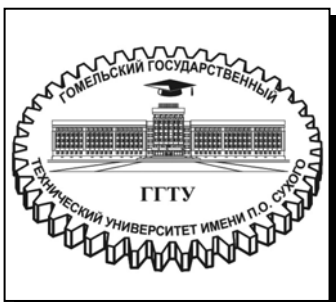




Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей 1-36 01 01
«Технология машиностроения» и 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2025

УДК 621.9.06-229(075.8)
ББК 34.4-5я73
Т38

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 20.06.2023 г.)*

Составитель *Е. М. Акулова*

Рецензент: доц. каф. «Мобильные и технологические комплексы» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *В. Б. Попов*

Технологическая оснастка : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» днев. и заоч. форм обучения / сост. Е. М. Акулова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – 44 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 2 Gb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; ALT Linux 10.1 ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана

Предназначен для закрепления студентами теоретических знаний и приобретения умений и практики в области расчета и проектирования современной технологической оснастки. Описаны используемые в работах экспериментальные средства и лабораторные установки, а также изложены методики экспериментальных исследований.

Для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.9.06-229(075.8)
ББК 34.4-5я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2025

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум разработан в соответствии с образовательным стандартом и учебным планом по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» для студентов дневной и заочной формы обучения высших учебных заведений.

Работы, включенные в практикум, посвящены обеспечению точности обработки деталей в приспособлениях, выявлению факторов, определяющих точность установки, базирования или закрепления заготовок в приспособлениях, освоению методов расчета и экспериментального определения указанных погрешностей.

Цель данного лабораторного практикума – способствовать лучшему усвоению студентами теоретического материала и привить навыки проведения научных экспериментов, которые позволяют закрепить теоретические основы проектирования приспособлений, их систем и типовых конструкций, а также овладеть соответствующими навыками их расчета.

Лабораторный практикум охватывает основные разделы курса «Технологическая оснастка»: изучение и расчет приспособлений, исследование зажимных устройств и точности технологической оснастки.

Представленный материал в практикуме дает возможность студентам самостоятельно и без особых трудностей разобраться в сложных вопросах расчета технологической оснастки и выполнить лабораторные работы по дисциплине «Технологическая оснастка».

Методические положения, содержащиеся в практикуме, позволят студентам научиться использовать техническую литературу и стандарты, видеть взаимосвязь между чертежом и технологией проектирования и изготовления, применять теоретический материал на практике.

Лабораторные работы выполняются на специальном оборудовании, предусматривающем применение металлорежущих станков, стандов, специальных и универсальных приспособлений, измерительных приборов и инструментов. Перечень оборудования и оснастки приводится в каждой лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Определение погрешностей базирования при установке цилиндрических заготовок в призме

Цель работы: исследование влияния допуска на изготовление или погрешности диаметрального размера заготовки и угла призмы на погрешность базирования при установке цилиндрических заготовок в призме и анализ способов уменьшения этой погрешности.

1 Основные положения

При установке партии цилиндрических заготовок с диаметральным размером D_{-T}^0 в призме (рисунок 1.1) погрешности базирования при обработке поверхностей с размерами, проставленными на чертеже от разных конструкторских баз, на настроенном станке будут определяться по следующим формулам:

– для размеров, проставленных от нижней точки цилиндрической поверхности

$$\varepsilon_{Bh} = \frac{T}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad (1.1)$$

– для размеров, проставленных от оси цилиндрической поверхности

$$\varepsilon_{Bc} = \frac{T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1.2)$$

– для размеров, проставленных от верхней точки цилиндрической поверхности

$$\varepsilon_{Ba} = \frac{T}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right), \quad (1.3)$$

где $\varepsilon_{Bh}, \varepsilon_{Bc}, \varepsilon_{Ba}$ – погрешность базирования при обработке (измерении) размеров h, c, a (рисунок 1.1, a); T – допуск на диаметр D заготовки; α – угол призмы.

После рассеяния ω любого выдерживаемого размера, как и суммарная погрешность обработки Δ_{Σ} , определяется суммой первичных погрешностей, присущих данным условиям обработки, и они не

должны превышать величину допуска этого размера. Для размера h эти условия запишутся выражением:

$$\Delta_{\Sigma h} = \omega_h = \sum_{i=1}^n \Delta_i \leq T_h, \quad (1.4)$$

где $\Delta_{\Sigma h}$ – суммарная погрешность обработки выдерживаемого размера h ; ω_h – поле рассеивания размера h ; Δ_i – первичные погрешности обработки (измерения), включающие субъективные ошибки рабочего и контролера; n – общее количество первичных погрешностей; T_h – поле допуска размера h .

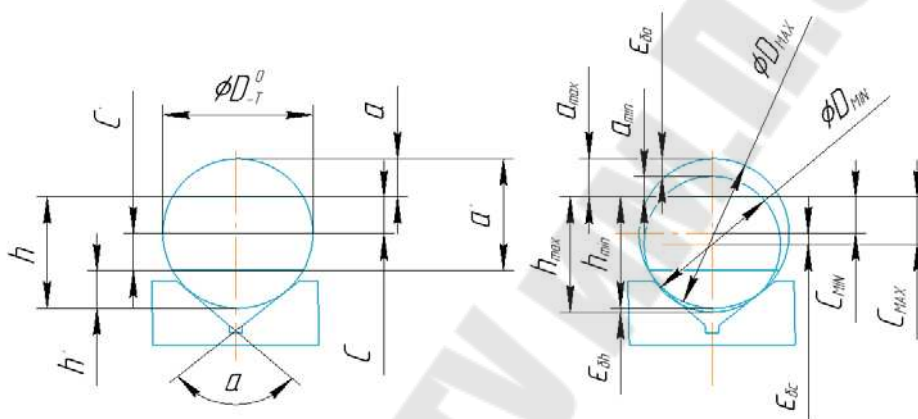


Рисунок 1.1 – Схема образования погрешностей базирования $\epsilon_{Bh}, \epsilon_{Bc}, \epsilon_{Ba}$

Для достижения цели, поставленной в лабораторной работе следует задаться следующими допущениями, которые помогут выделить влияние погрешности базирования на поле рассеивания ω_h :

1) вся партия деталей обрабатывается (измеряется) на одном и том же станке (на одном контрольном приспособлении) одним и тем же человеком с максимально возможным сохранением постоянства условий обработки (измерения);

2) с учетом первого допущения суммы всех первичных погрешностей (за исключением погрешности базирования) при установке заготовок в призмы с разными углами одинаковы. Тогда поля рассеивания размеров при установке партии заготовок в призмы с разными углами $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_j$ – будут:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_{h1} = \sum_{i=1}^n \Delta_i + \varepsilon_{Bh1} \\ \omega_{h2} = \sum_{i=1}^n \Delta_i + \varepsilon_{Bh2} \\ \dots \\ \omega_{hj} = \sum_{i=1}^n \Delta_i + \varepsilon_{Bhj}, \end{array} \right. \quad (1.5)$$

где $\omega_{h1}, \dots, \omega_{hj}$ – поля рассеяния для схем базирования от 1-й до j -й.

С учетом второго допущения из уравнений системы (1.5) после почленного вычитания любого, например, первого уравнения получим систему уравнений (1.6)

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_{h2} - \omega_{h1} = \varepsilon_{Bh2} - \varepsilon_{Bh1} \\ \dots \\ \omega_{hj} - \omega_{h1} = \varepsilon_{Bhj} - \varepsilon_{Bh1}. \end{array} \right. \quad (1.6)$$

Если при установке по схеме, соответствующей вычитаемому уравнению из системы (1.5), совместить конструкторскую (измерительную) и технологическую базы, то погрешность базирования ε_{Bh1} , обратится в нуль, а система уравнений (1.6) примет удобный для определения погрешностей базирования в остальных системах уравнений вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{Bh2} = \omega_{h2} - \omega_{h1} \\ \dots \\ \varepsilon_{Bhj} = \omega_{hj} - \omega_{h1} \end{array} \right. \quad (1.7)$$

2 Методические указания

Для проведения лабораторной работы используется заранее подготовленная партия цилиндрических заготовок в количестве 15...25 штук (рисунок 1.2). Рекомендуемые размеры заготовок: $D = 30...40$ мм с допуском $T = 0.17...0.34$ мм, $h = 25...30$ мм, $L = 50...60$ мм.

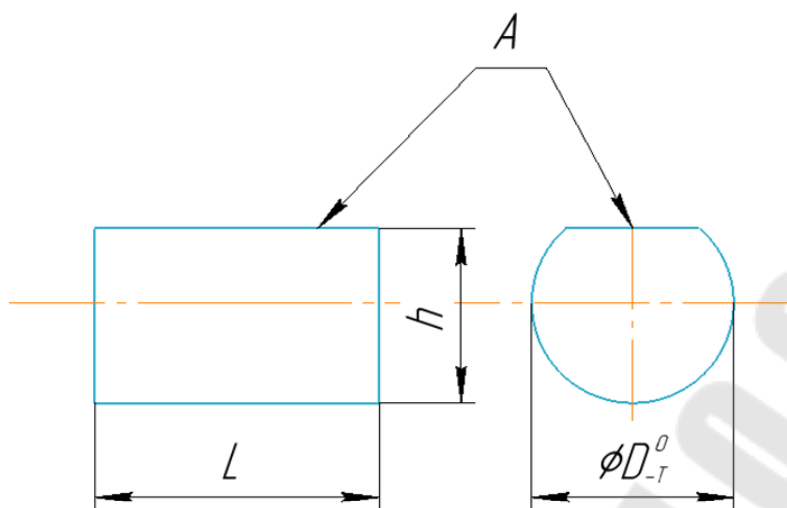


Рисунок 1.2 – Эскиз заготовки

Обработка поверхности A в размер h у данной партии заготовок должна быть выполнена при постоянной настройке режущего инструмента от нижней линии касания заготовки установочной и измерительной базы.

