МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальностей 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» дневной и заочной форм обучения

Могилев 2026

УДК 621.01:519.6
ББК 34.5:22.18
Т34

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «27» апреля 2026 г., протокол № 12

Составитель канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. С. Федосенко

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ студентами специальностей 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» по дисциплине «Технологическая оснастка». Описаны использующиеся в работах экспериментальные средства и лабораторные установки, а также изложены методики экспериментальных исследований.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Ответственный за выпуск	М. А. Рабыко
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 86 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2026

Содержание

Введение……..... 4
1 Лабораторная работа № 1. Определение зависимости смещения заготовки от величины силы закрепления при базировании по плоскости..... 5
2 Лабораторная работа № 2. Определение сил закрепления заготовок при их установке на оправках с зазором и упором в торец..... 10
3 Лабораторная работа № 3. Определение зависимости вращающего момента, развиваемого кольцевыми фрикционными поводками, от различных факторов..... 15
Список литературы…….....19
Приложение А…….....20

Введение

В машиностроении затраты на технологическую оснастку составляют существенную часть себестоимости изделий. В этих затратах большой удельный вес занимает оснастка для установки заготовок на станках – станочные приспособления.

Разнообразие форм и типов деталей машин, сложность построения технологических процессов, обуславливающих разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований, недостаточно продуманные конструктивные и технологические решения при создании приспособлений приводят к увеличению сроков подготовки производства и удорожанию продукции.

Из сказанного следует, что инженерно-технические работники, занимающиеся разработкой технологической оснастки, должны знать теоретические основы проектирования приспособлений, их системы и типовые конструкции, а также обладать соответствующими навыками их расчета и проектирования.

1 Лабораторная работа № 1. Определение зависимости смещения заготовки от величины силы закрепления при базировании по плоскости

Цель работы: установить эмпирическую зависимость смещения заготовки от силы закрепления при различных типах опор (точечные со сферической, плоской и рифленой рабочими поверхностями и в виде опорных пластин), а также оценить влияние количества стыков на величину этого перемещения.

Указанную эмпирическую зависимость следует установить в виде степенной функции и полиномов первой и второй степеней [1, 2].

Оборудование, объекты исследования, нагружающие и измерительные средства

Лабораторная работа выполняется на специальной установке, конструктивная схема которой приведена на рисунке 1.

