ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

КОЛЛЕДЖ СВЯЗИ №54

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

для специальности 220703 Автоматизация технологических процессов и производств

по дисциплине «Техническая механика»

Москва, 2014

Рассмотрено: Утверждено:

на заседании цикловой комиссии

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Зам. директора по УМР

Протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2014г. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.Г.Бозрова

Председатель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014г.

Составитель Галкина М.В. преподаватель ГБОУ СПО КС №54

**Предисловие**

Данные методические рекомендации составлены для проведения цикла лабораторных работ предусмотренных рабочей программой по дисциплине ОП 03 «Техническая механика» в 2013/2014 учебном году

В результате выполнения цикла лабораторных работ обучающийся **должен уметь:**

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем;

- рассчитывать параметры электрических и элементов механических систем;

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен знать:**

- общие понятия технической механики в приложении к профессиональной деятельности;

- типовые детали машин и механизмов и способы их соединения;

- основные понятия и аксиомы статики, кинематики и динамики.

В ходе изучения дисциплины и выполнения цикла лабораторных работ у обучающихся формируются следующие профессиональные и общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

ПК 1.1. Проводить анализ работоспособности измерительных приборов и средств автоматизации.

ПК 3.2. Контролировать и анализировать функционирование параметров систем в процессе эксплуатации.

ПК 3.3. Снимать и анализировать показания приборов.

**Правила выполнения лабораторных работ**

* 1. Обучающийся должен изучить описание лабораторной работы и подготовить ответы на поставленные вопросы
  2. Перед началом каждой работы проверяется готовность обучающегося к лабораторной работе
  3. После выполнения лабораторной работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе в тетради с обсуждением полученных результатов и выводов;
  4. Обучающийся, пропустивший выполнение лабораторной работы по уважительной или неуважительной причинам, обязан выполнить работу в дополнительно назначенное время.
  5. Оценка за работу обучающемуся выставляется с учетом предварительной подготовки к работе, доли самостоятельности при ее выполнении, точности и грамотности оформления отчета по работе.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

**Лабораторная работа 1**

**Проверка законов трения**

**Цель работы:** Определить значение коэффициента трения скольжения различных материалов с помощью наклонной и горизонтальной плоскостей.

**Оборудование:**  установка для испытаний с наклонной поверхностью. Прибор ПМП – 1.

**Теоретические сведения и основные расчетные формулы**

*Трением –* называется сопротивление, возникающее при движении одного шероховатого тела по поверхности другого. При скольжении тел воз­никает трение скольжения, при качении - трение качения. Природа сопротивлений движению в разных случаях различна.

Трение является одним из самых распространенных явлений природы и играет большую роль в технике. На трении основана работа фрикционных, канатных, ременных передач, тормозных устройств, прокатных станов, фрикционных муфт и т.д. трение обеспечивает сцепление с землей и, следовательно, работу автомобилей и других транспортных машин.

В некоторых случаях трение препятствует движения и приводит к бесполезной затрате работы. Когда одно тело с силой тяжести G опирается на другое тело (рис 1.1.), то кроме нормальной реакции N при действии сдвигающей силы F возникает сила трения F*f*. С увеличением сдвигающей силы сила трения тоже возрастает и достигает предельной величины (рис.1.2.), затем с началом движения сила трения несколько уменьшается. Она всегда направлена в сторону, противоположную перемещению тела.

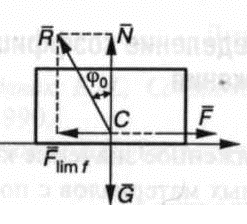


Рис.1.2.

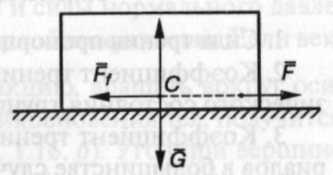


Рис. 1.1

Трением скольжения называется сопротивление скольжению одного тела по поверхности другого.

Трение представляет собой сложный комплекс механических, электрических и химических явлений. Сила трения скольжения зависит не только от материала, шероховатости поверхности, давления и относительной скорости движения, но и от целого ряда других причин (влажности, температуры). Вследствие крайней сложности этого физико-механического явления и трудности оценки многочисленных факторов, влияющих на него, точных общих законов трения до сих пор установить не удалось. На практике в тех случаях, когда не требуется большой точности, пользуются эмпирическими законами Амонтона – Кулона.

Если необходима большая точность, то приходится определять силу трения опытным путем для каждой данной пары трущихся поверхностей и конкретных условий трения

Рис.1.2.

*Законы Амонтона – Кулона*

1. Сила трения пропорциональна силе нормального давления.
2. Коэффициент трения зависит от рода трущихся тел и физического состояния трущихся поверхностей.
3. Коэффициент трения трущихся тел из одинаковых материалов в большинстве случаев больше, чем тел из разнородных материалов.
4. Коэффициент трения не зависит от площади трущихся поверхностей. При значительных давлениях площадь поверхностей начинает влиять на коэффициент трения.
5. Коэффициент трения покоя для большинства тел больше, чем коэффициент трения скольжения.
6. Коэффициент трения скольжения зависит от скорости взаимного перемещения трущихся тел.

Отношение предельной силы трения к нормальной силе давления называется *статическим коэффициентом трения скольжения:*

,

Где *f0* – безразмерная величина, так как и N измеряются в ньютонах (Н)

Сила трения отклоняет полную реакцию R от нормали на угол ϕ0 – угол трения покоя, образованный направлением суммарной реакции R с направлением нормальной реакции N. Тангенс угла трения покоя равен статическому коэффициенту трения:

Отношение силы трения при движении к силе нормального давления называется *динамическим коэффициентом трения скольжения*. Он несколько меньше статического коэффициента трения скольжения. Коэффициент трения скольжения определяется опытным путем различными способами, но наиболее часто при помощи наклонной плоскости.

Равнодействующая силы трения и силы нормального давления называется *полной реакцией опорной поверхности*.

**Задание на работу:**

1. При помощи испытательной установки экспериментальным путем определить значения коэффициентов трения скольжения для выбранных материалов и сравнить их с табличными значениями.
2. При помощи прибора ПМП – 1 определить коэффициент трения скольжения на горизонтальной поверхности.

**Порядок выполнения работы:**

***Задание 1***

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия установки для определения коэффициента трения скольжения по наклонной плоскости (рис. 1.3.)

Величина угла наклона α отсчитывается по шкале 3. При увеличении угла наклона плоскости 1 вращением винта 4 составляющая силы тяжести G2 направленная параллельно наклонной плоскости, возрастает и сила трения покоя F*f* соответственно увеличивается. При угле наклона плоскости, равном углу трения (α=ϕ) сила трения достигает предельной величины: при α>ϕ груз 2 переходит из состояния покоя в состояние движения.

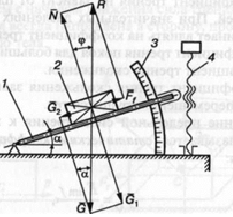


Рис.1.3.