При этом для размера h обеспечивается совмещение конструкторской (измерительной) и технологической баз, при котором погрешность базирования равна нулю.

Если у данной партии заготовок произвести измерение отклонений положения поверхности A от некоторого номинального значения (определяемого настройкой индикатора по эталону) при установке на плоскость и в призмы, то можно определить поля рассеяния $\omega_{hl}, \dots, \omega_{hj}$, а затем по формулам системы (1.7) рассчитать действительные значения погрешностей базирования $\varepsilon_{Bh}, \varepsilon_{Bc}, \varepsilon_{Ba}$.

Поля рассеяния фактических значений или отклонений от номинального значения определяются на основании результатов измерения заготовок при каждой i -й схеме измерения:

$$\omega_i = x_{\max i} - x_{\min i}, \quad (1.8)$$

где $x_{\max i}$ и $x_{\min i}$ – соответственно наибольшее и наименьшее значения измеряемых параметров (D, h).

Измерение отклонений положения поверхности A производится при помощи индикаторных приспособлений. Схемы измерения приведены на рисунке 1.3.

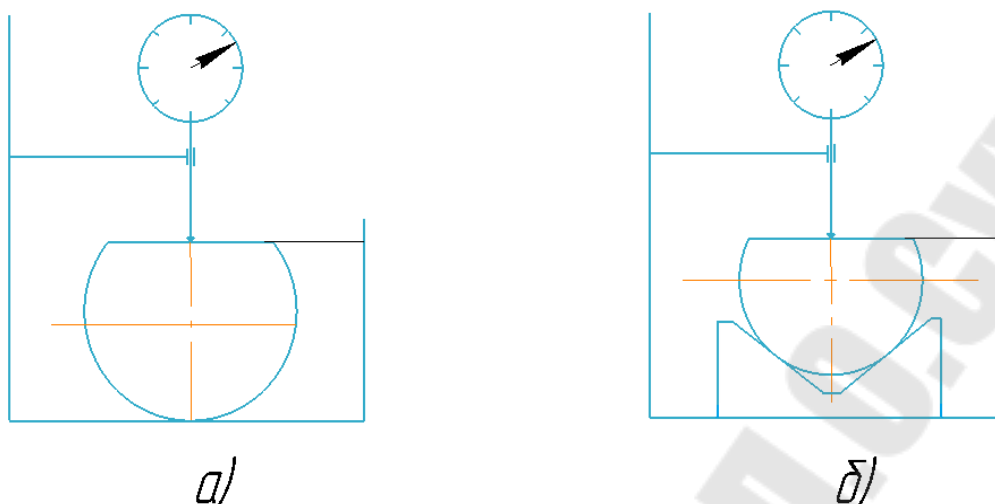


Рисунок 1.3 – Схемы измерения отклонений положения поверхности А при установке на плоскость (а) и в призму (б)

Настройка индикаторов на нулевые значения может производиться по эталону или одной из заготовок. Измерение фактического диаметра заготовок выполняется микрометром. Все измерения производятся с точностью до 0,01 мм. Результаты измерений заносятся в таблицу 1.1, образец которой представлен ниже.

Таблица 1.1 – Результаты измерений в мм

Номер заготовки	Фактические значения размеров		Отклонение положения поверхности А при базировании			
	D	h	в призме $\alpha = 60^\circ$	в призме $\alpha = 90^\circ$	в призме $\alpha = 120^\circ$	на плоскости $\alpha = 180^\circ$
1						
2						
...						
25						

Показатель рассеяния диаметра заготовки определяется по следующей формуле:

$$K_p = \frac{\omega_D}{T}, \quad (1.9)$$

где ω_D – поле рассеяния диаметра заготовки.

Погрешность базирования для размера h расчетным путем определяется по формуле (1.1) на основании заданного допуска на диаметр заготовок и угла призмы.

3 Порядок выполнения работы

1 Рассчитать погрешность базирования для размера h при установке цилиндрической заготовки диаметром D_{-T}^0 в призмах с углом $\alpha = 60^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$ и на плоскости ($\alpha = 180^\circ$).

2 Произвести измерения у пронумерованных заготовок:

а) диаметра D ;

б) размера h при установке заготовок цилиндрической поверхностью на плоскость;

в) отклонений размера h при установке заготовок цилиндрической поверхностью в призмы с углами $\alpha = 60^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$ и на плоскость $\alpha = 180^\circ$.

Результаты измерения занести в таблицу 1.1.

3 Определить поле рассеяния размера h для всех случаев измерения по формуле (1.8).

4 Определить показатель рассеяния диаметра заготовки по формуле (1.9)

5 На основе проведенных измерений определить погрешности базирования при установке заготовок в призмы с углами $\alpha = 60^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$ по формулам системы (1.7)

6 Построить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы ($\alpha = 60^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$, $\alpha = 180^\circ$) по расчетным и экспериментальным данным.

7 Проанализировать полученные результаты.

8 Составить отчет.

4 Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Содержание задания и оснастка.

3 Эскиз заготовки с указанием заданных размеров.

4 Расчет погрешностей базирования при установке заготовок в призмы.

5 Схемы измерения отклонений положения поверхности A при установке на плоскость и в призму.

6 Таблица с результатами расчетов.

- 7 Расчеты показателей рассеяния для размеров D и h .
- 8 Определение действительных погрешностей базирования по результатам измерений.
- 9 Графики зависимости погрешностей базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.
- 10 Выводы.

5 Контрольные вопросы

- 1 Из каких первичных погрешностей складывается суммарная погрешность обработки (измерения)?
- 2 Из каких первичных погрешностей складывается погрешность установки?
- 3 Запишите формулы погрешностей базирования в призме.
- 4 В каких случаях погрешность базирования имеет численное значение и когда она равна нулю?
- 5 На каких допущениях основано экспериментальное измерение погрешности базирования в призме?
- 6 От каких параметров зависит погрешность базирования при установке цилиндрической детали в призму?
- 7 Чему равно поле рассеяния измеряемого параметра?
- 8 Как определить показатель рассеяния?
- 9 Назовите пути уменьшения погрешности базирования в призме.
- 10 Как можно исключить погрешность базирования из расчетов и при обработке?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование погрешностей при установке заготовки на плоскость и два пальца

Цель работы: исследование схемы установки на плоскость и два пальца с изучением факторов, влияющих на величину погрешности установки в указанной схеме.

1 Основные положения

Схема базирования заготовки по плоскости и двум точным отверстиям, из которых одним отверстием заготовка устанавливается на цилиндрический палец, а другим на срезанный (ромбический), приведена на рисунке 2.1. Эта схема базирования часто применяется при обработке плит, корпусов, картеров; при установке сменных наладок в таких системах приспособлений, как универсально-наладочные приспособления (УНП), специализированные наладочные приспособления (СНП), а также при установке приспособлений-спутников на автоматических линиях.

