плоскости плиты приспособления выполняют большое количество мелких, близко расположенных отверстий или на плиту устанавливают спутник с сеткой мелких отверстий.

Приспособления с вакуумным приводом бывают специальные, переналаживаемые и универсальные. Для обработки крупногабаритных массивных заготовок комплектуют крупные приспособления из нескольких подобных приспособлений.

5.3. Содержание работы

1) Изучить схему и конструкции приспособлений (стендов) для исследования поршневого и диафрагменного пневматических приводов, гидравлического, пневмогидравлического и вакуумного приводов.

2) Изучить элементы управления силовыми узлами приспособлений.

3) Рассчитать и определить экспериментально силу зажима заготовок в приспособлениях.

4) Определить КПД и исследовать рабочие характеристики приводов.

5.4. Техника безопасности при выполнении работы

Проверяют надежность крепления пневматических, гидравлических, пневмогидравлических и вакуумных пневмодвигателей (камер), подводящих шлангов к корпусам приборов, распределительному крану, компрессору и насосам.

Проверяют наличие защитных устройств вращающихся частей компрессора.

Включают общий рубильник, производят пуск компрессора, проверяют по манометру правильность регулировки компрессора на давление, не превышающее 0,4 МПа.

Определение сил зажима в гидравлическом приспособлении допускается при давлении масла в магистрали от индивидуального гидропривода, не превышающем (2 – 3) МПа.

При установке и закреплении заготовок в приспособлении следует быть особенно внимательными во избежание травмирования рук. При выполнении работы несколькими студентами закрепление и открепление динамометра в приспособлении должно производиться кем-то одним для исключения несогласованных действий и травмирования.

По окончании определения сил зажима заготовок в приспособлениях надлежит выключить кнопку «пуск» на компрессоре, гидроприводе, вакуумном насосе и общий рубильник.

5.5. Средства технологического оснащения

- Приспособление с поршневым пневмодвигателем.
- Приспособление с диафрагменным пневмодвигателем.
- Компрессор.
- Приспособление с гидравлическим и пневмогидравлическим двигателем.
- Индивидуальный гидропривод.
- Приспособление с вакуумным приводом.
- Динамометр.
- Динамометрический ключ.
- Набор мерных плиток, секундомер.

5.6. Техника проведения эксперимента

1) Изучить конструкции пневматических приспособлений с поршневым и диафрагменным пневмодвигателями, гидравлическим, пневмогидравлическим и вакуумным приводами. Составить принципиальные схемы приспособлений.

2) Изучить паспортные данные, тарифовочные графики и конструкцию динамометра, динамометрического ключа, используемых для определения сил зажима в приспособлениях.

3) Составить расчетные схемы приспособлений для определения и расчета сил зажима (раздельно для каждого приспособления). В приспособлении с поршневым приводом (пневмотиски) необходимо учитывать механический шарнирно-рычажный усилитель.

4) Экспериментально определить силы зажима заготовок в приспособлениях. Для этого динамометр, имитирующий заготовку во всех приспособлениях, кроме вакуумного, устанавливают последовательно в каждое из них и производят его закрепление путем подачи сжатого воздуха из компрессора через распределительный кран в пневмодвигатель.

Для определения силы зажима в гидравлическом приспособлении устанавливают динамометр (вместо заготовки), включают индивидуальный гидропривод, через кран-распределитель подают масло в гидроцилиндр.

Показания индикатора динамометра и соответствующие им силы зажима, определенные по тарировочным графикам, заносят в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Опытные и расчетные величины силы зажима и КПД приводов

Тип привода	Расчетная сила зажима Q_p , Н	Показания индикатора динамометра	Фактическая сила зажима Q_f , Н	КПД при- вода η	Время закре- пления t , с
Пневматический поршневой					
Пневматический диафрагменный					
Пневмогидравлический					
Гидравлический поршневой					
Вакуумный					

Исследуют рабочие характеристики пневмопривода, гидропривода и гидропневмопривода, для чего экспериментально исследуют ход штока и силу на штоке при постоянном давлении рабочей среды; силу на штоке приводов измеряют при различных перемещениях штока L ($L = 0; 0,2 L; 0,5 L; 0,8 L$). Ход штока устанавливают на нужный размер с помощью мерных проставок (плиток), устанавливаемых между заготовкой (динамометром) и штоком привода. Показания динамометра заносят в табл. 5.4.

5) Определить расчетным (по формуле (5.2)) и экспериментальным методами силу закрепления заготовки на вакуумной плите 1 (рис. 5.3). С правой стороны плиты 1 смонтировано устройство для сдвига заготовок. При вращении винта 5 динамометрическим ключом башмак 4, надетый на винт 5,

упирается в заготовку 3. Силу сдвига F заготовки определяют по тарифовочному графику динамометрического ключа. По этой величине находят усилие прижатия заготовки к плоскости вакуумной плиты по формуле

$$Q = F / f, \quad (5.4)$$

где F – экспериментально найденная сила сдвига заготовки, Н; f – коэффициент трения между заготовкой и поверхностью вакуумной плиты.

Таблица 5.4

Результаты измерений

Тип привода	Перемещение штока в долях его хода L											
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	L	0	0,2	0,4	0,6	0,8	L
	Перемещение штока, мм											
	Показания динамометра						Фактическая сила на штоке, Н					
Пневматический поршневой												
Пневматический диафрагменный												
Пневмогидравлический												
Гидравлический поршневой												

Коэффициент трения определяют для конкретной заготовки по формуле

$$f = F' / G, \quad (5.5)$$

где F' – сила сдвига заготовки на поверхности плиты, определяемая экспериментально, Н; G – сила веса груза, установленного на заготовку, Н ($G = 50$ Н).

Найденные экспериментально и расчетным путем силы закрепления заготовки на плите заносят в табл. 5.3.

б) Определить экспериментально с помощью секундомера время закрепления заготовки каждым приводом при $L = const$. Для вакуумного привода время определяют от момента пуска вакуумнасоса до достижения заданного вакуума (P_v). Данные замеров времени заносят в табл. 5.3.

5.7. Обработка экспериментальных данных

По расчетным формулам (табл. 5.1 и 5.2, а также зависимостям (5.1) – (5.5)) и расчетным схемам приспособлений определяют величины силы зажима заготовки.

Определяют фактическую силу зажима заготовки, как среднее значение из всех замеров (не менее трех) по каждому приводу.

По расчетным Q_p и фактическим (опытным) Q_ϕ величинам силы зажима определяют КПД привода η :

$$\eta = Q_\phi / Q_p.$$

По данным табл. 5.4 строят графики экспериментальных зависимостей силы на штоке от перемещения штока L для пневматического, гидравлического и пневмогидравлического приводов.

5.8. Содержание отчета

- Принципиальные схемы приспособлений с пневматическими, гидравлическим, пневмогидравлическим и вакуумным приводами.
- Расчетные схемы приспособлений для определения сил зажима.
- Протоколы опытных и расчетных величин сил зажима и характеристик приводов.
- График экспериментальных зависимостей силы на штоках приводов различных типов от величины перемещения штока.
- Выводы по работе.

5.9. Вопросы для самопроверки

- 1) Какое рабочее давление масла используется в гидравлических системах?
- 2) Как изменяется усилие на штоке пневматического диафрагменного привода по мере прогиба диафрагмы?
- 3) У каких приводов ход штока зависит от диаметра пневмоцилиндра?
- 4) Какова величина давления воздуха в заводской пневмосистеме?
- 5) Из какого материала изготавливают диафрагмы пневмокамер?
- 6) Есть ли зависимость между ходом штока и диаметром диафрагмы?
- 7) Какое количество приспособлений обслуживает малогрупповой гидропривод?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 5.1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 112 – 127.
- 5.2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 105 – 107, 204 – 207, 211, 215 – 218, 241, 297 – 308, 314 – 338.
- 5.3. Куклев, Л. С. Оснастка для обработки нежестких деталей высокой точности / Л. С. Куклев, М. М. Тазетдинов. – М.: Машиностроение, 1978. – С. 42 – 48.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК ПО ВНУТРЕННИМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ

6.1. Цель работы

Освоение методики расчетно-экспериментального определения точности приспособлений, предназначенных для установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям, и освоение практики применения контрольных приспособлений.

6.2. Общие положения

Для установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям используют приспособления в виде оправок (табл. 6.1), применяемых обычно на операциях точения, круглого наружного шлифования, зубофрезерования заготовок деталей типа втулок, гильз, фланцев, зубчатых колес, которые должны иметь высокую точность по соосности наружных и внутренних поверхностей.

Оправки выполняют жесткими или разжимными, с ручным или механизированным приводом.

В зависимости от способа закрепления оправки на станке различают центровые, шпиндельные и фланцевые кулачковые оправки.

Центровые цельные оправки (конические и цилиндрические) имеют центровые отверстия, которыми они устанавливаются на центры металлорежущих станков.

Кулачковые шпиндельные и фланцевые оправки крепят в конической расточке переднего конца шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе или к фланцевым концам шпинделей с помощью фланцев. Точность центрирования на таких оправках не превышает (0,05 – 0,1) мм.

6.2.1. Жесткие конусные оправки

Конусные оправки применяют при установке заготовок как по гладкому, так и по шлицевому отверстиям.

Наиболее простыми гладкими оправками являются конусные центровые оправки (рис. 6.1), широко применяемые при шлифовании наружных поверхностей заготовок типа втулок, имеющих отверстие, точность которого не ниже 7-го качества. При более низкой точности базового отверстия чрезмерно увеличивается длина оправки или приходится пользоваться набором оправок.

К числу основных размеров оправки относят ее конусность K и длину.

Таблица 6.1

Основные типы оправок и области их применения

Тип оправки	Квалитет точности базового отверстия заготовки	Область применения
Цилиндрическая со свободной (с зазором) установкой заготовки и с зажимом гайкой или пневмоцилиндром	6 – 7	При повышенных требованиях к продольным размерам заготовки при работе на настроенных станках. Точность центрирования (0,02–0,03) мм
Цилиндрическая с посадкой заготовки с натягом	6 – 7	При передаче значительных крутящих моментов с обеспечением точности центрирования до 0,01 мм
Конусная	7 – 9	На легких токарных и шлифовальных работах. Точность центрирования до 0,005 мм
Цанговая	7 – 9	Для легких работ. Точность центрирования до 0,08 мм
С гидропластмассой	6 – 7	При небольших отношениях длины заготовки к диаметру базового отверстия. Точность центрирования до 0,005 мм
С тарельчатыми пружинами	8 – 11	Для коротких заготовок
Роликовая	7 – 8	Для обработки на токарных станках при передаче большого крутящего момента
Клиноплунжерная	–	Для заготовок, имеющих сравнительно большое необработанное или грубо обработанное отверстие

При установке на конусную оправку положение заготовки по длине оправки неопределенно, кроме того возможен перекося заготовки, создающий дополнительную погрешность при обработке. Угловая величина погрешности α (рис. 6.2) зависит при этом от конусности K оправки и величины плеча M , на котором проводится измерение.

При расчете конусности оправки рекомендуется величину торцевого биения B (см. рис. 6.2) принимать не более 0,25 от величины биения, допускаемого техническими требованиями. Такое допущение позволяет учесть упругие деформации, возможные при посадке заготовки на оправку, и погрешности, получающиеся при установке оправки в центрах станка.

Если расчетная длина оправки превышает указанную в табл. 6.2, то либо увеличивают значение конусности, допуская незначительное увеличение торцевого биения, либо проектируют набор оправок из двух штук.

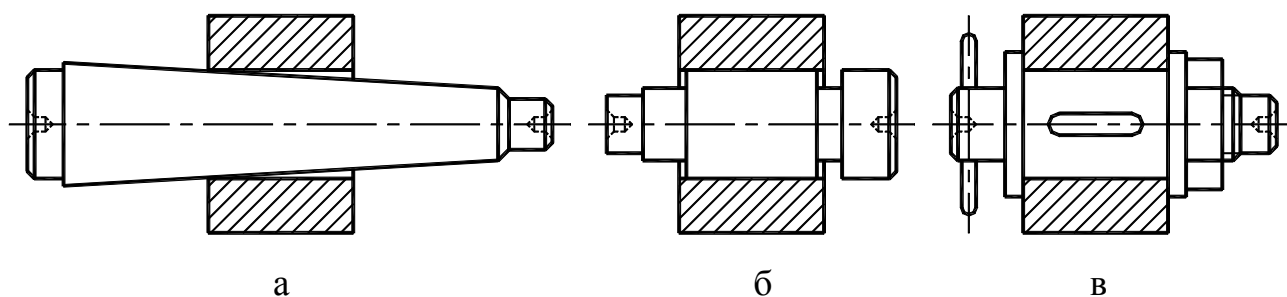


Рис. 6.1. Типы жестких оправок: а – коническая;
б – цилиндрическая с натягом; в – цилиндрическая с зазором

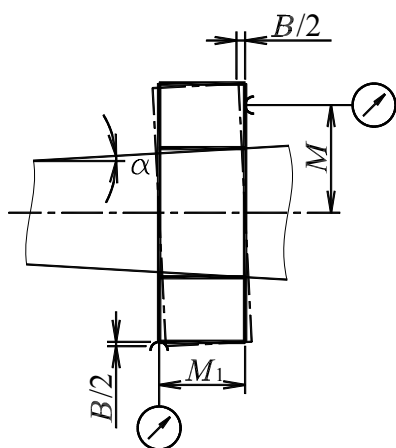


Рис. 6.2. Схема установки заготовки на конической оправке

Конусность оправок выбирают в пределах 1:500 – 1:5000. Точность центрирования на конусных оправках составляет 0,005 – 0,010 мм.