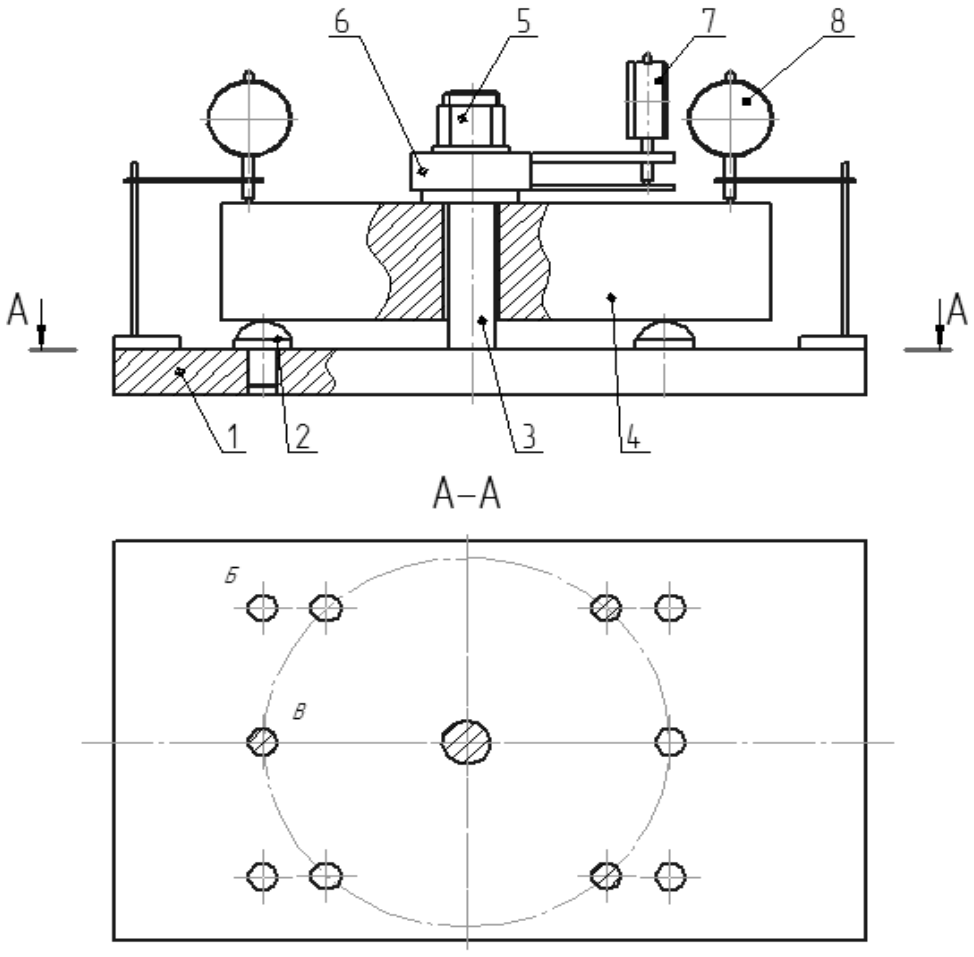


Рисунок 1 – Конструктивная схема установки для определения смещений заготовки под действием сил закрепления при базировании по плоскости

Установка содержит основание *1*, в котором выполнены отверстия, позволяющие устанавливать сменные опоры *2*, и центральный стержень *3*, служащий для нагружения жесткой заготовки *4* различными силами закрепления при помощи гайки *5*, завинчивание которой вызывает возрастание силы. Эта сила измеряется при помощи специального динамометра сжатия *6*, снабженного индикатором *7*. Для определения перемещений верхней плоскости заготовки в вертикальном направлении служат индикаторы *8*, закрепленные на стойках, расположенных на основании установки.

При выполнении работы используются точечные опоры (по три штуки) со сферической, плоской и рифленой рабочими поверхностями, а также два комплекта опорных пластин по две штуки в комплекте.

Порядок проведения работы

1 Установить в отверстия основания, расположенные на одинаковом расстоянии от центрального стержня, три точечные опоры со сферической рабочей поверхностью так, чтобы они оказались под углом 120° друг относительно друга.

2 На стержень *3* надеть заготовку *4*, установить динамометр *6* и навернуть гайку *5* на стержень *3*.

3 Вращением гайки *5* нагрузить некоторой силой заготовку *4* и тем снять нагрузку. Проделать это 2–3 раза для устранения случайных зазоров и обеспечения определенного положения опор.

4 Установить три или два (для опорных пластин) индикатора *8* над опорами, создать натяг и совместить их стрелки с нулевым делением шкал.

5 Провести ступенчатое нагружение заготовки силами закрепления 100, 200, 300, …, $Q_{\max}$ (Н) при помощи гайки *5*, динамометра *6* и индикатора *7*, каждый раз производя запись показаний индикаторов *8*, регистрирующих вертикальное перемещение заготовки, в таблицу 1.

6 Повторить пп. 1–5 для других типов точечных опор и опорных пластин. Проанализировать полученные результаты.

Результаты экспериментов и расчетов

Результаты экспериментов и расчетов занести в таблицу 1.

Построить графики зависимостей $y = f(Q)$ с аппроксимацией экспериментальных значений для всех типов опор (пять графиков), используя приложение *Microsoft Excel* в соответствии с рисунком 2. Полученные графики приложить к отчету (рисунки А.1 и А.2).

Используя ПЭВМ, произвести обработку экспериментальных данных для получения эмпирических зависимостей.

Степенная функция

$$y = CQ^n, \qquad (1)$$

где n – показатель степени, характеризующий особенности стыка;

C – коэффициент, зависящий от вида контакта, материала, шероховатости поверхности, твердости поверхностей и т. д.

Таблица 1 – Результаты экспериментов и расчетов

Наименование опор	Сила Q, Н	Показание индикаторов, мкм			Среднее перемещение y, мкм	$\lg Q$	$\lg y$
		1	2	3			
1	2	3	4	5	6	7	8
Сферические опоры							
Плоские опоры							
Рифленые опоры							
Две опорные пластины							
Четыре опорные пластины							

Степенную функцию можно представить в виде полинома первой степени:

$$\lg y = \lg C + n \lg Q . \qquad (2)$$

Используя приложение *Microsoft Excel*, выполнить аппроксимацию расчетных значений lg$y$ и lg$Q$ из таблицы 1 полиномом первой степени. В результате получить коэффициенты полинома lg$C$ и n. Найти коэффициент C и записать степенные функции в виде формулы (1) в таблицу 2.

