МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ

«ОДОБРЕНО»
Предметная
(цикловая) комиссия
Протокол № ____
от «__» _____20__г.
Председатель П(Ц)К_____(_____)

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора
_____ С.В. Клюквина
«___» _____ 20__ г.

Методические указания и задания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Техническая механика» для студентов специальности 15.02.07 « Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)»

Саратов 2019г.

Данные методические указания и задания разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта и предназначены для студентов 2-го курса специальности 15.02.07 **Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)** базовой подготовки.

Организация-разработчик: Саратовский колледж машиностроения и экономики ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
Разработчик : Чепеленко О.И. - преподаватель.

« Согласовано »
Методист СКМ и Э СГТУ им. Гагарина Ю.А.
_____
«____» _____2021г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Настоящие методические указания являются подробным руководством по выполнению студентами колледжа лабораторных работ по дисциплине «Техническая механика» по специальности 15.02.07 «**Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)»** базовой подготовки.

Лабораторные работы способствуют закреплению теоретических знаний по предмету, формируют у студентов навыки и умения в обращении с приборами, в анализе заданной конструкции, в умении заменять реальный объект расчётной схемой, производить расчет элементов конструкций на прочность, жесткость, устойчивость и усталость, а так же проектировать детали и сборочные единицы.

В описании каждой работы изложена её цель, содержание, даны краткие общие сведения по изучаемой теме, организационные и методические указания по проведению работы, порядок её выполнения, выводы и заключения, приведены формы и содержание отчёта, даны контрольные вопросы для самопроверки и подготовки к сдаче отчёта, стандарты и литература.

Лабораторные работы проводятся после изучения соответствующей темы. С целью повышения эффективности выполнения лабораторных работ рекомендуется выдавать задания студентам предварительно. При этом студенты самостоятельно повторяют соответствующий теоретический материал, знакомятся с принятой формой отчётности, методикой составления отчётов и техникой их оформления.

Началу каждого лабораторного занятия предшествует краткая вводная беседа, проводимая для всех студентов одновременно. В ходе беседы преподаватель проводит инструктаж по технике безопасности, разъясняет цели и задачи проводимой работы, знакомит с наглядными пособиями, оборудованием, приборами и инструментами.

По каждой лабораторной работе (практическому занятию) должен быть выполнен отчёт по форме, рекомендуемой в методических указаниях. Текст отчёта рекомендуется писать чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Схемы, эскизы, таблицы выполняются только карандашом с помощью чертёжных инструментов.

Выполнение лабораторных работ засчитывается по мере представления студентами преподавателю отчётов по выполненным работам. Качество выполнения работ оценивается дифференцированно по пятибалльной системе и при определении семестровой оценки рассматривается как показатель текущего учёта знаний студентов.

Цель лабораторных занятий.

Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Техническая механика» ставит своей целью оказания помощи студентам в организации их работы по овладению системой знаний и умений в объёме программы данной дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь:**
- проводить расчёты при проверке на прочность механических систем;
- рассчитывать параметры элементов электрических и механических схем.

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 результате освоения дисциплины формируются следующие **профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции**:
ПК1.1 Проводить анализ работоспособности измерительных приборов и средств автоматизации;
ПК1.2 Диагностировать измерительные приборы и средства автоматического управления;
ПК1.3 Производить поверку измерительных приборов и средств автоматизации;
ПК2.1 Выполнять работы по монтажу систем автоматического управления с учётом специфики технологического процесса;
ПК2.2 Проводить ремонт технических средств и систем автоматического управления ;
ПК2.3 Выполнять работы по наладке систем автоматического управления;
ПК2.4 Организовывать работу исполнителей;
ПК3.1Выполнять работы по эксплуатации систем автоматического управления с учётом специфики технологического процесса;
ПК3.2 Контролировать и анализировать функционирование параметров систем в процессе эксплуатации;
ПК3.3 Снимать и анализировать показания приборов;

ОК1. 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 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 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий;
ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации;
ОК9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Организация лабораторного занятия

Указания по выполнению лабораторно работ должны разъяснять порядок выполнения работы, который включает следующие этапы:

1. выбор варианта работы;
2. изучение вопросов варианта по рекомендуемым источникам литературы с учётом методических указаний по изучению темы;
3. самостоятельное изложение вопросов с учётом характера их постановки;
4. оформление титульного листа, списка использованной литературы.

Необходимо довести до сведения студента правила оформления работы: титульного листа, ответов на вопросы варианта, иллюстративного материала, оформления списка литературы, проставления подписи и даты окончания работы, а также должны быть указаны порядок и сроки представления практической работы в колледж.

Лабораторная работа №1.

Тема: Определение координаты центра тяжести плоских фигур.

Цель работы: Методом подвешивания определить центр тяжести плоской фигуры и сравнить результат с теоретическими расчетами.

Приобретаемые умения и навыки: Уметь рационально разбивать сложную плоскую фигуру на простейшие (прямоугольник, круг, треугольник). Научиться определять центр тяжести сложной плоской фигуры опытным и расчетным способами.

Оборудование рабочего места: Плоская фигура, измерительный инструмент, приспособление для подвешивания фигур.

Методические указания.

Центр тяжести есть такая, занимающая относительно данного тела вполне определенное положение, точка G, через которую всегда проходит линия действия силы тяжести данного тела.

Координаты центра тяжести плоских фигур определяется по формулам:

$$Yc = \frac{\sum AiYi}{A}, \qquad (1)$$

$$Xc = \frac{\sum AiXi}{A},$$

где:

A_i - площадь произвольного элемента фигуры.

Xi; Yi - координаты центра тяжести этого элемента.

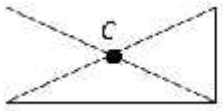
A - площадь всей фигуры

Положение центра тяжести некоторых простейших фигур.

1. Центр тяжести симметричного тела.
   Если однородное тело имеет плоскость, ось или центр симметрии то центр тяжести его лежит соответственно в плоскости, на оси или в центре симметрии.

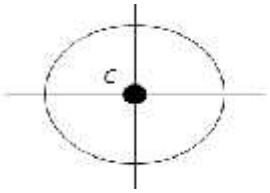
Следовательно:

а)

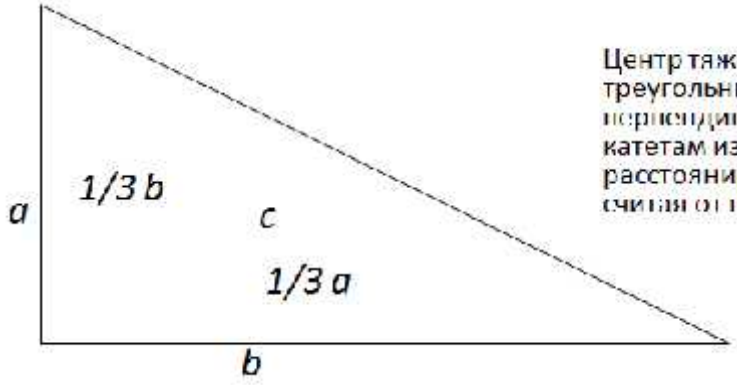


центр тяжести площади параллелограмма /прямоугольника/квадрата/ лежит в точке пересечения его диагоналей,

б)



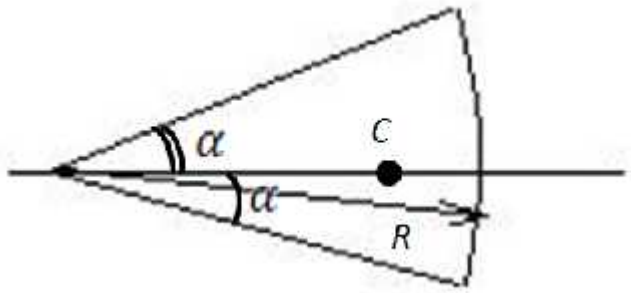
центр тяжести площади круга лежит в его геометрическом центре



Центр тяжести площади прямоугольного треугольника находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к катетам из точек, расположенных на расстоянии одной трети длины катетов, считая от вершины прямого угла.

3. Центр тяжести площади кругового сектора определяется по формуле:

$$Xc = \frac{2}{3} R \frac{\sin\alpha}{\alpha}$$



Практическая часть.

1.Экспериментальный способ определения центра тяжести:

а) Данную плоскую фигуру подвесить на нити за одно из отверстий.

б) Отметить на плоской фигуре направление нити – заметить крайние верхнюю и нижнюю точки на фигуре и соединить их прямой линией.

в) Поочередно подвесить фигуру за другие отверстия и отметить на ней таким же образом направления нити.

г) Отметить точку пересечения полученных прямых линий, которая и будет центром тяжести данного тела.

2. Расчетная часть:

а) Сняв все необходимые размеры, сделать чертеж полученной плоской фигуры в системе координатных осей так, чтобы она полностью в 1 квадранте.

б) Разбить данную фигуру на чертеже на простейшие части, для которых легко найти центр тяжести /прямоугольник, треугольник, круг/.

в) Вычислить площадь каждой элементарной фигуры и ее координаты

/A_1; x_1; y_1; A_2; x_2; y_2…/.

г) Найти координаты центра тяжести всей плоской фигуры по формулам (1).