Измерив, угол α, в момент начала движения можно определить угол трения ϕ. Тангенс этого угла дает значение коэффициента трения *f= tgϕ.*

1. Определить силу тяжести груза.
2. Подготовить пластины и груз к испытаниям: поверхности контакта протереть тряпочкой, смоченной в бензине, и просушить.
3. Установить груз на плоскости и при помощи рукоятки увеличивать угол подъема до тех пор, пока под действием собственной силы тяжести груз не начнет двигаться.
4. Зафиксировать винтом положение наклонной плоскости и по шкале определить угол ее наклона α. Результаты испытаний занести в таблицу. Для каждой пары материалов опыт проводить не менее трех раз.
5. Вычислить коэффициент трения скольжения для выбранных пар материалов и сравнить с табличными значениями.

***Задание 2***

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия установки для определения коэффициента трения скольжения по горизонтальной плоскости (рис. 1.4.)

На тележку 2 устанавливают пластины из различных материалов, а к грузу 5 крепят при помощи двух штырей диски также из различных материалов. Груз 5 тросиком прикреплен к динамометру 6. При выполнении работы включается электродвигатель 1 через понижающий трансформатор в сеть 220 В. А затем переключателем, установленным на стенке прибора, приводится в движение тележка 2. При ее движении между пластиной 3 и диском 4 груза 5 возникает сила трения F*f* величина, которой измеряется динамометром 6.

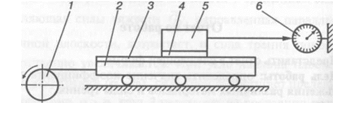


Рис. 1.4.

Коэффициент трения скольжения *f* определяется как частное от деления силы трения на вес груза 5 с диском 4.

1. Подготовить пластины и диски к испытаниям: поверхности контакта протереть тряпочкой, смоченной в бензине, и просушить. Образцы из резины, пластмассы и других материалов реагирующих с бензином, протереть чистой сухой тряпочкой.
2. Установить пластину на тележку.
3. Определить силу тяжести диска, прикрепить диск к грузу и провести испытания. Результаты испытаний занести в таблицу. Для каждой пары материалов опыт проводить не менее трех раз.
4. Вычислить коэффициент трения скольжения для выбранных пар материалов и сравнить с табличными значениями.

**Содержание отчета**

1. Цель работы: Определить значение коэффициента трения скольжения различных материалов с помощью наклонной и горизонтальной плоскостей.
2. Задание 1
3. Схема испытательной установки (рис.1.3.)
4. Таблица записи результатов испытаний

Результаты испытаний задание 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п\п | Материал пластины | Материал груза | Угол наклона плоскости αо | Коэффициент трения *f= tgϕ.* | Сила трения  F*f=f*Gcosα |
| 1. |  |  | 1 замер |  |  |
| 2 замер |
| 3 замер |
| Среднее значение |
| 2. |  |  | 1 замер |  |  |
| 2 замер |
| 3 замер |
| Среднее значение |
| 3. |  |  | 1 замер |  |  |
| 2 замер |
| 3 замер |
| Среднее значение |

1. Вычисление коэффициента трения скольжения для выбранных пар материалов
2. Задание 2
3. Схема испытательной установки (рис.1.4.)
4. Таблица записи результатов испытаний

Результаты испытаний задание 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п\п | Материал диска | Вес диска G2, H | Сила трения F, H | Коэффициент трения *f* |
| 1. |  |  | 1 замер |  |
| 2 замер |
| 3 замер |
| Среднее значение |
| 2. |  |  | 1 замер |  |
| 2 замер |
| 3 замер |
| Среднее значение |

1. Вычисление коэффициента трения скольжения для выбранных пар материалов.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется силой трения?
2. Какие виды трения вы знаете?
3. Сформулируйте законы Амонтона – Кулона
4. Что называется углом трения?

**Литература:**

1. Соколовская В.П. Техническая механика. Лабораторный практикум. Минск, «Высшая школа», 2010.

**Лабораторная работа 2**

**Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали**

Цель работы: определить механические характеристики прочности и пластичности стали при растяжении.

**Теоретические сведения и основные расчетные формулы**

Основной задачей испытания является построение диаграммы растяжения, представляющей собой зависимость удлинения образца, от приложенной к нему нагрузки.

Диаграмма позволяет определить основные характеристики прочности и пластичности.

Результаты испытания на растяжение зависят от свойств материалов, но и от формы и размеров испытуемых образцов, а также условий их нагружения. Для получения сравнимых результатов испытания на растяжение проводят в соответствии с ГОСТ 1407 – 73 «Металлы. Методы испытаний на растяжение».

*Форма и размеры образцов.*

Стандартный металлический образец для испытаний на растяжение показан на рис. 2.1.

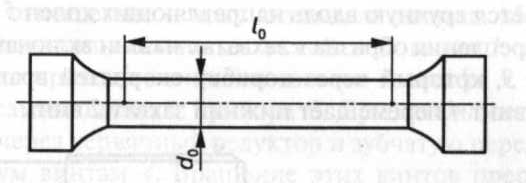
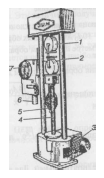


Рис. 2.1

Длина цилиндрической части образца равна 11d0, где d0 – диаметр образца. Расчётная длина для длинных образцов и – для коротких. При диаметре d0= 20 мм образец называется нормальным.

Обозначив через А0 площадь поперечного сечения образца, получим для нормального образца следующее соотношение:=

Таким образом, для длинных образцов , для коротких .

Применение коротких образцов предпочтительнее. Для испытаний применяются так же образцы некруглого поперечного сечения: ширина стандартного образца прямоугольного поперечного сечения втрое больше его толщины, а его расчетная длина *l*0 также принимается равной .

*Испытательное оборудование*

Для проведения испытаний используют разрывную машину, имеющую диаграммный аппарат для регистрации результатов испытаний.

Универсальная испытательная машина УММ5 (рис. 2.2.) предназначена для статических испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и срез (при наличии специального приспособления), снабжена универсальными захватами 1 и2. При установке образца на растяжение нижний захват 2 перемещается вручную вдоль направляющих колен 5 рукояткой. После закрепления образца в захватах машин включают электродвигатель 3, который через коробку скоростей вращает гайку, при этом винт 4 перемещает нижний захват 2 вниз.

Рис.2.2

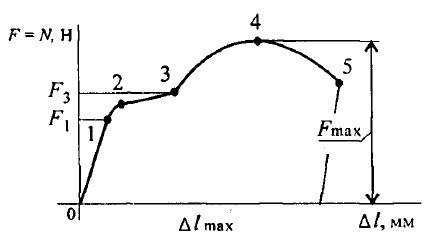
Закрепленный в машине образец соединяет верхний и нижний захваты, поэтому перемещение нижнего захвата повлечет перемещение верхнего захвата, который связан через рычажную систему с маятником 6, который отклоняется от вертикального положения. Отклонение маятника передается на механизм, перемещающий стрелку круговой шкалы нагрузок 7. Угол отклонения маятника определяет силу, растягивающую образец.

Рис. 2.3.

Типичная диаграмма растяжения представлена на рисунке 2.3. в начале испытаний до точки 1 удлинение растет пропорционально нагрузке F, т.е. материал подчиняется закону Гука. Это зона упругости точка 1 соответствует моменту, когда в материале начинают появляться незначительные остаточные деформации (удлинения не более 0,05%). Далее удлинение возрастает не пропорционально силе F.

