

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ММРК им. И.И. Месяцева
ФГБОУ ВО «МГТУ»

И.В. Артеменко
(подпись)

«31» августа 2019 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ И
ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

учебной дисциплины ОП.02 Механика
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)
специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок
по программе базовой подготовки
форма обучения: очная, заочная

Мурманск
2019

Одобрено

Методической комиссии преподавателей дисциплин профессионального цикла специальностей отделения судовой энергетики

Председатель МК

Миронов В.И.

Протокол от «29» мая 2019 г.

Составлена в соответствии

на основе ФГОС СПО по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 мая 2014г. № 443

Автор: Быкова М.В., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Внутренний рецензент: Рожнова Т.Г., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Внешний рецензент: Князева Ю.В., преподаватель общетехнических дисциплин ГАО МО СПО имени Н.Е. Момота.

Пояснительная записка

Рабочей программой дисциплины «Механика» для специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок, согласно тематическому плану, предусмотрено проведение 10 практических и 10 лабораторных работ в количестве 30 часов.

Целью их проведения является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий, обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Перед проведением практических и лабораторных работ курсанты обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель – проверить их знания и готовность к выполнению задания.

Текст работ курсанты должны писать карандашом понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом и только с помощью чертёжных инструментов.

После каждой практической или лабораторной работы проводится зачёт, как правило, на следующем занятии перед выполнением последующей работы. На зачёте курсант должен: знать теорию по данной теме; пояснить, как проводится расчёт; уметь проанализировать полученные результаты (в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы).

Тематический план

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, практические работы, самостоятельная работа обучающихся	Максимальная учебная нагрузка студента, час	Количество аудиторных часов при очной форме обучения:			Уровень освоения	
			всего	в том числе лабораторных занятий	в том числе практических занятий		
1	2	3	4	5	6	8	
Раздел 1.	ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА						
	Статика						
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил	Содержание учебного материала: Практическая работа № 1						
	Решение задач на равновесие плоской системы сходящихся сил (геометрический и аналитический методы)(2 задачи).				2	2	
Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил	Содержание учебного материала: Практическая работа № 2					1	
	Определение реакций опор балок	Определение момента силы относительно точки и относительно оси.				2	2
	Тема 1.5 Центр тяжести	Содержание учебного материала: Лабораторная работа №1 Определение центра тяжести простейших плоских фигур.			2		2
	КИНЕМАТИКА						
Тема 1.8. Сложное движение твердого тела	Содержание учебного материала: Практическая работа № 3						
	Определение параметров простейшего движения				2	2	
	Динамика						
Тема 1.14. Теоремы динамики	Содержание учебного материала: Лабораторная работа № 2					1	
	Проверка основного закона динамики вращательного движения			2			
	Раздел 2	СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ					
Тема 2.2. Растяжение и сжатие	Содержание учебного материала: Лабораторная работа № 3						

	Испытание на растяжение образца из низкоуглеродной стали			2		2
Тема 2.3. Практические расчёты на срез и смятие	Содержание учебного материала:					
	Лабораторная работа № 4.					
	Испытание образца на срез и смятие			2		2
Тема 2.4. Кручение и изгиб	Содержание учебного материала					
	Лабораторная работа №5.					
	Испытание материала на кручение			2		2
	Лабораторная работа № 6					
	Определение прогибов и углов поворота сечений балок при прямом изгибе			2		2
	Практическая работа № 4				2	
	Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций					2

Перечень практических работ

№ п/п темы	Наименование темы	Наименование практических работы	Количество часов	Формы текущего контроля
1	2	4	5	6
Тема 1.2.	Плоская система сходящихся сил.	Практическая работа № 1. Решение задач на равновесие плоской системы сходящихся сил (геометрический и аналитический метод).	2	защита практических работ
Тема 1.4.	Плоская система произвольно расположенных сил	Практическая работа № 2. Определение реакций опор балок.	2	защита практических работ
Тема 1.5.	Центр тяжести	Лабораторная работа № 1. Определение центра тяжести простейших плоских фигур.	2	защита лабораторных работ
Тема 1.8.	Сложные движение твердого тела	Практическая работа № 3. Определение параметров твердого тела.	2	защита практических работ
Тема 1.14.	Теоремы динамики	Лабораторная работа № 2. Проверка основного закона динамики вращательного движения.	2	защита лабораторных работ
Тема 2.2.	Растяжение и сжатие	Лабораторная работа № 3. Испытание на растяжение образца из низкоуглеродистой стали.	2	защита лабораторных работ
Тема 2.3.	Практические расчеты на срез и смятие.	Лабораторная работа № 4. Испытание образца на срез и смятие.	2	защита лабораторных работ

Тема 2.4.	Кручение и изгиб, сопротивление усталости	Лабораторная работа № 5. Испытание материала на кручение.	2	защита лабораторных работ
		Лабораторная работа № 6. Определение прогибов и углов поворота сечения балок при прямом изгибе.	2	защита лабораторных работ
		Практическая работа № 4. Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций.	2	Защита практических работ
Тема 3.4.	Зубчатые и цепные передачи	Лабораторная работа № 7. Определение параметров зубчатых колес.	2	Защита лабораторных работ
		Практическая работа № 5. Расчет открытой прямозубой передачи.	2	Защита практических работ
Тема 3.5.	Общее сведения о редукторах	Лабораторная работа № 8. Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора	2	Защита лабораторной работы
		Лабораторная работа № 9. Изучение конструкции червячного редуктора.	2	Защита лабораторной работы
Тема 3.7.	Валы и оси. Муфты. Подшипники.	Лабораторная работа № 10. Изучение конструкции подшипников качения и определения типа.	2	Защита лабораторной работы
30				

Лабораторная работа № 1.

Тема: Определение центра тяжести простейших плоских фигур.

Цель работы: определение центра тяжести сложной плоской фигуры аналитическим и опытным путями.

Перечень используемых источников:

1. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
2. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

1. Применение полученных знаний по заданной теме для решения конкретной задачи.
2. Умение составлять сложные плоские фигуры из простых геометрических форм.
3. Умение выбирать центры тяжести составляющих геометрических форм в Декартовой системе координат.
4. Определение центра тяжести всей фигуры, применяя теоретические знания, заданными способами.
5. Навык формулировки выводов по результатам проделанной работы.

Наглядные пособия, оборудование: вертикальная стойка с иглой, отвесом, чертежные инструменты, ножницы.

Содержание и порядок выполнения работы.

Теоретический материал

Материальные тела состоят из элементарных частиц, положение которых в пространстве определяется их координатами.

Силы притяжения каждой частицы к Земле можно определить системой параллельных сил, равнодействующая этих сил называется силой тяжести тела.

Центр тяжести тела – это точка приложения силы тяжести. Центр тяжести – это геометрическая точка, которая может быть расположена и вне тела.

Большое практическое значение имеет определение центра тяжести тонких плоских однородных пластин. Их толщиной можно пренебречь и считать, что центр тяжести располагается в плоскости.

Установка для испытания.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством установки для определения центра тяжести плоской фигуры.
2. Начертить фигуру сложной формы, состоящую из 3-4 простых фигур (треугольники, прямоугольники, круг и т.д.) и проставить её размеры.

Аналитический способ определения центра тяжести

1. Провести оси координат так, чтобы они охватывали всю фигуру.
2. Разбить сложную фигуру на простые фигуры.
3. Определить площади и координаты центра тяжести каждой простой фигуры относительно выбранной системы координат.
4. Данные записать в таблицу отчёта.
5. Вычислить координаты центра тяжести всей сложной фигуры.

Определение центра тяжести опытным путем способом подвешивания

1. Вырезать данную фигуру из плотной бумаги (картона).
2. Проколоть два отверстия в произвольно расположенных точках.
3. Подвесить фигуру сначала в одной точке (отверстии), прочертить карандашом линию, совпадающую с нитью отвеса. То же повторить при подвешивании фигуры в другой точке. В точке пересечения линий располагается центр тяжести данной фигуры.

4. Замерить координаты «Хоп» и «Уоп».
5. Совместить вырезанную плоскую фигуру с ее изображением на бумаге (масштаб одинаковый).

Центры тяжести фигуры, найденные аналитическим и опытным путем должны совпадать.

Вывод по лабораторной работе:

Я определил центр тяжести сложной плоской фигуры аналитическим и опытным путями и сравнил полученные показания, вычислил процент расхождения результатов. (Привести полученные цифры и сделать вывод о более рациональном и правильном определении центра тяжести).

Отчет по лабораторной работе:

Лабораторная работа № 1

Тема: «Определение центра тяжести плоских фигур»

Цель работы: Определить центр тяжести сложной плоской фигуры аналитическим и опытным путями.

Рисунок плоской фигуры

Аналитический способ определения центра тяжести плоской фигуры.

№	Вид фигуры	Площадь $A, \text{мм}^2$	$X, \text{мм}$	$Y, \text{мм}$
1.				
2.				
3.				
4.				

					НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определение координат центра тяжести всей фигуры.

$$X_c = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i}$$

$$Y_c = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i}$$

Положение центра тяжести нанести на чертёж фигуры.

$$X_c(\text{теор}) =$$

$$Y_c(\text{теор}) =$$

Определение центра тяжести опытным путём.

$$X_c(\text{опыт}) =$$

$$Y_c(\text{опыт}) =$$

Определение погрешности в процентах при несовпадении координат центра тяжести, определённых опытным и аналитическим путём.

Отклонение не должно превышать 3-5%

$$\square X = \frac{X_{\text{опыт}} - X_{\text{теор}}}{X_{\text{теор}}} \cdot 100\% =$$

$$\square Y = \frac{Y_{\text{опыт}} - Y_{\text{теор}}}{Y_{\text{теор}}} \cdot 100\% =$$

Заключение о положении центра тяжести при аналитическом и опытном определении.

Вывод: Я Определил центр тяжести сложной плоской фигуры аналитическим и опытным путями. Результаты испытаний:

Сравнение результатов

Контрольные вопросы:

1. Можно ли рассматривать силу тяжести тела, как равнодействующую систему параллельных сил?
2. Может ли располагаться центр тяжести вне самого тела?
3. В чём сущность опытного определения центра тяжести плоской фигуры?
4. Как определяется центр тяжести сложной фигуры, состоящей из нескольких простых фигур?
5. Как следует рационально производить разбивку сложной фигуры на простые при определении центра тяжести всей фигуры?
6. Какой знак имеет площадь отверстий в формуле для определения центра тяжести?
7. На пересечении каких линий треугольника находится его центр тяжести?
8. Если фигуру трудно разбить на небольшое число простых фигур, какой способ определения центра тяжести может дать наиболее быстрый ответ?
9. Каким свойством обладает центр параллельных сил?
10. Как изменится положение центр тяжести параллельных сил, если систему параллельных сил повернуть вокруг точек их приложения на один и тот же угол?
11. Что называется центром тяжести тела? Где располагается центр тяжести плоской фигуры или его тела, если они имеют ось симметрии?

12. Где находится центр тяжести элементарных плоских фигур и тел (квадрата, прямоугольника, треугольника, круга, шара, полукруга, куба и т.д.)?