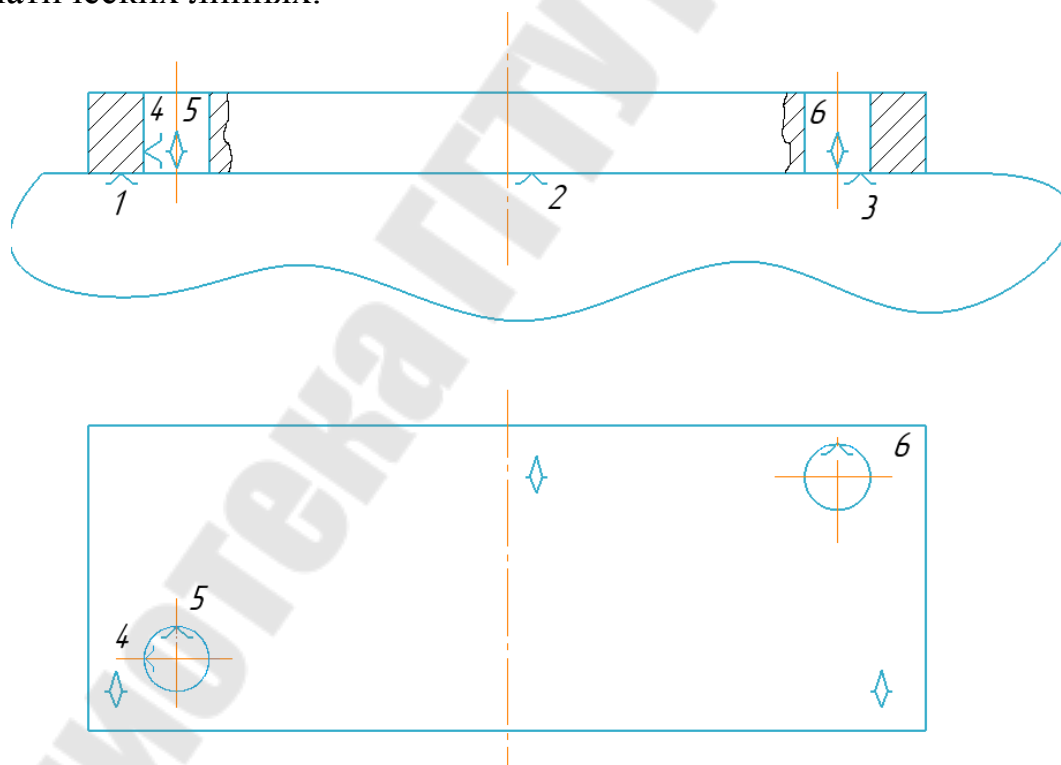


Рисунок 2.1 – Схема базирования при установке на плоскость и два пальца

Срезанный палец устанавливается так, чтобы большая ось его была перпендикулярна к линии, соединяющей центры отверстий заготовки, что дает возможность устанавливать на пальцы любую заготовку с отверстиями тех же размеров и с расстоянием между ними в заданных пределах. Зазор между отверстием и срезанным пальцем в направлении линии, соединяющей центры отверстий, позволяет в некоторых пределах ($\pm x$) компенсировать отклонения расстояний между осями отверстий устанавливаемой заготовки и осями пальцев приспособлений (рисунок 2.2, а).

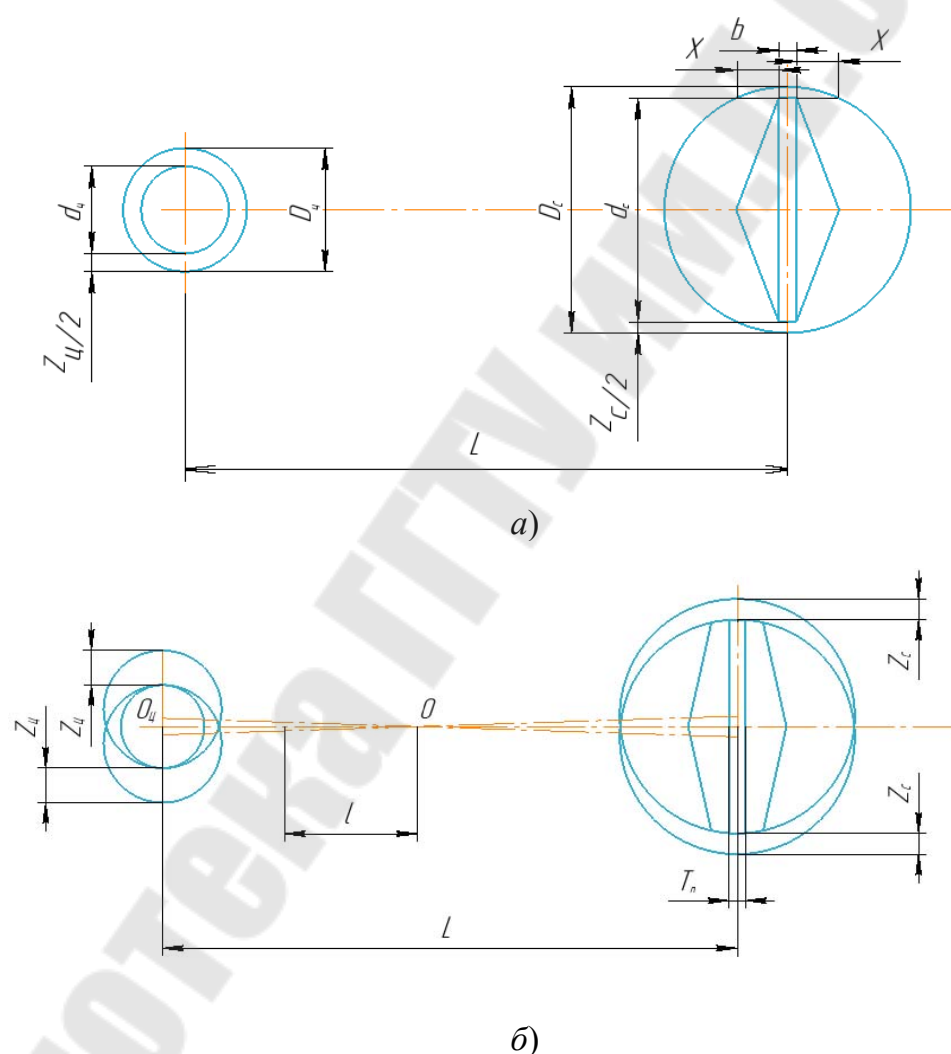


Рисунок 2.2 – Схема установки заготовки на плоскость и два пальца:
а – при симметричном расположении пальцев в отверстиях;
б – при наличии максимального угла поворота α

Гарантированная установка всех заготовок по плоскости и двум отверстиям на цилиндрический и срезный пальцы нескольких приспособлений возможна при выполнении следующего неравенства:

$$Z_{\text{ц}} - b + \sqrt{b^2 + 2 \cdot d_c \cdot Z_c} \geq \frac{T_{\text{зз}} + T_n}{2}, \quad (2.1)$$

где $Z_{\text{ц}}$ – наименьший зазор между цилиндрическим пальцем и отверстием заготовки; Z_c – наименьший зазор между направляющими пояса срезанного пальца и отверстием заготовки; d_c – диаметр цилиндрической части срезанного пальца; b – хорда (ширина) цилиндрического участка срезанного пальца; $T_{\text{зз}}$ – допуск на расстояние между осями отверстий заготовки ($L \pm \frac{T_{\text{зз}}}{2}$); T_n – допуск на размер L в приспособлениях ($L \pm \frac{T_n}{2}$).

Линия центров установочных пальцев задает положение одной из осей системы координат приспособления, в которой размещается заготовка при обработке, сборке или контроле.

Наличие необходимых зазоров между пальцами и отверстиями является причиной смещений и перекосов заготовки. Наибольший возможный угол поворота заготовки α (угловое смещение, град) относительно центра вращения O (рисунок 2.2, б) вследствие наличия зазоров между базовыми отверстиями и установочными пальцами можно определить по формуле (2.2), а расстояние от оси цилиндрического пальца до центра вращения O – по формуле (2.3):

$$\alpha = \arctg \frac{Z_{\text{ц max}} + Z_{\text{с max}}}{L}; \quad (2.2)$$

$$O_{\text{ц}} O = \frac{Z_{\text{ц max}} \cdot L}{Z_{\text{ц max}} + Z_{\text{с max}}}, \quad (2.3)$$

где $Z_{\text{ц max}}$ и $Z_{\text{с max}}$ – наибольшие зазоры в соединениях отверстий с установочными пальцами, цилиндрическим и срезанным соответственно, мм; L – номинальное расстояние между центрами отверстий или пальцев, мм.

Максимальные зазоры в соединении «отверстие – установочный палец» рассчитываются по формуле:

$$Z_{\max} = D_{\max} - d_{\min}, \quad (2.4)$$

где $D_{\max}$ – наибольший предельный размер базового отверстия заготовки, мм; $d_{\min}$ – наименьший предельный размер пальца, мм.

Как видно из формулы (2.2), с увеличением расстояния между осями базовых отверстий угол поворота заготовки при ее установке на пальцы уменьшается. Поэтому в качестве базовых следует выбирать отверстия, расположенные на возможно большем расстоянии друг от друга.

Наибольший из возможных перекося заготовки (угловое смещение, выраженное в мм) на длине l от центра вращения O можно рассчитать по формуле (2.5) с учетом того, что для малых значений углов $\alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$

$$S = 2 \left| \pm \frac{S}{2} \right| = 2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx l \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.5)$$

где l – расстояние от центра вращения O до проекции точки обработки или измерения на ось координат, проходящую через точку O .

При этом величина S для некоторого размера R заготовки будет лишь частью погрешности установки, отвечающей за погрешность базирования ε_{δ} на пальцах и погрешность изготовления приспособления ε_{δ} в общей формуле погрешности установки:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (2.6)$$

где ε – погрешность установки заготовки; ε_{δ} – погрешность базирования заготовки; ε_3 – погрешность закрепления заготовки; ε_n – погрешность изготовления элементов приспособления, влияющая на точность обработки или измерения заготовки.

Поэтому без учета погрешности закрепления погрешность установки для искомого размера будет определяться по формуле (2.5), а с учетом погрешности закрепления по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{S^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (2.7)$$

2 Методические указания

Смещение заготовки в пределах зазора в сопряжении «базовое отверстие – цилиндрический палец» и ее перекося при установке на два пальца определяются на специальном приспособлении (рисунок 2.3).