(Если в фигуре имеется вырез, то площадь этой части берется со знаком минус.)

д) Сравнить расчетные координаты центра тяжести с полученными экспериментальным способом.

Площадь и координаты центра тяжести отдельных частей фигуры			Координаты центра тяжести всей фигуры	
1	2	3	Расчетные данные	Экспериментальные данные
A_1= x_1= y_1=	A_2= x_2= y_2=	A_3= x_3= y_3=	X_c= Y_c=	X_c= Y_c=

Содержание отчёта:

1. Тема и цель работы.
2. Оборудование рабочего места.
3. Выполнить чертёж фигуры с экспериментальным определением центра тяжести.
4. Привести расчётные формулы и заполнить таблицу
5. Выполнить чертёж и найти центр тяжести аналитическим путём.
6. Вывод о результатах работы
7. Ответы на контрольные вопросы.

Литература:

1.Вереина Л.И., Краснов М.М. Техническая механика.- М.: «Академия», 2015.

2.Олофлинская, В.П. Техническая механика. – М.: Форум: ИНФРА-М,2013

3.Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Издательский центр Академия, 2014.

Лабораторная работа №2.

Тема: «Коэффициент трения скольжения».

Цель работы: Определение коэффициента трения скольжения различных поверхностей экспериментальным путем. Исследование состояния предельного равновесия тела на наклонной плоскости.

Оборудование рабочего места:

1. Установка для определения коэффициента трения скольжения.
2. Тела трения.
3. Набор разновесов.

Методические указания

Трением называется сопротивление перемещению одного тела по поверхности другого. Трение бывает сухое, полужидкостное и жидкостное. Различают трение движения и трение покоя. При движении тел выделяют трение скольжения и трение качения. Сила, с которой тело сопротивляется движению, называется силой трения и обозначается $\vec{F}_{TP}$.

Сила трения всегда направлена в сторону, противоположную относительному движению тел. Ее значение определяется законами Амонтона – Кулона, которые формулируются следующим образом.

1. Сила трения зависит от материала трущихся поверхностей, чистоты их обработки (степени шероховатости) и наличия смазки.
2. Сила трения не зависит от площади трущихся поверхностей.
3. Сила трения покоя больше, чем сила трения движения.
4. Сила трения скольжения равна произведению силы нормальной реакции поверхности на коэффициент трения.

$$F_{TP} = R_n \cdot f ,$$

где R_n – сила нормальной реакции поверхности,

f – коэффициент трения скольжения.

Если поверхность горизонтальна, то

$$R_n = G ,$$

если поверхность наклонена под углом $\sim$ к горизонту, то

$$R_n = G\cos\sim ,$$

где $G = mg$ – вес груза массой m,

$g = 9{,}81 м/с^2$ – ускорение свободного падения.

Коэффициентом трения скольжения называется отношение силы трения к силе нормальной реакции поверхности:

$$f = \frac{F_{TP}}{R_n}$$

Коэффициент трения скольжения является безразмерной величиной и в каждом отдельном случае определяется опытным путем. Коэффициенты трения различных поверхностей и тел являются справочными величинами.

Материалы, обладающие малым трением, называются антифрикционными. К ним относятся баббит, графит, бронза. Они применяются для изготовления подшипников скольжения, втулок, вкладышей и других трущихся деталей.

Материалы, обладающие большим трением, называются фрикционными. Это специальные пластмассы и другие материалы с добавлением асбеста и меди. Они применяются для изготовления тормозных колодок, накладок дисков сцепления и других деталей.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе студент должен:

– изучить законы сухого трения скольжения;

– знать зависимость между коэффициентом трения скольжения и углом трения;

– уметь выполнять расчеты по определению коэффициента трения скольжения;

– ответить на контрольные вопросы;

– правильно оформить отчет по лабораторной работе.

РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ

1. Дать основные понятия трения скольжения.

2. Экспериментальным путем определить коэффициент трения скольжения между бруском и поверхностью.

3. Доказать, что коэффициент трения скольжения равен тангенсу угла наклона плоскости, при котором тело находится в состоянии предельного равновесия.

4. Сделать выводы.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Определим коэффициент трения скольжения между бруском массой m и шероховатой горизонтальной поверхностью в случае, когда брусок только начинает двигаться под действием силы тяжести грузов F (рис. 1). Это называется состоянием предельного равновесия тела.

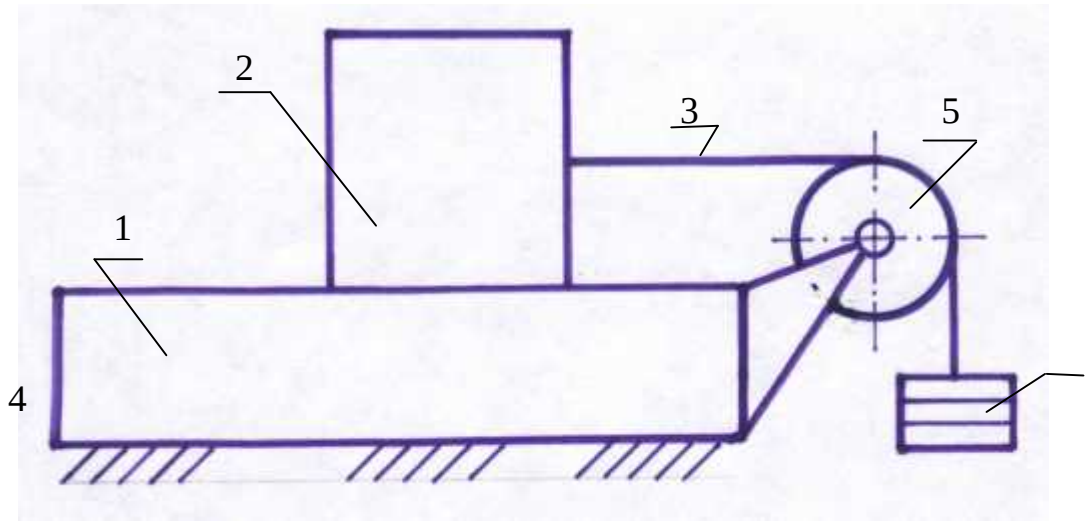


Рис.1. Установка для определения коэффициента трения скольжения.
1 – шероховатая горизонтальная поверхность; 2 – брусок; 3 – нить;
4 – набор грузов; 5 – блок.

Выделим объект равновесия (брусок 2) и укажем приложенные к нему силы. Это сила тяжести G = mg, сила F натяжения нити 3, равная весу грузов 4, сила нормальной реакции R_n поверхности 1 и сила трения F_{TP} (рис. 2).

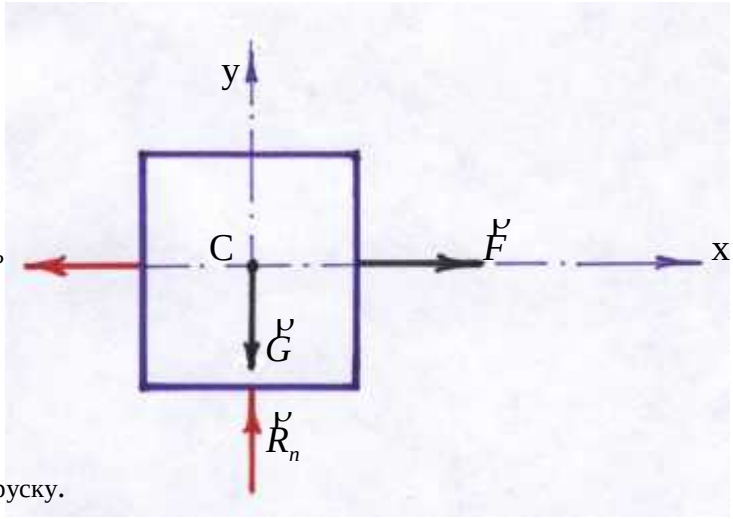


Рис.2. Силы, приложенные к бруску.

Выберем систему координат xCy и составим аналитические условия предельного равновесия бруска 2.

$$\sum F_{KX} = 0. \quad F - F_{TP} = 0 \tag{1}$$

$$\sum F_{KY} = 0. \quad R_n - G = 0 \tag{2}$$

Из этих уравнений:

$$(1) \Rightarrow F_{TP} = F \tag{3}$$

$$(2) \Rightarrow R_n = G = mg \tag{4}$$

Так как $f = \frac{F_{TP}}{R_n}$, то, с учетом (3) и (4), получим**:**

$$f = \frac{F}{mg} \tag{5}$$

Подставляя значения F = Н и m = кг, определяем значение коэффициента трения скольжения:

f = $\overline{\cdot 9{,}8}$

ВЫВОД

Коэффициент трения f, определенный опытным путем, получился равным табличному значению для материалов, из которых сделаны трущиеся поверхности.

2. Наклоним поверхность на некоторый угол α таким образом, что брусок, свободно на ней лежащий, начнет медленно скользить вниз. В этом состоянии предельного равновесия определим зависимость между коэффициентом трения f и углом α наклона плоскости (рис. 3).