Оправки изготовляют из стали 20Х с последующей цементацией на глубину 1,2 – 1,5 мм и закалкой до твердости HRC , 55 – 60.

Исходными данными для расчета конусной оправки являются:

- наибольший диаметр отверстия заготовки, мм;
- наименьший диаметр отверстия заготовки, мм;
- допустимые техническими условиями величины биения соответственно цилиндрической и торцевой поверхностей детали на плече M , мм.

Таблица 6.2

Зависимость длины оправки от ее диаметра

Диаметр оправки, мм	До 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 35	35 – 45	45 – 55	55 – 65	65 – 80	Свыше 80
Длина оправки, мм	80	100	150	200	250	350	410	480	530	580

6.2.2. Жесткие цилиндрические оправки

На жесткие цилиндрические оправки заготовки устанавливают с зазором или с натягом (см. табл. 6.1 и рис. 6.1).

При установке заготовок на цилиндрической оправке с зазором и закреплении их гайкой необходимо учитывать следующее:

- точность центрирования зависит от точности изготовления базовых отверстий заготовок;
- при зажиме гайкой (особенно сферической) создается усилие, изгибающее резьбовой конец оправки, вследствие чего она получает дополнительное биение, достигающее иногда значительной величины; для устранения этого

недостатка, когда торец заготовки перпендикулярен оси оправки, рекомендуют применять не сферические, а гладкие шайбы и гайки с полированным торцом.

Точность центрирования на таких оправках зависит от величины зазора и составляет обычно (0,02 – 0,03) мм.

Эти оправки также изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости HRC_3 55 – 60. Рабочие поверхности оправок шлифуют с точностью не грубее 7-го квалитета и шероховатостью $R_a = (0,63 – 0,32)$ мкм.

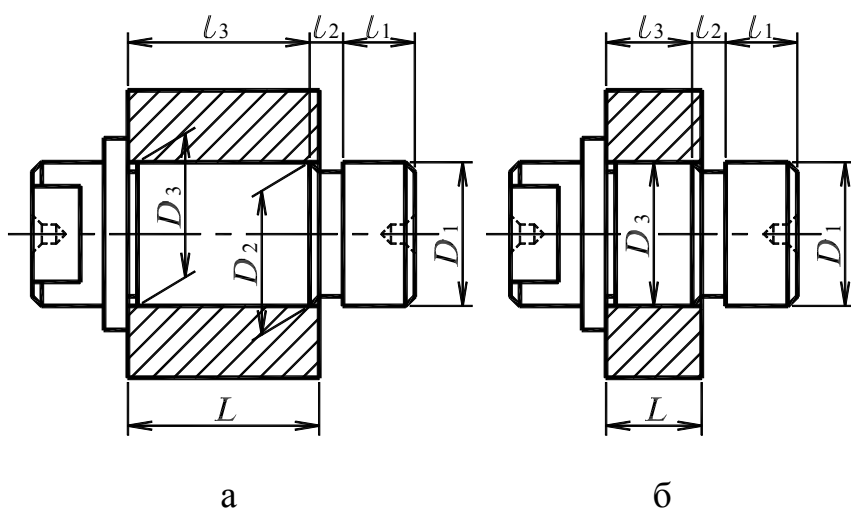


Рис. 6.3. Цилиндрические оправки с посадкой заготовки с натягом: а – для заготовок с длинным отверстием; б – для заготовок с коротким отверстием

При установке заготовки на цилиндрической оправке с натягом (рис. 6.3) обеспечивается бóльшая точность центрирования, чем на оправке с зазором – (0,005 – 0,010) мм.

При проектировании цилиндрической оправки с запрессовкой на нее обрабатываемой заготовки определяют величину минимально допустимого натяга T_{min} из условия удержания заготовки на оправке

силами трения.

Максимальный натяг N_{max} определяют по формуле

$$N_{max} = T_{min} + T_{заг} + T_{оп} + T_{изн},$$

где $T_{заг}$ – допуск на диаметр отверстия, мм; $T_{оп}$ – допуск на изготовление оправки, мм; $T_{изн}$ – допуск на износ оправки, мм.

По величине T_{max} рассчитывают усилие, необходимое для запрессовки заготовки на оправку.

6.2.3. Цанговые оправки

Цанговые оправки (рис. 6.4) относят к разжимным и широко применяют при выполнении токарных, шлифовальных и других работ.

Точность базовых отверстий заготовок, устанавливаемых на цанговые оправки, не должна быть грубее 9-го квалитета.

Цанги изготавливают обычно из сталей 65Г, У8А, У10А, 9ХС, 12ХН3А и др. с последующей закалкой по зажимной части до твердости HRC_3 45 – 50. Угол цанги α обычно принимают равным $(30 \pm 1)^\circ$.

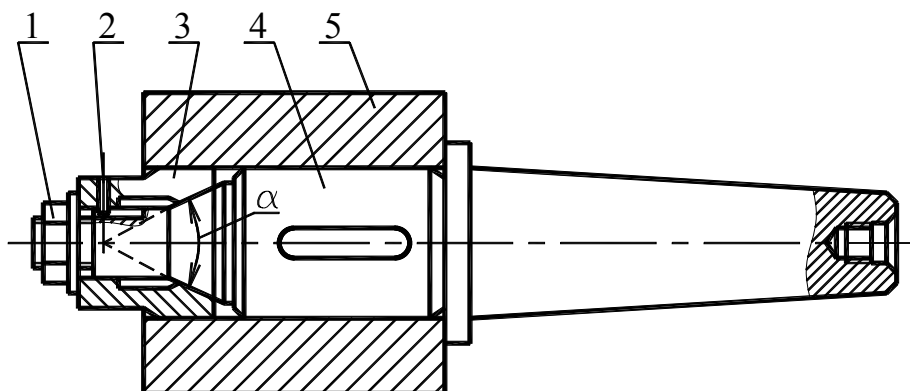


Рис. 6.4. Цанговая оправка для длинных втулок: 1 – гайка; 2 – штифт; 3 – цанга; 4 – оправка; 5 – заготовка

Усилие закрепления заготовки на цанговой оправке (см. рис. 6.4), работающей по схеме толкающей цанги, определяют по формуле

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha/2 + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1},$$

где W – величина толкающего усилия, прикладываемого к цанге, Н; φ – угол трения между внутренними поверхностями лепестков цанги 3 и оправки 4, град; φ_1 – угол трения между внутренней поверхностью заготовки 5 и лепестками цанги 2, град.

6.3. Содержание работы

- 1) Изучить способы установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям и порядок расчета соответствующих приспособлений.
- 2) Определить погрешность приспособлений (оправок) для установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям на контрольном приспособлении.
- 3) Рассчитать усилие закрепления заготовки на цанговой и цилиндрической оправках.
- 4) Установить область применения по точности жестких (конусных и цилиндрической) и разжимной (цанговой) оправок.

6.4. Техника безопасности при выполнении работы

При выполнении данной работы студенты должны особое внимание обратить на аккуратность и осторожность при закреплении заготовок на оправках, а также их съема с оправок с целью предупреждения травмирования пальцев рук. Запрещается производить съем (установку) заготовок ударом оправки о рабочую поверхность стола или приспособления. Съем и установку заготовки следует производить специальным съемником (кольцом) путем одевания его на коническую оправку и легкого постукивания им в торец заготовки.

6.5. Средства технологического оснащения

- Контрольное приспособление с двумя индикаторами с ценой деления 0,002 мм.
- Оправки: конусные, цилиндрические, цанговые.
- Контролируемые заготовки.
- Динамометрический ключ.
- Микрометр с ценой деления 0,01 мм.
- Штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм.

6.6. Техника проведения эксперимента

- 1) Изучить схемы установки (базирования) заготовок по внутренним поверхностям на жестких (конусных и цилиндрической) и цанговой оправках.
- 2) Определить биение поверхностей оправок, служащих для базирования заготовок.
- 3) Определить конусность конусных оправок.

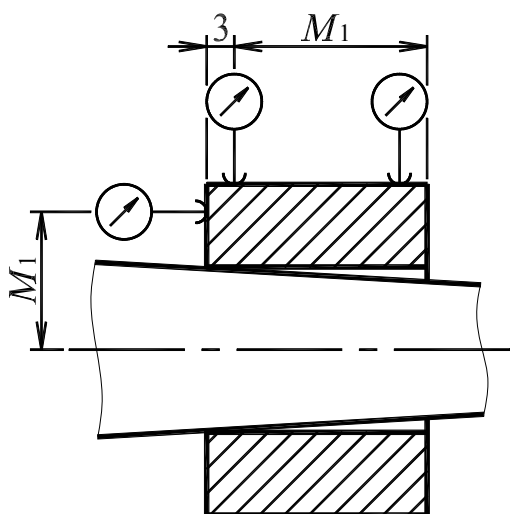


Рис. 6.5. Схема измерений

4) Измерить диаметры посадочных отверстий заготовок D и диаметр цилиндрической оправки.

5) Определить фактическую величину радиального (для конусных и цилиндрических оправок) и торцового (для конусных оправок) биений (схему измерений см. на рис. 6.2 и 6.5) для партии заготовок.

6) Для каждой заготовки произвести измерения при трехкратной установке на каждой из оправок.

7) Произвести аналогичные измерения для цанговой оправки.

8) Полученные результаты занести в протокол по форме табл. 6.3.

6.7. Обработка экспериментальных данных

Фактическую величину радиального биения по каждому измерению определить как разность показаний индикатора в сечениях I–I и II–II (см. рис. 6.5). По данным трех измерений определить среднее арифметическое значение радиального биения заготовки.

Величину торцового биения определить по схемам измерения, показанным на рис. 6.2 и 6.5.

Рассчитать силу закрепления заготовки Q на цанговой оправке по формуле (6.1) и на цилиндрической оправке по формуле (2.3) табл. 2.1. Усилие на

рукоятке динамометрического ключа P , прикладываемое к винтовому ЗУ, задается преподавателем.

Таблица 6.3

Экспериментальное определение радиального и торцевого биения оправок

Наименование оправки	Диаметр заготовки D , мм	Номер измерения	Биение, мкм				Сила за-крепления заготовки Q , Н
			Радиальное			Торцевое	
			в сечении I – I	в сечении II – II	фактическое		
Конусная $K =$	$D_1 =$	1					
		2					
		3					
		Среднее					
И т. д.							

6.8. Содержание отчета

- Схема контрольного приспособления и характеристики приспособлений.
- Схемы базирования и измерений.
- Протоколы измерений, расчеты.
- Выводы по работе.

6.9. Вопросы для самопроверки

- 1) В каком диапазоне квалитетов находится точность базового отверстия заготовки при установке ее на цилиндрическую оправку?
- 2) Сколько степеней свободы лишается заготовка при установке ее на цилиндрическую оправку с натягом?
- 3) Как изменяется осевая погрешность базирования с увеличением конусности конических оправок?
- 5) Каковы преимущества разжимных оправок перед жесткими?
- 6) В каком диапазоне квалитетов находится точность базового отверстия заготовки при установке ее на разжимную оправку?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 6.1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 6.2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 405 – 427.
- 6.3. Антонюк, В. К. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений В. К. Антонюк. – Минск: Беларусь, 1975. – С. 323 – 330.

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ДЕТАЛЕЙ В КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

7.1. Цель работы

Освоение методики расчетно-экспериментального определения точности контрольных приспособлений, предназначенных для установки заготовок по наружным цилиндрическим поверхностям, и освоение практики их применения.

7.2. Общие положения

Контрольные приспособления служат для проверки точности выполнения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей деталей, узлов машин и заготовок. Контроль деталей применяют как на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль), так и после окончательной обработки деталей (приемочный контроль).