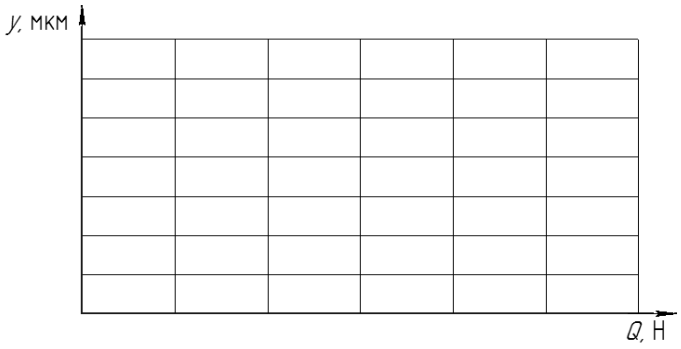


Рисунок 2 – Система координат для построения экспериментальных графиков

Таблица 2 – Эмпирические зависимости в виде степенных функций

Наименование опор	Эмпирическая зависимость
Сферические опоры	
Плоские опоры	
Рифленые опоры	
Две опорные пластины	
Четыре опорные пластины	

Выполнить аппроксимацию экспериментальных значений y, Q из таблицы 1 полиномом второй степени:

$$y = a + bQ + cQ^2 . \tag{3}$$

Найти коэффициенты a, b, c и записать полиномы второй степени в таблицу 3.

Таблица 3 – Эмпирические зависимости в виде полиномов второй степени

Наименование опор	Эмпирическая зависимость
Сферические опоры	
Плоские опоры	
Рифленые опоры	
Две опорные пластины	
Четыре опорные пластины	

Определить жесткость опорных устройств. Для этого диапазон нагружения заготовки от 0 до $Q_{\max}$ разбить на три отрезка и в пределах каждого из них определить жесткость опорного устройства по соотношению

$$j = \frac{\Delta Q}{\Delta y}, \tag{4}$$

где ΔQ – ступень нагружения (среднее приращение нагрузки) в пределах рассматриваемого отрезка;

Δy – среднее приращение перемещения на ступень нагрузки, определяемое по формуле

$$\Delta y = \frac{\Delta y_i + \Delta y_{i+1} + \Delta y_{i+2} + ... + \Delta y_{i+k}}{k}, \quad (5)$$

где k – количество ступеней нагрузки в пределах рассматриваемого отрезка.

Результаты расчета занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Жесткость опорных устройств

Наименование	ΔQ, Н	Δy, мкм	j, Н/мкм
Сферические опоры			
Плоские опоры			
Рифленые опоры			
Две опорные пластины			
Четыре опорные пластины			

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены следующие сведения.

1 Название работы.

2 Цель работы.

3 Сведения о динамометре (пределы измерения, цена деления индикатора в ньютонах), использующихся индикаторах (цена деления в микрометрах).

4 Схема установки.

5 Результаты экспериментов (таблицы).

6 Графики зависимостей $y = f(Q)$, построенные по данным эксперимента.

7 Аппроксимация графиков степенными функциями и полиномами.

8 Анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие факторы оказывают влияние на смещение заготовки при ее креплении?

2 Какой математической зависимостью описывается связь между силой закрепления и смещением заготовки?

3 Что такое жесткость опорного устройства и как она определяется?

4 Как производится аппроксимация экспериментальных данных степенными функциями и полиномами?

5 Как производится определение действующей силы по показаниям индикатора?

2 Лабораторная работа № 2. Определение сил закрепления заготовок при их установке на оправках с зазором и упором в торец

Цель работы: определить силу закрепления Q заготовки на цилиндрической оправке с гарантированным зазором и упором в торец в зависимости от вращающего момента M (момента от силы резания) и размеров кольцевых поверхностей контакта на торцах заготовок.

Расчетная силовая схема представлена на рисунке 3.

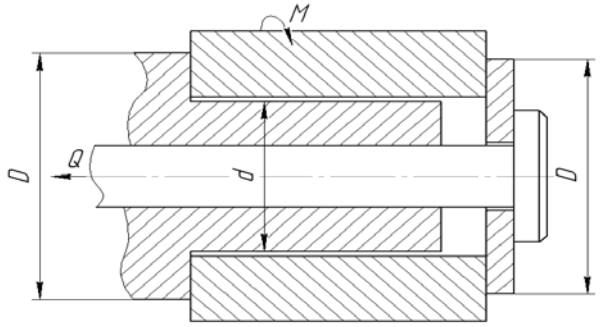


Рисунок 3 – Схема установки заготовки на оправке с зазором и упором в торец

Согласно этой схеме в [3] рекомендуется расчетная формула (без учета коэффициента запаса k)

$$Q = \frac{3{,}8 \cdot M \cdot \left(D^2 - d^2\right)}{f \cdot \left(D^3 - d^3\right)}, \tag{6}$$

где f – коэффициент трения между оправкой и деталью, f = 0,1…0,15.

В [4] расчетная формула (также без учета коэффициента запаса) рекомендуется в виде

$$Q = \frac{4 \cdot M}{f \cdot \left(D + d\right)}, \tag{7}$$

где f – коэффициент трения между шайбой и заготовкой.