Лабораторная работа № 2.

Тема: Проверка основного закона динамики вращательного движения

Цель: ознакомиться с основными физическими понятиями и величинами, определяющими закономерности вращательного движения, опытным путём проверить некоторые из этих закономерностей.

Перечень используемых источников:

1. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
2. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

3. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
4. Использование маятника Обербека .
5. Применение измерительных инструментов: штангенциркуля, линейки, секундомера.
6. Приобретение навыка делать выводы по проделанной работе.

Наглядные пособия, оборудование: маятник Обербека, линейка, штангенциркуль,

секундомер.

Содержание и порядок выполнения работы.

Теоретическое обоснование

Если материальная точка массой m движется по окружности радиуса r под действием силы F , то по основному закону динамики

$$F = ma \quad (1)$$

Линейное ускорение a_t может быть выражено через угловое ускорение ε :

$$a_t = \varepsilon r$$

Умножим обе части равенства (1) скалярно на r :

$$F \cdot r = ma_t \cdot r = mr^2\varepsilon \quad (2)$$

Левая часть равенства (2) - вращающий момент силы F .

$$M_{вр} = F \cdot r$$

Величину $J_z = m \cdot r^2$ называют моментом инерции материальной точки. Тогда:

$$M_{вр} = J_z \cdot \varepsilon \quad (\text{Н м}) \quad (3)$$

Эта формула выражает основной закон динамики вращательного движения.

В работе используется крестообразный маятник Обербека, который состоит из двух взаимно перпендикулярных стержней **АВ** и **СД**, ввинченных в шкив **К**. Крестовина может вращаться при падении груза **Г**, привязанного к нити, намотанной на шкив. По стержням **АВ** и **СД** могут перемещаться четыре груза, массы m которых одинаковы. Момент инерции груза определяются формулой:

$J_z = mR^2$, где R – расстояние груза от оси вращения.

Если на шкив намотать нить и к её концу прикрепить груз, то при его падении маятник будет вращаться с угловым ускорением, а сам груз будет двигаться с линейным ускорением a_t .

Вращающий момент будет равен произведению силы натяжения нити на радиус шкива r .

Движение груза вниз происходит под действием двух сил: веса груза G , направленного вниз, и силы натяжения нити F , направленной вверх.

Результирующая сила, сообщающая ускорение, будет равна:

$$\mathbf{m \cdot a = G - F}$$

откуда сила натяжения:

$$\mathbf{F = G - ma = G - \frac{G}{g} \cdot a_t} \quad (4)$$

Момент этой силы относительно оси вращения:

$$\mathbf{M = \left(G - \frac{G \cdot a_t}{g} \right) \cdot r}, \text{ где } \mathbf{r} \text{ – радиус шкива.}$$

Если за время груз упал с высоты, то

$$\mathbf{h = \frac{a_t t^2}{2}}$$

линейное ускорение:

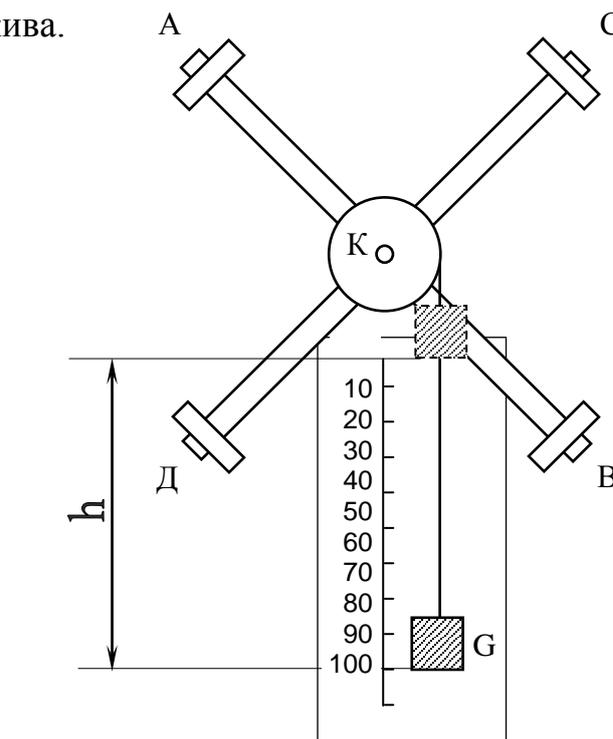
$$\mathbf{a_t = \frac{2h}{t^2}}$$

Формулу (4) можно записать в виде:

$$\mathbf{M = \left(G - \frac{G}{g} \cdot \frac{2h}{t^2} \right) \cdot r}$$

А угловое ускорение:

$$\mathbf{\varepsilon = \frac{a_t}{r} = \frac{2h}{rt^2}}$$



Порядок проведения работы

1. Ознакомится с устройством маятника Обербека.
2. Сдвинуть грузы **m1**, **m2**, **m3**, и **m4** к центру маятника.
3. Взять какой-либо груз **G** известной массы, прикрепить его к нити, намотать нить на шкив прибора так, чтобы низ груза оказался на уровне верхнего деления шкалы.
4. Радиус **r** шкива измерить штангенциркулем.

5. Опуская груз, включить секундомер и определить время t падения груза на расстояние h . Определить угловое ускорение прибора ϵ_1 и момент силы M .
6. Результаты занести в таблицу.
7. Экспериментально определить момент инерции четырёх грузов, насаженных на стержни.
8. Для этого четыре груза известной массы закрепить на одинаковом расстоянии R_1 и R_2 от оси вращения.
9. Результаты занести в таблицу.

Вывод по лабораторной работе.

Проанализировав полученные результаты, сравнить их, привести закономерности вращательного движения. Сформулировать подтверждение закона вращательного движения, полученного опытным путем.

Контрольные вопросы:

1. Какими величинами характеризуется вращательное движение абсолютно твёрдого тела?
2. Что называется моментом силы?
3. Какими единицами измеряется момент силы?
4. Что такое момент инерции?
5. Какими единицами измеряется момент инерции?

Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения абсолютно твёрдого тела.

Отчет по лабораторной работе:

Лабораторная работа № 2

Тема: «Проверка основного закона динамики вращательного движения»

Цель работы: Ознакомиться с основными физическими понятиями и величинами, определяющими закономерности враща-

тельного движения; опытным путём проверить некоторые из этих величин, закономерностей.

Оборудование: Маятник Обербека, линейка, секундомер, штангенциркуль.

Схема устройства:

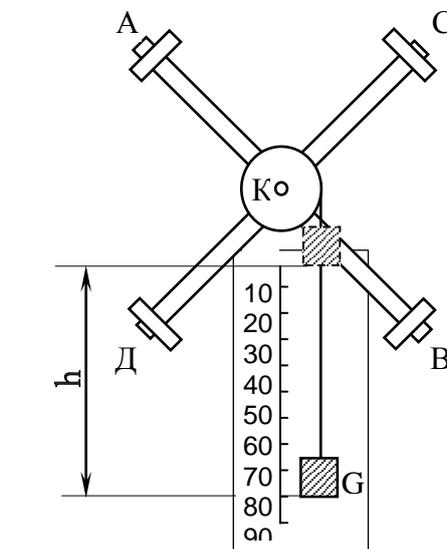


Таблица наблюдений:

№ опыта	G, Н	t, с	h, м	r, м	R ₁ , м	R ₂ , м	M _{вр} , Н·м	ε, с ⁻²	J ₁ , кг·м ²	J ₂ , кг·м ²	J ₃ , кг·м ²
1											
2											
3											

Расчеты.

Определение результирующей силы, сообщающей ускорение:

$$m \cdot a = G - F \Rightarrow F = G - m \cdot a$$

Определение линейного ускорения: $h = a_t \cdot t^2 / 2$; $a_t = 2 \cdot h / t^2$

Угловое ускорение шкива с грузами: $\varepsilon = a_t / r$

№

Вращающие моменты относительно оси шкива:

$$\frac{G}{r}$$

21

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-							

$$M_{вр} = F \cdot r = (G - m \cdot \alpha) \cdot r = (G - \alpha) \cdot r$$

Момент инерции шкива и грузов (1-ый опыт):

$$J_1 = M_{вр1} / \varepsilon_1 =$$

Момент инерции шкива и грузов (2-ой опыт):

$$J_2 = M_{вр2} / \varepsilon_2 =$$

Момент инерции шкива и грузов (3-ий опыт):

$$J_3 = M_{вр3} / \varepsilon_3 =$$

Момент инерции грузов (2-ой и 3-ий опыты):

$$J_{2 гр} = J_2 - J_1 =$$

$$J_{3 гр} = J_3 - J_1 =$$

Определим зависимость моментов инерции грузов от радиусов:

$$\frac{J_{2 гр}}{J_{3 гр}} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-						

Вывод: ознакомился с основными физическими понятиями и величинами, определяющими закономерности вращательного движения; опытным путём проверил некоторые из этих величин, закономерностей. Сформулировал подтверждение закона вращательного движения, полученного опытным путем.

Лабораторная работа № 3.

Тема: Испытание на растяжение образца из низкоуглеродной стали

Цель работы: изучить поведение материала образца при растяжении до разрушения; получить диаграмму растяжения и установить основные характеристики прочности и пластичности материала образца.

Перечень используемых источников:

7. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
8. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

9. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
10. Визуальное ознакомление с работой разрывной машины Р-5.
11. Анализ и систематизация полученных результатов.
12. Применение измерительных инструментов: штангенциркуля.
13. Приобретение навыка делать выводы по проделанной работе.

Наглядные пособия, оборудования: разрывная машина Р-5, образец для испытания, штангенциркуль.

Содержание и порядок выполнения работы.

Теоретическое обоснование

Испытание на растяжение является наиболее распространенным видом испытания материалов, т.к. при нём наиболее ярко выявляются характеристики прочности и пластичности материалов. При статистических испытаниях на растяжение определяют следующие механические характеристики материалов:

σ_{nc} – предел пропорциональности.

σ_y – предел упругости.

σ_m – предел текучести.

$\sigma_{nc}(\sigma_s)$ – предел прочности (условный).

σ – истинный предел прочности.

δ – относительное, остаточное удлинение при разрыве.

ψ – относительное, остаточное уменьшение поперечного сечения после разрыва.

Испытания проводятся путём статического растяжения до разрыва стандартного цилиндрического образца из малоуглеродистой стали на разрывной машине с автоматической записью диаграммы растяжения. Диаграмма растяжения дает возможность определить пределы текучести, прочности и относительное удлинение.

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с устройством машины Р – 5, записать цену деления шкалы силоизмерительного устройства, масштаб записи диаграммы по нагрузке и удлинению.
2. Измерить диаметр образца, d_0 штангенциркулем.
3. Отметить на поверхности образца расчетную длину l_0 . Для «длинных» образцов расчетная длина $l_0 = 10d_0$; для «коротких» – $l_0 = 5d_0$.
4. Закрепить образец в захватах.
5. Проверить работу диаграммного аппарата.
6. Плавно нагружая образец провести испытания до разрушения.
7. При проведении испытания необходимо зафиксировать:
 - а) Нагрузку F_T , соответствующую пределу текучести (стрелка силоизмерителя останавливается, а на диаграмме появляется площадка текучести).