Точность контрольного приспособления существенно зависит от принятого метода контроля, степени совершенства принципиальной схемы и конструкции контрольного приспособления, точности изготовления его элементов. Допустимая погрешность измерения в зависимости от точности контролируемого объекта может составлять (20...30) % поля допуска на измеряемую величину. Общую (суммарную) погрешность измерения контрольного приспособления определяют по формуле

$$\omega_{\text{изм}} = \omega'_y + \Delta_{\text{пу}} + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{пр}},$$

где ω_y – погрешность установки детали (изделия, заготовки) в приспособлении; $\Delta_{\text{пу}}$ – погрешность передаточных устройств приспособления; $\Delta_{\text{э}}$ – погрешность эталонной детали (меры); $\Delta_{\text{пр}}$ – погрешность измерительного прибора.

Точность спроектированного контрольного приспособления должна удовлетворять условию:

$$\omega_{\text{изм}} \leq [\omega_{\text{доп}}],$$

где $[\omega_{\text{доп}}] = (0,2...0,35) T$ – допустимая погрешность измерения; T – допуск на измеряемый параметр детали.

При проектировании контрольных приспособлений и их эксплуатации необходимо изучить условия возникновения первичных погрешностей и выявить пути их уменьшения или полного устранения. Для контроля небольших или средних объектов применяют стационарные контрольные приспособления, а для крупногабаритных – переносные. С целью повышения производительности

контроля проектируют многоместные приспособления, позволяющие за одну установку проверять одновременно несколько параметров.

Контролируемая деталь (заготовка, узел) имеет две измерительные базы, между которыми на ее чертеже проставлен проверяемый размер. При выборе схем контрольного приспособления следует совмещать установочную и одну из измерительных баз детали, придавая им строго фиксированное положение. Другая измерительная база должна контактировать с измерительным элементом приспособления в установленном месте. При невыполнении этих условий возникает погрешность базирования и погрешность положения измерительного элемента, которые снижают точность измерения детали.

В приспособлениях для межоперационного контроля, проверяющих правильность наладки конкретной операции, в качестве измерительной базы используют ту же технологическую базу, которая была принята в соответствующем станочном приспособлении, то есть установочные элементы контрольного приспособления должны не только по своей принципиальной схеме, но и по конструкции повторять установочные элементы станочного приспособления.

При приемочном контроле готовых деталей в контрольных приспособлениях в качестве измерительных баз используют вспомогательную (монтажную) базу детали, то есть поверхность, с помощью которой деталь присоединяется в узел.

В контрольных приспособлениях для установки деталей по наружным цилиндрическим поверхностям используют патроны и призмы (рис. 7.1). Так как контакт контролируемой детали с призмой происходит по узким площадкам (теоретически – по линиям), наблюдается интенсивное изнашивание опорных поверхностей и потеря точности контрольного приспособления. Устранить указанный недостаток, особенно при контроле тяжелых деталей, позволяют призмы с роликами (см. рис. 7.1, в) или переставными валиками (см. рис. 7.1, г).

С помощью призм можно проверять точность формы цилиндрической поверхности детали в продольном и поперечном сечении, точность ее диаметральных размеров, взаимного расположения наружных цилиндрических поверхностей (радиальное биение).

Для проверки радиального биения наружных цилиндрических поверхностей детали типа валов устанавливают в призмы или в центры. При установке детали в центры необходимо учитывать влияние на точность контроля отклонения от соосности и погрешность изготовления центровых отверстий.

7.3. Содержание работы

- 1) Изучить способы установки деталей по наружным цилиндрическим поверхностям и порядок расчета погрешностей измерения при контроле деталей.
- 2) Настроить контрольное приспособление.
- 3) Произвести контроль точности диаметральных размеров наружного диаметра деталей, формы и расположения их поверхностей.

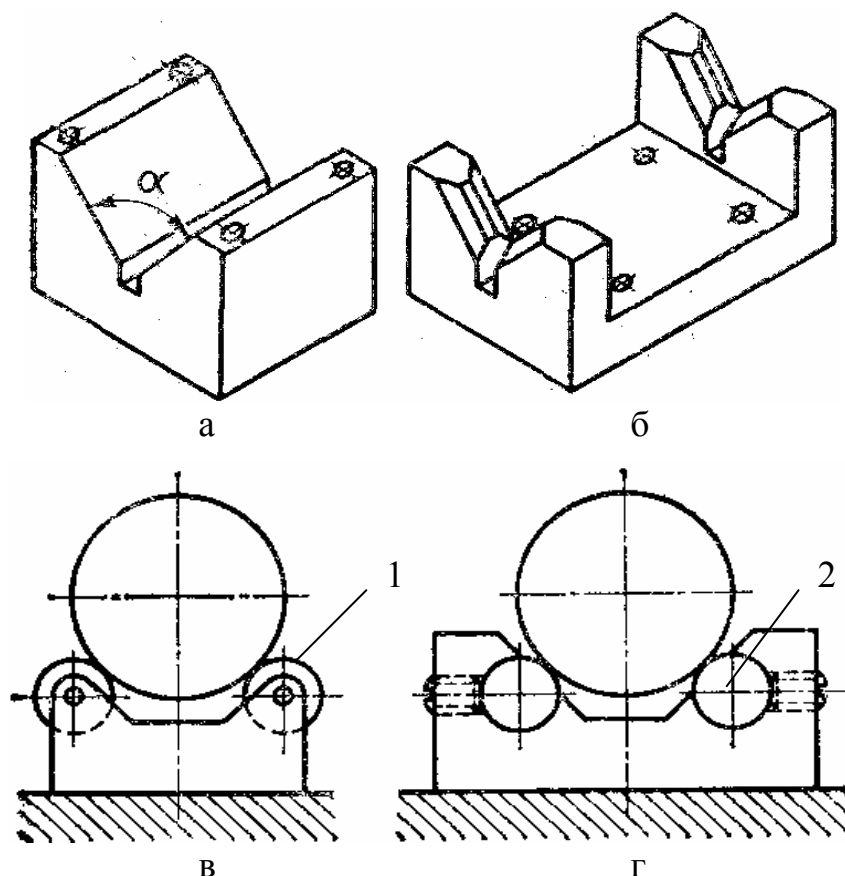


Рис. 7.1. Конструкции установочных призм: а – широкая призма; б – узкие призмы; в – с роликами 1; г – с переставными валиками 2

7.4. Техника безопасности при выполнении работы

Установку деталей в контрольное приспособление и их съем следует производить с особой аккуратностью и осторожностью с целью предупреждения травмирования пальцев рук. Не допускать повреждения контролируемых деталей при выполнении работы во избежание потери их точности.

7.5. Средства технологического оснащения

- Контрольное приспособление со сменными установочными элементами (рис. 7.2 и 7.3).
- Индикаторы с ценой деления 0,001 мм.
- Контролируемые детали.
- Эталонная деталь.

7.6. Техника проведения эксперимента

- 1) Изучить схемы измерения деталей при контроле точности их диаметров, а также формы и расположения поверхностей.

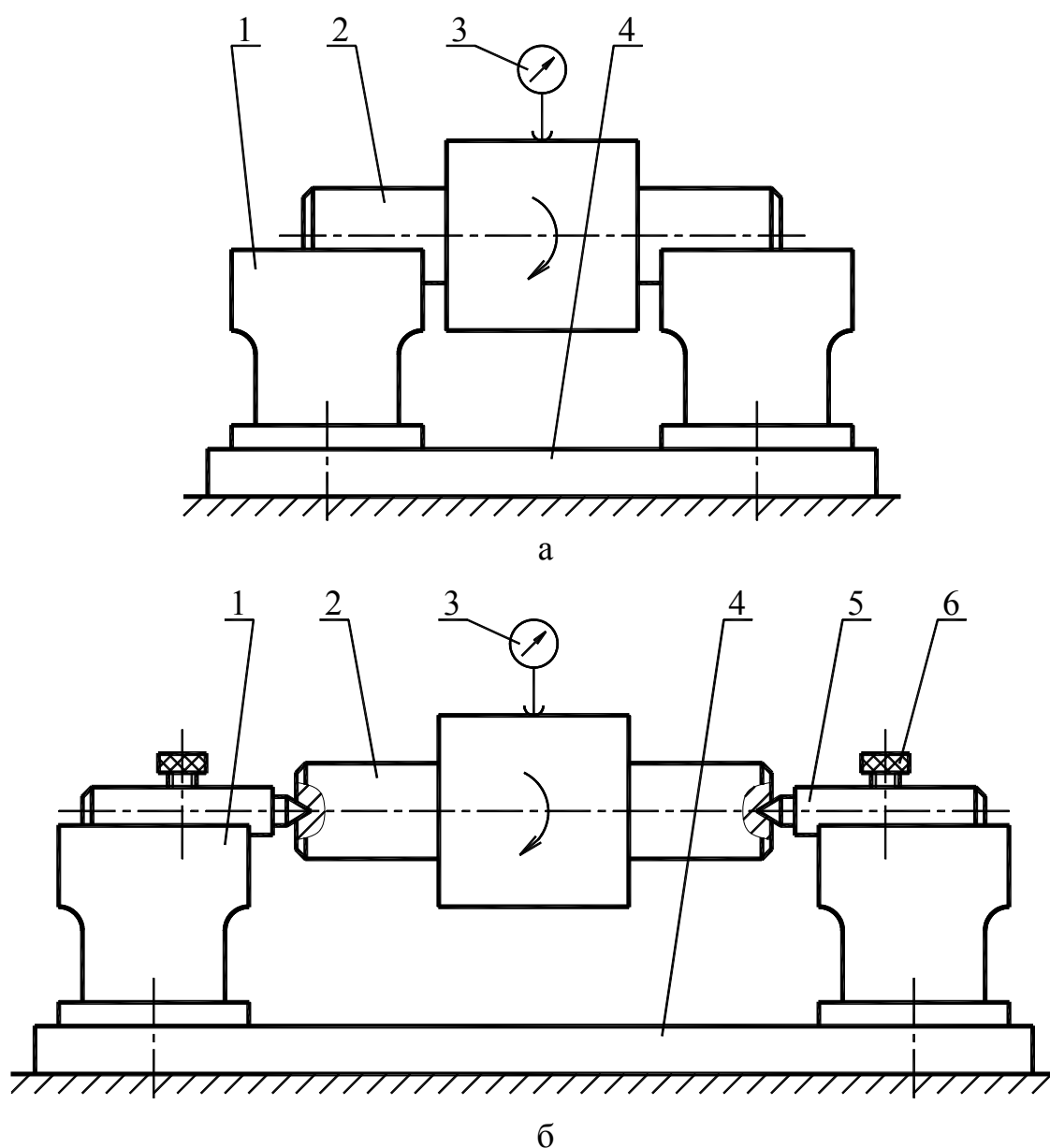


Рис. 7.2. Схемы контроля точности формы и расположения поверхностей детали при ее базировании: а – на призмы; б – в центра; 1 – призмы; 2 – деталь; 3 – индикатор; 4 – плита; 5 – центра; 6 – винт

- 2) Определить погрешность формы в поперечном сечении контролируемых деталей.
- 3) Проконтролировать погрешность формы в продольном сечении контролируемых деталей.
- 4) Произвести измерения радиального биения контролируемых деталей.
- 5) Определить фактические величины контролируемых параметров.
- 6) Результаты измерений занести в табл. 7.1.

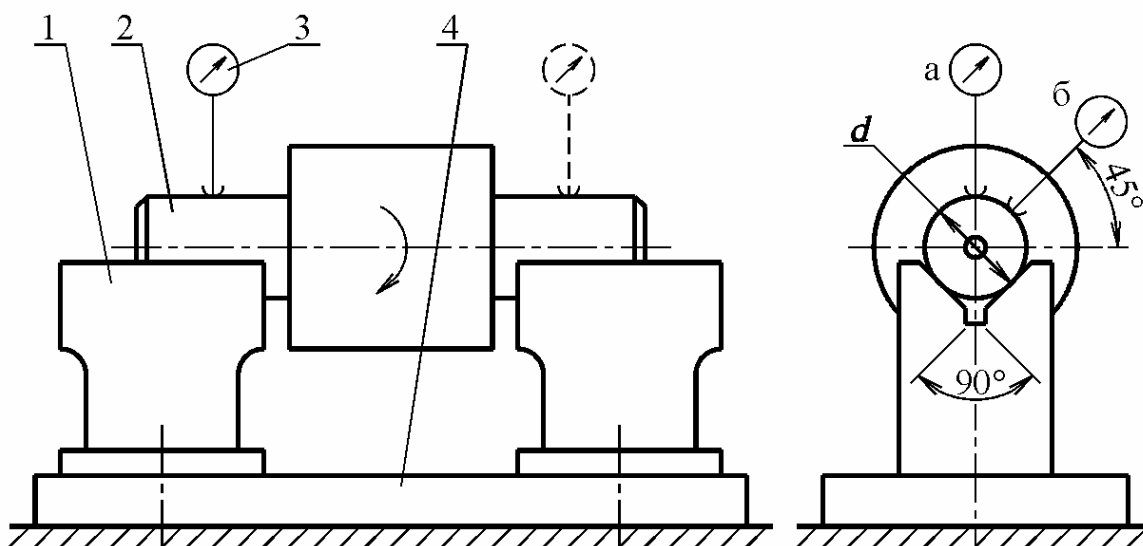


Рис. 7.3. Схема контроля точности диаметров детали при базировании на призмы: 1 – призмы; 2 – деталь; 3 – индикатор; 4 – плита

7) Измерить диаметры шеек контролируемых деталей по схеме рис. 7.3. Для каждой заготовки произвести три измерения в точках а и б. Полученные результаты занести в протокол по форме табл. 7.2.