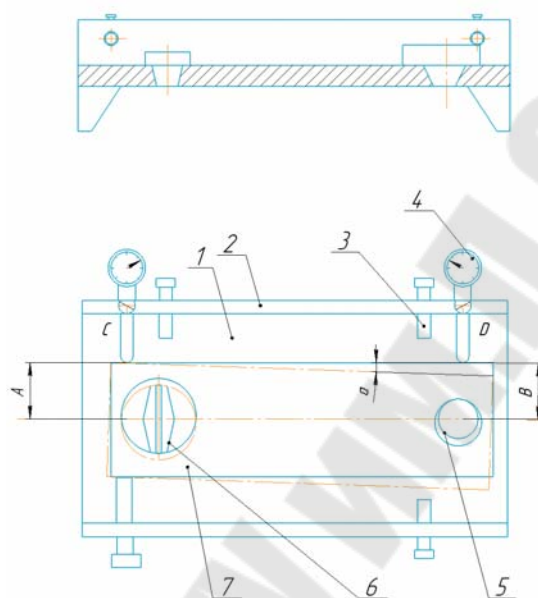


Рисунок 2.3 – Эскиз приспособления для измерения перекосов

В качестве заготовки используется мастер-плита (рис. 2.4), имеющая 9 отверстий.

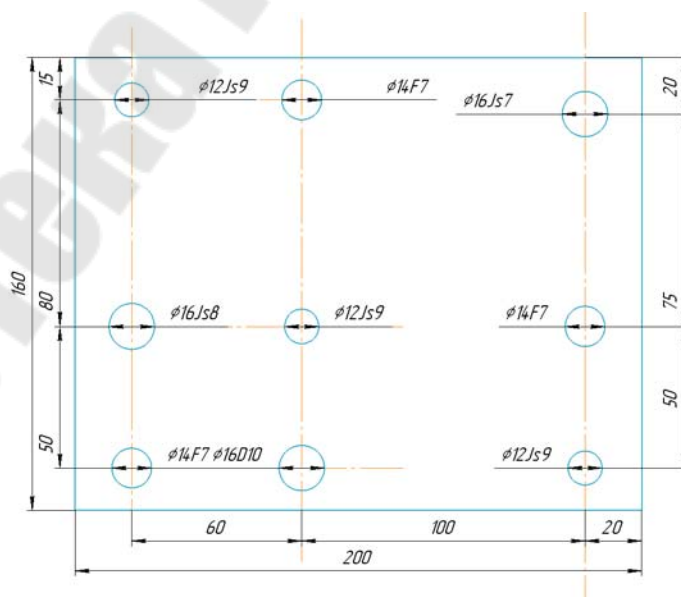


Рисунок 2.4 – Эскиз мастер-плиты

Основание приспособления 1 имеет девять конических отверстий под установочные пальцы (рисунок 2.3). Отверстия расположены на расстояниях, соответствующих межосевым расстояниям мастер-плиты. Приспособление снабжено комплектом сменных установочных пальцев 5 и 6, выполненных с полем допуска f_6 . Заготовка 7 устанавливается на два пальца. Точность отверстий указана на эскизе мастер-плиты. К основанию приспособления прикреплены планки 2, в которых устанавливаются индикаторы 4 и прижимные винты 3.

Для определения максимально возможного смещения относительно установочных пальцев или фактических зазоров в сопряжениях «базовое отверстие – установочный палец» необходимо произвести прижим мастер-плиты сначала винтом, расположенным со стороны индикатора и выставить его шкалу на нулевую отметку, а затем, отпустив этот винт, произвести прижим винтом, расположенным с другой стороны мастер-плиты. При этом индикатор покажет значение фактического зазора в сопряжении «отверстие-палец».

Для определения перекоса плиты, установленной на два пальца, ее при помощи двух диагонально расположенных винтов 3 прижимают к пальцам с противоположных сторон (рис. 2.3) и устанавливают показания индикаторов на нулевые отметки, причем, их наконечники должны с натягом касаться боковой стороны плиты 7. Затем плита освобождается от зажима первой пары винтов 3 и поворачивается в противоположную сторону с помощью другой пары винтов, при этом регистрируются показания a и b , соответственно первого и второго индикатора. Фактический перекос плиты S'' на расстоянии расположения индикаторов будет равен

$$S' = \left| \pm \frac{\vec{a} - \vec{b}}{2} \right| = \vec{a} - \vec{b}, \quad (2.8)$$

где S' – модуль фактического перекоса, в мм; $\vec{a}$ и $\vec{b}$ – векторные величины смещений заготовки, зафиксированные на первом и втором индикаторах.

Действительный угол поворота плиты α (в градусах) в этом случае можно определить по формуле

$$\alpha' = \arctg \frac{S'}{P} \approx \frac{S' \cdot 180}{P \cdot \pi} \quad (2.9)$$

где P – расстояние между измерительными наконечниками индикаторов.

Значения P для каждой пары отверстий при выполнении работы устанавливаются путем непосредственных измерений.

Колебания размеров $A \pm \frac{\alpha}{2}$ и $B \pm \frac{b}{2}$ в данном случае являются погрешностями установки заготовки (плиты) в точках C и D . Межцентровые расстояния каждой пары отверстий мастер-плиты различны. Для сопоставления значений перекоса заготовок различных размеров принято определять перекос на 100 мм длины заготовки. При известном угле поворота заготовки перекос на 100 мм длины можно рассчитать по формуле

$$S_{100} = \operatorname{tg} \alpha \cdot 100 \quad (2.10)$$

а с учетом экспериментального определения смещений и формулы (2.9) и по формуле

$$S_{100} = \frac{S' \cdot 180}{P}. \quad (2.11)$$

3 Порядок выполнения работы

1 Теоретический расчет погрешности установки

1.1 По эскизу мастер-плиты для заданных номеров отверстий рассчитать максимальные зазоры в соединениях «базовое отверстие – установочный палец» по формуле (2.4).

1.2 Рассчитать наибольший угол поворота α по формуле (2.2).

1.3 Рассчитать положение центра поворота O по формуле (2.3).

1.4 Рассчитать погрешности установки для двух точек C и D , расположенных на мастер-плите в местах, указанных преподавателем, по формуле (2.5).

1.5 Рассчитать наибольший перекос на 100 мм длины заготовки по формуле (2.10).

2 Экспериментальное определение погрешности установки.

2.1 Установить в соответствии с заданием цилиндрический и срезанный пальцы в конические отверстия приспособления.

2.2 Установить заготовку на пальцы приспособления и при помощи расположенных соосно с пальцем винтов и ближайшего индикатора определить действительные зазоры в каждом сопряжении «отверстие – палец» и сравнить с результатами п. 1.1.

2.3 Рассчитать угол поворота, возможный при определенных зазорах в соединениях «отверстие – палец», по формуле (2.2).

2.4 Рассчитать положение центра поворота заготовки O по формуле (2.3) с учетом значений действительных зазоров в сопряжениях «отверстие – установочный палец».

2.5 Рассчитать значения ожидаемого на длине 100 мм заготовки перекося по формуле (2.10) и перекося в точках C и D по (2.5) и сравнить с результатом п.п. 1.5 и 1.4.

2.6 При помощи двух пар винтов диагонально расположенных относительно плиты, и двух индикаторов измерить значения смещений плиты (погрешности установки) в точках C и D и сравнить с расчетами в п.п. 1.4 и 2.5.

2.7 Рассчитать действительный перекося на участке заготовки CD по формуле (2.8).

2.8 Рассчитать угол поворота заготовки по формуле (2.9) и сравнить с результатом п.п. 1.2 и 2.3.

2.9 Рассчитать перекося заготовки на длине 100 мм по формуле (2.11) и сравнить с результатом п.п. 1.5 и 2.5.

2.10 Выполнить в указанной выше последовательности подразделы 2.1 и 2.2 для двух других установок.

2.11 Сопоставить результаты расчетов и практических измерений, наибольшего угла поворота, перекося заготовки на 100 мм длины, смещений в точках C и D .

2.12 Произвести анализ результатов.

2.13 Составить отчет.

4 Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Содержание задания и оснастка.

3 Схема установки заготовки в приспособлении и измерения перекося (рис. 2.2)

4 Теоретический расчет в соответствии с заданием углов поворота α , погрешностей установки ϵ , перекося на 100 мм длины заготовки S_{100i} .

5 Определение действительного зазора в соединениях «отверстие – палец» и уточнение значений α , ϵ , S_{100i} , рассчитанных в п. 4.

6 Результаты измерения перекося заготовки в соответствии с заданием.

7 Анализ результатов определения углов поворота, погрешностей установки в разных точках и перекосов заготовки на длине 100 мм расчетным и экспериментальным путем.

8 Построение графиков зависимости перекоса заготовки на 100 мм длины от межцентрового расстояния базовых отверстий.

9 Выводы.

5 Контрольные вопросы

1 Назовите причины возникновения погрешности установки заготовки.

2 Почему один из установочных пальцев делается срезанным?

3 Каких степеней свободы лишается заготовка соответственно цилиндрическим и ромбическим пальцами?

4 Как рассчитать возможный перекоз заготовки в некоторой точке?

5 Назовите методы уточнения проектного перекоса заготовки?

6 Как влияет межцентровое расстояние базовых отверстий на угол поворота и погрешность установки (перекоз) в некоторой точке заготовки?