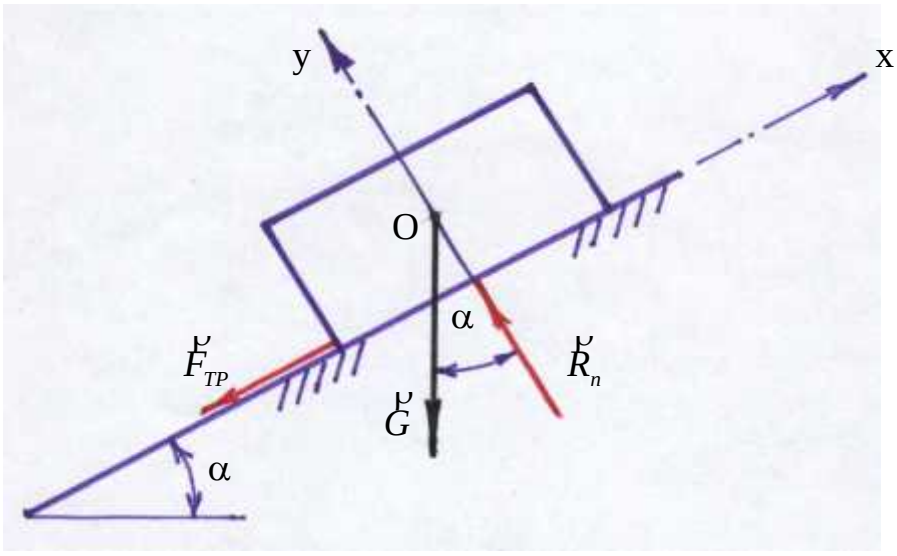


Рис. 3. Равновесие бруска на наклонной плоскости**.**

Выберем систему координат, как показано на рис. 3, покажем все силы, действующие на брусок, и запишем условия равновесия:

$$\sum F_{KX} = 0. \quad F_{TP} - G\sin\sim = 0 \tag{6}$$

$$\sum F_{KY} = 0. \quad R_n - G\cos\sim = 0 \qquad (7)$$

Из этих уравнений:

$$(6) \Rightarrow F_{TP} = G\sin\sim \qquad (8)$$

$$(7) \Rightarrow R_n = G\cos\sim \qquad (9)$$

Так как $f = \frac{F_{TP}}{R_n}$, то, учитывая зависимости (8) и (9) получим:

$$f = \frac{G\sin\sim}{G\cos\sim} = \frac{\sin\sim}{\cos\sim} = tg\sim$$

Значит $f = tg\sim$

ВЫВОДЫ

1. В результате проделанной работы изучены законы трения скольжения.
2. Опытным путем определен коэффициент трения скольжения между поверхностями различных материалов.
3. Величина коэффициента трения, полученная экспериментально, совпала с табличным значением.
4. Доказано, что коэффициент трения f равен тангенсу угла наклона поверхности к горизонту при нахождении на ней тела в состоянии предельного равновесия.

Контрольные вопросы:

1. Что такое трение скольжения и чем оно вызвано?
2. Чем характеризуется трение скольжения?
3. Перечислите виды трения.
4. Сформулируйте законы сухого трения скольжения.
5. Что называется коэффициентом трения скольжения и в каких единицах он измеряется?
6. Что такое угол трения?
7. Какая сила трения больше: покоя или движения?
8. Сформулируйте условия предельного равновесия тела на наклонной плоскости.
9. Какова зависимость между коэффициентом трения скольжения и углом наклона плоскости в состоянии предельного равновесия?
10. Зависит ли величина коэффициента трения от веса тела?
11. Какими способами можно уменьшить величину силы трения?

Литература:

1. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 349 с., ил.
2. Вереина Л.И. Техническая механика: Учеб. пособие для сред. проф. образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2015. – 176 с.
3.Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Издательский центр Академия, 2014.

Лабораторная работа №3.

Тема: «Испытание стального образца на растяжение»

Цель работы: Определение предельной нагрузки, абсолютной и относительной продольной и поперечной деформаций, временного сопротивления стального образца при растяжении.

Оборудование:

1. Разрывная машина УММ-5
2. Стальной образец для испытания
3. Штангенциркуль, линейка
4. Калькулятор

ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

При проектировании машин, механизмов, узлов и отдельных деталей конструктору необходимо знать данные о механических свойствах материала, то есть его прочность, твердость, упругость, пластичность и т.д. Их можно получить путем механических испытаний, проводимых в лаборатории на соответствующих машинах. Таких испытаний проводится много и самых различных.

По характеру нагружения различают испытания статические (спокойная медленная нагрузка), динамические (ударная нагрузка) и испытания на выносливость (при напряжениях, периодически меняющихся во времени).

По виду деформации различают испытания на растяжение, сжатие, срез, кручение, изгиб.

Среди всех видов испытаний наибольшую информацию о механических свойствах материалов можно получить из статических испытаний на растяжение. Испытания проводят на разрывных универсальных машинах в соответствии с ГОСТ 1497 – 84. Для испытаний применяют образцы специальной формы – цилиндрические (рис. 1, а) или плоские (рис.1, б). Образцы имеют рабочую часть длиной ℓ_0, на которой определяется удлинение, и переходные конусные участки с головками для удержания в захватах. Отношение расчетной длины ℓ_0 к диаметру d составляет: $\ell_0/d = 10$ или $\ell_0/d = 5$.

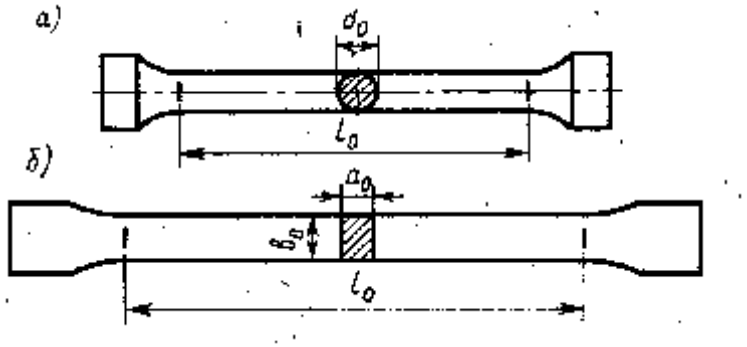


Рис. 1. Образцы для испытаний

Полученную при испытаниях на растяжение информацию можно получить из диаграммы растяжения. Она представляет график зависимости между растягивающей силой F и удлинением образца $\Delta\ell$. На рис. 2 показана диаграмма растяжения образца из низкоуглеродистой стали, записанная с помощью специального устройства на испытательной машине. В качестве образцов выбираются стали марок Ст3 и Ст3Гпс, имеющие наибольшее применение в конструкциях.

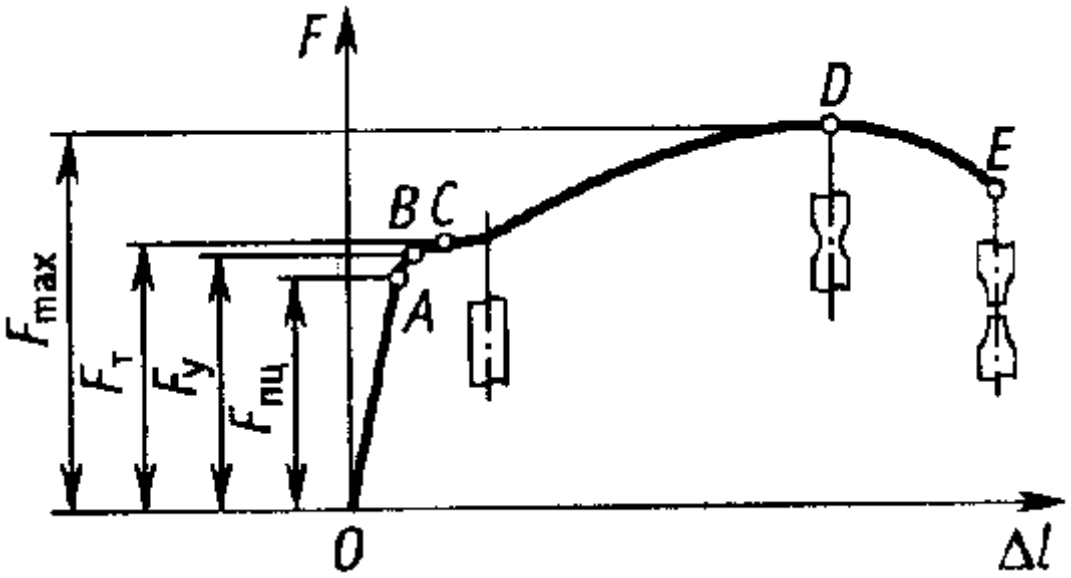


Рис. 2. Диаграмма растяжения образца из низкоуглеродистой стали

Для получения механических характеристик материала эту диаграмму перестраивают – все силы делят на начальную площадь поперечного сечения A_0, а все удлинения на начальную расчетную длину ℓ_0. В результате получают ***условную диаграмму растяжения*** (рис. 3) в координатах: относительное удлинение $\varepsilon = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ (горизонтальная ось) и нормальное напряжение $\sigma = \frac{F}{A_0}$ (вертикальная ось). Условной эта диаграмма называется потому, что напряжения и деформации отнесены к начальным площади и длине образца, которые изменяются при испытании.

Диаграмму в координатах F, $\Delta\ell$ называют характеристикой образца, а в координатах σ, ε – условной характеристикой материала.