8) Рассчитать общую погрешность контрольных приспособлений.

Таблица 7.1

Результаты контроля точности формы и расположения поверхностей

Номер детали	Погрешность формы в поперечном сечении, мкм	Погрешность формы в продольном сечении, мкм	Радиальное биение поверхностей, мкм	
			Установка в центра	Установка в призмы
1				
2				
...				
6				
Среднее				

Таблица 7.2

Результаты контроля точности диаметров

Схема измерения по рис. 7.3	Номер детали						Средний диаметр $D_{ср}$, мм
	1	2	3	4	5	6	
Точка «а»							
Точка «б»							

7.7. Содержание отчета

- Принципиальные схемы контрольных приспособлений.
- Схемы базирования и измерений.
- Протоколы экспериментальных исследований.
- Расчет общей погрешности контрольных приспособлений.
- Выводы по работе.

7.8. Вопросы для самопроверки

- 1) С какой целью применяют контрольные приспособления?
- 2) В зависимости от каких факторов устанавливают допустимую погрешность измерения?
- 3) Из каких составляющих складывается суммарная погрешность измерения?
- 4) Какие виды погрешностей можно контролировать при установке деталей в призмах?
- 5) Влияет ли положение измерительного прибора на точность контроля деталей?
- 6) Что влияет на выбор принципиальной схемы контрольного приспособления?
- 7) В каких случаях проектируют переносные контрольные приспособления?
- 8) Каким образом определяется погрешность измерительного прибора?
- 9) Для чего применяется эталонная деталь и с какой точностью ее изготавливают?
- 10) От чего зависит точность контрольного приспособления?
- 11) Какие конструктивные решения применяют для уменьшения изнашивания опорных поверхностей установочных призм?
- 12) С какими углами применяют установочные призмы и в каких случаях?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 7.1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 17 – 19, 85 – 93.
- 7.2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 73 – 99.
- 7.3. Худобин, Л. В. Расчет и проектирование специальных средств технологического оснащения в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1997. – С. 23 – 33.

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СБОРКИ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

8.1. Цель работы

Изучение типовых деталей и узлов универсально-сборных приспособлений (УСП), приобретение навыков проектирования и сборки УСП, освоение расчетного и экспериментального метода определения точности сборки УСП.

8.2. Общие положения

Для ускорения технологической подготовки единичного, мелкосерийного, экспериментального и инструментального производства используют систему универсально-сборных приспособлений.

Сущность системы УСП состоит в том, что из комплекта заранее изготовленных стандартных, взаимозаменяемых и износоустойчивых деталей и узлов можно многократно собирать различные специальные приспособления (компоновки) высокой точности. Фиксация элементов и узлов в УСП осуществляется системой «шпонки – паз». Серии УСП состоят из деталей и узлов соответственно с пазами 8, 12 и 16 мм, высокая точность которых обеспечивает сборку приспособлений без последующей механической доработки. После использования УСП разбирают на составные части для применения в новых компоновках. Продолжительность цикла сборки УСП в 50 раз короче продолжительности цикла изготовления специального приспособления. Элементы УСП постоянно находятся в обращении в течение 18 – 20 лет. Цикл оснащения станка приспособлением системы УСП состоит из сборки компоновки и ее установки, на что затрачивается в среднем 3 – 4 часа.

Продолжительность и качество сборки УСП целиком зависит от квалификации и опыта сборщика.

ГОСТ 31.111.41–93 определяет правила конструирования УСП:

а) геометрическая форма деталей и сборочных единиц УСП должна отвечать их функциональному назначению и обеспечивать универсальность деталей;

б) размеры, поля допусков и их нанесение должны соответствовать функциональному назначению деталей. Основные размеры выбирают из ряда $Ra\ 20$, дополнительные – $Ra\ 40$;

в) базирующие присоединительные элементы определяют в зависимости от выбранной при проектировании эксплуатационной характеристики деталей или сборочных единиц УСП с учетом их применения: для соединения элементов приспособлений; для установки агрегатных приводных устройств; для установки приспособлений на станок.

Технические требования к сборке УСП приведены в ГОСТ 31.111.42–83*:

1) Детали сборочных единиц УСП перед сборкой должны подвергаться очистке и промывке.

2) Соединение деталей при сборке должно быть выполнено без нарушения шероховатости обработанных поверхностей и изменения размеров сопрягаемых деталей.

3) Болты, винты и шпильки должны вворачиваться в детали на глубину не менее 1,25 диаметра.

4) При сборке не допускается подготовка деталей, применение прокладок, не предусмотренных рабочими чертежами, и прочих методов наращивания размеров деталей.

5) Применение сопрягаемых деталей в подвижных соединениях должно осуществляться плавно без люфтов и заеданий. Усилие при перемещении поршней в гидроцилиндрах, установленных без уплотнительных колец, не должно превышать 4,9 Н.

Конечная точность собранного приспособления складывается из точности соединяемых элементов, поэтому точность УСП является важнейшим показателем качества приспособления.

Погрешности сборки УСП можно разделить на две группы: размерные погрешности установочных и направляющих поверхностей приспособления (характеризуются отклонениями действительного размера от номинального) и погрешности формы и взаимного расположения установочных и направляющих поверхностей (точность координации).

Контроль параллельности плоскостей УСП производят при помощи поверочной плиты и измерительной головки (рис. 8.1, а, б); контроль параллельности оси отверстия и плоскости – по ГОСТ 22267–76*; контроль перпендикулярности плоскостей выполняют с помощью поверочной плиты и приспособления с измерительной головкой (рис. 8.2, б) или с помощью угольника с измерительной головкой (рис. 8.2, а), контроль углов – так, как на рис. 8.3, а контроль линейных размеров – как на рис. 8.4.

Расчет точности сборки приспособления производят после составления и анализа расчетной схемы приспособления по методике, приведенной в методических указаниях [8.1]. Расчет выполняют на ЭВМ.

8.3. Содержание работы

Техническое задание на проектирование и сборку приспособления выдает преподаватель.

1) Для обработки заданной преподавателем заготовки (см. приложение 1) составить расчетную схему приспособления и эскизный чертеж общего вида компоновки его из имеющегося в наличии комплекта деталей УСП, рассчитать усилие зажима заготовки.

2) Определить расчетным путем точность УСП.

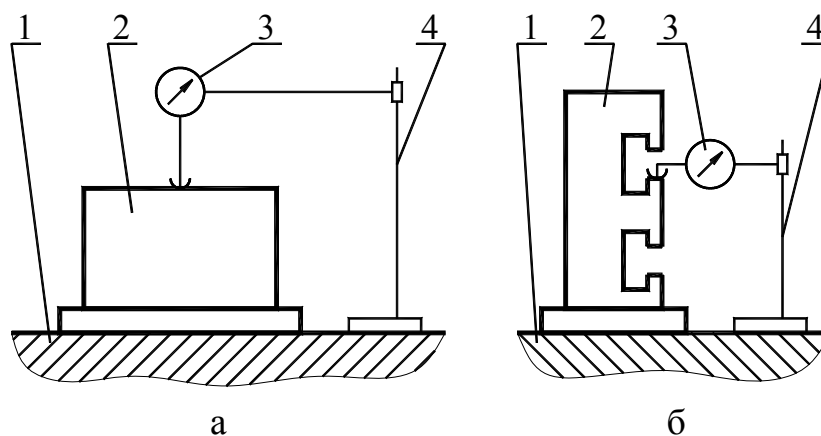


Рис. 8.1. Контроль параллельности плоскостей УСП при помощи плиты и измерительной головки: 1 – поверочная плита; 2 – УСП; 3 – измерительная головка; 4 – стойка

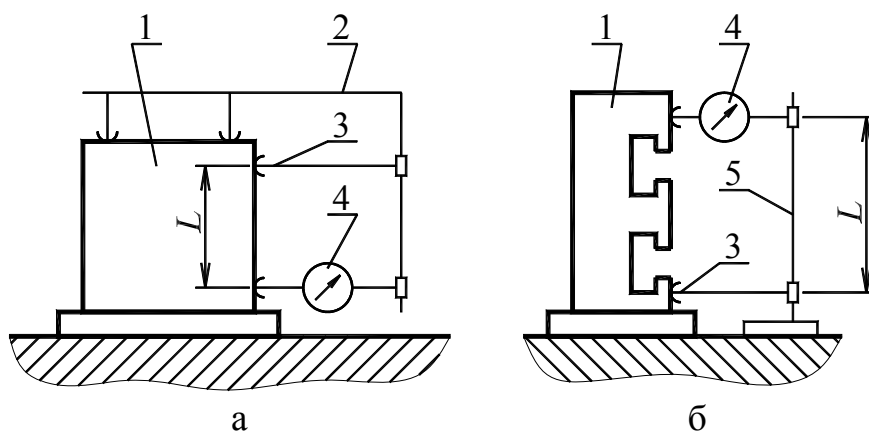


Рис. 8.2. Контроль перпендикулярности плоскостей УСП: а – с помощью угольника с измерительной головкой; б – с помощью поверочной плиты с измерительной головкой; 1 – УСП; 2 – угольник; 3 – упор; 4 – измерительная головка; 5 – стойка

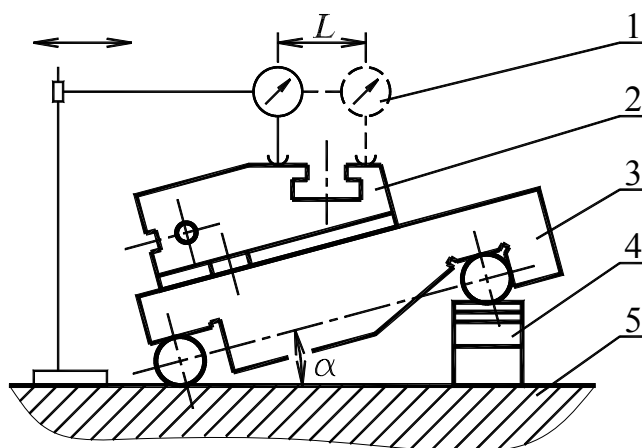


Рис. 8.3. Контроль углов УСП: 1 – измерительная головка; 2 – УСП; 3 – синусная линейка; 4 – плоскопараллельные концевые меры длины; 5 – поверочная плита

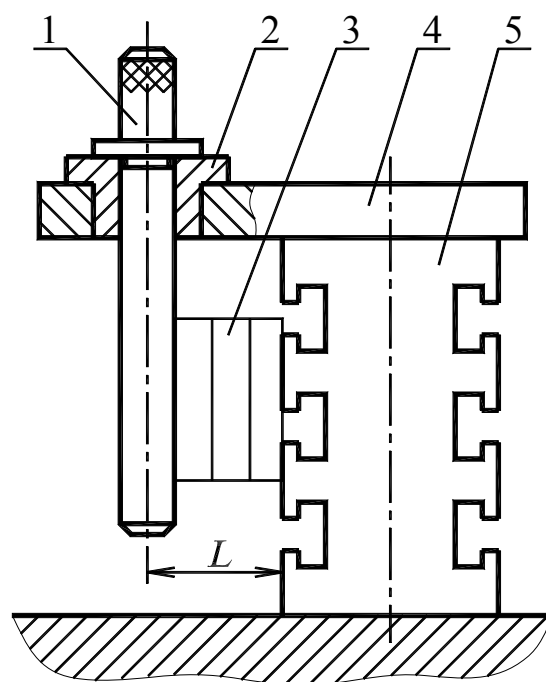


Рис. 8.4. Контроль линейного размера L между осью кондукторной втулки и плоскостью УСП; 1 – контрольный валик; 2 – кондукторная втулка; 3 – блок концевых мер длины; 4 – кондукторная плита УСП; 5 – УСП

3) Собрать УСП и определить с помощью измерительных средств фактическую точность приспособления и сравнить с расчетными значениями.