7 Напишите формулу определения центра вращения заготовки.

8 Как в работе определяется перекоз мастер-плиты?

9 Напишите формулу погрешности установки для двух размеров произвольной точки заготовки в заданной системе координат.

10 Какими достоинствами обладает схема базирования на плоскость и два пальца, один из которых срезанный?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Исследование сил закрепления заготовки при установке на магнитной плите

Цель работы: ознакомиться с методами исследований сил закрепления заготовок в магнитных приспособлениях. Определить и исследовать зависимости усилий притяжения и сдвига заготовок в магнитном приспособлении от материала и размеров.

1 Основные положения

Обоснованный подход к проектированию и эксплуатации магнитных приспособлений требует определения его технологических и эксплуатационных возможностей, расчета рабочих характеристик. Среди ряда прочностных и точностных параметров, таких как прочность, жесткость, точность, усилие закрепления и др., одними из основных факторов, определяющими возможность применения приспособления на той или иной операции, являются силовые параметры, которые обеспечивает приспособление.

Практика эксплуатации магнитных приспособлений свидетельствует о том, что наряду с усилием притяжения к зеркалу плиты (Q), часто представляется целесообразным знать максимальную силу сопротивления сдвигу (F_{cd}). Экспериментальное исследование сдвиговых характеристик магнитной плиты и определение максимального усилия сопротивления сдвигу производится с помощью специально выполненных устройств или в производственных условиях на металлорежущих станках.

В первом случае к основанию приспособления 1 на котором крепится и магнитная плита 2, устанавливается стойка с эксцентриковым механизмом зажима. Нагружение заготовки 3 через немагнитный наконечник 4 производится поворотом рукоятки эксцентрика 7 через динамометр камертонного типа 5. Максимальная нагрузка, соответствующая усилию сопротивления сдвигу, фиксируется индикатором 6 (рисунок 3.1).

Во втором случае динамометр 5 вставляется в специальную оправку 8, которая крепится либо в шпиндельной бабке вертикально-фрезерного станка, либо в подвеске горизонтально-фрезерного станка (рисунок 3.2). Нагружение производится включением механической поперечника подачи S . Второй способ более универсален, т. к. позволяет снимать характеристики на любом участке плиты, кроме того,

при одной установке динамометра можно снимать характеристики с разных плит.

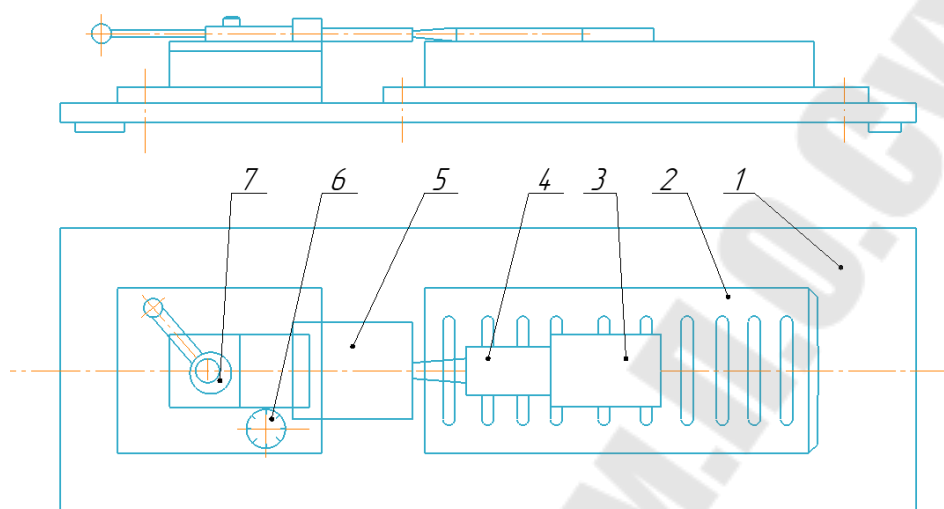


Рисунок 3.1 – Устройство для определения силы сдвига в лабораторных условиях

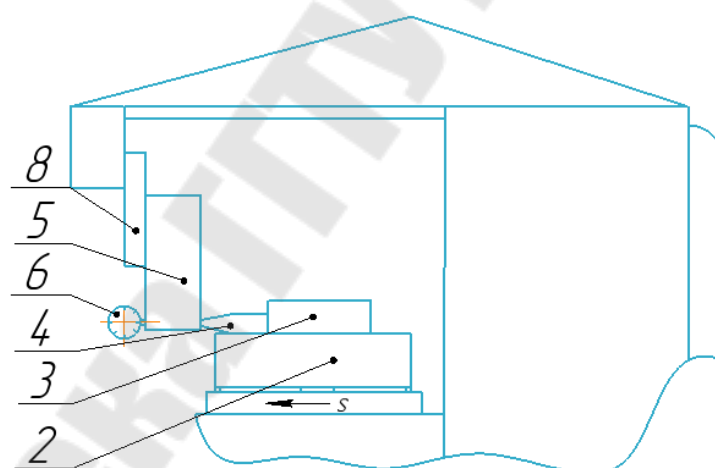


Рисунок. 3.2 – Определение силовых характеристик магнитной плиты в производственных условиях

Усилие сопротивления сдвигу во многом зависит от коэффициентов трения между заготовкой и зеркалом плиты. Коэффициент трения в свою очередь зависит от материалов трущихся пар, состояния поверхностей, температуры, скорости и т. д. и не является стабильной величиной. Поэтому оценку качества работы плиты по сопротивлению сдвигу можно получить лишь экспериментальным путем на основании большого числа наблюдений.

Придерживаясь утверждения, что при закреплении заготовки на магнитной плите возникает не только сила притяжения Q , определяющая возникновение силы трения F_{mp} , но и дополнительное усилие F вследствие наличия некоторой магнитной силы, препятствующей сдвигу, силу F_{cd} , сопротивления сдвигу заготовки на магнитной плите можно определить по формуле

$$F_{cd} = Q \cdot f_{mp} + F, \quad (3.1)$$

где F_{cd} – сила сопротивления сдвигу заготовки (сила сдвига); Q – сила притяжения заготовки магнитной плитой; f_{mp} – коэффициент трения между заготовкой и зеркалом магнитной плиты ($f_{mp} = 0,16 \dots 0,18$); F – дополнительная магнитная сила, препятствующая сдвигу заготовки.

Поскольку сила F вызывается действием магнитного поля плиты, то представляется возможным выразить ее как функцию магнитной силы притяжения Q в виде

$$F = Q \cdot \Delta, \quad (3.2)$$

где Δ – коэффициент магнитного сопротивления сдвигу заготовки, который зависит от конструкции плиты и направления сдвига (вдоль или поперек полюсников магнитной плиты), из опытов $\Delta = 0,05 \dots 0,08$.

Тогда с учетом формул (3.1) и (3.2) усилие сдвига заготовки можно определить по формуле

$$F_{cd} = Q \cdot f_{cd}, \quad (3.3)$$

где f_{cd} – коэффициент сопротивления сдвигу.

Таким образом, усилие сдвига заготовки на магнитной плите является результатом действия не только сил трения, а и дополнительной силы магнитного сопротивления сдвигу, а ее величина определяется коэффициентом сопротивления сдвигу, который представляет сумму двух коэффициентов:

$$f_{cd} = f_{mp} + \Delta. \quad (3.4)$$

С целью определения дополнительной величины коэффициента сдвига – коэффициента магнитного сопротивления сдвигу Δ – при закреплении заготовки с помощью магнитного поля и ее зависимости от упомянутых факторов были проведены многочисленные эксперименты. Исследования проводились на элементарной магнитной системе с переменной индукцией.

Проведенные работы позволили сделать следующий вывод: величина коэффициента сопротивления сдвигу колеблется в значительных пределах (от 0,12 до 0,35). Поэтому следует избегать схем установок, при которых сдвиг проявляется в чистом виде, а заготовки следует закреплять по схеме с упорными планками. При этом упорная планка является не только ориентирующим элементом, но и может воспринимать часть усилия резания.

Так, например, если плита должна развивать усилие F_{cd} , обеспечивающее неподвижность заготовки под действием силы резания, то упорная планка должна проверяться на усилие

$$F_{cd.пл.} = Q(f_{cd.cp} - f_{cd.min}), \quad (3.5)$$

где Q – усилие притяжения заготовки, полностью перекрывающей зеркало плиты, Н; $f_{cd.cp}$ – среднее значение коэффициента сопротивления сдвигу; $f_{cd.min}$ – минимальная величина коэффициента сопротивления сдвигу.

Принимая для магнитных плит $f_{cd.cp} = 0,24$ и $f_{cd.min} = 0,12$, получаем усилие сдвига упорной планки равное

$$F_{cd.пл.} = 0,12 \cdot Q. \quad (3.6)$$

Несмотря на то, что конструкции плит рассчитываются как оптимальные для закрепления определенной группы заготовок, они обычно применяются для заготовок значительно более широкого круга деталей. Таким образом, часто возникают вопросы: какую из соответствующих конструкций плит целесообразно применять для данной заготовки, или какие эксплуатационные характеристики обеспечит приспособление, спроектированное на заданные условия обработки при установке заготовок, отличных от принятых в расчет при проектировании приспособления.