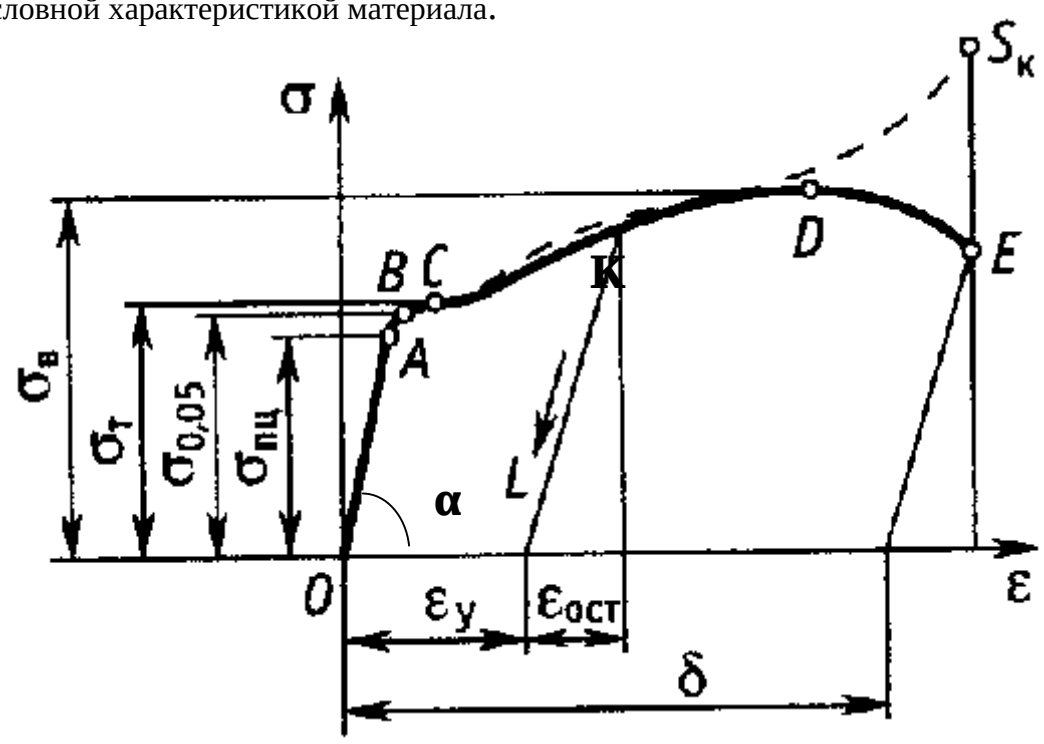


Рис. 3. Условная (сплошная линия) и истинная (пунктир) диаграммы растяжения низкоуглеродистой стали

На диаграммах растяжения (рис. 2 и 3) можно отметить несколько характерных участков. На участке ОА абсолютные деформации $\Delta\ell$ пропорциональны нагрузке F, а относительные деформации ε пропорциональны напряжению σ. Для этого участка справедлив закон Гука. ***Наибольшее напряжение $\pm_{пц}$, до которого выполняется закон Гука,***

называется пределом пропорциональности. Для стали Ст3 предел пропорциональности приблизительно равен $\sigma_{ПЦ}$ = 195…200 МПа.

При достижении нагрузкой значения $F_У$ (точка В на рис. 2) в образце начинают возникать остаточные деформации. Наибольшее напряжение, до которого в материале не возникают остаточные деформации, называют пределом упругости $\sigma_У$. Значения пределов пропорциональности и упругости близки, и на практике их обычно считают равными. Определить значение предела упругости непосредственно по диаграмме затруднительно, поэтому за предел упругости принимают напряжение, при котором в образце появляются остаточные деформации, равные 0,05%. В обозначении предела упругости $\sigma_У$ вводят индекс, указывающий значение деформации: $\sigma_{0,05}$.Таким образом, ***пределом упругости $\pm_У$ называется максимальное напряжение, при котором в материале величина остаточной (пластической) деформации не превышает 0,05%.*** Для стали Ст3 $\sigma_У$ = 205…210 МПа.

При дальнейшем увеличении нагрузки криволинейная часть диаграммы переходит почти в прямолинейный участок (вблизи точки С), называемый площадкой текучести. Здесь деформации растут практически без увеличения нагрузки. Нагрузка $F_Т$, соответствующая точке С, используется для определения физического предела текучести:

$$\pm_T = \frac{F_T}{A_0}.$$

Физическим пределом текучести $\pm_Т$ называется напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки.

Предел текучести является одной из основных механических характеристик прочности металла. Для стали Ст3 $\sigma_Т$ = 220…250 МПа.

Текучесть металла связана с изменением его внутренней структуры (переориентацией атомов в кристаллической решетке) и приводит к упрочнению. После зоны текучести образец снова приобретает способность воспринимать нагрузку, но диаграмма носит криволинейный характер. Напряжение, соответствующее максимальной нагрузке F_{max}, предшествующей разрушению образца (точка D на диаграмме, рис. 2, 3), называется временным сопротивлением или пределом прочности:

$$\sigma_В = \frac{F_{max}}{A_0}$$

Следует помнить, что предел прочности является условным напряжением, так как его значение определяют делением максимальной нагрузки на начальную площадь сечения A_0.

На всех участках диаграммы растяжения до нагрузки, близкой к максимальной, образец деформируется равномерно. При приближении нагрузки к максимальной равномерность деформирования образца нарушается – образуется местное сужение сечения, называемое ***шейкой*** (рис. 5). Площадь сечения в шейке быстро уменьшается, и для растяжения такого образца требуется меньшая нагрузка (участок DE на рис. 2).

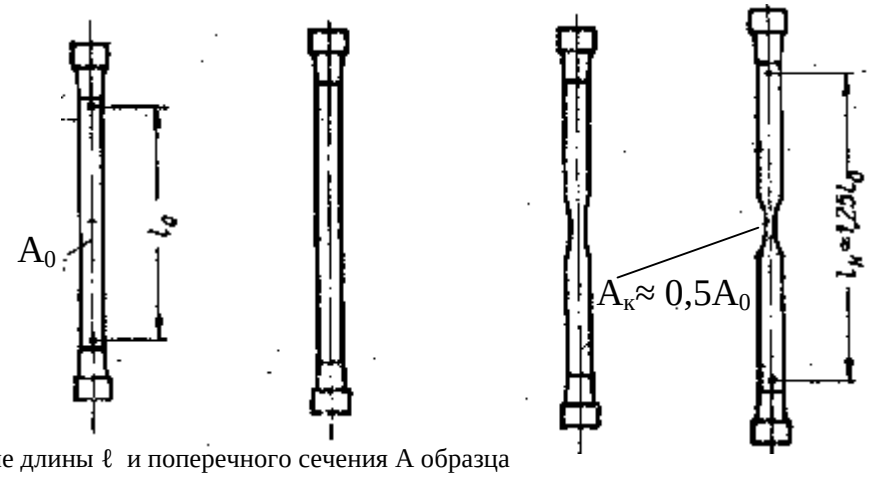


Рис. 5. Изменение длины ℓ и поперечного сечения А образца

На самом деле уменьшения напряжений в образце после образования шейки на участке DE (рис. 3) не происходит. Площадь сечения уменьшается быстрее, чем нагрузка. Поэтому, если определять истинное напряжение делением нагрузки на действительную площадь сечения, напряжение будет увеличиваться (штриховая линия на рис.3). При разрушении образца истинное напряжение, называемое истинным сопротивлением разрыву s_K, значительно больше предела прочности σ_B. Например, для стали Ст3 σ_B = 380 МПа, а s_K = 800…1000 МПа.

Из рис. 3 видно, что заметные отклонения истинных напряжений от условных происходят после предела текучести, так как сужение становится более значительным. Особенно сильно возрастает разница после образования шейки (участок DE). Однако на практике основными напряжениями, характеризующими данный материал и используемыми в расчетах на прочность и жесткость, являются предел текучести и временное сопротивление разрыву. Поэтому диаграммы истинных напряжений строятся для теоретических исследований, а условные диаграммы напряжений используются как для определения механических характеристик, так и для определения модуля упругости E и коэффициента Пуассона.

Если образец после того, как напряжения в нем превысят предел текучести, разгрузить, то на диаграмме растяжения получим линию KL, параллельную начальному участку OA. В образце исчезнет упругая деформация $\varepsilon_У$ и останется пластическая (остаточная) деформация $\varepsilon_{ост}$. Это значит, что при напряжении, превышающем предел упругости, деформация образца состоит из двух частей: упругой и пластической (остаточной). При повторном (после разгрузки) нагружении образца линия нагружения практически совпадает с линией разгрузки. Замечено, что материал после предварительной разгрузки становится прочнее, но пластичность его уменьшается. Это явление называется ***упрочнением материала*** или ***наклепом***.

Рассмотренная диаграмма растяжения, имеющая явно выраженную площадку текучести, характерна лишь для низкоуглеродистой стали и некоторых цветных металлов. Диаграммы растяжения среднеуглеродистой стали, меди, дюралюминия и других металлов не имеют площадки текучести (рис. 6).