- б) Максимальную нагрузку $F_{пч}$ (F_b), соответствующую пределу прочности (временному сопротивлению). Проследить за появлением шейки.
- в) Нагрузку в момент разрыва F_r , соответствующую истинному пределу прочности.
8. После разрушения образца выключить испытательную машину, извлечь обе половины образца и снять диаграмму.
9. Произвести осмотр образца. Сложить и плотно сжать обе половины образца, чтобы оси образовали прямую линию. Измерить штангенциркулем длину расчётной части образца после разрыва l_k и минимальный диаметр в месте разрыва d_k (диаметр шейки).
10. По данным испытания вычислить характеристики прочности и пластичности материала.
11. Построить диаграмму растяжения с указанием всех характерных точек

Вывод по лабораторной работе.

После проведения испытаний и расчетов провести анализ полученных результатов:

изменение состояния образца (длина, диаметр, площадь поперечного сечения),

проанализировать изменение характеристик прочности и пластичности материала.

Привести марку стали по результатам проведенного испытания.

Отчет по лабораторной работе:

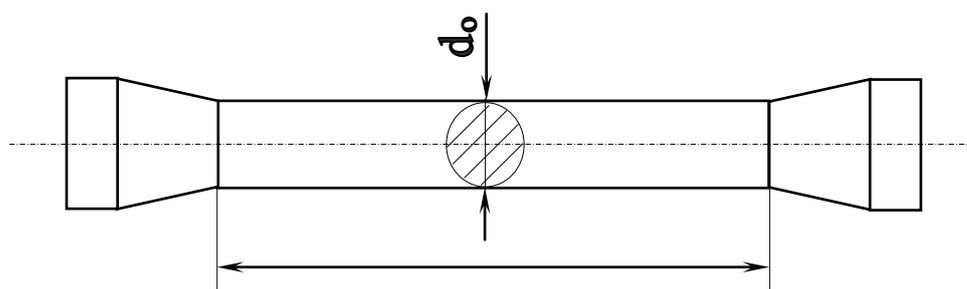
Лабораторная работа № 3

Тема: «Испытание материалов на растяжение»

Цель работы: изучить поведение материала образца при растяжении до разрушения; получить диаграмму растяжения и установить основные характеристики прочности и пластичности материала образца.

Приборы: Разрывная машина Р-5, цена деления -

Эскиз образца до разрушения



Диаметр образца $d_0 =$ мм.

Длина образца $l_0 =$ мм.

$$\frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$$

2. Начальная площадь поперечного сечения $A_0 =$ _____
мм².

3. Эскиз и размеры образца после испытания.

Диаметр образца $d_k =$ _____ мм.

Длина образца $l_k =$ _____ мм.

4. Площадь поперечного сечения в месте разрыва $\frac{\pi \cdot d_k^2}{4} =$ _____
мм².

5. Результат испытаний:

Нагрузка, соответствующая пределу текучести $F_T =$ _____ Н.

Нагрузка, соответствующая пределу прочности $F_{пч} =$ _____ Н.

Нагрузка, соответствующая истинному пределу прочности $F_p =$ _____ Н.

6. Характеристики прочности материала.

Предел текучести $\sigma_T = \frac{F_T}{A_0} =$ _____

Предел прочности $\sigma_{пч} = \frac{F_{пч}}{A_0} =$ _____

Истинный предел прочности $\sigma_p = \frac{F_p}{A_k} =$ _____

7. Характеристики пластичности.

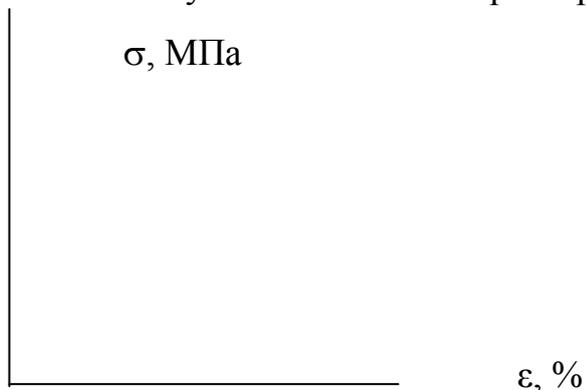
Относительное остаточное удлинение при разрыве:
 $\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100 \% =$ _____

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-				

Относительное остаточное сужение поперечного сечения при разрыве:

$$\Psi = \frac{A_k - A_0}{A_0} \cdot 100 \% =$$

Схема диаграммы растяжения с указанием всех характерных точек и масштабов по осям σ и ϵ .



8. Определение примерной марки стали испытанного образца путём сравнения результатов испытания с табличными характеристиками прочности и пластичности сталей.

Вывод: изучил поведение материала образца при растяжении до разрушения; получил диаграмму растяжения и установил основные характеристики прочности и пластичности материала образца.

Контрольные вопросы:

1. Укажите цель работы.
2. Какая деформация называется упругой?
3. Какая деформация называется остаточной (пластичной)?
4. Что называется пределом пропорциональности?
5. Что называется пределом упругости?
6. Что называется пределом текучести?
7. Что называется пределом прочности?
8. Что называется истинным пределом прочности?
9. В какой период растяжения образца на его поверхности появляются линии Чернова и как они располагаются?
10. В какой период испытания на образце появляется «шейка»?
11. Для какого участка диаграммы растяжения справедлив закон Гука?
12. В чём заключается закон Гука?
13. Как графически изображается закон Гука?
14. Какое механическое свойство характеризует величина предела текучести?
15. По каким величинам судят после разрыва о пластичности материала?
16. Как определяется относительное остаточное сужение образца после разрыва?

Лабораторная работа № 4.

Тема: Испытание образца на срез и смятие

Цель работы: ознакомиться с методом испытания образца на срез и определить предел прочности материала.

Перечень используемых источников:

14. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 20014.
15. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки ,которые должны приобрести обучаемые на занятии:

16. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
17. Ознакомление с работой разрывной машины Р-5 и приспособлением для среза.
18. Анализ и систематизация полученных результатов.
19. Применение измерительных инструментов: штангенциркуля.
20. Приобретение навыка делать выводы по проделанной работе.

Наглядные пособия, оборудования: машина Р-5, образец для испытания, штангенциркуль .

Содержание и порядок выполнения работы.

Теоретическое обоснование

Между пределом прочности материала на растяжение $\sigma_{пч}$ и пределом прочности на срез $\tau_{пч} = (0,6;0,8) \sigma_{пч}$.

Прочность при срезе зависит не только от сопротивления материала сдвигу, но и от тех дополнительных напряжений, которые неизбежно возникают от изгиба и смятия.

Величина предела прочности при срезе имеет практическую ценность только в том случае, если нагружение образца будет близко к условиям работы детали на срез в реальных конструкциях.

На практике часто встречаются детали, работающие на срез одновременно по двум плоскостям – двойной срез (болты, заклепки, штифты) поэтому испытание на срез чаще всего производят с помощью специального приспособления, осуществляющего двойной срез образца.

Порядок оформления работы

1. Ознакомиться с устройством машины Р-5 и приспособлением для среза.
2. В отчёте записать тип машины и цену деления силоизмерительного устройства.
3. Штангенциркулем измерить диаметр образца.
4. Образец вставить в приспособление для среза и установить его в захваты испытательной машины.
5. Плавно нагружая образец довести его до разрушения.
6. Зафиксировать максимальную нагрузку, при которой образец разрушится.
7. Вычислить предел прочности при срезе $\tau_{пч}$.
8. Полученный предел прочности при срезе $l_{пч}$ сравнить с пределом прочности при растяжении $\sigma_{пч}$.

Вывод по лабораторной работе:

после проведения испытаний и расчетов провести анализ полученных результатов:

изменение состояния образца (длина, диаметр, площадь поперечного сечения, внешние изменения образца),

проанализировать изменение характеристик прочности материала.

Указать причины разрушения образца.

Отчет по лабораторной работе:

Лабораторная работа № 4

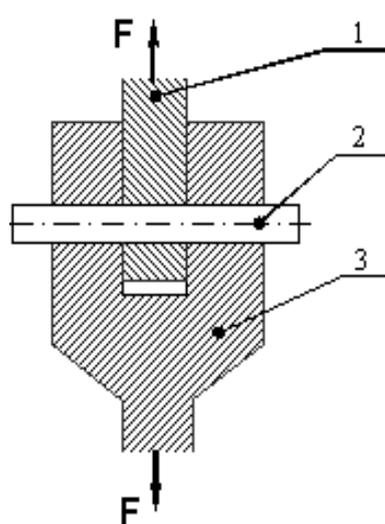
Тема: «Испытание образца на срез»

Цель работы: ознакомиться с методом испытания образца на срез и определить предел прочности материала.

Оборудование: Тип и наименование испытательной машины – Р-5.

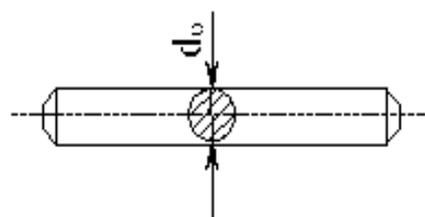
Цена деления шкалы нагрузки _____.

Схема устройства: Эскиз установки образца в приспособлении для среза.



1. Прουшина
2. Образец
3. Вилка

Эскиз и размеры образца до испытания.



Диаметр $d_0 =$ мм

Площадь поперечного сечения $A_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} =$ мм².

Данные испытания:

Материал образца ...

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Разрушающая нагрузка $F_{пч}$ = Н.

Предел прочности на срезе

$$\tau_{пч} = \frac{F_{пч}}{2 \cdot A_{ср}} = \text{_____} \text{ МПа.}$$

Эскиз образца после испытан

Контрольные вопросы:

1. Какую механическую характеристику определяют при испытании на срез?
2. При каких условиях результаты испытания материала на срез могут иметь практическую ценность?
3. Какие деформации сопровождают разрушение образца при срезе?
4. Какой внутренний силовой фактор возникает в поперечном сечении при деформации среза?
5. Чему равна площадь среза образца?
6. Какое напряжение возникает при деформации среза; как оно подсчитывается?
7. Почему при определении предела прочности при срезе разрушающую нагрузку делят на удвоенную площадь?
8. Закон Гука при деформации среза.

9. Какие соединения деталей машин работают на срез?

Лабораторная работа № 5.

Тема: Испытание материала на кручение.

Цель работы: определить предел прочности материала при кручении и выявить характер разрушения образца.

Перечень используемых источников:

21. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

22. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

23. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.

24. Визуальное ознакомление с работой разрывной машины Р-5.
25. Анализ и систематизация полученных результатов.
26. Применение измерительных инструментов: штангенциркуля.
27. Приобретение навыка делать выводы по проделанной работе.

Наглядные пособия, оборудования: испытательная машина КМ-50-1, образец для испытания, штангенциркуль .

Содержание и порядок выполнения работы:

Теоретическое обоснование

При кручении бруса круглого поперечного сечения в плоскостях, перпендикулярных к его продольной оси, и в плоскостях, совпадающих с этой осью, возникают только касательные напряжения; в плоскостях, расположенных под углом 45° к оси бруса, – только нормальные напряжения (главные). Напряжённое состояние во всех точках – чистый сдвиг.