Для этого требуется определить, как зависит усилие притяжения от материала заготовки и ее габаритных размеров. При закреплении на магнитном приспособлении очень важна ориентация заготовки относительно зеркала плиты. Поэтому следует различать ширину b , длину l и толщину заготовки h (рис. 3.1) и рассматривать влияние этих параметров отдельно. Влияние же материала закрепляемой заготовки и шероховатости опорной поверхности может быть учтено введением поправочных коэффициентов, полученных экспериментальным путем.

Если за единицу принять величину силы притяжения для заготовки из стали 10, то поправочные коэффициенты на эту силу составят: для стали 45 – 0,95; для инструментальных легированных сталей – 0,9...0,8; для серых чугунов – 0,5...0,4; для ковких чугунов – 0,6...0,5; для сталей типа Армко – 1,1. Величина силы может изменяться в пределах 50 % и больше в зависимости от положения заготовки относительно полюсников плиты.

Под шириной заготовки b (рис. 3.1) понимается ее размер вдоль полюсников системы или плиты. Размер, соответствующий ширине заготовки, показывает, какую часть полюсников она перекрывает. Длина заготовки l – размер, показывающий, сколько полюсников перекрывает заготовка на данном приспособлении. Обычно считают, что усилие притяжения прямо пропорционально длине заготовки (или точнее, количеству перекрываемых полюсников). Это подтверждается и исследованиями. Зависимость усилия притяжения от ширины значительно сложнее. Решение этой задачи для каждого конкретного случая может быть сделано на основании трудоемких и сложных расчетов, не уступающих по сложности расчетам самого приспособления, либо же найдено экспериментальным путем.

При выборе или расчете магнитной плиты (системы) предполагается, что толщина закрепляемой заготовки h (в любом поперечном сечении) не меньше ширины полюсника плиты (системы), если это условие соблюдено, то можно считать, что высота заготовки h не влияет на силу притяжения. С достаточной для практики точностью можно считать, что усилие притяжения прямо пропорционально зависит от толщины детали h , пока она не превысит значение ширины полюсника b_n .

Экспериментальные данные позволяют свести эту зависимость к виду

$$Q = Q' \frac{h}{b_n}, \quad (3.7)$$

где Q – усилие притяжения детали высотой $h < b_n$; Q' – усилие притяжения детали высотой $h > b_n$.

Следует подчеркнуть, что формула (3.7) справедлива только для деталей, минимальная высота которых меньше b_n , т.е. $h < b_n$.

2 Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на установке, схема которой изображена на рис. 3.1.

Образцы заготовок 3 из материалов сталь10, сталь У7А, чугун СЧ10, ХВГ, ШХ15 размером $l \times b = 100 \times 100$ (мм); образцы пластин из стали 20 и ХВГ размером $l \times b = 80 \times 60$ (мм), $h = 3, 5, 7, 10, 15$ мм.

1 Ознакомиться с общими положениями по методическому пособию.

2 Установить образец 100×100 мм из стали 20 в исходное положение, которое фиксируется на индикаторе.

3 Вращением рукоятки эксцентрикового механизма через динамометр 5 и немагнитный переходник 4, приложить к образцу 3 силу сдвига F_{cd} .

4 Зафиксировать на индикаторе 6 (динамометр предварительно протарирован) и записать максимальную нагрузку, соответствующую усилию сопротивления сдвигу.

5 В той же последовательности (п.п. 3–5) выполнить измерения на образцах из других материалов.

6 Составить диаграмму, отражающую значение F_{cd} в зависимости от материала образца.

7 Последовательно установить образцы размером 80×60 мм различной высоты и произвести замер усилия сдвига F_{cd} .

8 Определить усилия притяжения магнитной плиты Q по формуле (3.3) в зависимости от замеренных значений усилия сдвига F_{cd} . Полученные результаты представить в виде таблицы 3.1.

9 Построить график зависимости силы притяжения Q от толщины заготовки h .

10 Рассчитать величину удельной силы для образцов из различных материалов и соответствующие поправочные коэффициенты.

Таблица 3.1 – Результаты замеров по определению зависимости усилия притяжения Q от толщины заготовки h

Материал образца	h	$F_{сд}$	Q	Материал образца	h	$F_{сд}$	Q

11 Выполнить анализ проведенных исследований и сделать выводы о зависимости усилия Q от материала и толщины заготовки. Дать рекомендации об использовании данной магнитной плиты для закрепления деталей из исследуемых материалов.

3 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Содержание задания и оснастка.
- 3 Схема устройства для определения силы сдвига в лабораторных условиях (рис. 3.1).
- 4 Таблица 3.1 с результатами измерений.
- 5 Расчёты усилия притяжения магнитной плиты Q в зависимости от усилия сдвига $F_{сд}$.
- 6 Графики зависимости силы притяжения Q от толщины заготовки h .
- 7 Выводы.

4 Контрольные вопросы

- 1 В чем заключаются особенности лабораторного метода определения необходимой силы зажима?
- 2 Как производится постановка эксперимента для определения необходимой силы зажима в производственных условиях?
- 3 В чем достоинства и недостатки производственного и лабораторного методов постановки таких экспериментов?
- 4 В каких случаях целесообразно определять усилие притяжения магнитной плиты через усилие сопротивления сдвигу?
- 5 Что такое коэффициент сдвига и в каких пределах колеблется его величина в магнитных приспособлениях?
- 6 Каким выражением определяется соотношение силы магнитного притяжения Q и усилия сопротивления сдвигу $F_{сд}$?
- 7 Что дает исследование зависимости Q от материала детали?

8 Для чего производятся исследования зависимости Q в магнитных приспособлениях от толщины детали h и как практически они используются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Определение погрешности обработки от сил закрепления и неточности установки заготовок трехкулачковом патроне

Цель работы: приобретение знаний по влиянию сил закрепления и неточностей установки заготовок на погрешность обработки, а также выработка некоторых умений и навыков по оценке величины погрешности обработки, вызванной изучаемыми факторами при установке заготовок в трехкулачковом патроне.

1 Основные положения

При использовании приспособлений возможно появление погрешности установки обрабатываемых заготовок. Погрешность установки ε для трехкулачкового патрона имеет вид:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (4.1)$$

где ε_{δ} – погрешность базирования; $\varepsilon_{\text{з}}$ – погрешность закрепления; ε_n – погрешность приспособления.

Погрешностью базирования называют разность предельных расстояний от измерительной базы заготовки до установленного на размер инструмента. Погрешность базирования возникает при не совмещении измерительной и технологической баз заготовки, она определяется для конкретного выполняемого размера при данной схеме установки.

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров, точность взаимного расположения поверхностей и не влияет на точность их формы. Для устранения и уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и измерительные базы, повышать точность технологических баз, выбирать рациональное расположение установочных элементов и назначать правильно их размеры или уменьшать зазоры при посадке заготовок на охватываемые установочные элементы.

Погрешностью закрепления называется разность предельных расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента в результате смещения обрабатываемых заготовок под действием сил закрепления. Для партии заготовок эта погрешность равна

нулю, если смещение хоть и велико, но постоянно, то в этом случае положение поля допуска выполняемого размера может быть скорректировано настройкой станка. В общем случае усилие зажима должны быть достаточными для надлежащего крепления и в тоже время не должны вызывать деформаций, искажающих форму заготовок и нарушающих точность изготовления детали.

Установка обрабатываемых заготовок по базовым поверхностям предполагает полноту совпадения ее опорной поверхности с соответствующей установочной поверхностью приспособления. Однако в практике известно, что фактическая точность размеров заготовок, полученная при их обработке на настроенных станках, в значительной степени зависит также и от метода установки заготовки в том или ином приспособлении. Так, при установке заготовки в трехкулачковом патроне, возникают погрешности закрепления в радиальном и осевом направлениях.

При закреплении заготовка, вследствие наличия целого ряда причин при разных условиях, не занимает в направлении оси одно и тоже направление и, тем самым возникают дополнительные погрешности при получении размеров детали, отсчитываемых в осевом направлении от опорного торца. На смещение заготовки оказывает влияние величина и стабильность усилия зажима. В связи с тем, что колебания усилия зажима носят случайный характер, то и погрешность закрепления также будет случайной. Колебания усилия зажима заготовки вызывают неравномерность деформации между поверхностями кулачков и патрона, смятие поверхностных неровностей в местах контакта заготовки и поверхности кулачков. Это вызывает перекося в местах контакта заготовки и поверхности кулачков, а также перекося кулачков и изменение положения зажатой в них заготовки в осевом направлении.

При этом, если деталь (образец) будет занимать при закреплении одно и то же угловое положение, то величина фиксируемой погрешности предопределяется только силами закрепления. Если же деталь при каждом новом закреплении будет проворачиваться и, следовательно, занимать случайное угловое положение, то неточности изготовления образца (детали) будут сказываться на величине получаемой погрешности в осевом направлении, которая в данном случае будет предопределяться погрешностью уже установки заготовки, а не только силами закрепления.