Точка 2 соответствует пределу упругости материала: материал теряет упругие свойства – способность вернуться к исходным размерам.

Точка 3 является концом участка, на котором образец сильно деформируется без увеличения нагрузки. Это явление называют текучестью. Пластическая деформация охватывает весь объем материала, а на поверхности образца появляются полосы Людерса – Чернова, следы сдвига частиц.

По окончании стадий текучести материала образец снова начинает сопротивляться нагрузке до точки 4. Точка 4 соответствует максимальной нагрузке, в этот момент на образце образуется «шейка» - резкое уменьшение площади поперечного сечения. Напряжение в этой точке называют временным сопротивлением разрыву, или условным пределом прочности. Зона 3 – 4 называется зоной упрочнения.

В точке 5 происходит разрушение образца.

Для определения механических характеристик диаграмму растяжения перестраивают в координатах σ и ε не зависящих от абсолютных размеров образца.

Для определения механических характеристик материалов вычисляют отношения величины силы в характерной точке диаграммы к площади поперечного сечения образца.

Основные характеристики прочности:

* Предел пропорциональности
* Предел упругости
* Предел текучести
* Предел прочности или временное сопротивление разрыву , где А0 – площадь поперечного сечения образца.

Основные характеристики пластичности материала:

* Максимальное удлинение в момент разрыва
* Максимальное сужение при разрыве .

**Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с характеристиками и устройством разрывной машины.
2. Измерить штангенциркулем расчетную длину l0 , предварительно намеченную кернением, и диаметр образца в трех местах. Данные занести в отчет.
3. Вычислить первоначальную площадь поперечного сечения образца А0.
4. Укрепить миллиметровую бумагу и карандаш в самописце;
5. Установить образец в захваты машины;
6. Постепенно нагружая образец, довести его до разрушения.
7. В процессе испытаний вести наблюдение за поведением образца на диаграмме, вычерчиваемой записывающим устройством машины.
8. После разрыва образца остановить машину и вынуть из захватов обе части образца, снять с самописца полученную диаграмму.

**Обработка результатов испытаний**

1. Сложить обе части разрушенного образца и измерить расчетную длину l1 после разрыва.
2. Измерить диаметр d1 в наименьшем сечении шейки и вычислить площадь поперечного сечения А1.
3. Произвести обработку диаграммы, полученную в координатах F; Δl.

Координатные оси наносят таким образом, чтобы ось абсцисс (Δl) совмещалась с нулевой линией диаграммы, а для проведения оси ординат находят начало координат (точка 0), продолжая прямолинейный участок до пересечения с осью абсцисс. При этом исключается начальный криволинейный участок диаграммы, возникающий в следствие первоначального обжатия головок образца в захватах машины. В соответствии с рисунком 2.4. отметить на диаграмме характерные точки точку А (1) конец прямолинейного участка; точку В (2) – начало площадки текучести; точку D (4) – максимальную нагрузку, точку Е (5) –нагрузку в момент разрыва образца. Линия ЕК, проведенная параллельно линии ОА, отсекает на оси абсцисс величину Δl остаточного удлинения образца в масштабе диаграммы, ординаты точек А, В, С в масштабе выражают соответствующие нагрузки.

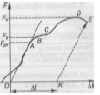


Рис.2.4

1. По полученным данным вычислить характеристики прочности, МПа:σпц, σт, σв и характеристики пластичности,%:δ иΨ.
2. Построить условную диаграмму растяжения образца в координатах σ и ε, отметив на диаграмме характерные точки, соответствующие пределам пропорциональности, текучести и прочности.
3. По справочным данным (ГОСТ) определить марку стали образца. Марка стали определяется по трем характеристикам: σт, σв иδ.

**Содержание отчета**

Цель работы: определить механические характеристики прочности и пластичности стали при растяжении.

1. Схема образца
2. Размеры образца:

|  |  |
| --- | --- |
| До опыта | После опыта |
| эскиз | эскиз |
| Диаметр d0, мм | Диаметр шейки d1, мм |
| Расчетная длина l0, мм | Расчетная длина l1, мм |
| Площадь сечения A0, мм2 | Площадь сечения A1, мм2 |

1. Схема диаграммы растяжения
2. Данные опыта:

* Нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности
* Нагрузка, соответствующая пределу текучести
* Нагрузка, соответствующая пределу прочности

1. Результаты опыта:

Характеристики прочности:

* Предел пропорциональности
* Предел упругости
* Предел текучести

Характеристики пластичности:

* Максимальное удлинение в момент разрыва
* Максимальное сужение при разрыве .

1. Заключение. Определение марки стали и области ее применения

**Контрольные вопросы:**

1. Зачем проводят механические испытания материалов?
2. Что называется диаграммой растяжения?
3. Какие характерные точки выделяют на диаграмме растяжения, и какие механические свойства материала они характеризуют?
4. Какие деформации называются пластическими и остаточными?
5. С какой целью строится диаграмма растяжения образца и в каких координатах?

**Литература:**

* 1. Олофинская В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий. М, «Форум»,2011
  2. Соколовская В.П. Техническая механика. Лабораторный практикум. Минск, «Высшая школа», 2010

**Лабораторная работа 3**

**Испытание на кручение стального образца**

**Цель работы:** Определить величину модуля сдвига при кручении и проверить справедливость закона Гука.

**Оборудование:**  установка для испытаний образца на кручение.

**Теоретические сведения и основные расчетные формулы**

Угол закручивания стержня в пределах упругих деформаций связан с крутящим моментом линейной зависимостью (закон Гука) и для стержня с круглым сечением определяется по формуле:,

Где Т – крутящий момент, Н⋅мм; *l0* –расстояние между сечениями, относительно которых определяется угол закручивания, мм; G – модуль сдвига, МПа; Jр – полярный момент инерции поперечного сечения стержня, мм,.

При заданных в опыте значениях *l0* и Jp достаточно измерить в процессе испытаний величины крутящего момента Т и соответствующего ему угла закручивания ϕ, чтобы найти модуль G по формуле

Чтобы установить зависимость угла закручивания от крутящего момента, нагружение образца производят несколькими ступенями, причем крутящий момент при каждой ступени нагружения увеличивают на одну и ту же величину ΔТ. После каждого нагружения измеряют угол закручивания образца. Приращение угла закручивания ϕ на одну и ту же величину подтверждает наличие пропорциональной зависимости между углом закручивания и крутящим моментом, т.е. справедливость закона Гука.

Для выявления этой закономерности проводят 4 – 6 нагружений образца.

Испытание стального образца на кручение производят на специальной установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 3.1. образец 3, который подвергается испытанию, одним концом закреплен в зажиме 4, а другим установлен в подшипнике 5.

Свободный конец образца жестко соединен с рычагом 6, по которому перемещается груз 7 весом Q, создающий скручивающий момент С изменением расстояния h изменяется и величина скручивающего момента.