Формула (7) не учитывает сил трения между заготовкой и буртом оправки. Если учесть эти силы, считая коэффициент трения таким же, как и на поверхности контакта заготовки с шайбой, то согласно той же расчетной схеме (см. рисунок 3) получим

$$Q = \frac{2 \cdot M}{f \cdot \left(D + d\right)} \quad . \tag{8}$$

Это значение Q в 2 раза меньше, чем определенное по (7), поэтому другой целью работы является проверка справедливости приведенных формул путем

анализа экспериментальных значений Q, полученных при закреплении заготовки по схеме, представленной на рисунке 4, и с использованием упорного подшипника для уменьшения сил трения между заготовкой и буртом оправки.

Выполнить сравнение формул (6)–(8) можно, вычисляя значения коэффициента f по каждой из этих формул и сравнивая их.

Оборудование, объекты исследования, нагружающие и измерительные средства

Лабораторная работа выполняется на специальной установке, изображенной на рисунке 4.

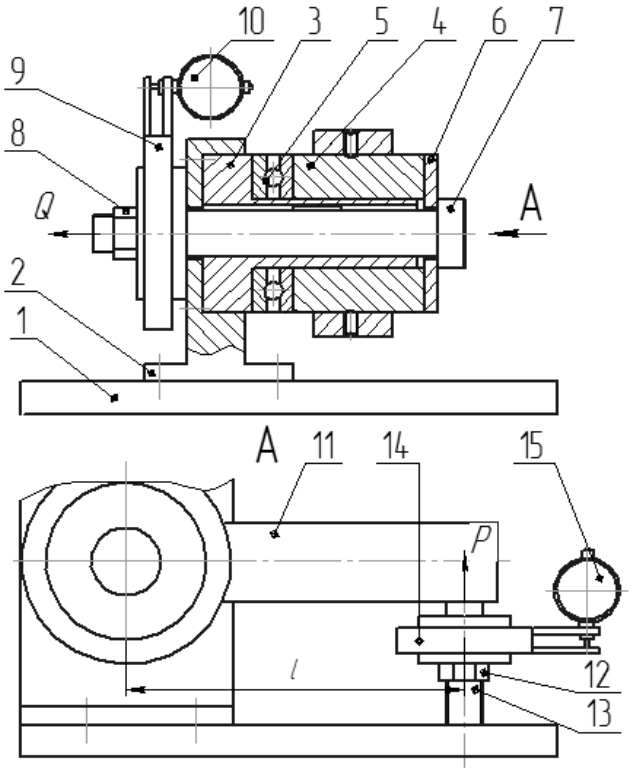


Рисунок 4 – Конструктивная схема установки для определения сил закрепления заготовок на оправках с зазором и упором в торец

Установка содержит основание *1*, на котором закреплена стойка *2*, а в ней оправка *3* для установки сменных заготовок *4*. Заготовки *4* прижимаются к бурту оправки *3* или упорному подшипнику *5* шайбой *6* путем воздействия на нее тягой *7* при завинчивании гайки *8*, которая опирается через динамометр сжатия *9* на стойку *2.* Усилие Q, прикладываемое к тяге, измеряется динамометром *9* с помощью индикатора *10*.

Для измерения момента трения, возникающего на торцах заготовки, к последней прикладывается с помощью прикрепленного к ней рычага *11* некоторое усилие P на плече l так, что момент трения оказывается равным Pl. Измерение силы P осуществляется в тот момент времени, когда рычаг *11* под действием силы P получает перемещение, что свидетельствует о том, что

величина *Pl* оказалась равной моменту трения.

Нагружение силой *P* осуществляется при вращении гайки *12*, которая, перемещаясь по стержню *13*, воздействует на динамометр *14*, а через динамометр – на рычаг *11*. Измерение силы *P* производится при помощи индикатора *15*.

Во избежание поворота заготовки *4* вместе с шайбой *6* и тягой *7* шайбу выполняют за одно целое с тягой или между ними устанавливают пружинную шайбу, предотвращающую относительный поворот.

При проведении работы используются три заготовки *4*, которые имеют на торцах кольцевые выступы различных диаметров (рисунок 5).

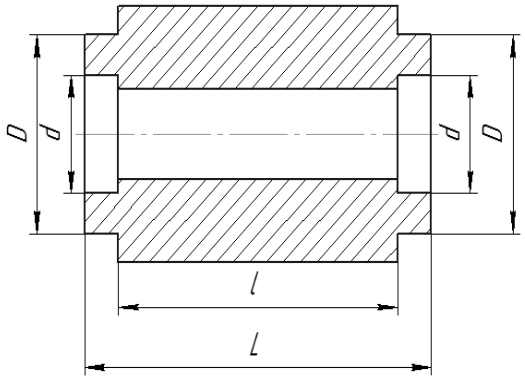


Рисунок 5 – Эскиз заготовки с кольцевыми выступами на торцах

Порядок проведения работы

1 Произвести наладку установки для проведения первой серии экспериментов, когда на обоих концах заготовки кольцевые выступы взаимодействуют с другими деталями в условиях скольжения.