Нормальные и касательные напряжения по величине равны между собой, поэтому разрушение образца при кручении может пройти от сдвига и от отрыва частиц материала.

Так как сопротивление сдвигу и отрыву у различных материалов неодинаково, разрушение образцов при испытании на кручение будет происходить различно.

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с устройством машины КМ-50-1. Записать тип машины, цену деления шкалы для измерения крутящего момента и угла закручивания.
2. Штангенциркулем измерить диаметр образца.
3. Подготовить к работе диаграммный аппарат, закрепив на нем миллиметровую бумагу.
4. Закрепить в захватах машины образец.

5. Включить электродвигатель и довести образец до разрушения (разрушение происходит без образования шейки и бесшумно).
6. По соответствующим шкалам машины снять показания: M_p -момент разрушающий и величину угла закручивания.
7. Вынуть две части разрушенного объекта и рассмотреть место поломки, определить характер разрушения.
8. Вычислить условный предел прочности $\tau_{пч}$.
9. По характеру поломки образца определить причину разрушения (имел ли место при разрушении сдвиг или отрыв частиц материала), т.е. выявить, какие напряжения для данного материала наиболее опасны.
10. По величине угла закручивания, при котором произошло разрушение образца, определить пластичность материала.

Вывод по лабораторной работе:

после проведения испытаний и расчетов провести анализ полученных результатов:

изменение состояния образца (длина, диаметр, площадь поперечного сечения, внешние изменения образца),

проанализировать изменение характеристик прочности материала.

Указать причины разрушения образца.

Отчет по лабораторной работе :

Лабораторная работа № 5

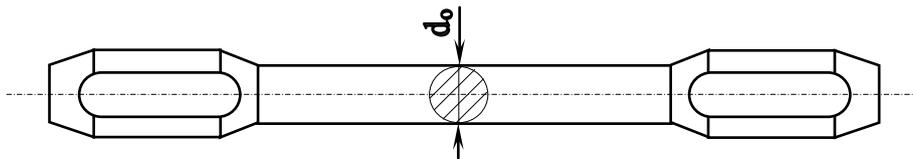
Тема: «Испытание материала на кручение»

Цель работы: определить предел прочности материала при кручении и выявить характер разрушения образца

Оборудование: Тип и наименование испытательной машины КМ-50-1. Цена деления

шкалы момента $A =$ кГс · м; угла поворота $A = 1$ град.

Эскиз и размеры образца до испытания.



Диаметр образца $d_0 =$ мм.

Полярный момент сопротивления:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_0^3}{16} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Результаты испытания.

Разрушающий момент $M_p =$ Н · м.

Угол закручивания (до разрушения) $\varphi_p =$ град.

Условный предел прочности

$$\tau_{пч} = \frac{3 M_p}{4 W_p} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Эскиз образца после испытания.

Контрольные вопросы:

1. Какой внутренний силовой фактор возникает в поперечном сечении при кручении?
2. Какие напряжения возникают в поперечном сечении при кручении и как они подсчитываются?
3. Как определяется полярный момент сопротивления для круглых сечений?
4. Какие напряжения возникают при кручении образца в плоскостях, перпендикулярных к его оси; в плоскостях, расположенных под углом 45° к его оси?
5. По характеру разрушения образца определить, какой вид напряжения наиболее опасен для данного материала?
6. При испытании было установлено, что один образец разрушился при угле закручивания 60° , а другой – при угле 500° . Сравните пластичность испытываемых материалов.

Лабораторная работа № 6.

Тема: Определение прогибов и углов поворота сечений балок при прямом изгибе.

Цель работы: определить опытным путем величины прогибов и углов поворота сечений балки и сравнить их с величинами, полученными путем теоретических расчетов; проверить некоторые из этих закономерностей.

Перечень используемых источников:

28. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
29. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

30. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
31. Визуальное ознакомление с работой прибора СМ-4 для консольной балки СМ-7 и методом вычисления перемещений.
32. Приобретение навыков определения прогибов и углов поворота сечения балки.

33. Анализ и систематизация полученных результатов и сравнение их с расчетными .

34. Научиться пользоваться индикаторами .

35. Приобретение навыка делать выводы по проделанной работе.

Наглядные пособия, оборудование: прибор СМ-4, штангенциркуль, индикаторы.

Содержание и порядок выполнения работы.

Теоретическое обоснование

Под действием внешних сил балки деформируются таким образом, что их продольная ось искривляется. Изогнутая ось балки называется упругой линией.

Перемещение поперечных сечений балок при изгибе характеризуется двумя величинами: прогибом и углом поворота.

Линейные перемещения точек оси балки в направлении, перпендикулярном к продольной оси недеформированной балки, называется прогибом, а угол поворота между касательной к упругой линии в данной точке и осью недеформированной балки, называется углом поворота поперечного сечения балки.

Для исследования изгиба двухопорной балки используют прибор СМ-4, для консольной балки СМ-7.

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с прибором и методом вычисления перемещений.
2. Установить индикаторы в местах, намеченных для измерения перемещений.
3. Установить стрелки индикатора в нулевое положение.
4. Загружать штангу одинаковыми грузами и записывать показания индикаторов.

5. Прогиб фиксируется непосредственно по шкале индикатора, а угол вычисляется по формуле: $\alpha = \frac{S}{a}$
6. Где S – перемещение измерительного стержня индикатора, установленного для измерения угла поворота; a – длина рычага.
7. Для получения более точных результатов испытание повторить 2-3 раза.
8. Величины прогиба и угла поворота определить как среднее арифметическое двух или трех измерений.
9. Вычислить теоретическое значение прогибов и углов поворота для тех же сечений балки, для которых проводились измерения опытным путем.
10. Определить процент расхождения между величинами, полученными опытным путем и величинами, вычисленными по теоретическим формулам.

Вывод по лабораторной работе:

после проведения испытаний и расчетов провести анализ полученных результатов:

изменение состояния образца (длина, диаметр, площадь поперечного сечения, внешние изменения образца),

проанализировать изменение характеристик прочности материала.

Указать причины разрушения образца.

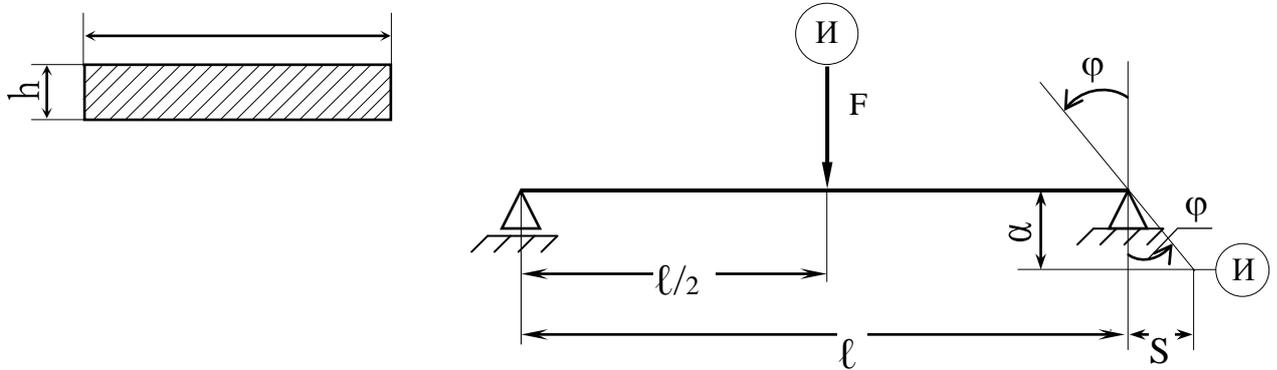
Отчет по лабораторной работе :

Лабораторная работа № 6

Тема: «Определение прогибов и углов поворота сечений балок при прямом изгибе»

Цель работы: определить опытным путем величины прогибов и углов поворота сечений балки и сравнить их с величинами, полученными путем теоретических расчетов.

Схема нагружения балки и расположения сечений, для которых определяются прогибы и углы поворота.



Длина $l =$ мм.

Расстояние от опоры до точки приложения силы $l_1 =$ мм.

Размеры поперечного сечения:

$b =$ мм; $h =$ мм.

Материал балки – сталь.

Модуль упругости 1 рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Осевой момент инерции поперечного сечения балки:

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \quad \text{мм}^4.$$

Длина рычага $\alpha =$ мм.

Таблица результатов испытаний:

Нагрузка	Прогиб	Угол поворота
----------	--------	---------------

F, Н	$\Delta F, Н$	Отсчеты по индикатору		Отсчеты по индикатору		Приращение угла поворота $\Delta\varphi$, рад
		Отсчёт у	Разность отсчетов ΔU	Отсчёт S	Разность отсчетов ΔS	

$$y_{\text{опыт}} = \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{2} \cdot 0,01 =$$

$$\varphi_{\text{опыт}} = \frac{\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2}{2} \cdot 0,01 = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{2\alpha} \cdot 0,01 =$$

Теоретическое определение прогиба и угла поворота сечений:

$$y_{\text{теор}} = \frac{F \cdot \ell^3}{48 \cdot E \cdot J_x} =$$

$$\varphi_{\text{теор}} = \frac{F \cdot \ell^2}{16 \cdot E \cdot J_x} = =$$

Вычислить процент расхождения между опытными и теоретическими результатами:

$$\delta_1 = \frac{y_{\text{теор}} - y_{\text{опыт}}}{y_{\text{теор}}} \cdot 100\% =$$

$$\delta_2 = \frac{\varphi_{\text{теор}} - \varphi_{\text{опыт}}}{\varphi_{\text{теор}}} \cdot 100\% =$$

Вывод: я определил опытным путем величины прогибов и углов поворота сечений балки и сравнил их с величинами, полученными путем теоретических расчетов.

Контрольные вопросы:

1. Что называется упругой линией балки?
2. В какой плоскости располагается изогнутая ось балки?
3. Как перемещаются поперечные сечения балок при прямом изгибе?
4. Что называется прогибом балки?
5. Что называется углом поворота поперечного сечения балки?
6. Во сколько раз изменится прогиб балки если нагрузку уменьшить в два раза?
7. Как изменится прогиб и угол поворота сечения балки, если размеры поперечного сечения балки увеличить?
8. Балки, изготовленные из стали и чугуна, имеют одинаковые размеры и подвергаются действию одинаковых сил. У какой балки величина прогиба будет больше?
9. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении балки при плоском изгибе?
10. Как подсчитывается осевой момент инерции для прямоугольного сечения балки?

Лабораторная работа № 7.

Тема: Определение параметров зубчатых колес.

Цель:

36. Практически, путем замера определить параметры зацепления зубчатых колес.
37. Теоретически по « m » определить параметры зацепления зубчатых колес.
38. Сравнить полученные результаты.

Перечень используемых источников:

39. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
40. Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Машиностроение», 2013.
41. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2013.
42. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2014.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии.

1. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
2. Получение навыков измерения параметров зубчатого колеса.
3. Получение навыка работы с ГОСТами на модуль зацепления, на диаметры валов, на шпонки.
4. Анализ и систематизация полученных результатов и сравнение их с расчетными .