В поперечных сечениях образца возникает один внутренний силовой фактор – крутящий момент Т, равный по величине внешнему т.е. Те=Т

Расчетная длина образца *l0* ограничена сечениями 1 и 2. В этих сечениях с помощью винтов жестко закреплены струбцины 8 длиной L, которые, следуя за деформацией образца поворачиваются. Концы струбцин нажимают на головки стрелочных индикаторов, которые регистрируют величину перемещений в сечениях 1 и 2. Угол закручивания на длине *l0 ,* т.е. угол поворота первого сечения относительно второго,

Для установления зависимости угла закручивания от крутящего момента нагружение образца производят несколькими ступенями, причем момент Т при каждой ступени нагружения увеличивают на одно и то же значение ΔТ. Приращение угла закручивания Δϕ практически должно быть постоянным при нагружении образца равными ступенями: где – средняя разность приращений отсчетов по индикаторам, α - цена деления индикатора, α= 0,01 мм; ΔU1 и ΔU2 – приращения отсчетов по индикаторам, т.е. разность между последующим и предыдущим отсчетами. Число ступеней нагрузки n = 4 при пяти нагружениях образца.

**Порядок выполнения работы:**

1. Замерить расчетную длину образца *l0* , диаметр образца d, длину струбцин L; определить полярный момент инерции сечения.
2. Установить и зафиксировать винтом рычаг, закрепить груз и поднять его с помощью эксцентрика в высшее положение.
3. Закрепить индикаторы в держателе, подвести их головки под концы струбцин и поворотом шкалы индикатора установить стрелки в нулевое положение.
4. Нагружать образец ступенчато, перемещая груз по рычагу; на каждой ступени нагружения следует снимать показания индикаторов и заносить данные в таблицу наблюдений за опытами. Опыт повторить 5 раз.
5. Закончив испытания, образец следует разгрузить.
6. Заполнить таблицу наблюдения.

**Содержание отчета**

**Цель работы:** Определить числовое значение модуля сдвига при кручении стального бруса круглого сечения, сравнить результаты опыта и расчетные значения модуля сдвига.

1. Схема нагружения образца при кручении.

Длина струбцины L мм.

1. Размеры образца и геометрические характеристики сечения.
2. Результаты испытаний.

**Таблица** Результаты испытаний стального образца при кручении

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер замера | Крутящий момент Т, Н⋅мм | Приращение крутящего момента ΔТ, Н⋅мм | Отсчеты по индикаторам | | Приращения отсчетов | | Разность приращений  ΔU1 - ΔU2 |
| №1 | №2 | №1 | №2 |
| U1 | U2 | ΔU1 | ΔU2 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Обработка результатов опыта:

* Число испытаний n = 5;
* Средний крутящий момент на одну ступень нагрузки   
  ;
* Средняя разность приращения отсчетов по индикаторам

;

* Средний угол закручивания на одну ступень нагрузки:;
* Модуль сдвига по опытным данным
* Теоретическое значение модуля упругости при сдвиге:
* Разница между теоретической и опытной величинами:

1. Диаграмма кручения

**Контрольные вопросы:**

1. Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого стержня при кручении?
2. Какая зависимость существует между модулями упругости E и G?
3. Запишите закон Гука при сдвиге.
4. Какие свойства материала характеризует модуль сдвига?
5. Какая зависимость существует между углом закручивания и крутящим моментом?

**Литература:**

1. Олофинская В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий. М, «Форум»,2011
2. Соколовская В.П. Техническая механика. Лабораторный практикум. Минск, «Высшая школа», 2010

Лабораторная работа 4

**Изучение** **конструкции** **зубчатого** **редуктора**

**Цель работы:** Изучить конструкцию редуктора, ознакомиться с основными требованиями, предъявляемыми к его сборке, определить параметры зацепления и размеры зубчатых колес.

**Оборудование:**  цилиндрический редуктор; штангенциркуль; мерительная линейка; набор мерительного инструмента.

**Теоретические сведения и основные расчетные формулы**

Редуктор – это механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, заключенный в отдельный закрытый корпус и работающий в масляной ванне.

Назначение редуктора – понижение частоты вращения и повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с валом ведущим. Редуктор как законченный механизм соединяется с двигателем и рабочей машиной муфтами. Это принципиально отличает его от зубчатой передачи, встраиваемой в исполнительный механизм.

Тип редуктора определяется составом передач, порядком их размещения в направлении от ведущего – быстроходного вала к ведомому – тихоходному валу и положением зубчатых колес в пространстве.

Для обозначения передач используют большие буквы алфавита: Ц – цилиндрическая, К – коническая, Ч – червячная, П – планетарная, В – волновая зубчатая. Если одинаковых передач две или более, то после буквы ставится соответствующая цифра. Наиболее распространены редукторы с валами расположенными в горизонтальной плоскости. Для удобства сборки корпуса редукторов выполняют сборными. В обычных зубчатых редукторах корпус состоит из двух деталей: основания, закрепляемого на фундаменте или раме и крышки. Точность фиксирования крышки относительно корпуса редуктора в процессе сборки обеспечивается двумя, обычно коническими, штифтами, которые устанавливаются на возможно большем расстоянии друг от друга. Обозначение типоразмера редуктора складывается из его типа и главного параметра его тихоходной ступени. Для передач цилиндрической и червячной главным параметром является межосевое расстояние aw, мм.

Пример условного обозначения цилиндрического редуктора с межосевым расстоянием 160 мм и передаточным числом 4 – редуктор Ц-160-4.

Основная энергетическая характеристика редуктора – допустимый вращающий момент Т на его ведомом валу при постоянной нагрузке.

Зубчатые редукторы изготавливаются с прямыми, косозубыми и шевронными колесами. Они находят широкое применение, особенно в транспортном, химическом машиностроении, машинах легкой промышленности. Наиболее применимы двухступенчатые редукторы с передаточным числом u= 8 … 40.

Корпус редуктора служит для размещения и координации деталей передач, защиты их от загрязнения, организации системы смазывания, а так же восприятия сил, возникающих в зацеплении редукторной пары, подшипниках, открытой передаче.

Наиболее распространенный способ изготовления корпусов – литье из серого чугуна.

Корпуса современных редукторов очерчивают плоскими поверхностями, все выступающие элементы устраняют с наружных поверхностей и вводят внутрь корпуса, проушины для транспортирования редуктора отлиты заодно с корпусом.

При окружных скоростях до 15 м/с, применяют преимущественно картерное смазывание зацепления редукторов. Быстроходные зубчатые колеса погружают в масло на глубину 3…4 модуля, тихоходные колеса допустимо погружать на 1/3 диаметра. При высоких окружных скоростях применяют циркуляционное смазывание.

При картерном смазывании передач вследствие вращения колес брызгами масла покрыты все детали передач и внутренние поверхности стенок корпуса. Стекающее с колес, валов и стенок масло попадает в подшипник. Для подшипников тихоходных редукторов, работающих при окружных скоростях менее 4 м/с, применяют пластичный смазочный материал. В этом случае подшипник закрывают с внутренней стороны маслосбрасывающим кольцом. Для осмотра передач редуктора и заливки жидкого смазывающего материала в крышке корпуса имеется смотровое отверстие, закрываемое крышкой, в которой для редукторов с большим тепловыделением закрепляется отдушина.