При определении величины погрешности в радиальном направлении наблюдается аналогичная картина и поэтому можно сказать, что если деталь при каждом новом закреплении будет проворачиваться, то получаемая величина отклонения будет характеризовать погрешность установки в радиальном направлении. Если же деталь проворачиваться не будет – то только величину погрешности от сил за-крепления.

2 Порядок выполнения работы

Оборудование и оснастка:

- 1) токарно-винторезный станок модели 16К20;
- 2) оправка ступенчатая специальная;
- 3) индикатор часового типа ИЧ-10;
- 4) штатив с магнитным основанием.

1 Установить заготовку (ступенчатую оправку) в трехкулачковый патрон и, не закрепляя ее, плотно прижать буртиком к торцовым поверхностям кулачков.

2 Установить на станке два штатива с индикаторами таким образом, чтобы измерительный наконечник одного индикатора выходил на торцовую поверхность заготовки, а второго – на цилиндрическую образующую оправки в горизонтальной плоскости. Целесообразно, чтобы наконечник первого индикатора имел сферическую поверхность контакта с заготовкой, а второго – плоскую. Индикаторы устанавливаются с натягом 1–2 мм, а стрелки их выводятся на ноль.

3 Не проворачивая оправку вокруг ее продольной оси многократно (25 раз) закрепляется заготовка. При каждом закреплении фиксируются показания индикаторов и заносятся данные в таблицу 4.1 результатов экспериментов.

Таблица 4.1 – Результаты экспериментов

Номер замера	От сил закрепления		При установке	
	в осевом на- правлении	в радиальном направлении	в осевом на- правлении	в радиальном направлении
1				
2				
...				
25				

4 Проворачивая оправку вокруг ее продольной оси, многократно (25 раз) закрепляется заготовка. При каждом провороте и последующем закреплении образца фиксируются показания индикаторов и заносятся данные в таблицу 3 результатов экспериментов. При этом, данные, полученные в п. 3, характеризуют величину погрешности от сил закрепления, а в п. 4 – величину погрешности установки в трехкулачковом патроне. В результате получены данные четырех экспериментов.

5 Выполняется статистическая обработка данных эксперимента.

Методика статистической обработки экспериментальных данных заключается в следующем:

– определяется минимальное $X_{\min}$ и максимальное $X_{\max}$ значения среди имеющихся данных и, задавшись 5 или 7 интервалами K ($K = 5$ обеспечивает меньший объем дальнейших вычислений), рассчитывается ширина интервала ΔX с использованием зависимости

$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K}; \quad (4.2)$$

– подготавливается таблица по форме табл. 4.1;

Таблица 4.2 – Статистическая обработка результатов эксперимента

Интервалы	X_i	m_i	$X_i \cdot m_i$	$X_i - X_{cp}$	$(X_i - X_{cp})^2$	$(X_i - X_{cp})^2 \cdot m_i$
1	2	3	4	5	6	7
...-...						
...						
...-...						
–	–	$\Sigma =$	$\Sigma =$	–	–	$\Sigma =$

– записываются значения интервалов в 1 колонку таблицы 4.2;

– определяются середины каждого интервала X_i и значения заносятся во 2 колонку таблицы 4.2;

– определяется частота попадания экспериментальных размеров m_i в каждый интервал и данные заносятся в 3 колонку. Причем, если значение находится на границе двух интервалов, то необходимо в каждый интервал записать по 0,5 попадания. Подстрочная сумма 3 колонки дает количество замеренных деталей, т. е. объем выборки n (записывается в таблицу 4.2);

– для каждого интервала подсчитываются произведения $X_i \cdot m_i$ и значения заносятся в 4 колонку. Подстрочная сумма 4 колонки заносится в таблицу 4.2;

– определяется среднеарифметический размер по зависимости

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^K (X_i \cdot m_i); \quad (4.3)$$

– заполняются построчно 5, 6 и 7 колонки таблицы, подсчитывается подстрочная сумма 7 колонки и записывается в табл. 4.1;

– определяется величина среднеквадратического отклонения σ по зависимости

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^K (X_i - X_{cp})^2 \cdot m_i}; \quad (4.4)$$

– производятся необходимые расчеты для приведения к масштабу кривой нормального распределения. Для этого определяются четыре значения ординаты по следующим зависимостям:

$$Y_{\max} = 0,40 \cdot n \cdot \frac{\Delta X}{\sigma}; \quad Y_{\sigma} = 0,24 \cdot n \cdot \frac{\Delta X}{\sigma}; \quad (4.5)$$

$$Y_{2\sigma} = 0,08 \cdot n \cdot \frac{\Delta X}{\sigma}; \quad Y_{3\sigma} = 0,014 \cdot n \cdot \frac{\Delta X}{\sigma},$$

где n – объем выборки; ΔX – ширина интервала, определенная по формуле (4.2); σ – среднеквадратическое отклонение, определенное по формуле (4.4); $Y_{\max}$ – значение ординаты, соответствующее X_{cp} ; Y_{σ} , $Y_{2\sigma}$, $Y_{3\sigma}$ – значения ординат, соответствующие отклонениям вправо и влево от X_{cp} на величину, соответственно, равную σ , 2σ и 3σ ;

– строятся на одном графике кривые фактического и теоретического распределения. По полученным семи значениям ординат (точкам) строится кривая нормального распределения, которая имеет точки перегиба на ординатах, равных Y_{σ} . В случае соответствия кривой фактического распределения закону нормального распределения, значение ширины поля рассеяния Δ определяется по формуле

$$\Delta = 6 \cdot \sigma, \quad (4.6)$$

что гарантирует попадание 99,73 % всех значений в это поле рассеяния.

В результате выполнения вышеприведенных действий получаем для конкретного эксперимента значение погрешности, равное X_{cp} , и поля рассеяния изучаемой погрешности, равное Δ , т.е. значение изучаемой погрешности будет равно $X_{cp} \pm \frac{\Delta}{2}$.

6 После всех экспериментов составляется сводная таблица 4.3 полученных результатов по всем экспериментам и делаются выводы о проделанной работе, обращая внимание на причины, вызывающие появление погрешностей в осевом и радиальном направлениях как от сил закрепления заготовок, так и от их установки в трехкулачковом патроне.

Таблица 4.3 – Результаты обработки экспериментальных данных

Значение параметра	От сил закрепления		При установке	
	в осевом направлении	в радиальном направлении	в осевом направлении	в радиальном направлении
σ				
$X_{cp} \pm \frac{\Delta}{2}$				

3 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Содержание задания и оснастка.
- 3 Таблица 4.2 с результатами экспериментов.
- 4 Статистическая обработка результатов измерений с необходимыми расчетами.
- 5 График кривой нормального распределения (фактического и теоретического).
- 6 Сводная таблица 4.3 результатов обработки экспериментальных данных.
- 7 Выводы.

4 Контрольные вопросы

- 1 Из каких элементов складывается погрешность установки?
- 2 Дайте характеристику каждому из элементов погрешности установки.
- 3 Какие факторы оказывают наибольшее влияние на величину погрешности закрепления и погрешности установки в трехкулачковом патроне в осевом и радиальном направлениях?

4 От чего зависит погрешность базирования в трехкулачковом патроне?

5 От чего зависит погрешность трехкулачкового патрона?

6 Какова последовательность действий при определении величины погрешности закрепления и погрешности установки в трехкулачковом патроне в осевом и радиальных направлениях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Исследование точности установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям

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

1 Основные положения

Для установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям используют приспособления в виде оправок (табл. 5.1), 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.

Таблица 5.1 – 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

Жесткие конусные оправки

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

Наиболее простыми гладкими оправками являются конусные центровые оправки (рисунок 5.1), широко применяемые при шлифовании наружных поверхностей заготовок типа втулок, имеющих отверстие, точность которого не ниже 7-го квалитета. 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.

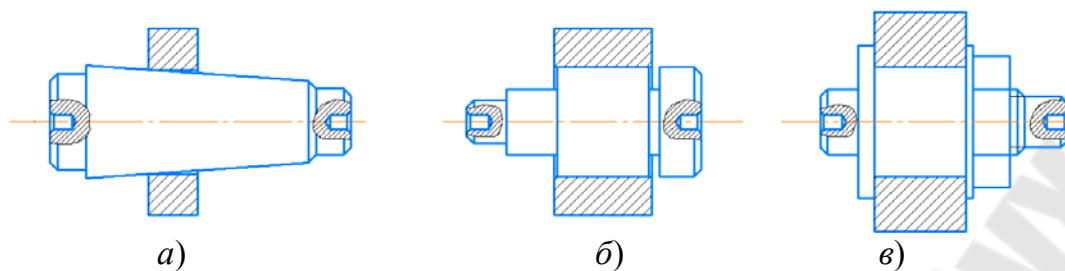


Рисунок 5.1 – Типы жестких оправок:
 а – коническая; б – цилиндрическая с натягом;
 в – цилиндрическая с зазором

При установке на конусную оправку положение заготовки по длине оправки неопределенно, кроме того возможен перекос заготовки, создающий дополнительную погрешность при обработке. Угловая величина погрешности α (рисунок 5.2) зависит при этом от конусности K оправки и величины плеча M , на котором проводится измерение.