2 Установить первую заготовку, создать незначительный натяг гайкой *8*, установить стрелку индикатора *10* на ноль, привести в контакт рычаг *11* и динамометр *14*.

3 Вращая гайку *8*, установить первое значение силы *Q*, зафиксировав это значение, и занести его в таблицу 5.

4 Вращая гайку *12*, создать незначительный натяг и установить стрелку индикатора *15* на ноль. Нагрузить рычаг *11* силой *P*, вращая гайку *12* до того момента, когда рычаг *11* повернется. Зафиксировать соответствующее значение *P* и занести его в таблицу 5.

5 Повторить пп. 3 и 4 для всех ступеней нагрузки.

6 Повторить пп. 2–5 для всех заготовок.

7 Произвести переналадку установки для проведения второй серии экспериментов, установив между левым торцом заготовки *4* и буртом оправки *3* упорный шарикоподшипник *5*.

8 Проделать пп. 2–6 для всех заготовок во второй серии экспериментов.

9 Произвести вычисления, заполнить таблицу 5.

10 Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Результаты экспериментов и расчетов

Результаты экспериментов занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты экспериментов и расчетов

Номер серии опытов	Сила Q, Н	Сила P, Н	$M=Pl$, Н·мм	D, мм	d, мм	l, мм	Значение f		
							$f=\frac{3{,}8\cdot M\cdot\left(D^2-d^2\right)}{Q\cdot\left(D^3-d^3\right)}$	$f=\frac{4\cdot M}{Q\cdot(D+d)}$	$f=\frac{2\cdot M}{Q\cdot(D+d)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Построить графики зависимостей $f = f(Q)$, $f = f(M)$ для всех серий опытов (12 графиков), используя приложение *Microsoft Excel.* Полученные в соответствии с рисунком 6 графики приложить к отчету.

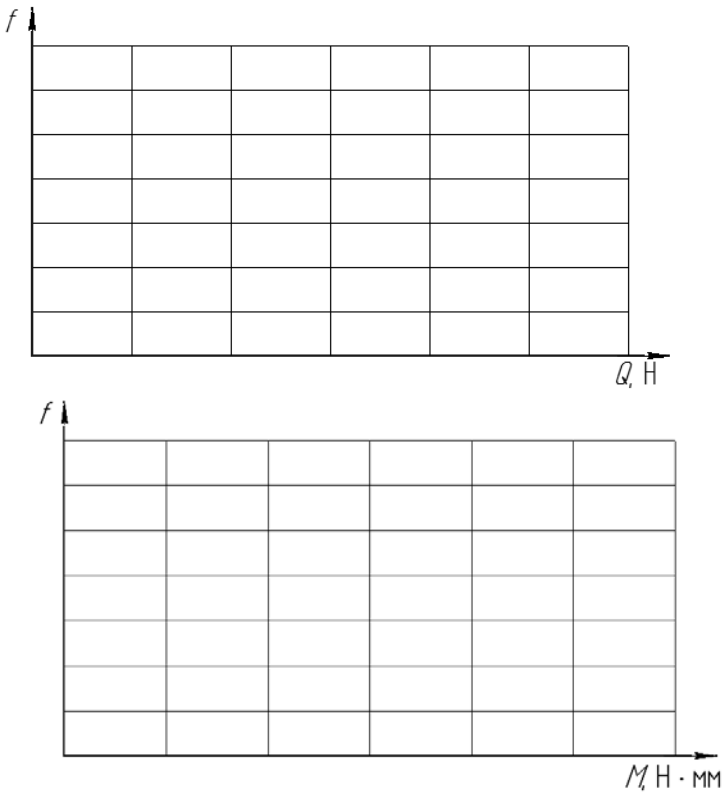


Рисунок 6 – Система координат для построения экспериментальных графиков

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены следующие сведения.

1 Название работы.

2 Цель работы.

3 Сведения о динамометре (пределы измерения, цена деления индикатора в ньютонах), используемых образцах (размеры и другие характеристики).

4 Схема установки.

5 Результаты экспериментов (таблицы).

6 Результаты вычислений коэффициента трения.

7 Графики зависимостей $f = f(Q)$, $f = f(M)$ для трех формул.

8 Анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие расчетные формулы используются для определения силы закрепления заготовки на цилиндрической оправке с зазором и упором в торец?

2 На каких поверхностях силы трения препятствуют повороту заготовки при ее закреплении на оправке с зазором и упором в торец?

3 Какое влияние оказывает коэффициент трения на контактных поверхностях заготовки с установочными и зажимными элементами на величину силы закрепления?