Назначение отдушины – предотвращение выбрасывания смазочного материала из редуктора через уплотнения и стыки при повышении давления внутри корпуса из-за нагрева воздуха и смазочного материала.

**Описание редуктора**

Объектом лабораторных исследований является двухступенчатый зубчатый редуктор с цилиндрическими косозубыми колесами редуктор состоит из основания корпуса, крышки корпуса , вала-шестерни, валов, зубчатых колес, подшипников, крышек с уплотнением, глухих крышек , уплотнительных колец, шайб для упора подшипников, шайбы-прокладки, регулировочных пробок, штифтов, для центрирования отверстий под болты пои сборке редуктора, крышки для заливки масла, прикрепленной винтами 23, винтов 36 с шайбами для крепления крышки, винтов с шайбами для стопорения регулировочных пробок, отдушины, пробки для проверки уровня масла и пробки для слива смазки. Ведущий вал-шестерня установлен на радиально упорных подшипниках с коническими роликами . Для фиксации вала-шестерни в осевом направлении служат крышки, кольца и шайба прокладка.

Промежуточный вал устанавливается на таких же подшипниках и фиксируется в осевом направлении регулировочной пробкой, которая через кольцо создает необходимое прижатие наружного кольца подшипника. Выходной вал редуктора установлен на шариковых радиальных подшипниках и фиксируется в осевом направлении, как и валы.

Для предотвращения вытекания масла из корпуса и попадания внутрь пыли в крышках установлены уплотнительные кольца.

**Порядок выполнения работы**

1. Разобрать редуктор.
2. Определить параметры редуктора; составить кинематическую схему редуктора с нумерацией зубчатых колес; установить тип зубчатой передачи, определить число ступеней редуктора; замерить межосевое расстояние aw1, aw2; замерить размеры подшипников, определить их тип и номер по каталогу.
3. Определить параметры зацепления: определив число зубьев z1, z2, z3, z4 колес определить передаточные числа первой и второй ступени .

Общее передаточное число редуктора.

Замерить ширину венцов зубчатых колес b и диаметры окружностей вершин зубьев, определить направление линии зубьев колес, угол наклона линии зубьев и окружной модуль зубчатых колес первой и второй ступеней

Определить нормальный модуль первой и второй ступени

Значения *mn1* и *mn2* стандартизованы.

Определить делительные диаметры колес

Уточнить межосевые расстояния первой и второй ступени .

Сравнить их с ранее замеренными и объяснить расхождение, если оно имеется.

Определить диаметры впадин Уточнить диаметры вершин

Определить коэффициенты ширины колес по отношению к межосевому расстоянию для первой и второй ступеней

Все замеренные, рассчитанные и определенные по стандартам значения занести в таблицу отчета.

1. Сборка редуктора производится в порядке, обратном разборке. Правильно собранный редуктор должен свободно проворачиваться при вращении входного вала и не иметь люфтов.

**Содержание отчета**

1. Кинематическая схема редуктора.
2. Описание конструкции редуктора

* тип редуктора;
* корпус редуктора (литой, сварной);
* количество плоскостей разъема;
* наличие и тип масло указателя

1. Заполнить таблицу

Характеристики зацепления

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры зацепления | Первая ступень | Вторая ступень | Общие |
| Число ступеней редуктора |  |  |  |
| Вид зубчатой передачи |  |  |  |
| Межосевое расстояние aw, мм  замеренное  расчетное |  |  |  |
| Число зубьев:  шестерни  колеса |  |  |  |
| Суммарное число зубьевzΣ |  |  |  |
| Передаточное число u1, u2, u |  |  |  |
| Модуль окружной mt, мм |  |  |  |
| Модуль нормальный mn, мм |  |  |  |
| Угол наклона линии зуба β, град |  |  |  |
| Делительный диаметр d, мм  шестерни  колеса |  |  |  |
| Диаметр вершин dа, мм  шестерни  колеса |  |  |  |
| Диаметр впадин df, мм  шестерни  колеса |  |  |  |
| Ширина венцов b, мм  шестерни  колеса |  |  |  |
| Коэффициент ширины по отношению к межосевому расстоянию |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какие модули рассматриваются в косозубом колесе? Какова зависимость между ними?
2. Какой модуль у косозубого колеса является стандартным?
3. Почему прочность косозубого колеса больше, чем колеса с прямым зубом?
4. Как влияет угол наклона линии зуба на плавность работы зубчатой передачи?
5. С какой целью применяются многоступенчатые передачи?

**Литература:**

1. Соколовская В.П. Техническая механика. Лабораторный практикум. Минск, «Высшая школа», 2010.

**Лабораторная работа 5**

**Изучение конструкции конического редуктора**

Цель работы: Познакомиться с классификацией, кинематическими схемами, конструкцией, узлами и деталями конического редуктора; выяснить назначение всех деталей редуктора; определение основных параметров редуктора.

Оборудование: одноступенчатый конический редуктор, отвертка, штангенциркуль, кронциркуль, ключ торцовый изогнутый, мел.

**Теоретические сведения и основные расчетные формулы**

Конические передачи применяют, когда это необходимо, по условиям компоновки машины. Конические передачи сложнее цилиндрических в изготовлении и монтаже. Из-за пересечения осей валов, одно из колес (шестерня) располагается консольно, что отрицательно сказывается на распределении нагрузки по длине зуба.

При передаточном числе *u* до 6,3 применяют одноступенчатые конические редукторы, из которых наиболее распространенны редукторы с валами, расположенными в горизонтальной плоскости При необходимости получения больших передаточных чисел применяют коническо-цилиндрические редукторы Наиболее употребимый диапазон передаточного числа двухступенчатых коническо-цилиндрических редукторов *u* = 8… 15.

Конструкция одноступенчатого конического редуктора приведена на рисунке 1.