Для них вводится понятие условного предела текучести, представляющего собой напряжение, при котором относительное остаточное удлинение образца равно 0,2%.Условный предел текучести обозначают $\sigma_{0,2}$.

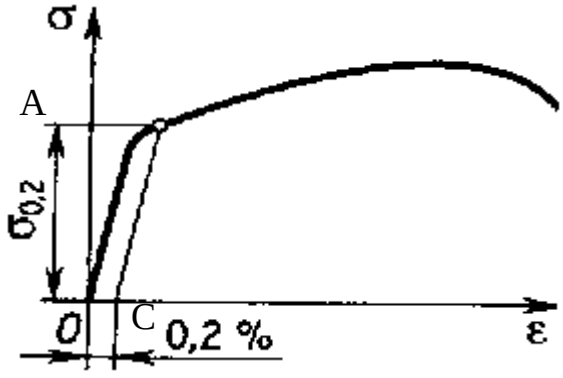


Рис. 6. Определение условного предела текучести $\sigma_{0,2}$

Для определения напряжений $\sigma_{0,2}$ по диаграмме на оси абсцисс откладывают отрезок OC = $0{,}002\ell_0$ в масштабе удлинений, затем из точки C проводят прямую, параллельную прямолинейному участку диаграммы. Точка A пересечения ее с диаграммой растяжения определяет ординату напряжения $\sigma_{0,2}$.

С повышением содержания углерода прочность стали повышается, а ее пластичность падает. Это видно на диаграммах, представленных на рис. 7.

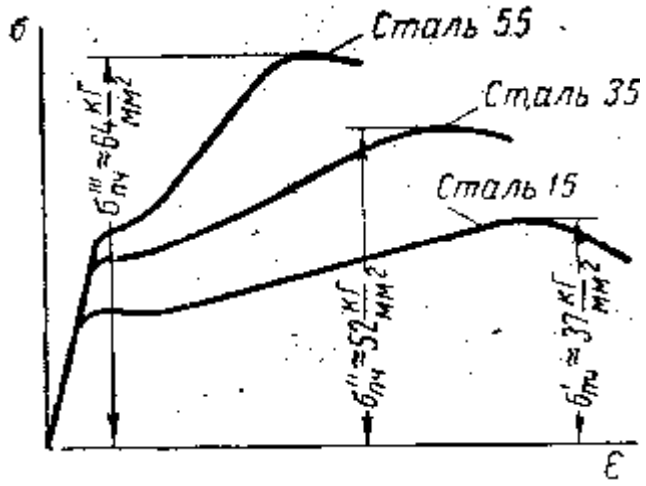


Рис. 7. Диаграммы растяжения сталей марок 15; 35; 55

Пределы пропорциональности и упругости, а также модуль упругости и коэффициент Пуассона характеризуют упругие свойства материала. Пределы текучести и прочности характеризуют прочность материала. Пластичность материала оценивают относительным остаточным удлинением δ и относительным остаточным сужением ψ площади сечения при разрыве:

$$\delta = \frac{\lambda_K - \lambda_0}{\lambda_0} 100\%; \qquad \psi = \frac{A_0 - A_K}{A_0} 100\%$$

Диаграмма растяжения хрупких металлов, например, чугуна (рис. 8) не имеет площадки текучести, на ней сразу заметно отклонение от закона Гука (начальный участок имеет небольшую кривизну).

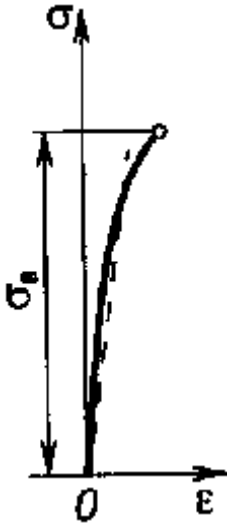


Рис.8. Диаграмма растяжения чугуна

В практических расчетах это отклонение не учитывают, заменяя криволинейную диаграмму прямолинейной (штриховая линия). Для хрупких материалов при испытаниях на растяжение определяют в основном предел прочности σ_B.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе студент должен:

– ознакомиться с устройством и принципом работы механической разрывной машины УММ – 5;

– знать закон Гука и внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях бруса при растяжении;

– знать основные механические характеристики материалов и способы их определения;

– уметь строить условные диаграммы растяжения пластичных, хрупкопластичных и хрупких материалов;

– уметь определять напряжения в характерных точках условных диаграмм;

– правильно определять абсолютную и относительную продольную и поперечную деформации образца;

– ответить на контрольные вопросы;

– правильно оформить отчет по лабораторной работе.

РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ

Характеристика образца

Материал	Начальная длина ℓ_0, мм	Начальный диаметр d_0, мм
Сталь Ст 3		

Отношение начальной длины ℓ_0 к диаметру d_0 составляет:

$\ell_0/d_0 =$

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с устройством разрывной машины, записать ее тип, цену деления силоизмерительного механизма и масштаб записи диаграммы по нагрузке и деформации.
2. Измерить диаметр d_0 образца и расчетную длину ℓ_0.
3. Закрепить образец в захватах разрывной машины.
4. Включить электродвигатель и плавно нагрузить образец до разрыва.
5. Определить наибольшее значение разрывной нагрузки F по силоизмерительному устройству.
6. После разрушения образца выключить электродвигатель, вынуть обе части образца из захватов разрывной машины.
7. Обе части образца сложить вместе. Измерить длину и диаметр шейки.
8. Определить абсолютную и относительную продольную и поперечную деформации образца.
9. Вычислить предел прочности (временное сопротивление) σ_B материала на разрыв.
10. Сделать выводы.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Площадь сечения образца до испытания:

$$A_0 = \frac{®d^2}{4} = \frac{® \cdot}{4} \approx \text{ мм}^2$$

2. Разрывная нагрузка F = Н
3. Длина образца после испытания ℓ_K = мм
4. Диаметр шейки образца d_K = мм
5. Площадь сечения шейки образца

$$A_K = \frac{®d_K^2}{4} = \frac{® \cdot}{4} = \text{ мм}^2$$

6. Абсолютное удлинение образца:

$$\Delta\lambda = \ell_K - \ell_0 = \text{ мм}$$

7. Абсолютное сужение образца:

Δd = $d_0 - d_K$ = мм

8. Относительное удлинение образца:

$$\varepsilon = \frac{\lambda_K - \lambda_0}{\lambda_0} 100\% = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot 100\% = \quad \%$$

9. Относительное сужение площади сечения при разрыве:

$$\psi = \frac{A_0 - A_K}{A_0} 100\% =$$

10. Предел прочности (временное сопротивление) образца:

$$\pm_{ПЧ} = \pm_{В} = \frac{F}{A_0} = \quad \text{МПа}$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ

Материал образца	Сталь Ст 3
Длина начальная ℓ_0, мм	
Диаметр начальный d_0, мм	
Нагрузка разрывная F, Н	
Длина конечная ℓ_K, мм	
Диаметр конечный d_K, мм	
Площадь сечения начальная A_0, мм^2	
Площадь сечения конечная A_K, мм^2	
Абсолютное удлинение $\Delta\lambda$, мм	
Абсолютное сужение диаметра Δd , мм	
Относительное удлинение образца, ε %	
Относительное сужение площади сечения при разрыве, ψ %	
Предел прочности (временное сопротивление) образца $\sigma_В$, МПа	

В Ы В О Д Ы:

1. В результате проделанной работы выяснилось, что образец из стали Ст 3 получил относительное удлинение ε = % и относительное сужение площади при разрыве ψ = % . Эти данные хорошо согласуются с результатами, опубликованными в учебниках [2]; [3]; [5]. Значит, работа проделана правильно.

2. Предел прочности стали Ст3 получился равным МПа. Это соответствует табличным значениям, равным $\sigma_В$ = 380…420 МПа. Это значит, что образец действительно изготовлен из стали марки Ст3.

СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о проделанной работе должен содержать:

– эскиз образца до испытания и после разрушения;

– диаграмму растяжения, вычерченную в масштабе, с указанием всех характерных точек;

– формулы и результаты вычислений основных механических характеристик материала;

– таблицу результатов испытания.

Контрольные вопросы:

1. Какой вид нагружения бруса называется растяжением?
2. Какие напряжения возникают в сечениях бруса при растяжении?
3. Как читается и записывается закон Гука при растяжении?

4. Что такое упругая, пластическая и полная деформация?

5. Что такое относительная деформация?

6. Укажите цель проводимой работы

7. На какой испытательной машине выполняется работа?

8. Образец какой формы применяется при испытании?

9. Что такое наклеп?

10. Как определить предел прочности образца по диаграмме и при испытании?

11. Что такое предел текучести и чему он равен?

12. Укажите на диаграмме F – $\Delta\lambda$ участок, на котором материал образца подчиняется закону Гука.

13. На какую площадь сечения образца нужно делить максимальную нагрузку, которую выдержал образец до разрушения, чтобы определить предел прочности?

Литература:

1.Вереина Л.И., Краснов М.М. Техническая механика.- М.: «Академия», 2015.

2. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. – 349 с., ил.

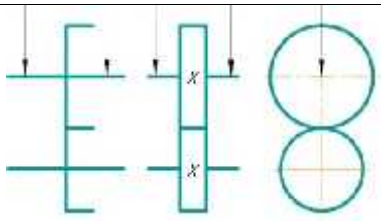
3. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: М.: Высш. шк., 2015. – 318 с.: ил.