8.4. Техника безопасности при выполнении работы

При выполнении данной работы студенты должны особое внимание обратить на аккуратность и осторожность при обращении с собранными приспособлениями с целью предупреждения травмирования. Запрещается подъем и переноска приспособлений за незакрепленные части и заготовку.

8.5. Средства технологического оснащения

- Детали и узлы УСП, имеющиеся в лаборатории.
- Средства измерения точности УСП (индикаторные стойки, контрольные оправки и другие средства измерения).
- Заготовки, обрабатываемые в данных приспособлениях.
- Справочные материалы.

8.6. Техника выполнения работы

Разработку и проектирование приспособления производить в такой последовательности:

1) Выбрать и проанализировать схему установки заготовки. Схему установки следует выбирать такой, чтобы погрешности базирования заготовки по выдерживаемым размерам при ее обработке были минимальными или равными нулю.

2) Составить расчетную схему приспособления и рассчитать усилие зажима заготовки.

3) Разработать и оформить на миллиметровой бумаге эскизный чертеж общего вида компоновки приспособления: вычертить контур обрабатываемой заготовки в необходимом количестве проекций, расположенных на расстоянии, достаточном для дальнейшего нанесения деталей приспособления.

4) Вычертить контур установочных элементов приспособления (планки, штыри, призмы, оправки и т. д.) из числа имеющихся в лаборатории.

5) Вычертить контуры зажимного устройства (из имеющихся в лаборатории).

6) Вычертить направляющие детали приспособления, определяющие положение режущего инструмента (кондукторные втулки, установы и др.).

7) Нанести контуры базисного агрегата (базовой детали) УСП.

8) Проставить размеры, допуски и посадки на основные сопряжения деталей УСП, определяющие точность обработки, наладочные размеры, а также габаритные, контрольные и координирующие размеры с отклонениями, характеризующими расстояние между осями кондукторных втулок, пальцев и т. д.

9) Выполнить сборку УСП.

10) Рассчитать с помощью ЭВМ точность УСП по методике [8.1].

11) Определить фактическую точность УСП по размерам, влияющим на точность выдерживаемых размеров заготовки при ее обработке в приспособлении, и сравнить ее с расчетными значениями.

8.7. Содержание отчета

- Расчетная схема приспособления и расчет усилия закрепления.
- Эскиз компоновки УСП.
- Расчеты точности приспособления на ЭВМ (исходные данные, распечатка программы).
- Схема экспериментальной проверки технических требований на сборку УСП.
- Выводы по точности разработанной компоновки УСП.

8.8. Вопросы для самопроверки

1) В каком типе производства применяют универсально-сборные приспособления?

2) Как осуществляется фиксация элементов и узлов в УСП?

3) Из какого ряда нормальных размеров выбирают дополнительные детали УСП?

- 4) Каким образом должно быть выполнено соединение деталей при сборке УСП?
- 5) Какие серии УСП применяются?
- 6) От чего зависит продолжительность и качество сборки УСП?
- 7) Чем определяется точность УСП?
- 8) С помощью чего производят контроль отклонения от параллельности плоскостей УСП?
- 9) Для чего используют систему УСП?
- 10) На какую глубину в детали УСП должны вворачиваться крепежные детали?
- 11) Можно ли наращивать размеры деталей УСП при сборке?
- 12) Применяют ли в УСП направляющие элементы для режущего инструмента?
- 13) Каким образом должны быть расположены направляющие шпонки в УСП для установки его на стол станка?
- 14) Что может применяться в качестве установочных элементов для заготовки на УСП?
- 15) Как осуществляется закрепление заготовки на УСП?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 8.1. Гурьянихин, В. Ф. Проектирование приспособлений: методические указания к контрольной работе / В. Ф. Гурьянихин. – Ульяновск: УлПИ, 1987. – 40 с.
- 8.2. Гурьянихин, В. Ф. Проектирование приспособлений: методические указания к расчету приспособлений на ЭВМ для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / В. Ф. Гурьянихин, В. Г. Ромашкин. – Ульяновск: УлПИ, 1987. – 38 с.
- 8.3. Кузнецов, З. С. Универсально-сборные приспособления. Альбом монтажных чертежей / З. С. Кузнецов, В. А. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1974. – 156 с.
- 8.4. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 196 – 202.
- 8.5. ГОСТ 31.111.41–93. Система стандартов технологической оснастки. Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам. Основные параметры. Конструктивные элементы. Нормы точности. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
- 8.6. ГОСТ 31.111.42–83*. Система стандартов технологической оснастки. Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам. Технические требования. Методы контроля. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – М.: Изд-во стандартов, 1983.

9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

9.1. Цель работы

Освоение методики расчетно-экспериментального определения и исследования точности делительных приспособлений.

9.2. Общие положения

Делительные механизмы являются наиболее ответственными в делительных и поворотных приспособлениях, а также в приспособлениях, обеспечивающих позиционирование заготовки в различных плоскостях при обработке на станке или объекта при контроле и сборке. От их точности зависит точность деления при контроле, сборке или позиционной обработке заготовок.

Все делительные приспособления состоят из корпуса, поворотной части (диска), делительного механизма (фиксатора) и механизма зажима поворотной части. В ряде конструкций делительный механизм и механизм зажима заблокированы и управляются одной рукояткой. Количество делений (операций) определяется числом отверстий в подшипниковой (поворотной) части приспособления. Управление фиксаторами осуществляется вручную или автоматически.

В производстве встречаются делительные приспособления в виде универсальных делительных головок с механизмами мальтийского креста и с исполнением храповых механизмов, делительных столов, а также упрощенные делительные механизмы, которые менее универсальны, но более дешевы, жестки и надежны в эксплуатации.

Делительные головки отличаются от делительных столов тем, что установка и зажим заготовок в делительных головках обычно производятся с помощью центров (при наличии задней бабки), трехкулачковых патронов, цанг и других центрирующих устройств, монтируемых на шпинделе головки. На делительных столах обрабатывают более громоздкие и крупные заготовки или несколько заготовок одновременно, установка и зажим которых на поворотной части стола производится в специальных наладках (приспособлениях). Применяют головки и столы с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя.

К упрощенным делительным механизмам (фиксаторам) относят шариковый фиксатор, а также фиксаторы с цилиндрической, призматической и конической рабочей частью (рис. 9.1).

Шариковый фиксатор наиболее прост, но не обеспечивает точного деления и не воспринимает момента, создаваемого силами резания. Фиксатор с цилиндрической рабочей частью может воспринимать момент, но не обладает высокой точностью деления из-за наличия зазоров в подвижных соединениях. В точных делительных устройствах фиксаторы должны разгружаться от поперечных сил,

что повысит срок их службы. Поворотную часть приспособления в этом случае прижимают к неподвижной специальными устройствами, что способствует повышению жесткости системы в целом.

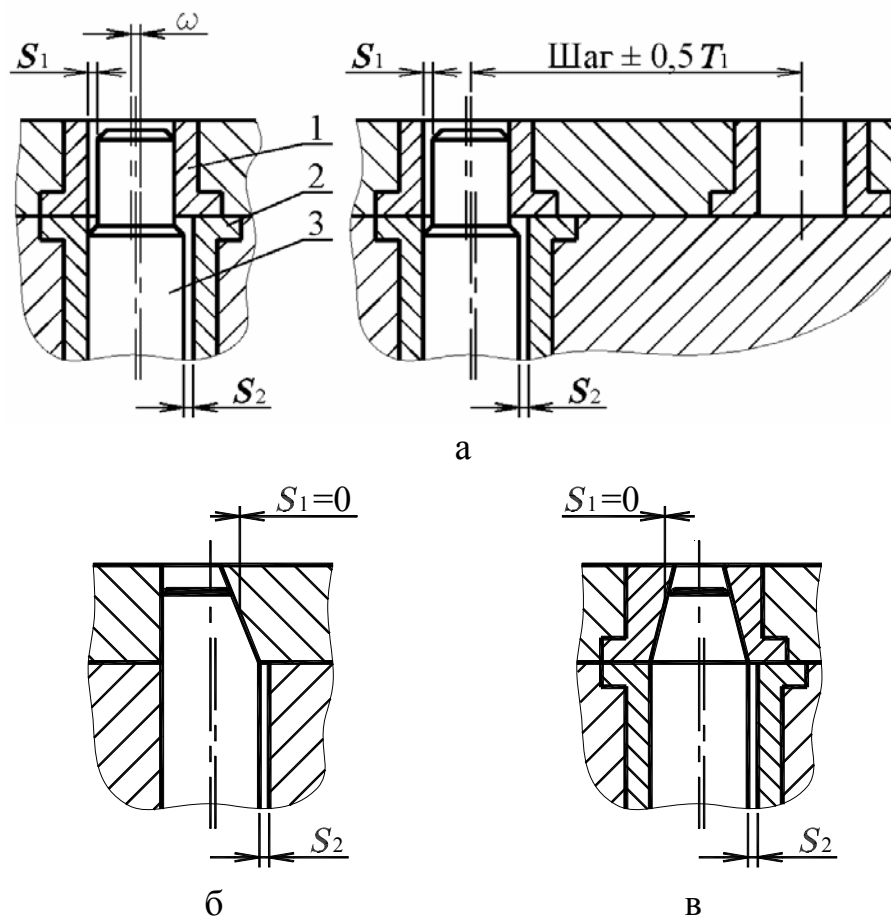


Рис. 9.1. Схемы работы фиксаторов: а – цилиндрического; б – призматического; в – конического

Точность работы делительных и поворотных приспособлений зависит от зазоров в направляющих фиксатора и цапфы. Наличие зазоров необходимо для сохранения свободной посадки в направляющих с перекрытием отклонений в расстояниях между осями втулок, а также между осью фиксатора и осью цапфы. Минимальная величина этих отклонений достигается расточкой отверстий под все втулки на прецизионных станках, обеспечивающих линейную точность до 0,005 мм.

Неточность радиальных расстояний между осями фиксирующих втулок и фиксирующего цилиндрического пальца может быть исключена, если рабочую часть пальца выполнить в виде ромба с большой осью, перпендикулярной радиусу окружности центров втулок.

Суммарная погрешность $\omega_{\text{ш}}$ шага (см. рис. 9.1, а), получаемая при делении и переносимая на обрабатываемую заготовку, зависит не только от допуска T_1 на расстояние между осями двух соседних фиксирующих втулок, но и от зазоров S_1 и S_2 в сопряжениях фиксатора 3 со втулками 1 и 2. Если учесть

возможный эксцентриситет e втулки, то зависимость суммарной погрешности шага между отверстиями обрабатываемой заготовки от погрешностей поворотного приспособления может быть выражена формулой

$$\omega_{\text{ш}} = S_1 + S_2 + T_1 + e. \quad (9.1)$$

Погрешность расстояния от фиксатора до центра вращения в формулу (9.1) не входит, так как перекрывается двусторонним срезом рабочей части фиксатора.

Делительные фиксаторы с цилиндрической рабочей частью (см. рис. 9.1) классифицируют в зависимости от точности сопряжения фиксатора с направляющей 2 и фиксирующей 1 втулками на три класса:

а) в делительных механизмах нормальной точности сопряжения фиксатора с направляющей 2 и фиксирующей 1 втулками выполняют по посадке $H7/g6$, допуск $T_1 \leq 0,03$ мм;

б) в точных делительных механизмах соответственно применяют посадку $H6/h5$ и $T_1 \leq 0,02$ мм;

в) в особо точных делительных устройствах зазоры в указанных выше сопряжениях не должны превышать 0,01 мм, а $T_1 \leq 0,015$ мм.

Для уменьшения влияния зазоров и повышения точности деления применяют фиксаторы с конической или призматической рабочей частью (см. рис. 9.1, б, в). В этом случае $S_1 = 0$. Однако при малейшем загрязнении фиксирующего гнезда сопряжение нарушается, и механизм не обеспечивает необходимую точность деления.

Для повышения точности делительного устройства необходимо по возможности максимально удалять ось фиксаторов от оси поворота приспособления. Чем больше расстояние между этими осями, тем меньше угловая погрешность поворота.

Фиксаторы выполняют из стали 45 (HRC_3 , 40 – 45) и стали 20X, цементированной и закаленной до твердости HRC_3 , 55 – 60.

В приспособлениях для обработки тяжелых заготовок вращение поворотной части осуществляется при помощи электродвигателей, пневматических или гидравлических силовых приводов. Для гашения в конце деления инерционных сил применяют тормозные устройства, сблокированные с системой силового привода и фиксатора.