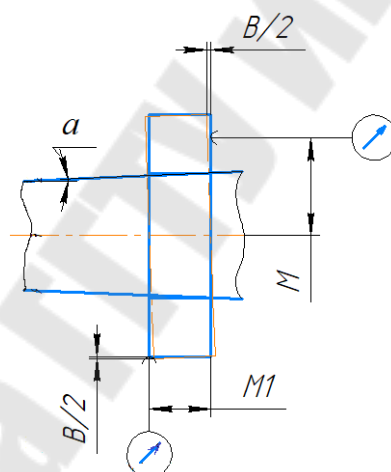


Рисунок 5.2 – Схема установки заготовки на конической оправке

При расчете конусности оправки рекомендуется величину торцевого биения B (рисунок 5.2) 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 таблице 5.2, то либо увеличивают значение конусности, допуская незначительное увеличение торцевого биения, либо проектируют набор оправок из двух штук.

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

Оправки изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией на глубину 1,2–1,5 мм и закалкой до твердости HRCэ 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 торцовой поверхностей детали на плече M , мм.

Таблица 5.2 – 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

Жесткие цилиндрические оправки

На жесткие цилиндрические оправки заготовки устанавливают с зазором или с натягом (таблица 5.1 и рисунок 5.1).

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 HRCэ 55–60. Рабочие поверхности оправок шлифуют с точностью не грубее 7-го качества и шероховатостью R_a (0,63–0,32) мкм.

При установке заготовки на цилиндрической оправке с натягом (рисунок 5.1, б) 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

$$N_{\max} = T_{\min} + T_{\text{заг}} + T_{\text{оп}} + T_{\text{изн}}, \quad (5.1)$$

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

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

Цанговые оправки

Цанговые оправки (рисунок 5.3) относят к разжимным и широко применяют при выполнении токарных, шлифовальных и других работ.

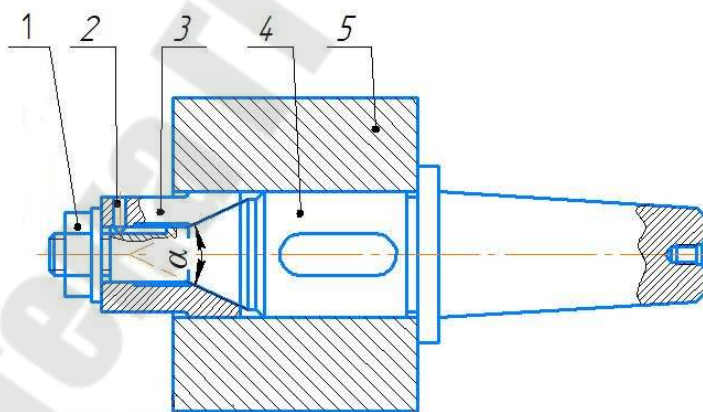


Рисунок 5.3 – Цанговая оправка для длинных втулок:
1 – гайка; 2 – штифт; 3 – цанга; 4 – оправка; 5 – заготовка

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

Цанги изготавливают обычно из сталей 65Г, У8А, У10А, 9ХС, 12ХН3А и др. с последующей закалкой по зажимной части до твердости HRCэ 45–50.

Угол цанги α обычно принимают равным $(30 \pm 1)^\circ$.

Усилие закрепления заготовки на цанговой оправке (рисунок 5.3), работающей по схеме толкающей цанги, определяют по формуле

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (5.2)$$

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.

3 Порядок выполнения работы

Оборудование и оснастка:

- 1) контрольное приспособление с двумя индикаторами с ценой деления 0,002 мм;
- 2) оправки: конусные, цилиндрические, цанговые;
- 3) контролируемые заготовки;
- 4) динамометрический ключ;
- 5) микрометр с ценой деления 0,01 мм;
- 6) штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм.

1 Изучить схемы установки (базирования) заготовок по внутренним поверхностям на жестких (конусной и цилиндрической) и цанговой оправках.

2 Определить биение поверхностей оправок, служащих для базирования заготовок.

3 Определить конусность конусных оправок.

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

5 Рассчитать усилие закрепления заготовки на цанговой и цилиндрической оправке.

6 Определить фактическую величину радиального (для конусных и цилиндрических оправок) и торцового (для конусных оправок) биений (см. схему измерений на рисунках 5.2 и 5.4) для партии заготовок.

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

8 Произвести аналогичные измерения для цанговой оправки.

9 Полученные результаты занести в таблицу 5.3.

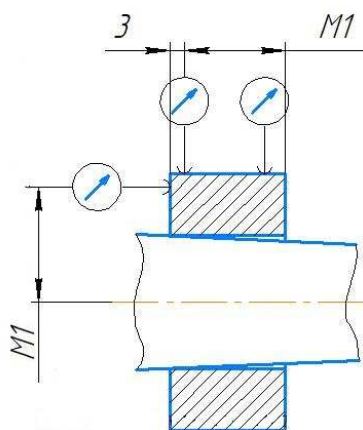


Рисунок 5.4 – Схема измерений

Таблица 5.3 – Экспериментальное определение радиального и торцевого биения оправок

Наименование оправки	Диаметр заготовки D , мм	Номер измерения	Биение, мкм				Сила закрепления заготовки Q , Н
			Радиальное			Торцовое	
			в сечении I – I	в сечении II – II	фактическое		
Конусная $K=$		1					
		2					
		3					
		Среднее					
...							

Обработка экспериментальных данных

Фактическую величину радиального биения по каждому измерению определить как разность показаний индикатора в сечениях I – I и II – II (см. рисунок 5.5). По данным трех измерений определить среднее арифметическое значение радиального биения заготовки.

Величину торцевого биения определить по схемам измерения, показанным на рисунках 5.2 и 5.4.

Рассчитать силу закрепления заготовки Q на цанговой оправке по формуле (5.2) и на цилиндрической оправке по формуле

$$Q = \frac{P \cdot L}{r_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} \cdot f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}, \quad (5.3)$$

где P – сила, приложенная на рукоятке динамометрического ключа, Н;
 L – плечо приложения силы, мм; r_2 – средний радиус резьбы, мм;

α – угол подъема резьбы, град; φ_{np} – приведенный угол трения в резьбе, град; f – коэффициент трения на плоскости.

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

3 Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Содержание задания и оснастка.
- 3 Схема установки заготовки на конической оправке и схема измерений (рисунки 5.2 и 5.4)
- 4 Расчет усилий закрепления заготовки на цанговой и цилиндрической оправке.
- 5 Таблица 5.3 с результатами экспериментов по определению радиального и торцевого биения оправок.
- 6 Выводы

4 Контрольные вопросы

- 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?
- 4 Каковы преимущества разжимных оправок перед жесткими?
- 5 В каком диапазоне квалитетов находится точность базового отверстия заготовки при установке ее на разжимную оправку?

ЛИТЕРАТУРА

1 Андреев, Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учеб. пособие / Г. Н. Андреев : под ред. Ю. М. Соломенцева. – 3-е изд., стер. – Москва: Высш. шк., 2001. – 415 с.

2 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М. : Машиностроение, 1975. – С. 405–427.

3 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – 5-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1973. – 344 с.

4 Гурьянихин, В. Ф. Технологическая оснастка : учеб. пособие / В. Ф. Гурьянихин, А. Д. Евстигнеев. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 80 с.

5 Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.

6 Лабораторный практикум по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностроительных вузов/ В. В. Бабук, И. Л. Бартай, В. А. Шкред [и др.] ; под ред. В. В. Бабука. – Минск : Высш. шк., 1983. – 220 с.

7 Проектирование технологической оснастки: учебное пособие (практикум) / сост. С. А. Сидоренко, Н. Ю. Землянушнова, Р. В. Герасимов ; Северо-Кавказ. федер. ун-т. – Ставрополь : СКФУ, 2019. – 222 с.: схем., ил. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=596382>.

8 Современная технологическая оснастка : учеб. пособие / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. – Новосибирск : Новосиб. гос. техн. ун-т, 2012. – 266 с. – (Учебники НГТУ). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=135673>.

9 Технологическая оснастка : учеб. пособие для вузов / В. Е. Антонюк [и др.]. – Минск : Изд-во Гревцова, 2011. – 373 с.

10 Щербаков, С. А. Технологическая оснастка : учеб. пособие / С. А. Щербаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, каф. «Технология машиностроения». – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. – 202 с. – URL: <https://elib.gstu.by/handle/220612/13730>.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Лабораторная работа № 1. Определение погрешностей базирования при установке цилиндрических заготовок в призме	4
2 Лабораторная работа № 2. Исследование погрешностей при установке заготовки на плоскость и два пальца.....	11
3 Лабораторная работа № 3 Исследование сил закрепления заготовки при установке на магнитной плите	20
4 Лабораторная работа № 4. Определение погрешности обработки от сил закрепления и неточности установки заготовок трехкулачковом патроне	28
5 Лабораторная работа № 5. Исследование точности установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям.....	35
Литература	43

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей 1-36 01 01
«Технология машиностроения» и 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной и заочной форм обучения**

Составитель Акулова Елена Михайловна

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 13.11.25

Пер. № 142Е
<http://www.gstu.by>