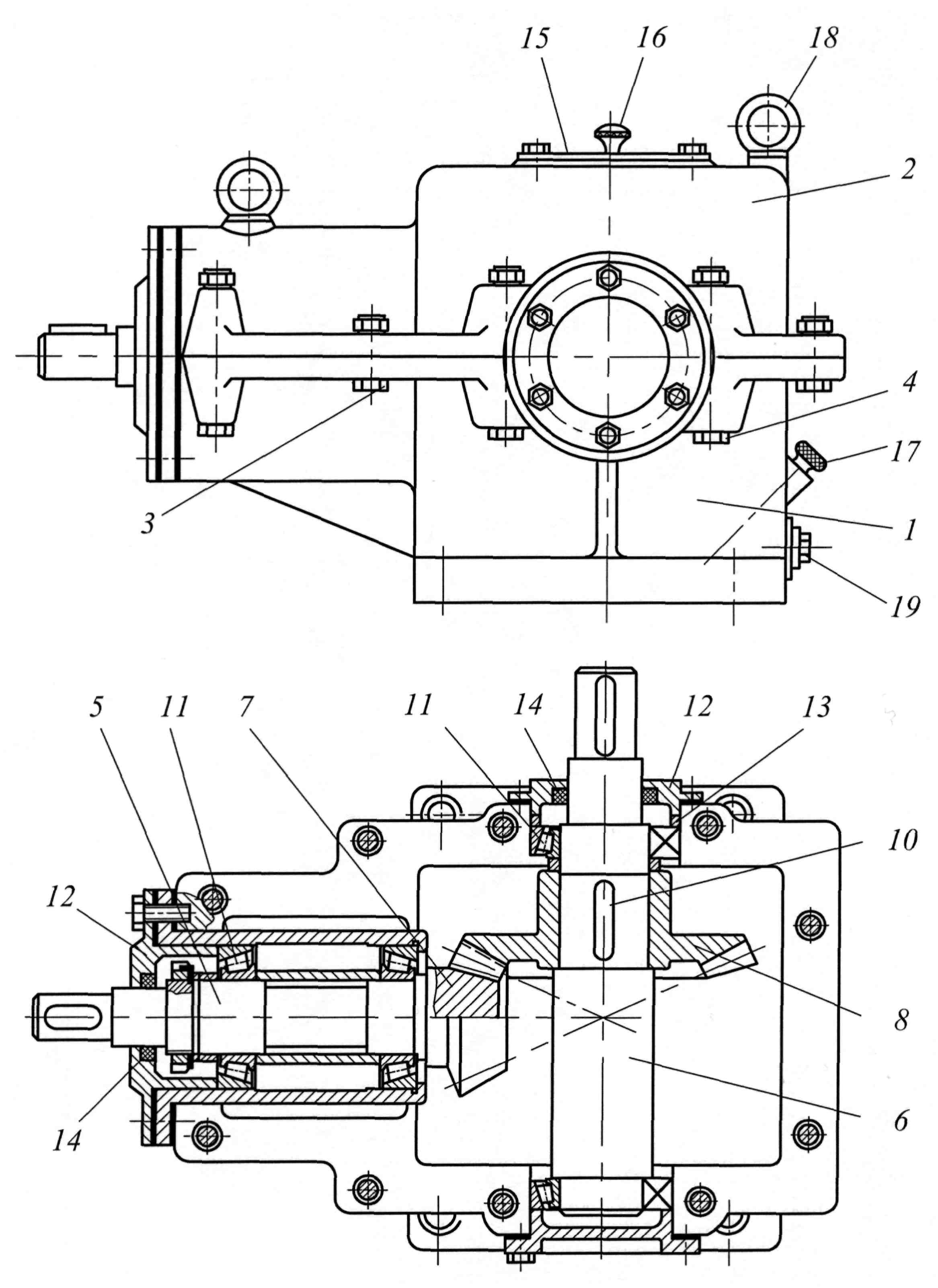


Рис.1. Одноступенчатый конический редуктор

Корпус редуктора выполнен с горизонтальным разъемом, состоит из основания 1 и крышки 2, соединенных между собой стяжными болтами 3 и 4. Вращательное движение от быстроходного вала 5 к тихоходному валу 6 осуществляется парой конических колес: шестерней 7 и колесом 8. Шестерня 7 изготовлена заодно с валом (вал-шестерня). Колесо 8 установлено на валу на шпонке 10. Валы опираются на подшипники качения 11. Подшипники закрываются крышками 12. Для регулировки зазоров между крышками и подшипниками предусматриваются стальные кольца 13.

В крышках подшипников, через которые выходят валы, имеются манжетные уплотнения 14. Для осмотра передач и заливки масла в крышке корпуса предусматривают смотровое отверстие, закрываемое крышкой 15, в которой для редукторов с большим тепловыделением закрепляется отдушина 16. Для контроля уровня масла в редукторе предусмотрен маслоуказатель 17. Для подъема редуктора предусматривают рым – болты 18 (крюки, или отверстия, отлитые вместе с основанием корпуса). В основании корпуса находится маслоспускное отверстие, закрываемое пробкой 19.

Смазка колес производится окунанием в масляную ванну.

**Порядок выполнения работы**

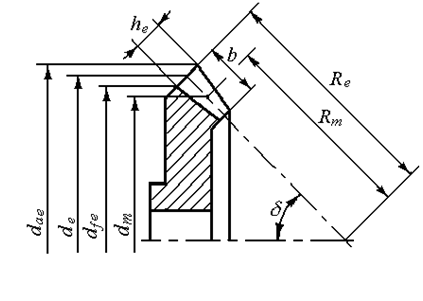


Рис.1. Коническое колесо

1. Гаечным ключом открутить болты, крепящие крышки подшипников. Снять крышки.

.2. Открутить и снять болты крепления крышки корпуса с основанием, снять крышку корпуса. Осмотреть редуктор при снятой крышке.

.3. Вынуть тихоходный вал с колесом из редуктора, и вал-шестерню со стаканом.

4. Произвести измерения:

– отметив мелом по одному зубу на колесах, вращая их, подсчитать число зубьев шестерни *Z*1, и колеса *Z*2.

– измерить внешние диаметры выступов шестерни и колеса (рисунок 2), *мм.*

– измерить внешние диаметры впадин шестерни  и колеса  (рисунок 2), *мм.*

– на внешнем торце колеса измерить высоту зуба *h*e, *мм*.

5. Произвести расчеты:

– определить передаточное число редуктора

.

– вычислить углы делительных конусов шестерни  и колеса , град

.

– определить внешнее конусное расстояние *R*e, *мм* из формулы

,

отсюда .

– определить внешний торцовый модуль передачи *m*e, *мм* из формулы

,

отсюда .

Полученную величину *m*e согласовывают с ближайшим стандартным значением по ГОСТ 9563-80:

 = 1,0 1,25 1,5 2,0 2,5 3,0 4,0

– определить основные геометрические параметры шестерни и колеса, мм (рисунок 2):

внешние делительные диаметры:

,

внешние диаметры окружностей вершин:

,

среднее конусное расстояние

,

средние делительные диаметры:

,

высота зуба на внешнем торце

.

6. Собрать редуктор.

**Содержание отчета**

6.2. Цель работы.

6.3. Кинематическая схема двухступенчатого конического редуктора.

6.4. Результаты измерений и вычислений: таблицы

Таблица 1 – Замеренные параметры конического редуктора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Ед.  Изм. | Обозначение | Значение |
| Число зубьев:  шестерни  колеса | *шт.* | Z1  Z2 |  |
| Внешние диаметры выступов:  шестерни  колеса | *мм* |  |  |
| Внешние диаметры впадин:  шестерни  колеса | *мм* |  |  |
| Ширина зубчатого венца колеса | *мм* | *b*2 |  |
| Высота зуба на внешнем  торце колеса | *мм* | *h*e |  |

Таблица 2 – Рассчитанные параметры конического редуктора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Ед.  Изм. | Обозначение | Значение |
| Передаточное число |  | *u* |  |
| Углы делительных конусов:  шестерни  колеса | *град.* |  |  |
| Конусное расстояние:  внешнее  среднее | *мм* |  |  |
| Внешний торцовый модуль | *мм* |  |  |
| Внешний делительный диаметр:  шестерни  колеса | *мм* |  |  |
| Внешний диаметр вершин:  шестерни  колеса | *мм* |  |  |
| Средний делительный диаметр:  шестерни  колеса | *мм* |  |  |
| Высота зуба на внешнем  торце колеса | *мм* |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Какие различают виды зубчатых передач и где они применяются?