В отдельных конструкциях поворотные части больших диаметров (столы, барабаны) имеют постоянно действующие тормозные устройства в виде фрикционных колодок или лент, натяжное устройство которых отрегулировано на определенный тормозной момент.

Типовые конструкции фиксаторов приведены в [9.1].

9.3. Содержание работы

1) Изучить конструктивные схемы делительных приспособлений и конструкцию станка для проведения исследований.

2) Рассчитать и экспериментально определить погрешности делительных приспособлений с цилиндрическим и шариковым фиксаторами.

3) Установить класс точности делительных приспособлений и область их применения.

9.4. Техника безопасности при выполнении работы

Выполняя работу, студент должен быть внимательным при закреплении и откреплении заготовки гаечным ключом, а также при фиксации ее положения с помощью цилиндрического или шарикового фиксатора. Зажим и открепление заготовки следует производить ключом, соответствующим размеру гайки, во избежание срыва ключа и травмирования рук. Применение излишнего усилия не допускается.

До начала работы на большом инструментальном микроскопе (БМИ) проверить исправность электрооборудования (трансформатора, вилок и т. д.). Не включать осветительное устройство прибора, пока лаборант или преподаватель не проверит правильность схемы включения его в электрическую сеть.

Закончив работу на приборе, проверить отключение его осветительных устройств.

При имитации «обработки» заготовок с помощью делительного приспособления не допускается размещение пальцев рук в зоне нанесения «меток» (накернений).

9.5. Средства технологического оснащения

- Настольно-сверлильный станок НС-12.
- Делительные приспособления с цилиндрическим фиксатором и с шариковым фиксатором; делительный стол с лимбом.
- Большой инструментальный микроскоп БМИ.
- Набор зажимных планок, болтов и образцов.
- Центр упорный, оснащенный твердым сплавом.

9.6. Техника проведения эксперимента

1) Изучить конструкцию и работу делительных приспособлений с цилиндрическим и шариковым фиксатором; делительного стола, установленных на станке сверлильного станка.

2) Сцентрировать и закрепить заготовку (фланец) на рабочей поверхности делительного приспособления.

3) С помощью лимбов стола или вручную установить положение твердосплавного центра, находящегося в шпинделе станка, на определенном радиусе (диаметре) заготовки.

4) Для каждого из делительных приспособлений произвести 5 – 6 делений (рис. 9.2), нанося при этом с помощью твердосплавного центра легкие

накернения на поверхность заготовки по окружности заданного радиуса, имитируя процесс обработки. Угол поворота заготовки одинаков для всех приспособлений и определяется по расстоянию между осями двух ближайших отверстий на делительном диске приспособления.

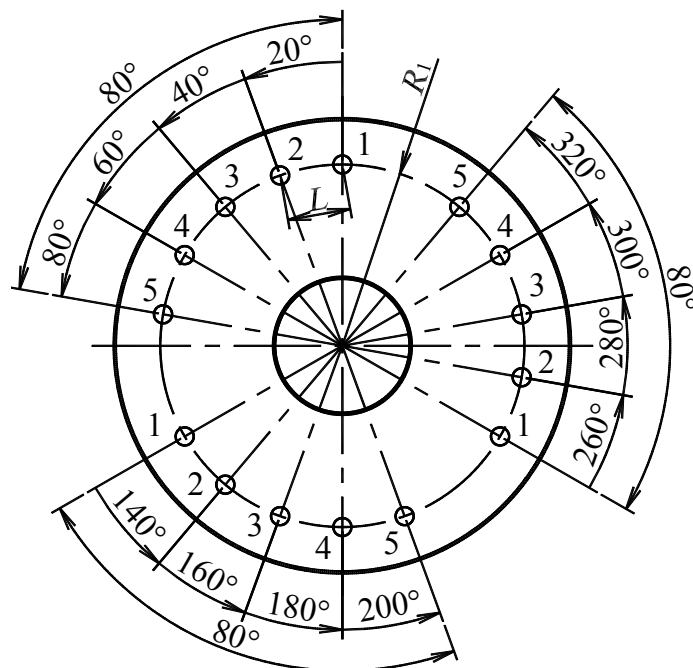


Рис. 9.2. Принципиальная схема эксперимента

5) Общее число предполагаемых равномерно расположенных по окружности накернений для всех приспособлений должно быть одинаковым, а радиусы окружностей приблизительно равными.

6) Измерить расстояние между соседними накернениями с помощью большого инструментального микроскопа БМИ с точностью $\pm 0,005$ мм.

7) Полученные результаты занести в протокол по форме табл. 8.1.

9.7. Обработка экспериментальных данных

По данным табл. 9.1 рассчитывают поле рассеивания размеров.

$$\omega = A_{i_{\max}} - A_{i_{\min}}.$$

Рассчитывают точность делительного приспособления с цилиндрическим фиксатором.

В соответствии с принятыми посадками цилиндрического фиксатора в направляющей и фиксирующей втулках, при заданном эксцентриситете e , по формуле (9.1) определить допуск T_1 на расстояние между осями двух соседних фиксирующих втулок. При этом суммарную погрешность шага $\omega_{\text{ш}}$ приравнивают значению поля рассеивания ω по табл. 9.1.

По значению величины T_1 определяют класс точности делительного фиксатора с цилиндрической рабочей частью.

Таблица 9.1

Определение погрешностей шага между осями отверстий заготовки
в зависимости от типа фиксатора

Тип делительного приспособления и фиксатора	Измеряемый размер между точками (центрами)	Фактический размер A_i , мм	Поле рассеивания ω , мм
С цилиндрическим фиксатором	1 – 2		
	2 – 3		
	3 – 4		
	4 – 5		
И т. д.			

Аналогичный расчет производят для других типов фиксаторов.

Для призматического и конического фиксаторов в формуле (9.1) можно принять $S_1 = 0$.

9.8. Содержание отчета

- Принципиальная схема установки.
- Конструктивные и расчетные схемы делительных механизмов, используемых в работе.
- Протокол экспериментальных данных, расчеты точности.
- Выводы по работе.

9.9. Вопросы для самопроверки

- 1) По какой посадке устанавливается фиксатор в фиксирующей втулке?
- 2) К какой погрешности относится точность деления?
- 3) Какой фиксатор обеспечивает наибольшую точность деления?
- 4) Из каких материалов изготавливают фиксаторы?
- 5) Каковы основные недостатки конических фиксаторов?
- 6) К какой части делительного приспособления жестко крепится фиксатор?
- 7) Для чего применяют срезанный ромбический фиксатор?
- 8) Каким образом добиваются уменьшения угловой погрешности поворота стола приспособления?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 9.1. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 174 – 183; 567 – 576.
- 9.2. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 166 – 172.
- 9.3. Андреев, Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высш. шк., 1999. – 415 с.

10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ

10.1. Цель работы

Освоение методики расчетно-экспериментальной оценки точности позиционирования и определения погрешности установки заготовок в приспособление промышленным роботом (ПР), а также приобретение практических навыков настройки работы ПР по заданной программе.

10.2. Общие положения

Универсальность промышленных роботов делает возможным их широкое применение для автоматизации вспомогательных технологических операций: погрузки, разгрузки, установки и снятия заготовок (деталей, сборочных единиц) с технологического оборудования при металлообработке, сборке, прессовании, сварке, литье и т. п.

При обслуживании металлорежущих станков ПР выполняют следующие вспомогательные операции: установку и снятие заготовок в рабочей зоне станка с укладкой их на конвейер, в ориентирующий магазин и т. п.; контроль размеров заготовок и обработанных деталей; очистку базовых поверхностей деталей, заготовок и фиксирующих приспособлений станка от грязи и стружки; проверку правильности базирования и фиксации заготовок в зажимных приспособлениях станка; смену схватов, а также режущего и вспомогательного инструмента. ПР может осуществлять поиск, опознание заготовки и перебазирование ее в процессе обработки. При обслуживании группы станков ПР обеспечивает межстаночное транспортирование заготовок [10.1].

К технологическим факторам, учитываемым при разработке и выборе роботизированных технологических комплексов (РТК), относят вид заготовки, вид технологического оборудования и технологической оснастки (приспособлений, инструмента); определение структуры времени технологических операций и процессов, функций рабочих. Выявляются следующие характеристики заготовок: масса, вид заготовки (прокат, штамповка, отливка и т. д.), материал, точность заготовок, конфигурация, габаритные размеры; изменение массы заготовки от одной операции к другой. Эти данные позволяют оценить возможность применения той или иной модели робота по грузоподъемности, точность позиционирования, точность установки заготовок в приспособление, определить размерные параметры рабочей зоны, тип систем управления промышленным роботом. При этом разрабатывают требования к изменению конструкции заготовки, наиболее удовлетворяющие условиям подачи, накопления и вывода детали или заготовки из РТК.

При сборке ПР может выполнять следующие функции: точную ориентацию объекта на сборочной позиции; соединение и фиксацию сборочной единицы; контроль годности деталей для сборки (собираемости) и правильность относительного положения сопрягаемых деталей; разгрузку и первоначальную транспортировку со сборочной позиции готового изделия.

Конфигурация деталей, поступающих на сборку, должна гарантировать необходимую их ориентацию в питающих устройствах, магазинах и позиционерах. Поэтому при роботизации сборки, как правило, остается необходимость в базирующих устройствах, используемых для фиксации базовой детали, и предъявляются более жесткие требования по точности позиционирования захвата. Например, при свинчивании болта с гайкой точность позиционирования захвата должна быть в пределах $\pm 0,025$ мм.

Таким образом, схема базирования, точность позиционирования ПР, точность установки заготовок в приспособление станка или сборочной позиции автомата имеют важное значение при создании и эксплуатации РТК, так как в значительной степени определяют выбор технологического оборудования, самого ПР и технологической оснастки.

В данной лабораторной работе исследуют точность установки заготовок (деталей) в приспособление с помощью циклового (жесткопрограммируемого) промышленного робота ПР5-2Э.

10.2.1. Промышленный робот ПР5-2Э

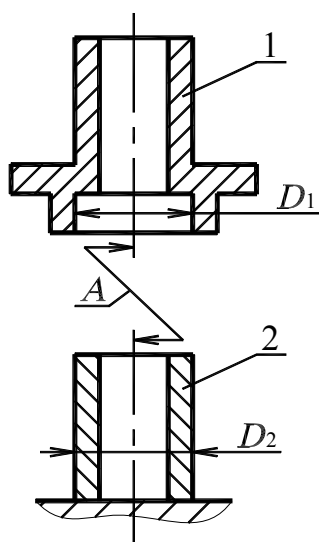
Робот предназначен для выполнения сборочных, вспомогательных и других операций, а также функций управления в составе РТК и относится к цикловым ПР.

Техническая характеристика ПР5-2Э:

- 1) Вид привода – пневматический.
- 2) Управление – цикловое по временному принципу, осуществляется программируемым микроконтроллером через блок пневмораспределителей. Программа вводится в запоминающее устройство микроконтроллера путем последовательного набора команд на клавиатуре пульта управления.
- 3) Грузоподъемность, Н – 1,6
- 4) Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм – $\pm 0,1$
- 5) Число степеней подвижности – 3
- 6) Диаметры захватываемого предмета, мм
 - минимальный – 28
 - максимальный – 32
- 7) Расход сжатого воздуха, м³/ч, не более – 1500
- 8) Потребляемая мощность, Вт, не более – 150
- 9) Масса, кг, не более:

– манипулятора	– 7,0
– захватного устройства	– 0,15
– блока пневмораспределителей	– 6,0
– микроконтроллера	– 10,0
10) Габаритные размеры, мм, не более	
– манипулятора	– $425 \times 270 \times 270$
– захватного устройства	– $79 \times 54 \times 40$
– блока пневмораспределителей	– $385 \times 100 \times 10$
– микроконтроллера	– $400 \times 275 \times 170$
11) Средняя наработка на отказ, ч ($2,5 \times 10^6$ циклов при частоте 1200 циклов в час)	– 2100
12) Средний срок службы до списания или капитального ремонта, лет	– 5

Цикловые ПР применяют преимущественно при дифференцированной сборке, например, соединений типа «вал-втулка». Элементарную операцию сборки такого соединения выполняют с помощью такого ПР, как правило, по одной из трех схем:



а) вал переносится схватом на позицию сборки, где освобождается, и под действием силы тяжести входит в отверстие;

б) манипулятор (ПР) транспортирует собираемые детали или одну из них на позицию сборки, а толкатель сборочного автомата посылает ее до упора;

в) манипулятор удерживает вал в процессе сопряжения, так как в общем случае при этом не удастся достичь необходимой соосности деталей, сборочный ПР снабжают податливыми звеньями (в сборочной головке, схвате, инструменте).