4 Какая из приведенных в описании работы формул для определения силы закрепления заготовки оказывается наиболее соответствующей экспериментальным данным?

3 Лабораторная работа № 3. Определение зависимости вращающего момента, развиваемого кольцевыми фрикционными поводками от различных факторов

Цель работы: установить зависимость момента, развиваемого кольцевыми фрикционными поводками от осевой силы Q, материала поводка, материала и твердости обрабатываемой детали.

Момент, развиваемый кольцевыми фрикционными поводками, можно определять из соотношения [5, 6]

$$M_{вр} = Q \cdot \mathrm{tg}\,\varphi \cdot R_{пр}, \tag{9}$$

где Q – осевая сила, Н;

φ – угол трения;

$R_{пр}$ – радиус приведения вращающего момента, мм.

Оборудование, объекты исследования, нагружающие и измерительные средства

Лабораторная работа выполняется на установке, собранной на базе токарно-винторезного станка 1К62, налаженного в соответствии со схемой, представленной на рисунке 7.

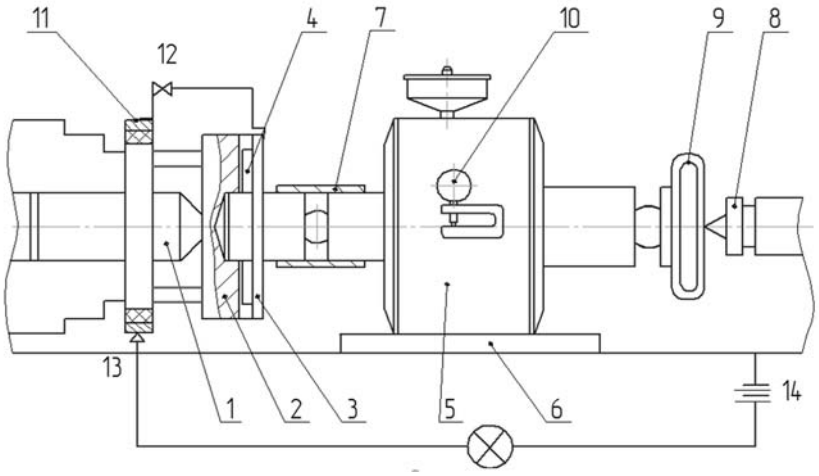


Рисунок 7 – Схема установки для исследования вращающего момента, развиваемого поводковыми устройствами

В трехкулачковом патроне установлен ведущий центр *1* с кольцевым поводком, взаимодействующий с торцом заготовки *2*, установленной на специальной оправке *3*. Заготовка *2* установлена при помощи двух торцовых шпонок *4* на оправке без возможности свободного вращения. На суппорте (верхних салазках) закреплен порошковый электромагнитный тормоз *5* типа ПТ16М1 с индикатором *10* с возможностью свободного продольного перемещения по направляющим *6*. Оправка *3* неподвижно связана с валом электромагнитного тормоза жесткой муфтой *7*. Правый конец вала тормоза может взаимодействовать с вращающимся центром *8*, расположенным в задней бабке станка, через динамометр сжатия *9* типа ДОСМ. В измерительной системе установки используется указатель, или датчик поворота детали, который состоит из токосъемника *11*, изолированного от центра, нормально разомкнутых контактов *12*, скользящего контакта *13*, источника питания *14*.

При проведении работы используются стальные и чугунные заготовки, изготовленные из материала одной поставки. Для оценки влияния твердости заготовок и их материала на вращающий момент, передаваемый кольцевым поводком, используются два комплекта заготовок – стальные и чугунные с различной твердостью. Во всех заготовках выполнены одинаковые центровые гнезда на одинаковую глубину.

Порядок проведения работы

1 Произвести наладку установки в соответствии с рисунком 7 для проведения первой серии экспериментов.

2 Установить стальную заготовку, привести ее в соприкосновение с ведущим центром и кольцевым поводком, установить контакты *12* в разомкнутое состояние.

3 Нагрузить систему первой ступенью осевой нагрузки. Занести значение силы Q в таблицу 6.

4 Включить вращение шпинделя, установив минимальную частоту вращения. Установить регулировкой нулевое напряжение на обмотке электромагнитного тормоза, а стрелку индикатора *10* установить на ноль.

5 Подачей напряжения на обмотку тормоза создать увеличивающийся тормозной момент, наибольшее значение которого соответствует провороту центра, зафиксировать значение момента $M_{вр}$ при помощи индикатора *10*. Значение $M_{вр}$ занести в таблицу 6.

6 Снять напряжение с обмотки тормоза, снять нагрузку Q, установить контакты *12* в нормальное состояние.

7 Повторить пп. 3–6 для всех ступеней нагрузки Q.

8 Повторить пп. 1–7 для чугунной заготовки.