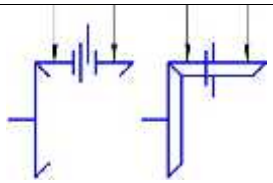
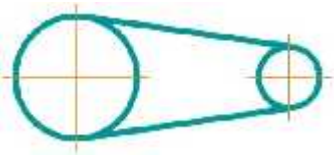
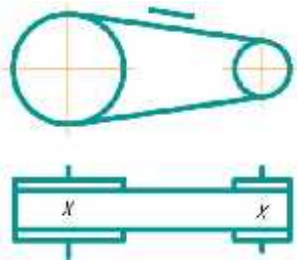
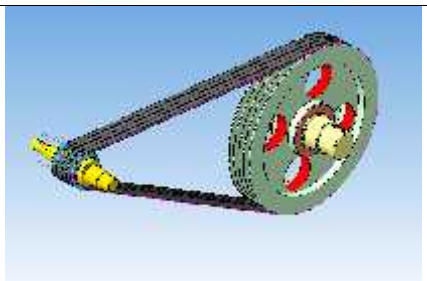
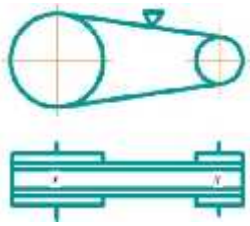
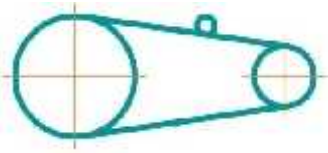
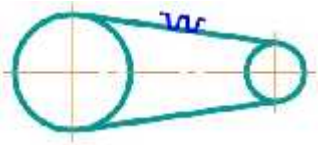
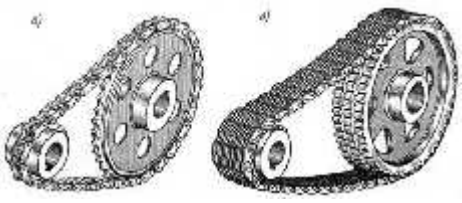
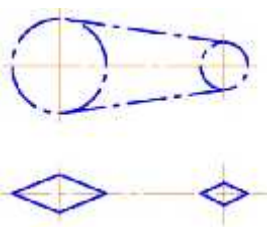
Лабораторная работа № 4

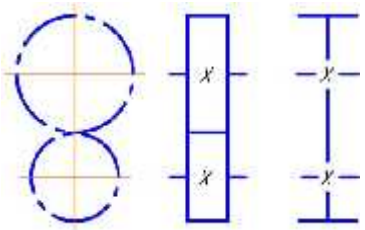
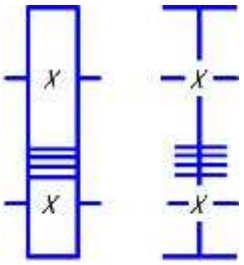
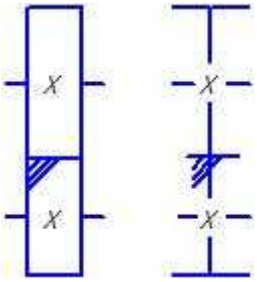
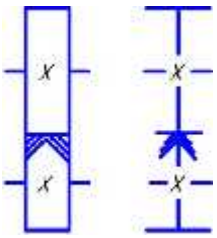
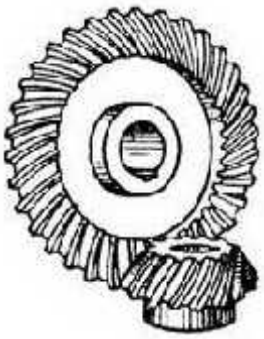
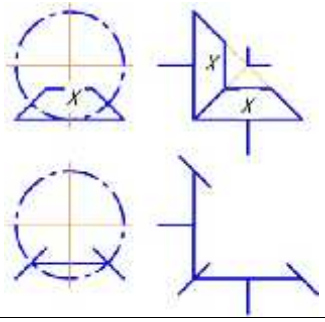
Тема: ***« Составление кинематических схем машин и механизмов».***

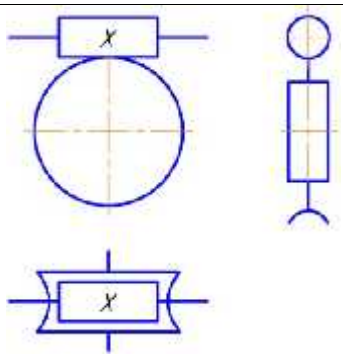
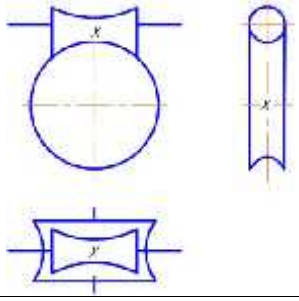
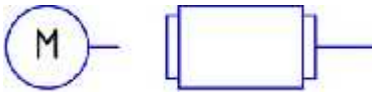
Цель работы: исследовать принцип действия и кинематику простейших механизмов; ознакомиться с условными изображением звеньев и кинематических пар по ЕСКД.

Общие сведения. Механизмом называется сочетание тел, соединенных между собой таким образом, что заданному движению одного из тел соответствует вполне определенное движение каждого из остальных..
Из большого количества обозначений в стандарте 2.770-80 "Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики" приведем наиболее часто встречающиеся в изучении курса "Детали машин"

Наименование	Изображение	Обозначение
Вал, валик, ось, Стержень.		
Подшипники качения, скольжения на валу (без уточнения типа) радиальные, упорные		
Муфта (общие обозначения без уточнения типа)		
Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа		
Передача фрикционная с цилиндрическими роликами		

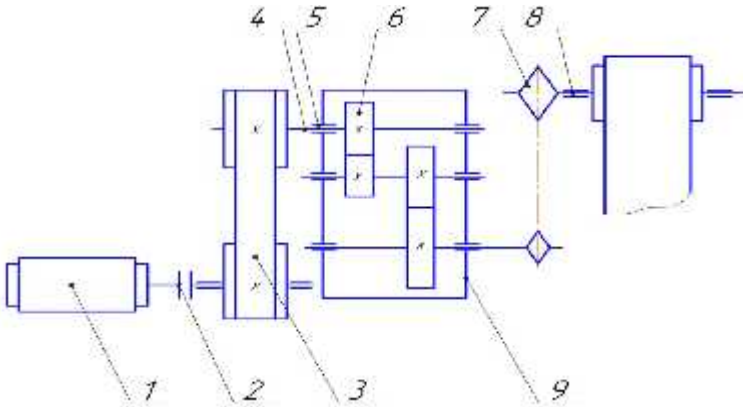
Передачи фрикционные с коническими роликами		
Передачи ремнем без уточнения типа ремня		
Передача плоским ремнем		
Передача клиновым ремнем		
Передача с круглым ремнем		
Передача зубчатым ремнем		
Передача цепная (общее обозначение без уточнения типа цепи)		

Передача цилиндрическая зубчатая внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)		
Передача цилиндрическая зубчатая с прямыми зубьями		
Передача цилиндрическая зубчатая с косыми зубьями		
Передача цилиндрическая зубчатая с шевронными колесами		
Передача зубчатая с пересекающимися валами, конические		

Передача зубчатая со скрещивающимися валами. Червячная передача с цилиндрическим червяком		
Передача червячная с глобоидным червяком		
Электродвигатель		

Порядок выполнения работы.

1. Изучить и перечертить в рабочую тетрадь условные графические обозначения в схемах, которые наиболее часто встречаются при изучении курса "Детали машин"
2. Перечертить кинематическую схему привода согласно варианту задания 3. Самостоятельно составить спецификацию данного привода.



Литература:

1.Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов.- М.: Высшая школа, 2010.

2.Олофлинская, В.П. Детали машин. – М.: Форум: ИНФРА-М,2008.

3.Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Издательский центр Академия, 2015.

Лабораторная работа № 5.

Тема**: *«Изучение конструкции червячного редуктора»*.**

Цель работы - ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; определение основных параметров червячной пары путем замера и расчета; изучение способов регулировки зацеплением червячной пары.

Общие сведения.

Червячная передача относиться к передачам зацеплением со скрещивающимися осями валов. Движение в червячных передачах осуществляется по принципу винтовой пары. Существенное различие червячной передачи от зубчатой заключается в том, что окружные скорости червяка и колеса не совпадают ни по величине, ни по направлению. Поэтому червячные передачи имеют следующие особенности:

* передаточное число не может быть выражено отношением диаметров, т.е. $u \neq d_2/d_1$;
* начальные окружности не перекатываются, а скользят;
* скорость скольжения в передаче весьма значительная.

Большое скольжение в червячных передачах вызывает повышенный износ и склонность к заеданию (основные недостатки червячных передач). Кроме того, долговечность, несущая способность и КПД червячных передач зависят от величины и равномерности контактной площадки зацепления, которая наряду с деформацией червяка и точностью изготовления зубьев колеса и витков червяка зависит от правильного взаимного расположения элементов зацепления, обеспечиваемого при монтаже. Показателями точности монтажа силовых червячных передач являются величина и характер пятна контакта между зубьями колеса и витками червяка; величина смещения средних плоскостей колеса и червяка; величина отклонения от номинального межосевого расстояния, определяющего величину радиального зазора в зацеплении.