5. Развитие умения эскизирования зубчатых колес, полученного на занятиях по Инженерной графике.

Наглядные пособия, оборудование: прямозубые цилиндрические зубчатые колеса, масштабная линейка, штангенциркуль, кронциркуль (угломер).

Содержание и порядок выполнения работы:

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с конструкцией зубчатого колеса.
2. Выполнить эскиз колеса.
3. Путем замеров и расчетов определить параметры зацепления, данные ввести в таблицу.
4. Ознакомиться со СТ. СЭВ 310 76 на модуль зацепления; СТ.СЭВ 514 77 на диаметры валов; СТ. СЭВ 189 75 на шпонки (призматические); СТ СЭВ 647 77 на шпонки (сегментные).

Вывод по лабораторной работе:

проанализировать основные параметры зацепления зубчатых колес, дать характеристику колес, которые рассматривались (классификацию, достоинства ,недостатки , применение)

Отчет по лабораторной работе:

Лабораторная работа № 7

Тема: «Определение параметров зацепления зубчатых колес»

Цель работы: практически, путем замера, определить параметры зацепления зубчатых колес. Теоретически, по «т», определить параметры зацепления зубчатых колес. Сравнить полученные результаты.

Детали и инструменты: Прямозубые цилиндрические зубчатые колеса, масштабная линейка, штангенциркуль, кронциркуль (угломер).

Эскиз зубчатого колеса.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Путем замеров и расчетов определить параметры зубчатого колеса; данные свести в таблицу.

№	Параметры зацепления (мм)	Обозначение	Теорет. данные	Практ. данные	Примечание
1	Диаметр начальной окружности	d			
2	Диаметр окружности выступов	d_α			
3	Диаметр окружности впадин	d_f			
4	Модуль зацепления	m			Округлить до стандартного
5	Высота головки зуба	h_α			
6	Число зубьев	Z			
7	Высота ножки зуба	h_f			
8	Шаг зацепления	P_t			
9	Ширина зуба	S_t			
10	Ширина впадины зуба	e_t			
11	Ширина колеса	B			
12	Длина зуба колеса	b			
13	Диаметр отверстия под вал	d_v			Округлить до стандартного
14	Длина ступицы	l_{cm}			
15	Диаметр ступицы	d_{cm}			
16	Толщина диска	δ			
1	Размеры шпоночной ка-				Принять

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются зубчатые передачи?
2. Как практически определить модуль зацепления?
3. Какие параметры зацепления можно определить по модулю зацепления?
4. Какая окружность называется делительной?
5. Чему может быть равен угол « β » у косозубых передач и шевронных зубчатых колес?
6. Как определяется угол « δ » у конических зубчатых колес?
7. Перечислите достоинства и недостатки передач, колеса которых рассматривались.

Лабораторная работа № 8.

Тема: Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

Цель работы: 1. Ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей.

2. Практически, путем замера, определить основные параметры зацепления

зубчатых колес.

3. Составление кинематической схемы.

4. Приобретение элементарных навыков при сборке и разборке редуктора.

5. Подготовка обучающихся к выполнению РГР и курсового проекта.

Перечень используемых источников:

43. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2013.
44. Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Машиностроение», 2014.
45. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2013.
46. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2014.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

47. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
48. Ознакомление с конструкцией цилиндрического зубчатого редуктора, составление кинематической схемы редуктора.
49. Получение элементарных навыков при сборке и разборке редуктора.
50. Получение навыков измерения параметров цилиндрического зубчатого редуктора.
51. Получение навыка работы с ГОСТами на модуль зацепления, на диаметры валов, на шпонки, на подшипники.
52. Анализ и систематизация полученных результатов и сравнение их с расчетными.
53. Получение навыков для выполнения РГР и курсового проекта.

Наглядные пособия, оборудование: цилиндрический 2-х ступенчатый редуктор, набор гаечных ключей, отверток, штангенциркуль, кронциркуль, масштабная линейка, угломер.

Содержание и порядок выполнения работы:

Порядок проведения работы

1. Произвести внешний осмотр редуктора, изучить конструкцию корпуса и назначение деталей, наметить схему разборки редуктора, выполнить ее.
2. Разборку редуктора производить в следующем порядке:
 - # Отвинтить болты крышек подшипников, снять крышки подшипников, отвинтить болты корпуса и крышки редуктора, снять крышку.
 - # Вынуть валы с находящимися на них зубчатыми колесами, подшипниками, осмотреть детали, произвести замеры и сборку производить в обратном порядке.
 - # Проверить качество сборки (плавности) зацепления колес.
3. Составить кинематическую схему в соответствии с требованиями ГОСТ 2.770-68.
4. Дать описание конструкции редуктора, отдельных деталей, отметить достоинства и недостатки передач.

Выводы по лабораторной работе:

Проанализировать основные параметры редуктора, дать описание конструкции редуктора, отдельных деталей, отметить достоинства и недостатки. Описать последовательность сборки или разборки редуктора.

Отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 8

Тема: «Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора»

Цель работы: ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей. Практически, путем замера, определить основные параметры зацепления зубчатых колес. Составление кинематической схемы. Дать элементарные навыки при сборке и разборке редуктора. Подготовить обучающихся к выполнению РГР и курсового проекта.

Кинематическая схема.

Результаты обмеров и подсчетов свести в таблицу.

$$U_1 = \frac{Z_2}{Z_1} = \quad U_2 = \frac{Z_4}{Z_3} = \quad U_{\text{общ}} = U_1 \cdot U_2 =$$

$$m_1 = \frac{2 \cdot a_{w_1}}{Z_1 + Z_2} = \quad m_2 = \frac{2 \cdot a_{w_2}}{Z_3 + Z_4} =$$

Округляем по СТ СЭВ 310-76 : $m_1 =$ $m_2 =$

$$d_1 = m_1 Z_1 = \quad d_3 = m_2 Z_3 =$$

$$d_2 = m_1 Z_2 = \quad d_4 = m_2 Z_4 =$$

$$da_1 = m_1 (Z_1 + 2) = \quad da_3 = m_2 (Z_3 + 2) =$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-		

$$da_2 = m_1(Z_2 + 2) =$$

$$da_4 = m_2(Z_4 + 2) =$$

$$df_1 = m_1(Z_1 - 2,5) =$$

$$df_3 = m_2(Z_3 - 2,5) =$$

$$df_2 = m_1(Z_2 - 2,5) =$$

$$df_4 = m_2(Z_4 - 2,5) =$$

	Наименование и размерность величины	Обозначение	Раздел 3. Результаты		Раздел 4. Примечание
			Раздел Быстроходная ступень	Раздел Тихоходная ступень	
1.	Число зубьев шестерни	Z_1 Z_3	Разд	Разде	Раздел 10 сосчитать
2.	Число зубьев колеса	Z_2 Z_4	Разд	Разде	Раздел 14 сосчитать
3.	Передаточное число ступени	U_1 U_2	Разд	Разде	Раздел 18 Стандартное значение
4.	Общее передаточное число	$U_{общ}$	Разд	Разде	Раздел 22
5.	Межосевое расстояние	a_{w1} a_{w2}	Разд	Разде	Раздел 26 Стандартное значение
6.	Модуль, мм	m_1 m_2	Разд	Разде	Раздел 30 Стандартное значение
7.	Диаметр начальной окружности, мм	d_1 d_2 d_3 d_4	Разд	Разде	Раздел 34
8.	Диаметр окружности выступов, мм	da_1 da_1 da_3 da_4	Разд	Разде	Раздел 38
9.	Диаметр окружности впадин, мм	df_1 df_2 df_1 df_2	Разд	Разде	Раздел 42

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-		

10.	Ширина колеса, мм	B_1 B_2	Разд	Разд	Раздел 46 Измерить
11.	Длина зуба, мм	b_1 b_2	Разд		Раздел 50 Измерить

Подшипники редуктора: эскиз, маркировка.

Шпонки: эскиз, обозначения по ГОСТ.

Вал 1

Вал3

Вывод:

Контрольные вопросы:

1. По каким причинам классифицируются редукторы?
2. Чем объясняется неодинаковая ширина винца шестерни и колеса зубчатой пары?
3. В каких случаях шестерню изготавливают заодно с валом?
4. Что называют редуктором, его назначения?
5. Как выполняют подбор шпонок?
6. Расшифруйте маркировку подшипников.

Лабораторная работа № 9.

Тема: Изучение конструкции червячного редуктора

Цель работы: ознакомление с конструкцией червячного редуктора; определение основных параметров червячной пары путем замера и расчета; составление кинематической схемы; подбор подшипников и шпонок. Подготовка обучающихся к выполнению РГР и курсового проекта.

Перечень используемых источников:

54. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

55.Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Машиностроение», 2013.

56.Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2014.

57.Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

1. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
2. Ознакомление с конструкцией червячного редуктора, составление кинематической схемы червячного редуктора, получение элементарных навыков при сборке и разборке редуктора.
3. Получение навыков измерения параметров червячного редуктора.
4. Получение навыка работы с ГОСТами на модуль зацепления, на диаметры валов, на шпонки, на подшипники.
5. Анализ и систематизация полученных результатов и сравнение их с расчетными, получение навыков для выполнения РГР и курсового проекта.

Наглядные пособия, оборудование: червячный редуктор, набор гаечных ключей, отверток, штангенциркуль, кронциркуль, масштабная линейка, уголок.

Характеристика червячной передачи:

Передача относится к передачам с перекрещивающимися осями валов. Движение осуществляется по принципу винтовой пары.

Существенное отличие червячной передачи от зубчатой в том, что окружные скорости червяка и колеса не совпадают ни по величине, ни по направлению. Поэтому червячные передачи имеют следующие особенности:

1. Передаточное отношение не может быть выражено отношением диаметров.
2. Начальные окружности не перекатываются, а скользят.

3. Скорость скольжения значительна. Быстрое скольжение в червячной передаче вызывает повышенный износ и склонность к заеданию.

Содержание и порядок выполнения работы:

Порядок выполнения работы:

1. Произвести внешний осмотр редуктора и наметить план его разборки.
2. Измерить расстояние между осями валов и округлить его до стандартного.
3. Произвести разборку редуктора:
 - 1) Отвинтить крепежные элементы крышек подшипников, крышки и корпуса и ознакомиться с внутренним устройством редуктора.
 - 2) Вынуть червячное колесо вместе с валом и подшипниками и червяк с деталями.
 - 3) Ознакомиться с конструкцией колеса, червяка, подшипника, шпонок.
 - 4) Составить кинематическую схему и эскиз зацепления.
 - 5) Произвести сборку редуктора в последовательности обратной разборке.
 - 6) Проверить качество сборки (плавный ход передачи).

Выводы по лабораторной работе:

проанализировать основные параметры редуктора, дать описание конструкции редуктора, отдельных деталей, отметить достоинства и недостатки. Описать последовательность сборки или разборки редуктора.

Отчет по лабораторной работе :

Лабораторная работа № 9

Тема: «Изучение конструкции червячного редуктора»

Цель работы: Ознакомление с конструкцией редуктора. Определение основных параметров червячной пары путем замера и расчета.
Составление кинематической схемы.