9 Произвести наладку установки для проведения второй серии экспериментов в соответствии с пп. 1–8. Использовать кольцевые поводки разного материала. Каждую заготовку нагружать одинаковой силой Q = 2000 Н. Показания динамометра *9* и индикатора *10* для каждой заготовки занести в таблицу 6.

10 Выполнить третью серию экспериментов с заготовками разной твердости в соответствии с пп. 1–9 данного порядка проведения работы.

11 Произвести вычисления, заполнить таблицу 6.

12 Проанализировать полученные результаты и составить отчет.

Результаты экспериментов и расчетов

Результаты экспериментов занести в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты экспериментов и расчетов

Номер серии опытов	Материал заготовки	Твердость заготовки, НВ	Материал поводка	Q, Н	$M_{вр}$, Н·м	$R_{пр}$, мм	$f = \mathrm{tg}\,\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сталь						
	Чугун						
2	Сталь			2000			
	Чугун			2000			
3	Сталь			2000			
	Чугун			2000			

Построить графики зависимостей $M_{вр} = f(Q)$ (два графика), $M_{вр} = f(R_{пр})$ (два графика), $M_{вр} = f(HB)$ (два графика), $\mathrm{tg}\varphi = f(R_{пр})$ (два графика) и $\mathrm{tg}\varphi = f(HB)$ (два графика), используя приложение *Microsoft Excel.* Полученные в соответствии с рисунком 8 графики приложить к отчету.

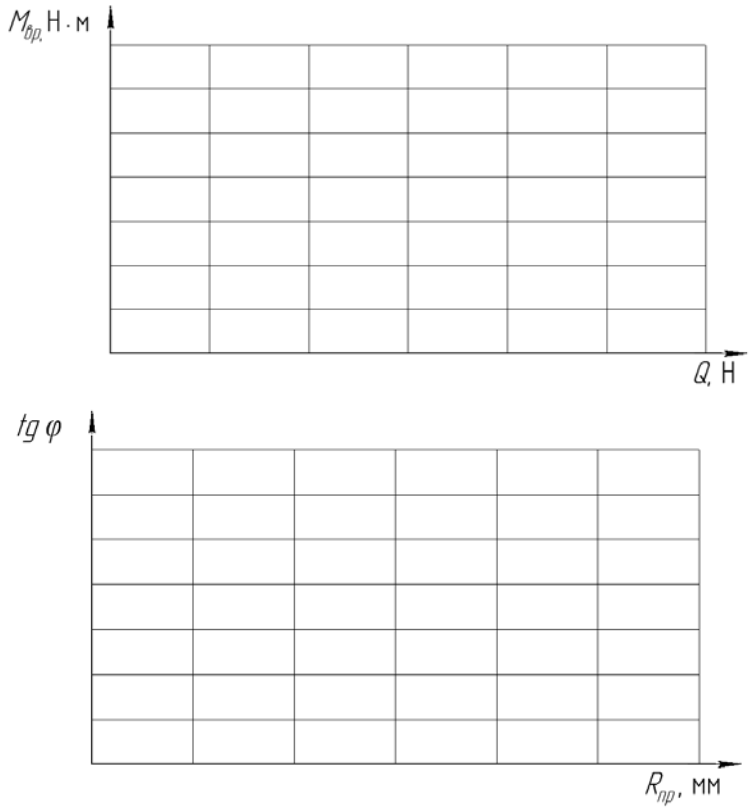


Рисунок 8 – Система координат для построения экспериментальных графиков

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены следующие сведения.

1 Название работы.

2 Цель работы.

3 Сведения об использующемся оборудовании (станке, динамометре, электромагнитном тормозе).

4 Схема установки.

5 Результаты экспериментов и расчетов (таблицы).

6 Графики зависимостей $M_{вр} = f(Q)$, $M_{вр} = f(R_{пр})$, $M_{вр} = f(HB)$, $\mathrm{tg}\varphi = f(R_{пр})$ и $\mathrm{tg}\varphi = f(HB)$ для стали и чугуна, построенные по результатам экспериментов.

7 Аппроксимация графиков степенными функциями и полиномами.

8 Анализ результатов и выводы.

Контрольные вопросы

1 По какой математической зависимости определяется вращающий момент, развиваемый кольцевым фрикционным поводком?

2 Какое влияние на вращающий момент оказывают материал кольцевого поводка, коэффициент трения, приведенный радиус поводка, осевая сила?

3 Какое влияние на вращающий момент оказывает материал заготовки?

4 Как влияет на вращающий момент, развиваемый кольцевым фрикционным поводком, твердость заготовки?

5 Как измеряется величина вращающего момента, развиваемого кольцевым поводком?