Таким образом, правильность зацепления червячной пары является одним из существенных факторов, характеризующих надежность передачи. Следовательно, при сборке червячных редукторов на обеспечение правильного зацепления элементов следует обратить особое внимание.

Оборудование и принадлежности.

Червячный редуктор, набор гаечных ключей и отверток, штангенциркуль, масштабная линейка, краска для проверки пятна контакта, набор прокладок, сборочный чертеж редуктора.

Порядок выполнения работы.

Произвести внешний осмотр редуктора и наметить план его разборки. Замерить 2-3 раза расстояние между осями валов и округлить до ближайшего стандартного по ГОСТу, если оно лежит в пределах последнего. Величину a_ω занести в таблицу 1 отчета.

Отвинтить крепежные элементы крышки корпуса и крышек подшипниковых узлов, снять крышки и ознакомиться с внутренним устройством редуктора. Особое внимание следует обратить на способ регулирования подшипников и правильность зацепления червячной пары. Вынуть червячное колесо редуктора вместе с валом, а также червяк с деталями на нем (детали и подшипники с валов не снимать). Ознакомиться с конструкцией колеса и червяка, путем замера и расчета определить их размеры и параметры. Результаты занести в таблицу 1 отчета. Параметры червячной пары, регламентированные стандартом сверить с ГОСТ 2144-80. Выполнить кинематическую схему редуктора и эскизы элементов зацепления в соответствии с ГОСТ 2.402-68. Произвести сборку редуктора в последовательности обратной разборке.

На очищенные 3-4 зуба колеса тонким равномерным слоем нанести краску и, проворачивая червяк, наблюдать пятно контакта на зубьях колеса. Если оно смещено влево или вправо, то соответствующим подбором регулировочных прокладок σ_1 и σ_2 добиться, чтобы пятно контакта расположилось симметрично, чтобы средняя плоскость

червячного колеса проходила через центр червяка. Этим обеспечивается нормальное зацепление червячной пары.

Содержание отчёта:

1.Основные парвметры исследуемого редуктора.
2. Эскиз червяка и червячного колеса
3. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

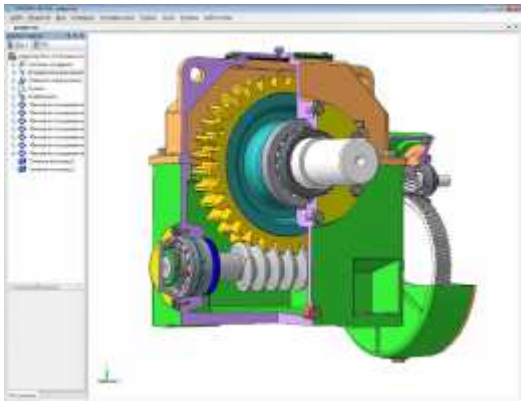
1. По каким признакам классифицируются червячные редукторы?
2. Какими особенностями характеризуются червячные передачи?
3. Что является показателем точности монтажа червячных передач?
4. Как обеспечивается соосность средней плоскости колеса и червяка?

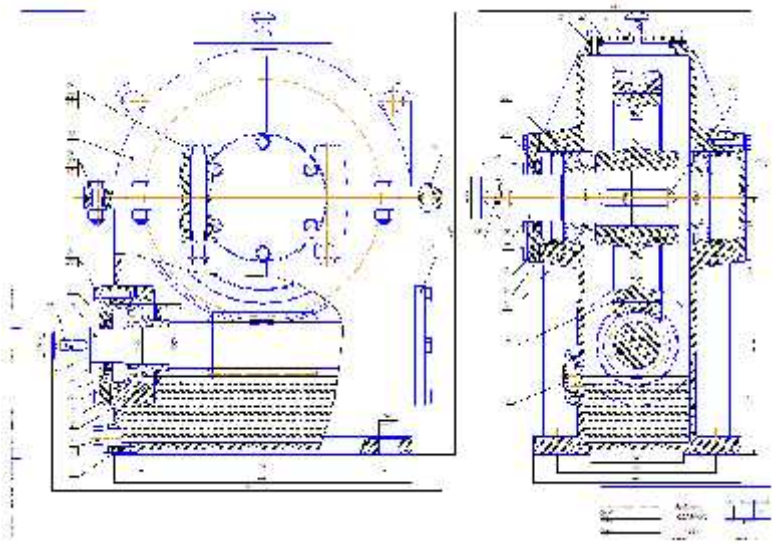
Литература:

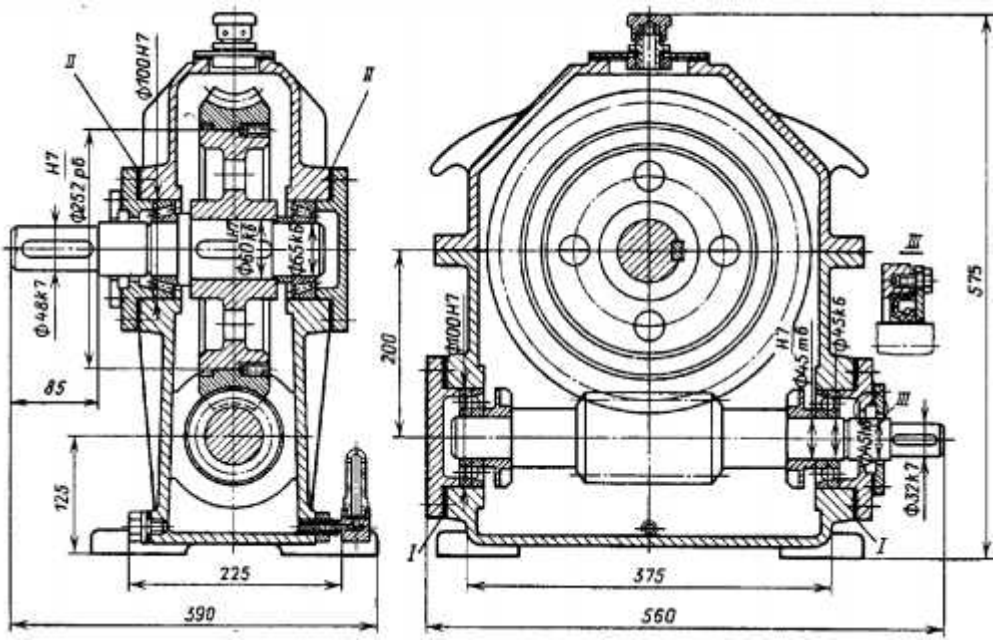
1.Олофлинская, В.П. Детали машин. – М.: Форум: ИНФРА-М,2013
2.Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Издательский центр Академия, 2014.
3.Вереина Л.И., Краснов М.М. Техническая механика.- М.: «Академия», 2015.

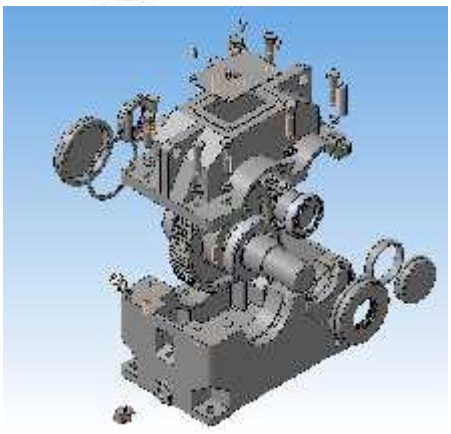
Таблица 1. Основные параметры червячной передачи.

Наименование величины и размерность	Обозначение	Способ определения	Значение величины
Межосевое расстояние, мм	a_ω	Замерить	
Число зубьев колеса	z_2	Сосчитать	
Число витков червяка	z_1	Сосчитать	
Передаточное число	u	$u = z_2/z_1$	
Диаметр вершин зубьев колеса и червяка, мм	d_{a_1} d_{a_2}	Замерить	
Осевой шаг червяка, мм	Px	Замерить	
Осевой модуль, мм	m_x	$m_x = P_x/n$	
Диаметр делительной окружности червяка, мм	d_1	$d_1 = d_{a_1} - 2$	
Диаметр делительной окружности колеса, мм	d_2	$d_2 = z_2 m_x$	
Относительный диаметр червяка	q	Замерить	
Угол подъема винтовой линии, град	γ	$tg\,\gamma = z_2/q$	
Диаметры впадин зубьев, мм	d_{f_1} d_{f_2}	$d_{f_1} = d_1 - 2,$ $d_{f_2} = d_2 - 2,$	
Длина нарезной части червяка, мм	b_1	Замерить	
Ширина венца колеса, мм	b_2	Замерить	






Ф100H7
H7
Ф252 p6
Ф60 k6
Ф65k6
Ф48k7
85
125
225
390
200
Ф100H7
H7
Ф45 m6
Ф45k6
Ф32k7
375
560
575



Лабораторная работа № 6.

Тема: «Изучение конструкции подшипников качения»

Цель работы: Изучить классификацию, систему условных обозначений и конструкции подшипников качения; ознакомиться с конструкциями типовых узлов с подшипниками качения.