Знакомство с подшипниками и шпонками. Подготовить учащихся к выполнению РГР и курсового проекта.

Кинематическая схема и эскиз зацепления червяка и червячного колеса.

Результаты обмеров и подсчетов свести в таблицу.

$$U = \frac{z_2}{z_1} =$$

$$m_x = \frac{P_x}{\pi} =$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} \Rightarrow q = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \gamma} =$$

$$d_1 = q \cdot m_x =$$

$$d_2 = z_2 m_x =$$

$$d_a = d_1 + 2m_x =$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_x =$$

Подшипники: эскиз и маркировка.

Ведущий вал

Ведомый вал

Шпонки: эскиз и обозначения

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп	Да-						

	Раздел 51. Наименование величины и Размерность	Раздел 52. Обозначение	Значение величины	Раздел 53. Способ Определения
1.	Раздел 54. Межосевое расстояние, мм	a_w		Раздел 55. Замерить
2.	Число зубьев колеса	Z_1		Раздел 56. Сосчитать
3.	Раздел 57. Число заходов червяка	Z_2		— // —
4.	Раздел 58. Передаточное число	U		
5.	Раздел 59. Диаметр вершин зубьев	d_{a1}, d_{a2}		Раздел 60. Замерить
6.	Раздел 61. Осевой шаг, мм	P_x		— // —
7.	Раздел 62. Осевой модуль, мм	m_x		Округлить до стандартного
8.	Раздел 63. Диаметр начальной окружности червяка, окружности колеса.	d_1 d_2		
9.	Раздел 64. Коэффициент диаметра червяка	q		Округлить до стандартного
10.	Раздел 65. Угол подъема винтовой линии, град	γ		
11.	Раздел 66. Диаметр впадин колеса червяка	d_{f1} d_{f2}		Замерить
12.	Раздел 67. Длина нарезанной части червяка, мм	B_1		— // —
13.	Раздел 68. Ширина венца колеса, мм	B_2		— // —

Дать описание конструкции редуктора, отдельных деталей, отметить достоинства и недостатки.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Вывод:

ознакомление с конструкцией червячного редуктора. Определение основных параметров червячной пары путем замера и расчета. Составление кинематической схемы червячного редуктора. Знакомство с подшипниками и шпонками. Подготовить учащихся к выполнению РГР и курсового проекта.

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются червячные редукторы?
2. Какими особенностями характеризуются червячные передачи?
3. Как определяется передаточное число редуктора?
4. Когда червячный редуктор является стандартным?
5. Проанализируйте устройство червячной передачи.
6. Перечислите достоинства и недостатки червячных передач.

Лабораторная работа № 10.

Тема: Изучение конструкции подшипников качения и определение типа

Цель: по данному подшипнику и его маркировке определить основные параметры, выполнить эскиз, указать область применения.

Перечень используемых источников:

58. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
59. Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Машиностроение», 2013.
60. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2002. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2014.
61. Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. М. «Машиностроение», 2013.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

1. Применение полученных теоретических знаний при решении конкретной задачи.
2. Ознакомление с конструкцией подшипников качения, скольжения.
3. Получение навыков измерения параметров подшипников качения.
4. Получение навыка работы с ГОСТами на размеры подшипника и его изображения.

5. Анализ и систематизация полученных результатов и сравнение их с расчетными, получение навыков для выполнения РГР и курсового проекта.

Наглядные пособия, оборудование: подшипники, штангенциркули, ГОСТы, справочная литература.

Теоретическое обоснование

Подшипники качения широко распространены во всех отраслях машиностроения. Они стандартизованы и изготавливаются в массовом производстве на ряде крупных специализированных заводов.

Подшипники качения представляют собой готовый узел, основным элементом которого являются **тела качения** – шарики или ролики, установленные между кольцами и удерживаемые на определённом расстоянии друг от друга обоймой, называемой сепаратором. В процессе работы тела качения катятся по беговым дорожкам колец, одно из которых в большинстве случаев неподвижно.

Подшипники качения классифицируются по следующим основным признакам:

- 1) по форме тел качения;
- 2) по направлению воспринимаемой нагрузки;
- 3) по числу рядов тел качения;
- 4) по способности самоустанавливаться;
- 5) по габаритным размерам.

Для каждого типа подшипника при одном и том же внутреннем диаметре имеются различные серии, отличающиеся размерами колец и тел качения. В зависимости от размера наружного диаметра подшипника серии бывают: сверхлёгкие, особо лёгкие, лёгкие, средние и тяжёлые.

В зависимости от ширины подшипника серии подразделяются на особо узкие, нормальные, широкие и особо широкие.

Подшипники качения маркируют нанесением на торец колец ряда цифр и букв, условно обозначающих внутренний диаметр, серию, тип, конструктивные разновидности, класс точности и др.

Содержание и порядок выполнения работы:

Порядок проведения работы

1. Произвести внешний осмотр подшипника.
2. Записать в бланк отчёта маркировку подшипника.
3. Определить размер внутреннего диаметра по двум первым цифрам справа.
4. Определить серию диаметров по третьей цифре справа.
5. Определить тип подшипника по четвёртой цифре справа.
6. Определить класс точности, конструктивные разновидности и др.
7. Записать по ГОСТу условное обозначение подшипника.
8. Выполнить эскиз данного подшипника.
9. Выписать основные параметры по ГОСТу.
10. Определить область применения данного подшипника.

Вывод по лабораторной работе:

проанализировать основные параметры подшипника, дать описание конструкции подшипника, отметить достоинства и недостатки. Указать область применения.

Отчет по лабораторной работе:

Лабораторная работа № 10

Тема: «Изучение и определение параметров подшипников качения»

Цель работы: по данному подшипнику и его маркировке определить основные параметры, выполнить эскиз, указать область применения.

Ход работы:

1. Маркировка подшипника:

- Две первые цифры справа (умножение на 5) обозначают размер внутреннего диаметра Третья цифра справа обозначает серию диаметров:
- Четвёртая цифра справа обозначает тип подшипника:
- Цифры, стоящие через тире впереди цифр у основного обозначения подшипника указывают его класс точности:
- Дополнительные знаки после цифр у основного обозначения подшипника характеризуют изменение металла деталей, специальные технологические требования и т.д.:

Условное обозначение подшипника:

2. Основные параметры по ГОСТ:

3. Эскиз

4. Область применения:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-		

Вывод: Я определил основные параметры подшипника , выполнил эскиз, указал область применения

Контрольные вопросы:

1. Из каких деталей состоят подшипники качения? Роль сепараторов в подшипниках, каковы их конструктивные разновидности?
2. Из каких материалов изготавливают тела качения, кольца и сепараторы?
3. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения?
4. Как классифицируются подшипники качения по направлению воспринимаемой нагрузки, по форме тел качения и по габаритным размерам?
5. Какие различают основные типы шарико- и роликоподшипников по конструкции и где они применяются?
6. Каковы особенности конструкции и работы сферических и игольчатых подшипников? Где они применяются?

7. Определите по каталогу тип и размеры подшипников, имеющих условные обозначения: 208, 2208 и 36208.
8. Сравните подшипники, имеющие условные обозначения: 7206 и 5-7406
9. Укажите основные причины выхода из строя подшипников качения. Каковы внешние признаки выбраковки их?
10. Что статическая и динамическая грузоподъемность подшипников качения и от чего она зависит?
11. Что называют эквивалентной нагрузкой и как она вычисляется для основных типов подшипников?
12. Какие существуют способы крепления колец подшипников на валах и в корпусах? Как производится их монтаж и демонтаж?
13. Для чего применяется смазка в подшипниках качения и как она осуществляется?

Практическая работа № 1.

Тема: Решение задач на равновесие плоской системы сходящихся сил (геометрический и аналитический методы).

Цель занятия: Освоить методику определения равнодействующей двумя способами аналитическим и геометрическим, сравнить результаты.

Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии : геометрически изображать заданные силы в системе координат; использовать масштаб изображения для построения замкнутого силового многоугольника; определять проекции заданных сил на оси координат; выполнять векторное сложение, находить искомые величины аналитическим и геометрическим путем.

Наглядные пособия и оборудования: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы № 1.

Перечень используемых источников

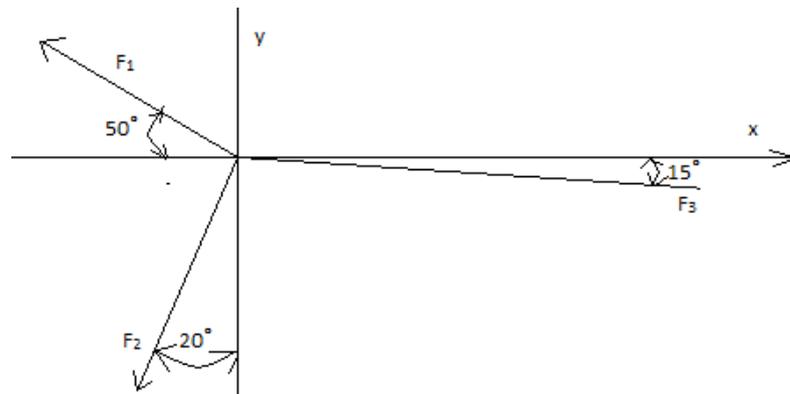
1. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
2. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие системы сил называют уравновешенными?
2. Сколько уравнений можно составить для уравновешенной системы сходящихся сил и какие?
3. Три действующие на тело силы лежат в одной плоскости линии их действия пересекаются в одной точке, образуют ли эти силы уравновешенную систему?
4. Сформулируйте аналитическое условие равновесия.
5. Как определить равнодействующую системы сходящихся сил методом проекций?

Содержание и порядок выполнения работы.

Задача 1



Дано: $F_1=50\text{H}$

$F_2=10\text{H}$

$F_3=20\text{H}$

Определить R, α_x

Решение.

1. Аналитическое решение.