Для выбора той или иной схемы и возможности осуществления сборки ПР важно знать точность позиционирования схвата по управляемым осям и первоначальную (исходную) несоосность детали 1 и 2 для ее компенсации (рис. 10.1).

Рис. 10.1. Эскиз собираемой сборочной единицы

10.2.2. Экспериментальная установка

Экспериментальная установка (рис. 10.2) включает промышленный робот 6 (ПР5-2Э), электромагнитную плиту 4, два индикатора часового типа 8 с ценой деления 0,001 мм, закрепленные в стойках 7, смонтированные на нерабочих поверхностях базирующего устройства 7 (призмы). Партия заготовок 5 находится в накопителе 3. Фиксация измерительных стержней индикаторов 8 производится с помощью ограничителей хода 2.

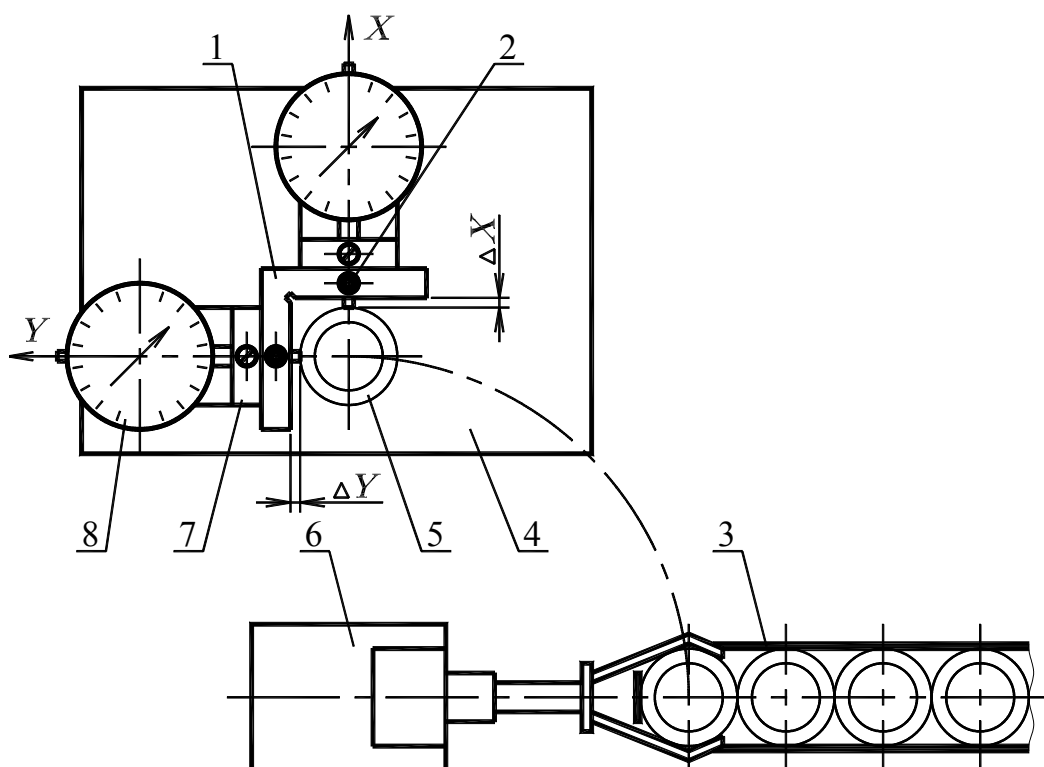


Рис. 10.2. Схема лабораторной установки: 1 – призма; 2 – ограничитель; 3 – накопитель; 4 – электромагнитная плита; 5 – заготовка; 6 – робот ПР5-2Э; 7 – стойка; 8 – индикатор часового типа

Установка работает следующим образом. По составленной программе робот 6 устанавливает заготовки 5 на электромагнитную плиту 4 таким образом, чтобы центр заготовки совпадал с началом системы координат XOY плиты. Погрешность установки (базирования) заготовки намеряется индикатором 8 автономно по осям X и Y при включенной электромагнитной плите (при зафиксированном положении заготовки).

10.3. Содержание работы

1) Изучить устройство и работу экспериментальной установки и промышленного робота ПР5-2Э.

2) Используя команды программирования (приложение 2), составить программу работы робота 6 и ввести ее в микроконтроллер.

3) Составить расчетную схему приспособления, рассчитать и определить экспериментально погрешность установки заготовки в приспособление, рассчитать силу зажима заготовки на электромагнитной плите при усилии измерения индикатором 2 Н; исследовать точность позиционирования схвата робота при установке заготовок в приспособление с обработкой результатов исследований на ЭВМ.

10.4. Техника безопасности при выполнении работы

1) Категорически запрещается самостоятельная работа, студентов на экспериментальной установке в отсутствие учебного мастера или преподавателя.

2) При эксплуатации промышленного робота должны соблюдаться требования безопасности по «Правилам устройства электроустановок» ГОСТ 12.2.007.11–75*, ГОСТ 12.1.019–79*, ГОСТ 12.3.001–85*, а также указания мер безопасности по эксплуатации микроконтроллера программируемого МКП-1.

3) Вентили, задвижки, краны в магистрали сжатого воздуха должны быть в полной исправности и обеспечивать возможность быстрого и надежного прекращения доступа воздуха к роботу.

4) Запрещается без необходимости:

- трогать и регулировать (настраивать) аппаратуру на заданное давление;
- находиться в зоне работы манипулятора;
- производить наладку, обслуживание робота при включенном давлении воздуха в системе и включенном электрическом напряжении; присоединять или разъединять пневмолинии;
- не допускается выключать подачу воздуха посредством перегибов гибких пневмолиний.

5) Перед пуском робота необходимо:

- проверить правильность пневмо- и электросоединений;
- проверить надежность заземления;
- освободить пространство у манипулятора от посторонних предметов;
- проверить наличие предусмотренных ограждений и надежность их закрепления;
- проверить правильность настройки регулирующей аппаратуры на заданный режим обслуживания ПР; проверить работу робота в режиме «ручной».

6) После окончания работы робот должен быть отключен, а студенты обязаны привести в порядок рабочую зону экспериментальной установки и сдать ее учебному мастеру или преподавателю.

10.5. Средства технологического оснащения

- Специальная установка на основе промышленного робота (см. п. 10.2.2).
- Партия заготовок 20 – 30 шт. одинакового диаметра.
- Пакет прикладных программ «*Microsoft Office Excel*» для ЭВМ «*Pentium*».

10.6. Техника выполнения работы

1) Изучить содержание лабораторной работы, экспериментальную установку, инструкцию по эксплуатации ПР (см. прил. 2); вычертить расчетную схему приспособления.

2) Запрограммировать ПР на установку заготовки в начало системы координат ХОУ электромагнитной плиты (см. рис. 10.2).

3) Загрузить партию заготовок 20 – 30 шт. в накопитель.

4) Выставить индикаторы на «Нуль», отвести измерительные наконечники из зоны измерения и зафиксировать их.

5) Включить ПР и выполнить установку заготовки из накопителя в базирующее устройство на магнитной плите.

6) После загрузки заготовки в приспособление включить электромагнитную плиту и зафиксировать положение заготовки.

7) Расстопорить индикаторы и снять их показания ΔX и ΔY по осям X и Y (см. рис. 10.2).

Полученные данные занести в протокол, выполненный по форме табл. 10.1 (по осям X и Y).

Таблица 10.1

Результаты измерений точности позиционирования
схвата робота при установке заготовок

Наблюдения	Показания индикатора по оси, мм	$X_i - X_0$	$\bar{X} - X_i$	$(\bar{X} - X_i)^2$	σ
1					
2					
3					
...					
30					

Примечание: X_0 – значение «условного нуля»; X_i – результаты измерений; $(X_i - X_0)$ – отклонение результатов измерений от «условного нуля»; $\bar{X}$ – среднее

арифметическое; $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2 \cdot p(X_i)}{n - 1}}$ – средняя квадратическая ошибка:

10.7. Обработка экспериментальных данных

По данным табл. 10.1 строят гистограмму распределения погрешностей позиционирования по осям X и Y . Число интервалов при числе опытов 25 – 30 принимают 5 – 7. Обработку результатов измерений можно выполнить с помощью пакета прикладных программ «Microsoft Office Excel» для ЭВМ «Pentium».

Определяют погрешность установки заготовки в приспособление по формуле

$$\omega_y = \omega_{нб} + \omega_z + \omega_{п}.$$

где $\omega_{\text{нб}}$ – погрешность несовмещения баз, мм; ω_3 – погрешность закрепления, мм; $\omega_{\text{п}}$ – погрешность приспособления, мм.

Анализируют составляющие погрешности установки применительно к установке заготовок в приспособление ПР; устанавливают допустимую величину первоначальной несоосности, например, для сборки деталей согласно чертежу (см. рис. 10.1) или область применения ПР.

Согласно расчетной схеме приспособления определяют силу закрепления заготовки на магнитной плите по формуле (4.1) или (4.2) и надежность закрепления заготовки. Усилие измерительного наконечника индикатора принимают в пределах 2 – 2,5 Н.

По результатам исследования и расчетов делают обобщающие выводы.

10.8. Содержание отчета

- Расчетная схема установки.
- Протоколы результатов исследований.
- Расчеты, гистограммы распределения погрешностей позиционирования по осям X и Y экспериментальной установки.
- Выводы по работе.

10.9. Вопросы для самопроверки

- 1) Какие поверхности деталей следует принимать в качестве технологических баз при автоматической сборке?
- 3) Какие функции может выполнять ПР при обслуживании металлорежущих станков?
- 4) Из чего складывается погрешность установки заготовки в приспособлении?
- 5) В каких пределах должна находиться точность позиционирования захвата работа при выполнении соединения «болт – гайка»?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 10.1. Козырев Б. Г. Роботизированные производственные комплексы / Б. Г. Козырев, А. А. Кудинов и др.; под редакцией Д. Г. Козырева, А. А. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
- 10.2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т.1. / под редакцией А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
- 10.3. Лабораторные работы по технологии машиностроения. Ч. 1. Основы технологии машиностроения / М. А. Белов, А. Н. Унянин, Ю. В. Псигин, О. Г. Крупенников; под общ. ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 1997. – 148 с.
- 10.4. Мишкинд, С. И. Автоматизация сборочных процессов с помощью промышленных роботов. Обзор / С. И. Мишкинд. – М.: НИИмаш, 1980. – 72 с.