2. Каково назначение конического редуктора?

3. Дать определение редуктора.

4. От чего зависит число ступеней редуктора?

5. Перечислите детали и узлы, из которых состоит редуктор. Каково их назначение?

6. Как классифицируются редукторы?

7. Что является основной характеристикой любого редуктора?

**Лабораторная работа 6**

**Изучение конструкции подшипников качения**

Цель работы: Изучить конструкцию подшипников качения. Изучить принципы маркировки подшипников качения. Определять основные параметры подшипника по его маркировке.

**Основные теоретические сведения**

Подшипники качения состоят из двух колец, тел качения (различной формы) и сепаратора (некоторые типы подшипников могут быть без сепаратора), отделяющего тела качения друг от друга, удерживающего на равном расстоянии и направляющего их движение. По наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца (на торцевых поверхностях колец упорных подшипников качения) выполняют желоба — дорожки качения, по которым при работе подшипника катятся тела качения.

В некоторых узлах машин в целях уменьшения габаритов, а также повышения точности и жёсткости применяют так называемые совмещённые опоры: дорожки качения при этом выполняют непосредственно на валу или на поверхности корпусной детали.

Имеются подшипники качения, изготовленные без сепаратора. Такие подшипники имеют большое число тел качения и большую грузоподъёмность. Однако предельные частоты вращения бессепараторных подшипников значительно ниже вследствие повышенных моментов сопротивления вращению.

Подшипники качения работают преимущественно на *трении качения* (имеются только небольшие потери на трение скольжения между сепаратором и телами качения) поэтому по сравнению с подшипниками скольжения снижаются потери энергии на трение и уменьшается износ. Закрытые подшипники качения (имеющие защитные крышки) практически не требуют обслуживания (замены смазки), открытые — чувствительны к попаданию инородных тел, что может привести к быстрому разрушению подшипника.

**Классификация**

Классификация подшипников качения осуществляется на основе следующих признаков:

* По виду тел качения
  + Шариковые,
  + Роликовые;
* По типу воспринимаемой нагрузки
  + Радиальные,
  + Радиально-упорные,
  + Упорно-радиальные,
  + Упорные,
  + Линейные;
* По числу рядов тел качения
  + Однорядные,
  + Двухрядные,
  + Многорядные;
* По способности компенсировать перекосы валов
  + Самоустанавливающиеся
  + Несамоустанавливающиеся.

**Механика**

Подшипник представляет собой по существу в котором водилом является сепаратор, функции центральных колес выполняют внутреннее и наружное кольца, а тела качения заменяют сателлиты.

Частота вращения сепаратора или частота вращения шариков вокруг оси подшипника  
 n_c =  \frac{n_1}{2} \left(1-\frac{D_\omega}{d_m} \right) 

где n1 — частота вращения внутреннего кольца радиального шарикоподшипника,  
Dω — диаметр шарика,  
dm = 0,5(D+d) — диаметр окружности осей шариков.

Частота вращения шарика относительно сепаратора  
 n_{sp} = \frac{n_1}{2} \left(\frac{d_m}{D_\omega} - \frac{D_\omega}{d_m} \right) 

Частота вращения сепаратора при вращении наружного кольца  
 n_{c*} = \frac{n_3}{2} \left(1+\frac{D_\omega}{d_m} \right) 

где n3 — частота вращения внешнего кольца радиального шарикоподшипника.

Для радиально-упорного подшипника  
 n_c = \frac{n_1}{2} \left(1-\frac{D_\omega \cos \alpha}{d_m} \right) 

 n_{sp} = \frac{n_1}{2} \left(\frac{d_m}{D_\omega} - \frac{D_\omega \cos^2 \alpha}{d_m} \right) 

Из приведенных выше соотношений следует, что при вращении внутреннего кольца сепаратор вращается в ту же сторону. Частота вращения сепаратора зависит от диаметра Dω шариков при неизменном dm: она возрастает при уменьшении Dω и уменьшается при увеличении Dω.

В связи с этим разноразмерность шариков в комплекте подшипника является причиной повышенного износа и выхода из строя сепаратора и подшипника в целом.

При вращении тел качения вокруг оси подшипника на каждое из них действует нагружающая дополнительно дорожку качения наружного кольца [центробежная сила](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0)

 F_c = 0,5 m d_m \omega^2_c 

где m — масса тела качения,  
ωс — угловая скорость сепаратора.

Центробежные силы вызывают перегрузку подшипника при работе на повышенной [частоте вращения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D0%B2%D1%80%D0%B0%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F), повышенное тепловыделение (перегрев подшипника) и ускоренное изнашивание сепаратора. Всё это сокращает срок службы подшипника.

В упорном подшипнике, кроме центробежных сил, на шарики действует обусловленный изменением направления оси вращения шариков в пространстве гироскопический момент

*Mr* = *J*ω*c*ω*sp*

Гироскопический момент будет действовать на шарики и во вращающемся радиально-упорном шарикоподшипнике при действии осевой нагрузки

*Mr* = *J*ω*c*ω*sp*sin α

где  J = \rho \cdot \pi \cdot D^5_\omega / 60  — полярный момент инерции массы шарика;  
ρ — плотность материала шарика;  
ωsp и ωс — соответственно [угловая скорость](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) шарика при вращении вокруг своей оси и вокруг оси вала (угловая скорость сепаратора).

Под действием гироскопического момента каждый шарик получает дополнительное вращение вокруг оси, перпендикулярной плоскости, образованной векторами угловых скоростей шарика и сепаратора. Такое вращение сопровождается изнашиванием поверхностей качения, и для предотвращения вращения подшипник следует нагружать такой осевой силой, чтобы соблюдать условие *Tf* = *Mr*, где Tf - момент сил трения от осевой нагрузки на площадках контакта шариков с кольцами.

**Условное обозначение подшипников качения**

Маркировка подшипников состоит из условного обозначения и стандартизована в соответствии *ГОСТ 3189-89* и условного обозначения завода-изготовителя.

Основное условное обозначение подшипника состоит из семи цифр основного условного обозначения (при нулевых значениях этих признаков оно сокращается до 2 знаков) и дополнительного обозначения, которое располагается слева и справа от основного. При этом дополнительное обозначение, расположенное слева от основного, всегда отделено знаком тире (—), а дополнительное обозначение, расположенное справа всегда начинается с какой-либо буквы. Чтение знаков основного и дополнительного обозначения производится справа налево.

**Схема 1** основного условного исполнения для подшипников с диаметром отверстия до 10 мм, кроме подшипников с диаметрами отверстий 0,6, 1,5 и 2,5 мм, которые обозначаются через дробь.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **X** | **XX** | **X** | **0** | **X** | **X** |
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

1. диаметр отверстия, один знак;
2. серия диаметров, один знак;
3. знак ноль;
4. тип подшипника, один знак;
5. конструктивное исполнение, два знака;
6. размерная серия (серия ширин или высот), один знак.