Определим проекции равнодействующей на оси X и Y.

$$R_x = \sum F_{ix} = -F_1 \cos 50^\circ - F_2 \cos 70^\circ + F_3 \cos 15^\circ = -0.64 \cdot 50 - 10 \cdot 0.34 + 20 \cdot 0.96 = -16.2\text{H}$$

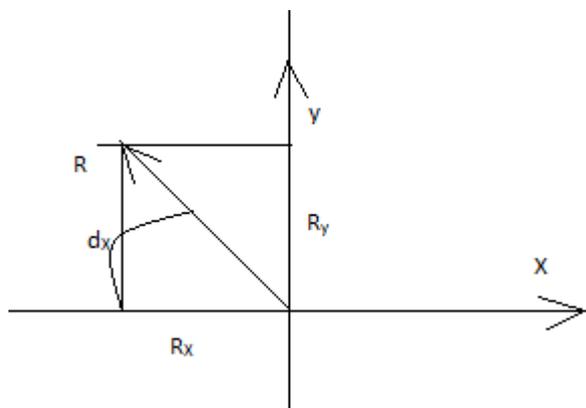
$$R_y = \sum F_{iy} = F_1 \cos 40^\circ - F_2 \cos 20^\circ - F_3 \cos 15^\circ = 50 \cdot 0.76 - 10 \cdot 0.93 - 20 \cdot 0.25 = 23.7\text{H}$$

Определим равнодействующую по величине:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-16)^2 + 23.7^2} = 28.71\text{H}$$

Угол между равнодействующей и осью

$$\cos \alpha_x = \left| \frac{R_x}{R} \right| = \left| \frac{-16.2}{28.71} \right| = 0.564 \quad \alpha_x = 56,5^\circ$$



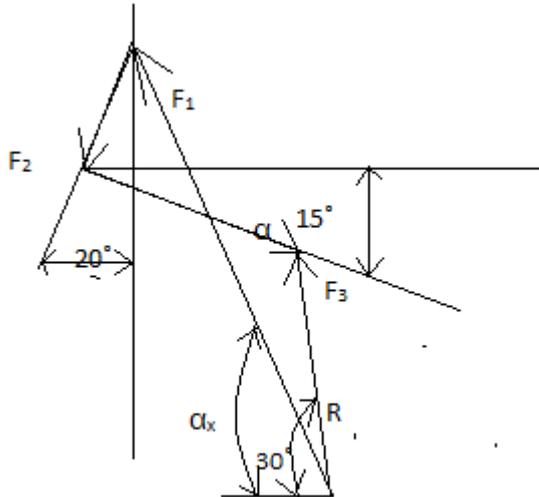
2. Графическое решение.

Построим замкнутый силовой многоугольник, в котором замыкающей стороной и будет искомая сила R – равнодействующая. Геометрически:
 $\vec{R} = \sum \vec{F}_i$

Воспользуемся векторным сложением. Выбираем масштаб: $M_f = 1\text{Н/мм}$

$$R = 29 \cdot 1 = 29\text{Н}$$

$$\alpha_x = 56^\circ$$



Вывод. Сравнить результаты, полученные аналитическим и графическим способом, определить погрешность.

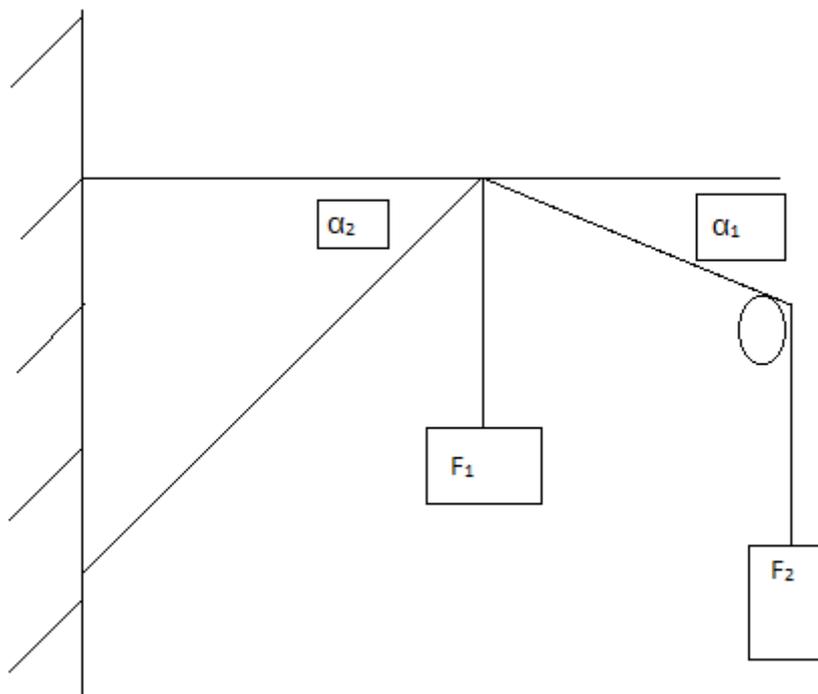
Варианты для самостоятельного решения:

$$F_1 = 20\text{кН}, \alpha = 30^\circ, F_2 = 30\text{кН}, \alpha = 45^\circ, F_3 = 50\text{кН}, \alpha = 15^\circ$$

параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1, α_1	20кН, 15°	15Н 30°	- 20кН 45°	50Н 70°	15Н 45°	30кН 15°	80Н 60°	45Н 20°	10кН 30°	15кН 60°
F_2, α_2	- 25кН 45°	15Н 75°	- 32кН 60°	37Н 42°	25Н 60°	- 49кН 90°	- 25Н 0°	- 27Н 36°	5Н 47°	- 25кН 10°
F_3, α_3	- 12кН 45°	67Н 90°	31кН 48°	- 20Н 20°	- 13кН 23°	- 50кН 75°	17Н 84°	- 40Н 75°	- 26кН 79°	51Н 0°

Задача 2: Для четырёх сходящихся сил аналитическим способом определить равнодействующую силу и четверть, где она находится. Построить силовой многоугольник геометрическим способом, сделать вывод с какой силой растянут или сжат стержень сравнить результаты.

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1	2	8	39	29	15	30	19	6	5	9
F_2	15	12	0	11	15	10	2	20	10	5
R_1										
R_2										
α_1	30	30	45	30	30	60	45	30	60	60
α_2	45	60	20	30	45	30	30	70	45	45



Вывод: Стержень АВ растянут с силой....., стержень СВ сжат с силой.....

При сравнении двух результатов (аналитически и графическим способом)

Практическая работа №2

Тема: Определение опорных реакций балок.

Цель: Знать теорему Пуансо о приведении силы к точке. Уметь проецировать силы на ось определять знаки и числовые значения моментов находить момент наклонной силы относительно заданной точки. Знать реакции опор балок, определять необходимые.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Уметь проводить произвольную плоскую систему сил к точке, определяя величины главного вектора и главного момента системы сил к точке, определяя величины главного вектора и главного момента системы.

Знать три формулы уравнений равновесия и уметь ими пользоваться при определении реакций в опорах балочных систем.

Наглядные пособия и оборудования: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы № 1.

Перечень используемых источников

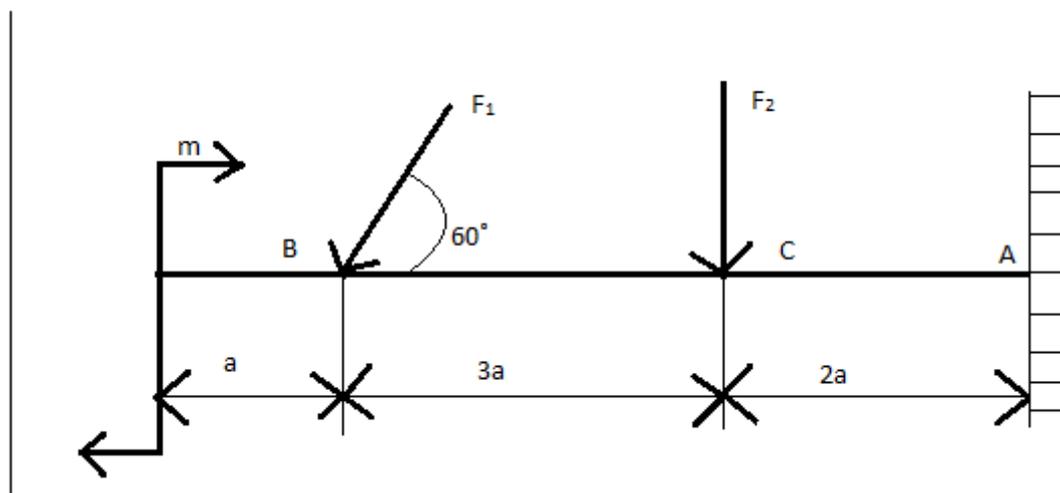
3. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.
4. Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое опирание тела о связь?
2. Что такое реакция связи?
3. Что такое шарнирно подвижная опора какими реакциями она обладает?
4. Что такое принцип освобождения тела от связей?
5. Что такое момент силы и как его определить? Приведите частные случаи проекции силы на ось.

Содержание и порядок выполнения работы:

Определить величины реакций в опоре защемлённой балки. Провести проверку правильности решения.



Ход работы:

Составить уравнения равновесия:

$\Sigma k_x = 0$ _____

Определить

$R_{Ax} =$ _____

-

$\Sigma F_{ky} = 0 -$

Определить

$R_{Ay} =$ _____

$\Sigma m_A = 0$ _____

Определить

$M_{RA} =$ _____

Выполнить проверку

$\Sigma m_B = 0 -$

Записать ответ: $R_{Ax} =$ _____, $R_{Ay} =$ _____, $M_{RA} =$ _____

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M(\text{кН м})$	100	120	110	90	80	45	60	70	65	140
$F_1(\text{кН})$	45	55	110	45	50	70	30	60	110	20
$F_2(\text{кН})$	100	110	120	60	70	60	50	40	130	100
$a(\text{м})$	4	5	3	2	4	6	2	1	3	2

Практическая работа №3

Тема: Определение параметров простейшего движения

Цель занятия: знать формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений и кинематические графики. Уметь определять кинематические параметры тела при поступательном и вращательном движениях, определять параметры любой точки тела.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Знать формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений и кинематические графики. Уметь их применять.

Уметь определять кинематические параметры тела при поступательном и вращательном движениях, определять параметры любой точки тела.

Наглядные пособия и оборудования: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Вопросы для самоконтроля

- Какие виды движения называют простейшими?
- Какие параметры определяют вращательное движение?
- Что называют угловой скоростью, угловым ускорением?
- Приведите зависимость угловой скорости и частоты вращения

- На какие составляющие раскладывается полное ускорение вращательного движения, привести формулы.

Содержание и порядок выполнения работы.

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения тела

все точки тела движутся одинаково.

Закон равномерного движения: $S=S_0+vt$

Закон равнопеременного движения: $S=S_0+V_0t+a_t t^2/2$

Здесь S_0 -путь, пройденный до начала отсчета ,м;

V_0 -начальная скорость движения , м/с;

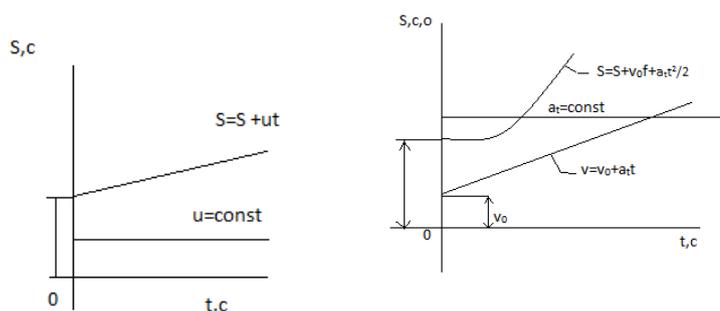
A_t -постоянное касательное ускорение .м/с²

Скорость: $v=S^1$; $v=v_0+a_t t$.

Ускорение : $a_t=v^1$.

Закон неравномерного движения : $S=f(t^3)$

Кинематические графики поступательного движения представлены на рис.П4.1.



Параметры движения точки вращающегося тела(рис.П4.3)

V – линейная скорость точки A :

$V=\omega t$, М/С;

a_t

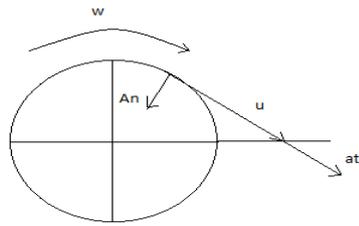


рис П4.3.