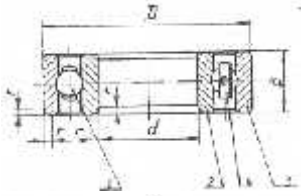
Оборудование и инструменты: Комплект подшипников качения различных типов, зубчатые и червячные редукторы с подшипниковыми узлами, штангенциркуль.

Теоретические предпосылки.

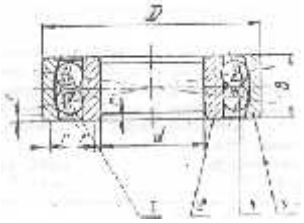
1. Классификация подшипников качения.

Подшипники качения - это стандартные, выпускаемые промышленностью узлы, служащие опорами валов и вращающихся осей. Подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам:

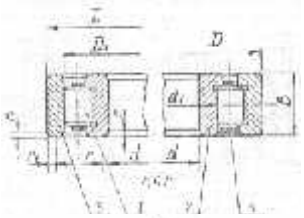
- направлению (радиальному или осевому) воспринимаемой нагрузки относительно оси вала (радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные и упорные);
- форме тел качения (шариковые и роликовые);
- числу рядов тел качения (однорядные, двухрядные, четырехрядные и многорядные);
- способности самоустановки (самоустанавливающиеся и несамоустанавливающиеся).



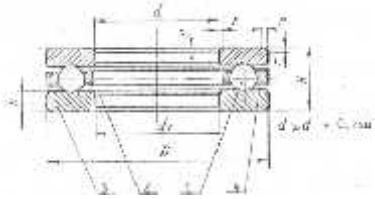
а) Шарикоподшипник радиальный однорядный по ГОСТ 8338-75
Тип 0000



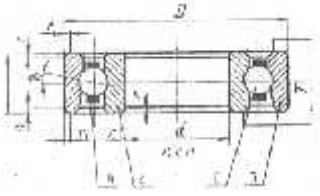
б) Шарикоподшипник радиальный сферический двухрядный по ГОСТ 5720-75
Тип 1000



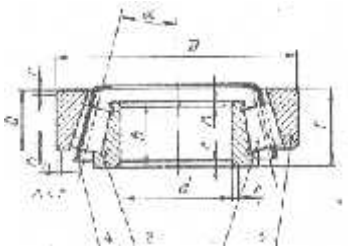
в) Роликоподшипник радиальный с короткими цилиндрическим роликом по ГОСТ 8328-75
Тип 2000 и Тип 42000



г) Шарикоподшипник упорный по ГОСТ 6874-75
Тип 8000



д) Шарикоподшипник радиально-упорный однорядный по ГОСТ 831-75
Тип 36000 (=12˚), 46000 (=26˚), 66000 (=36˚)



е) Роликоподшипник конический однорядный по ГОСТ 333-79
Тип 7000

2. Краткая характеристика основных типов подшипников.

Конструктивно любой из подшипников качения, как узел, состоит из следующих деталей: тел качения 1 (шариков или роликов), внутреннего 2 (надеваемого на вал) и внешнего 3 (вставляемого в корпус, например, редуктора), колец и сепаратора 4, разделяющего и направляющего тела качения при их движении.

Соотношение габаритных размеров подшипников определяет их серию: сверхлегкую, особо легкую, легкую, легкую широкую, среднюю, среднюю широкую и тяжелую. Выпускаются преимущественно подшипники легкой и средней серий.

Точность подшипников качения определяется точностью их основных размеров и точностью вращения. В СССР производят подшипники качения следующих классов точности (ГОСТ 520-71) в порядке её повышения: 0, 6, 5, 4, 2. Для большинства валов и осей общего назначения применяют подшипники класса точности 0 (нормального).

Основными материалами для колец и тел качения подшипников являются шарикоподшипниковые высокоуглеродистые хромистые стали ШХ15 и ШХ15СГ, широко применяются также цементуемые легированные стали 18ХГТ и 20Х2Н4А. Твердость колец и роликов обычно 60...65 HRC, шариков 62...65 HRC. Сепараторы массовых подшипников изготавливают из мягкой углеродистой стали методом штамповки.

2.1.Шарикоподшипники радиальные однорядные (тип 0000).

Предназначены для восприятия радиальных нагрузок (рис. а), могут воспринимать и значительные осевые нагрузки в двух направлениях, особенно при увеличенных внутренних зазорах. Обладают большой быстроходностью при соответствующих конструкциях и материале сепаратора. Являются самыми дешевыми и распространенными.

2.2.Шариковые радиальные двухрядные сферические подшипники (тип 1000).

Предназначены воспринимать радиальные и небольшие осевые нагрузки (рис. б). Благодаря способности само устанавливаться они допускают несоосность посадочных мест (перекосы до 2...3˚).

2.3.Роликоподшипники с короткими цилиндрическими роликами (тип 2000 и 42000).

Предназначены для восприятия только значительных радиальных нагрузок (тип 2000). Некоторые из них (например, тип 42000 с дополнительным буртом на внутреннем кольце) могут воспринимать кратковременные небольшие осевые нагрузки, фиксируя вал в осевом направлении (рис. в). По быстроходности эти подшипники почти не уступают радиальным однорядным шариковым, но требуют точной соосности посадочных мест.

2.4.Шарикоподшипники радиально-упорные (тип 36000, 46000, 66000)

Способны воспринимать комбинированные радиально-осевые нагрузки (рис. д). Их осевая грузоподъемность растет с увеличением угла контакта ~ . Осевую нагрузку могут воспринимать только в одном направлении, поэтов(у для фиксации вала в обе стороны их обычно устанавливают по два подшипника на вал или по два в опору. Требуют регулировки осевых зазоров.

2.5.Конические роликоподшипники (тип 7000).

Могут воспринимать радиальные и односторонние осевые нагрузки. Для восприятия двухсторонних осевых нагрузок применяются в паре. Способность воспринимать осевые нагрузки растет с ростом угла конусности ~ наружного кольца (рис. е), при этом радиальная грузоподъёмность уменьшатся. Допускаемые частоты вращения по сравнению с подшипниками, имеющими цилиндрические ролики, существенно ниже. Конические ро-

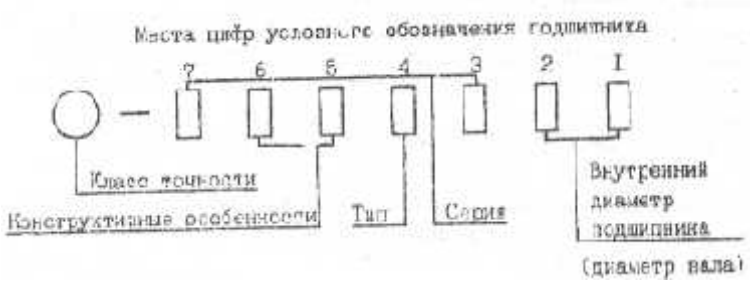
ликоподшипники разъемные, что позволяет производить раздельный монтаж наружных и внутренних (с комплектом роликов) колец. Требуют регулировки осевых зазоров. Чувствительны к перекосам.

2.6.Упорные подшипники (тип 8000).

Могут воспринимать лишь осевые нагрузки: одинарные – только в одном направлении (рис. г), сдвоенные – в двух направлениях. Чувствительны к перекосам. Предельные частоты вращения ограничены, поэтому при повышенных скоростях и особенно на горизонтальных валах их применять не следует.

3. Система условных обозначений подшипников.

Для определения характеристик стандартного подшипника качений его подвергают маркировке, нанося на торец (обычно внешнего кольца) основное условное обозначение, структура которого представлена на рис.



Все приведенные на рис. характеристики обозначаются цифрами, которые проставляются на позиции с 1 по 7.

Класс точности подшипника указывается цифрой (см. п. 2), отделенной через тире от основного цифрового обозначения (поз. 1...7) слева. Перед классом точности проставляется ряд радиального зазора. При нормальном ряде радиального зазора и нормальном классе точности (0) их обозначения опускаются.

Внутренний диаметр подшипника d в диапазоне от 20 до 495 мм в условном обозначении указывается двумя цифрами справа (поз. 1 и 2), являющимися частным от деления диаметра отверстии на пять. Например, при d=45 мм имеем 09, при d=90 мм имеем 18.

В третьей и седьмой позициях указывают серию подшипника, а в четвертой его тип.

Большое разнообразие конструктивных особенностей подшипников [1], условное обозначение которых приводят в поз. 5 и 6, не позволяет дать в работе их перечень.

Справа от основного обозначения могут стоять буквенные знаки [1], характеризующие специальные требования, материалы и др. для подшипников, работающих при повышенных температурах, в агрессивных средах и др. особых условиях.

Содержание отчёта:

1.Основные парвметры исследуемого подшипника.
2. Эскиз подшипника и структура его условного обозначения.
3. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются подшипники качения?
2. Какими особенностями характеризуются подшипники?
3. Что является показателем приподборе подшипника качения?
4. Как обеспечивается соосность средней плоскости колеса и червяка?

Литература:

1.Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов.- М.: Высшая школа, 2010.

2.Олофлинская, В.П. Детали машин. – М.: Форум: ИНФРА-М,2008.

3.Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Издательский центр Академия, 2015.