Список литературы

1 **Клепиков, В. В.** Технологическая оснастка. Станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 345 с.

2 **Клепиков, В. В.** Технологическая оснастка. Станочные приспособления : учеб. пособие / В. В. Клепиков. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с.

3 **Егоров, О. Д.** Конструирование механизмов роботов : учебник / О. Д. Егоров. – М.: Абрис; Высш. шк., 2012. – 444 с.: ил.

4 **Пашкевич, М. Ф.** Лабораторный практикум по технологической оснастке : учеб. пособие / М. Ф. Пашкевич. – Могилев: ММИ, 1997. – 203 с.

5 **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений : учебник / В. С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.

6 **Горохов, В. А.** Проектирование и расчет приспособлений : учеб. пособие / В. А. Горохов. – Мн. : Выш. шк., 1982. – 238 с.

7 **Антонюк, М. А.** Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / М. А. Антонюк. – Мн. : Беларусь, 1991. – 400 с.

8 **Горошкин, А. К.** Приспособление для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.

Приложение А
(обязательное)

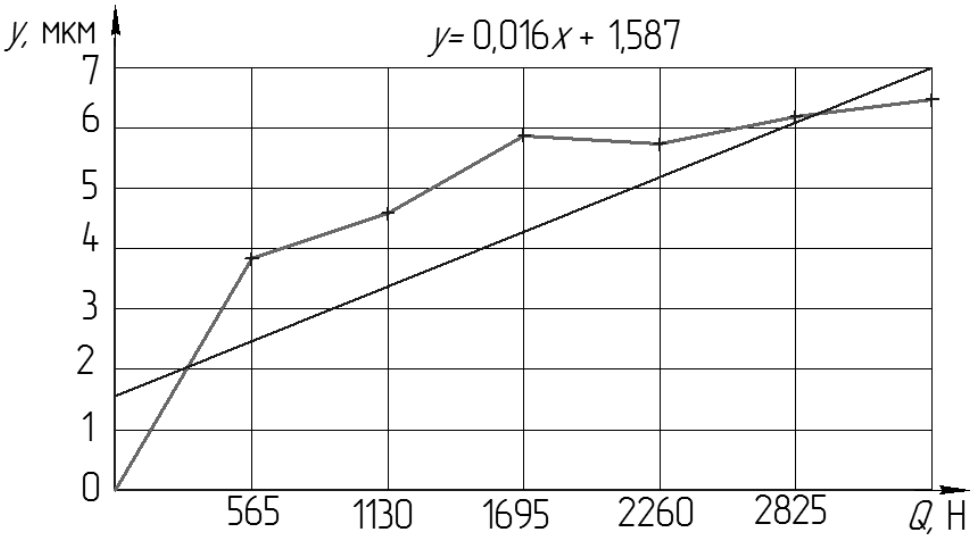


Рисунок А.1 – График экспериментальных значений и полином первой степени, полученный аппроксимацией (пример 1)

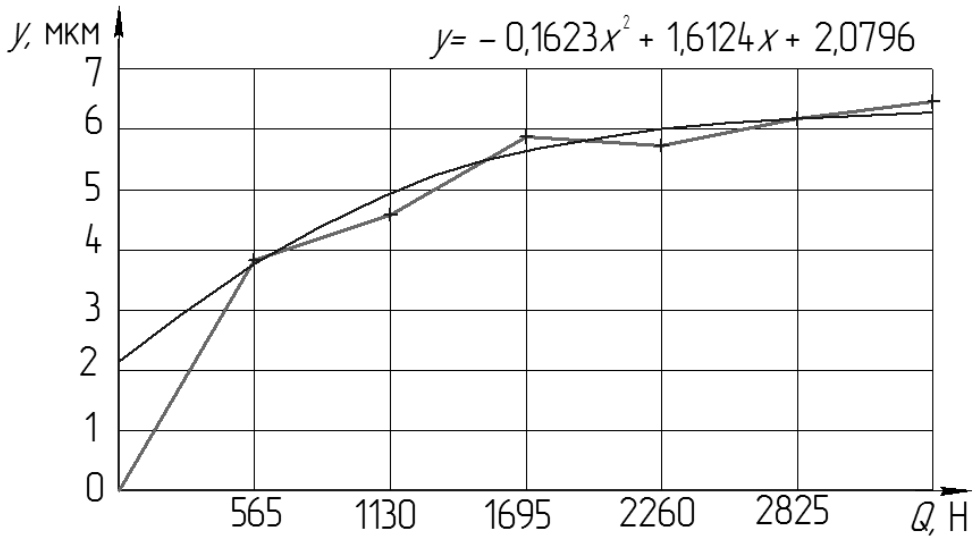


Рисунок А.1 – График экспериментальных значений и полином второй степени, полученный аппроксимацией (пример 2)