ПРИМЕРЫ ЗАГОТОВОК, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ В УСП

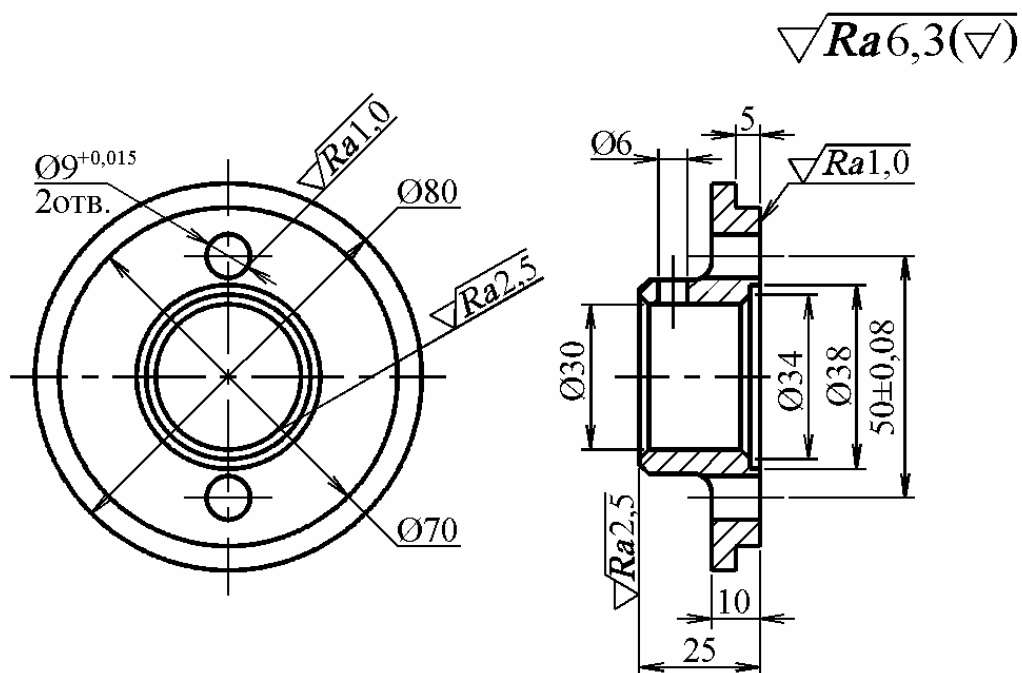


Рис. П.1.1. Фланец; материал – сталь 45

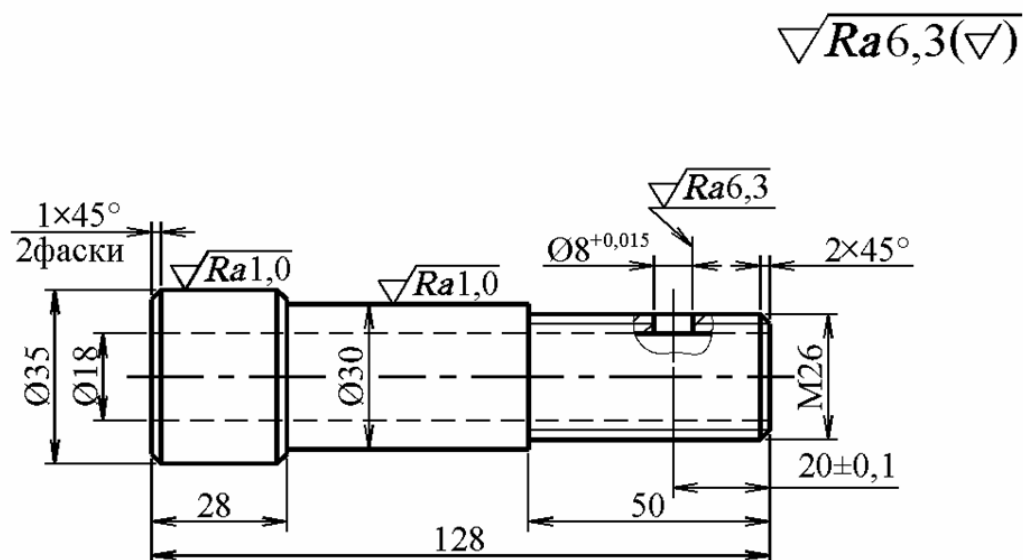


Рис. П.1.2. Вал; материал – сталь 45

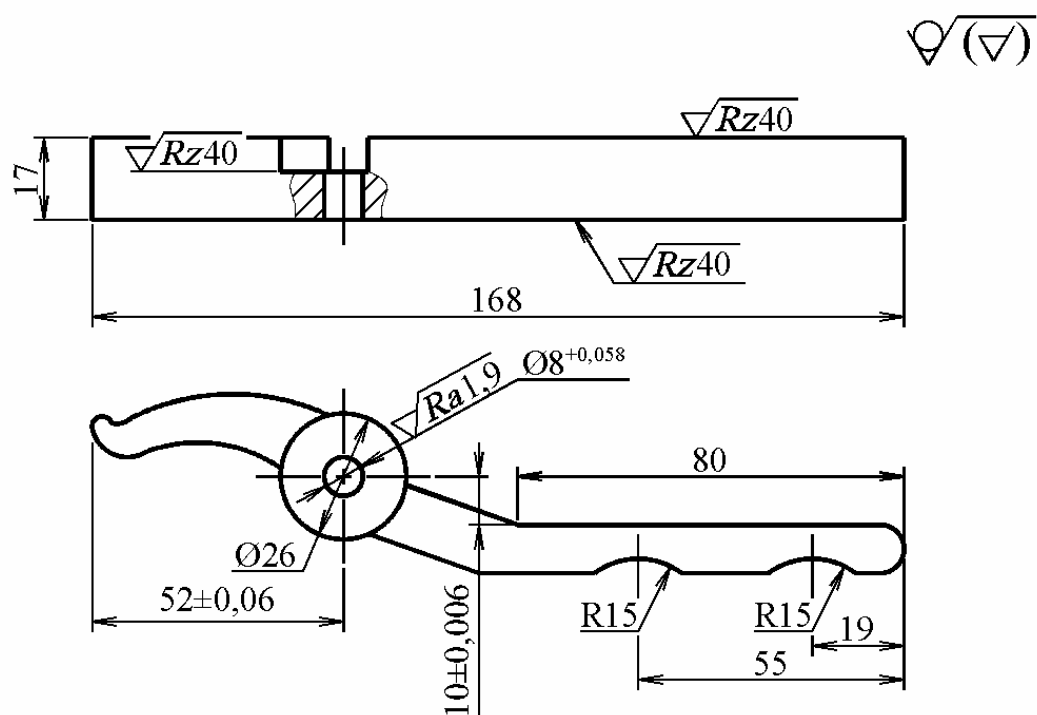


Рис. П.1.3. Рычаг; материал – АЛ 9

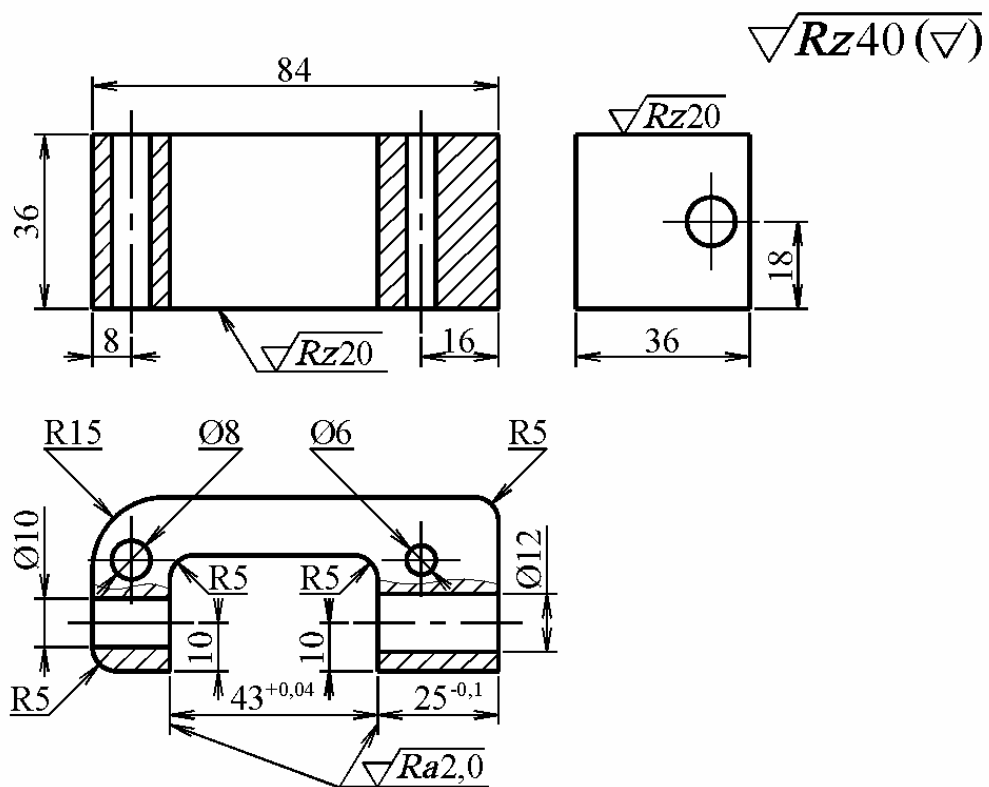


Рис. П.1.4. Кронштейн; материал – сталь 45

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ПР5-2Э

1. Назначение

Робот предназначен для выполнения сборочных, вспомогательных и других операций, а также функций управления в составе робототехнических комплексов в приборостроении. Привод – пневматический. Управление – цикловое по временному принципу, осуществляется программируемым микроконтроллером МКП-16-0,5 через блок пневмораспределителей. Программа вводится в запоминающее устройство микроконтроллера путем последовательного набора команд на клавиатуре пульта управления. Система команд для различных модификаций робота меняется.

2. Режимы работы микроконтроллера

Микроконтроллер работает в следующих режимах:

- 1) Ручное управление, то есть под управлением команд, поданных с пульта управления.
- 2) Автоматическое управление, то есть с помощью программы, записанной в память рабочих программ.
- 3) Пошаговое выполнение программ.
- 4) Программирование – запись в память рабочих программ.
- 5) Просмотр программ – вывод на индикацию содержимого памяти рабочих программ.

Ввод и отладка программы, управление режимами работы осуществляется с клавиатуры встроенного пульта управления.

Отображение информации выводится на однострочном дисплее и светодиодных индикаторах пульта управления.

3. Порядок составления программ

Для составления программы выбирают оптимальный вариант работы робота. Далее задают перемещения и устанавливают выдержки времени.

Используя данные табл. П2.1, оформляют программу, которую проверяет преподаватель.

4. Пуск робота в автоматическом режиме

- 1) Включить микроконтроллер и блок пневмораспределителей в сеть 220 В.

Таблица П2.1

Система команд робота ПР5-2Э

Формат команды	Содержание команды
0500	Включение захвата
0600	Отключение захвата
0501	Выдвижение захвата
0601	Втягивание захвата
0502*	Поворот робота
0602	Возврат в исходное положение
0503	Подъем робота
0603	Опускание робота
0504**	Установка дополнительного упора
0604***	Отключение упора
070А	Выдержка времени. Команда задержки выполнения программы на время $T = 0,1$ с
0900	Возвращение к началу программы

Примечания: * Для ПР-5-23-5.4 поворот заменен линейным перемещением.

** Только для ПР2-5-23-13. Упор устанавливается только перед отработкой команды «0502». *** Только для ПР6-23-13.4.3. Упор обязательно убирается перед повторной отработкой команды «0502».

2) Нажать кнопку «Сеть» на микроконтроллере и визуально убедиться в работоспособности микроконтроллера. После включения в сеть микроконтроллера он автоматически устанавливается в режим «Ручное управление».

3) Перевести микроконтроллер в режим «Программирование» путем одновременного нажатия клавиш «Р» и «3».

4) Ввести программу в память с пульта управления. При вводе информация на индикаторе записывается слева направо. После записи одной команды следует нажать любую клавишу. При этом погаснет правая часть индикатора, а адрес команды увеличится на единицу. Одновременно микроконтроллер приготовится к приему очередной команды. После записи всей программы нажать кнопку «Сбр». Микроконтроллер перейдет в режим «Ручное управление».

5) Включить подачу сжатого воздуха.

6) Перевести микроконтроллер в режим «Автоматическое управление» нажатием клавиш «Р» и «0», при этом робот начнет работу по программе.

7) Остановка робота осуществляется нажатием кнопки «Сбр».

8) Для продолжения работы вернуть робот в исходное положение путем набора и отработки команд 0601, 0603, 0602 и действовать далее согласно п. 4.6.

5. Пуск робота в ручном режиме

- 1) Отработать п. 4.1, 4.2, 4.5.
- 2) На пульте управления набрать команду согласно табл. П2.1.
- 3) При дальнейшем нажатии любой клавиши происходит отработка команды. Индикатор при этом гаснет. Робот готов к приему следующей команды.

6. Просмотр программы

Режим «Просмотр программы» позволяет контролировать управляющую программу, записанную в режиме «Программирование», путем последовательного просмотра кодов команд в направлении увеличения или уменьшения значения счетчика команд «СК».

Для включения режима «Просмотр команд» нажмите клавишу режима «Р» и, не отпуская ее, клавишу «4», если просмотр идет в направлении увеличения, и клавишу «5», если просмотр идет в направлении уменьшения адресов управляющей программы.

Просмотр осуществляется путем нажатия любой клавиши на панели микроконтроллера. При каждом нажатии клавиши на экране появляется очередная команда программы.

После просмотра всей программы нажать кнопку «Сбр». Микроконтроллер перейдет в режим «Ручное управление».

7. Пуск робота в режиме «Пошаговый»

- 1) Отработать п. 4.1 – 4.5.
- 2) Перевести микроконтроллер в режим «Пошаговый» нажатием клавиши режима «Р», не отпуская клавишу режима «Ш». На дисплее отражаются код и адрес соответствующей команды управляющей программы.
- 3) Нажатие любой информационной клавиши приводит к выполнению записанной команды и, по окончании выполнения, выводу на дисплей адреса и кода следующей команды управляющей программы. Это позволяет оператору выполнить управляющую программу, записанную в режиме «Программирование», в необходимом ему темпе и использовать этот режим как отладочный.
- 4) После пошагового выполнения всей программы нажать кнопку «Сбр». Микроконтроллер перейдет в режим «Ручное управление».

Учебное издание

ГУРЬЯНИХИН Владимир Федорович, ЕВСТИГНЕЕВ Алексей Дмитриевич

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебное пособие

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 25.06.2006.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. п. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,00. Тираж 150 экз. Заказ .

Ульяновский государственный технический университет

432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32

Типография УлГТУ. 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32