**Схема 2** основного условного исполнения для подшипников с диаметром отверстия свыше 10 мм, кроме подшипников с диаметрами отверстий 22, 28, 32 и 500 мм, обозначаемые через дробь.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **X** | **XX** | **X** | **X** | **XX** |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

1. диаметр отверстия, два знака;
2. серия диаметров, один знак;
3. тип подшипника, один знак;
4. конструктивное исполнение, два знака;
5. размерная серия (серия ширин или высот), один знак.

Знаки условного обозначения:

Слева:

* категория подшипника;
* момент трения;
* группа радиального зазора по *ГОСТ 24810*;
* класс точности.

Справа:

* материал деталей;
* конструктивные изменения;
* температура отпуска;
* смазочный материал;
* требования к уровню вибрации.

**Обозначение диаметра отверстия**

Знак обозначающий диаметр отверстия *схемы 1* с диаметром отверстия до 10 мм должен быть равен номинальному диаметру отверстия, кроме подшипников с диаметрами отверстий 0,6, 1,5 и 2,5 мм, которые обозначаются через дробь. Если диаметр отверстия подшипника — дробное число, кроме величин перечисленных ранее, то он имеет обозначение диаметра отверстия округлённого до целого числа, в этом случае в его условном обозначении на втором месте должна стоять цифра 5. Двухрядные сферические радиальные подшипники с диаметром отверстия до 9 мм сохраняют условное обозначение по *ГОСТ 5720*.

Два знака обозначающие диаметр отверстия *схемы 2* с диаметром отверстия от 10 мм до 500 мм если диаметр кратен 5, обозначаются частным от деления значения диаметра на 5.

Обозначение подшипников с диаметром отверстия 10, 12, 15 и 17 как 00, 01, 02, 03 соответственно. Если диаметр отверстия в диапазоне от 10 до 19 мм отличается от 10, 12, 15 и 17 мм, то ему присваивается обозначение ближайшего из указанных диаметров, при этом на третьем месте основного обозначения ставится цифра 9.

Диаметры отверстий 22, 28, 32 и 500 мм, обозначаются через дробь (например: 602/32 (д=32мм)

Диаметры отверстия, равные дробному или целому числу, но не кратное 5, обозначаются целым приближенным частным от деления значения диаметра на 5. В основное условное обозначение таких подшипников на третьем месте ставится цифра 9.

Подшипники имеющие диаметр отверстия 500 мм и более, внутренний диаметр обозначается как номинальный диаметр отверстия.

**Обозначение размерных серий**

Размерная серия подшипника — сочетание серий диаметров и ширин (высот), определяющее габаритные размеры подшипника. Для подшипников установлены следующие серии (*ГОСТ 3478*):

* диаметров 0, 8, 9, 1, 7, 2, 3, 4, 5;
* ширин и высот 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Перечень серий диаметров указан в порядке увеличения размера наружного диаметра подшипника при одинаковом внутреннем диаметре. Перечень серий ширин или высот указан в порядке увеличения размера ширины или высоты.

Серия 0 в обозначении не указывается.

Нестандартные подшипники по внутреннему диаметру или ширине (высоте) имеют обозначение серии диаметра 6, 7или 8. Серия ширин (высот) в этом случае не проставляется.

**Обозначение типов подшипников**

Типы подшипников обозначаются согласно *таблице 1*.

*Таблица 1*

|  |  |
| --- | --- |
| ***Обозначение типов подшипников.*** | |
| **Тип подшипника** | **Обозначение** |
| Шариковый радиальный | 0 |
| Шариковый радиальный сферический | 1 |
| Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами | 2 |
| Роликовый радиальный сферический | 3 |
| Роликовый игольчатый или с длинными цилиндрическими роликами | 4 |
| Радиальный роликовый с витыми роликами | 5 |
| Радиально-упорный шариковый | 6 |
| Роликовый конический | 7 |
| Упорный или упорно-радиальный шариковый | 8 |
| Упорный или упорно-радиальный роликовый | 9 |

**Обозначение конструктивного исполнения**

Конструктивные исполнения для каждого типа подшипников, согласно *ГОСТ 3395*, обозначают цифрами от 00 до 99.

**Знаки дополнительного обозначения**

Слева от основного обозначения ставят знаки:

* *класс точности* (7, 8, 0, 6Х, 6, 5, 4, 2 (или Т) - в порядке увеличения);
* *группа радиального зазора* по *ГОСТ 24810-81* (1, 2…9; для радиально-упорных шариковых подшипников обозначают степень преднатяга 1, 2, 3);
* *момент трения* (1, 2…9);
* *категорию подшипников* (А, В, С).

Справа от основного обозначения ставят знаки:

* *материал деталей подшипников*(например, Е — сепаратор из пластических материалов, Ю — детали подшипников из [нержавеющей стали](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C), Я — подшипники из редко применяемых материалов ([твёрдые сплавы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%8B), [стекло](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE), [керамика](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) и т. д.), W — детали подшипников из [вакуумированной стали](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1), А — обозначение подшипника повышенной грузоподъёмности, Х,Х1 — кольца и тела качения или только кольца (в том числе одно кольцо) из [цементируемой стали](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A6%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1), Р,Р1 — детали подшипников из теплостойких ([быстрорежущих сталей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C)), Г,Г1 — сепаратор из [чёрных металлов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D1%91%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B), Б,Б1 — сепаратор из безоловянистой [бронзы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B7%D0%B0), Д,Д1 — сепаратор [алюминиевого сплава](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B9#.D0.A1.D0.BF.D0.BB.D0.B0.D0.B2.D1.8B_.D0.BD.D0.B0_.D0.BE.D1.81.D0.BD.D0.BE.D0.B2.D0.B5_.D0.B0.D0.BB.D1.8E.D0.BC.D0.B8.D0.BD.D0.B8.D1.8F), Н,Н1 — кольца и тела качения или только кольца (в том числе одно кольцо) из модифицированной [жаропрочной стали](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C) (кроме подшипников радиальных роликовых сферических двухрядных), Э,Э1 — детали подшипника из стали марки ШХ со спецприсадками ([ванадий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B9), [кобальт](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%82) и др.).

*конструктивные изменения*(например, К — конструктивные изменения деталей подшипников, М — роликовые подшипники с модифицированным контактом);

*требования к температуре отпуска* (Т, Т1, Т2, Т3, Т4, Т5);

*смазочный материал* закладываемый в подшипники закрытого типа при их изготовлении (например, С1, С2, С3 и т. д.);

*требования по уровню вибрации* (например, Ш1, Ш2, ШЗ и т. д.).

задание на работу: расшифровать маркировку подшипников качения 4802; 0306; 2205; 4311; 3404; 0102; 0412; 0304; определить тип подшипников, используемых в качестве образцов.

**Контрольные вопросы**

1. Из каких деталей состоит подшипник качения?

2. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения?

3. По каким признакам классифицируются подшипники качения?

4. Как маркируются подшипники качения в зависимости от диаметра внутреннего кольца?

5. Для чего используются самоустанавливающиеся подшипники?

6. Из каких материалов изготавливаются подшипники качения?

7. Каковы основные причины выхода из строя подшипников