Параметры движения точки вращающегося тела (рис.П4.3.);

V – линейная скорость точки A :

$$V = \omega r, \text{ м/с};$$

A_t – касательная ускорение точки A :

$$A_t = \epsilon r, \text{ м/с}^2$$

A_n – нормальное ускорение точки A :

$$A_n = \omega^2 r, \text{ м/с}^2.$$

Расчётные формулы для определения параметров вращательного движения

Точки тела движутся по окружности вокруг неподвижной оси (оси вращения)

Закон равномерного вращательного движения $\phi = \phi_0 + \omega t$

Закон неравномерного вращательного движения:

$$\phi = \phi_0 + \omega_0 t + \frac{\epsilon t^2}{2}$$

Закон неравномерного вращательного движения: $\phi = f(t^3)^2$

Здесь ϕ – угол поворота тела время t , рад;

ω – угловая скорость, рад/с;

ϕ_0 – угол поворота на который развернулось тело до начал отсчёта;

ω_0 – начальная угловая скорость;

ϵ – угловое ускорение, рад/с²

Угловая скорость $\omega = \phi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$

Угловое ускорение $\varepsilon = \omega'$

Кинематические графики вращательного движения представлены на рис П4.2.

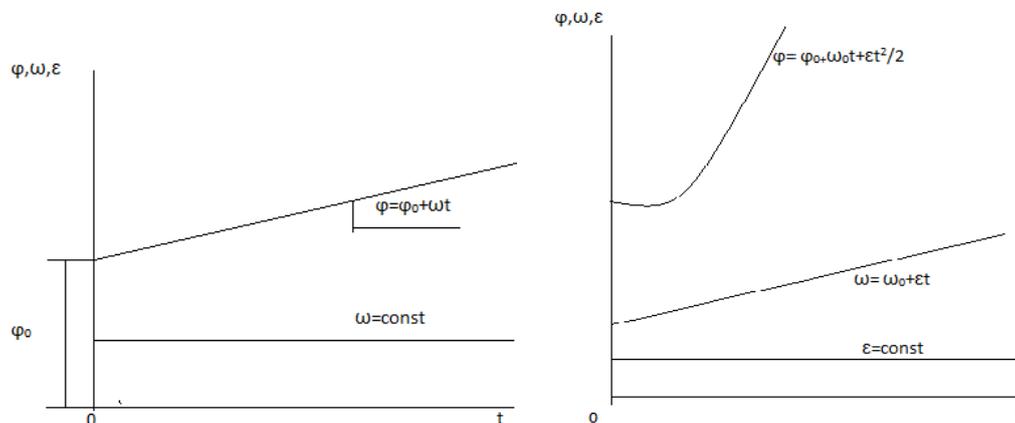


Рис. П.4.2.

Число оборотов вращения тела $z = \phi / (2\pi)$

Угловая частота вращения n , об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

Рекомендации для решения задач

Расчётно-графической работы.

Задание 1

1. Определить вид движения на каждом участке по приведённому кинематическому графику.

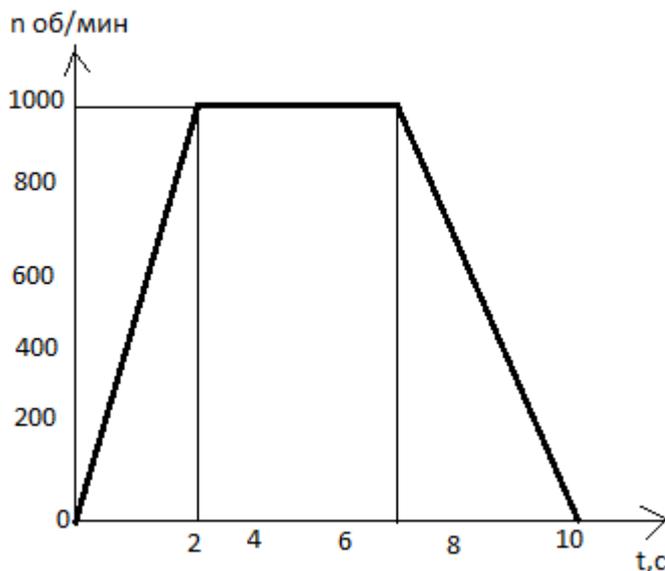
2. Записать законы движения шкива на каждом участке. Параметры движения в конце каждого участка являются начальными параметрами движения на каждом последующем.
3. Определить полный угол поворота шкива за время вращения. Использовать формулу для перехода от угловой частоты вращения к угловому ускорению.
4. Определить полное число оборотов шкива, используя формулу $Z = \frac{\varphi}{2\pi}$
5. Построить графики угловых перемещений и угловых ускорений.
6. Определить нормальные и касательные ускорения точки на ободе шкива в указанные моменты времени.

Задание 2

1. Подставить заданные коэффициенты в общие уравнения движения, определить вид движения.
2. Определить уравнение скорости и ускорение груза.

Вариант 1,3,4,5,10

Задание 1. Частота вращения шкива диаметром d меняется согласно графику. Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорение точек обода колеса в моменты t_1 и t_2 .



Решение

1 уч-к

Вид движения _____

Закон

движения _____

$W_{01} = \pi n_{01} / 30 =$ _____ $w_1 = \pi n_1 / 30 =$

Время движения на

1участке t_1 _____

Угол поворота шкива на 1 участке t_1 -

2 участок

Вид движения _____

Закон

движения _____

$W_{02} =$ _____ $w_2 =$ -

Время движения на 2

участке $t_2 =$ _____

Угол поворота шкива на 2

участке t_2 _____

3 участок

Вид движения _____

Закон

движения _____

$\omega_{03} =$ _____ $\omega_3 =$ -

Время движения на 3 участке $t_3 =$ -

Угол поворота на 3

участке _____

Общий угол поворота

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 =$ _____

Полное число оборотов шкива за время движения

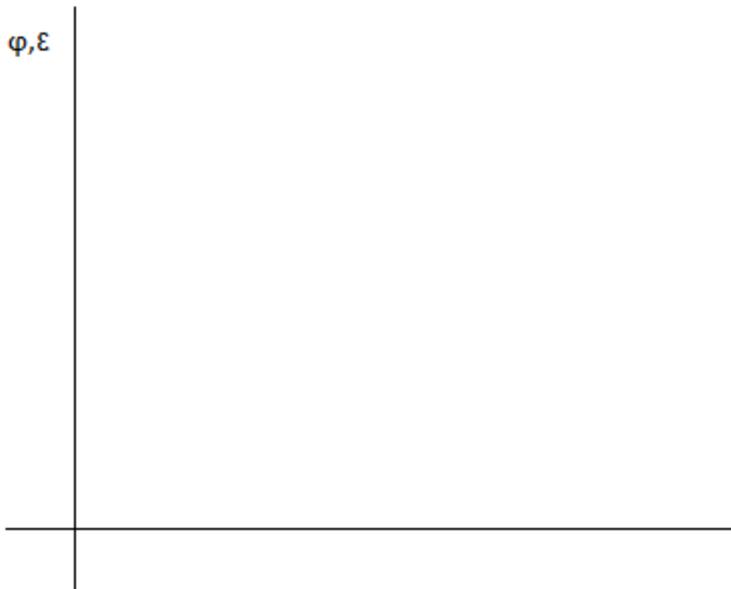
$z = \varphi / (2\pi) =$ _____

Определить среднюю угловую скорость

$\omega_{cp} = \varphi / t =$ _____

Где t – полное время движения, определяется по заданному графику

Построить график угловых перемещений и угловых ускорений



По графику определить угловое ускорение в момент времени

$t_1=2\text{с}; \varepsilon_1=$ _____

И в момент времени $t_2=8\text{с}; \varepsilon_2=$ _____

Определить $a_{t1}=-$

Определить $a_{t2}=-$

Определить $a_{n1}=-$

Определить $a_{t2}=-$

Определить полное ускорение в моменты времени t_1 и t_2

$A_1=$ _____

$A_2=$ _____

Ответ: $\varphi=$

$z=$

$\omega_{\text{cp}}=$

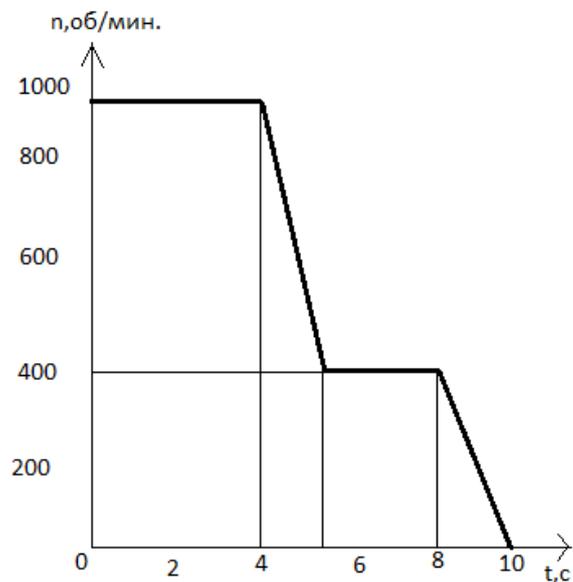
$a_1=$

$a_2=$

Вариант 2,6,7,9.

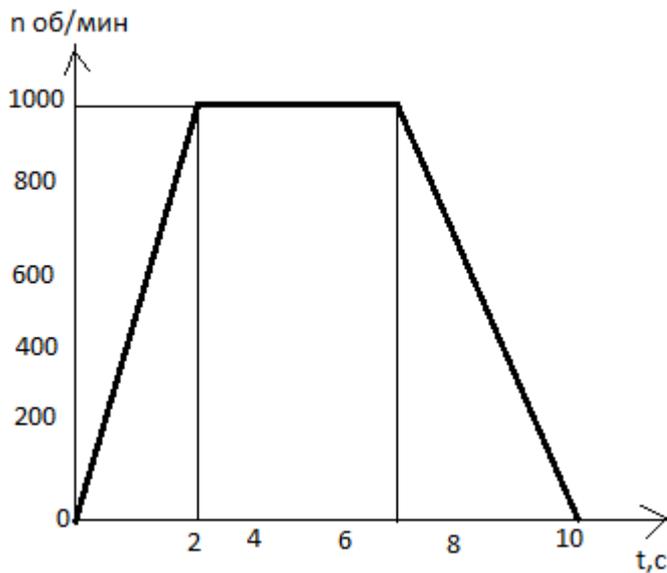
Задание 1. Частота вращения шкива диаметром d меняется согласно графику. Определить

полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорение точек обода колеса в моменты t_1 и t_2 .



	2	6	7	8	9
$D(\text{м})$	0.2	0.3	0.4	0.25	0.35
$T_1(\text{с})$	2	3	5	2	8
$T_2(\text{с})$	3	5	4	3	4

Решение



Решение

1 уч-к

Вид движения _____

Закон

движения _____

$W_{01} = \pi n_{01} / 30 =$ _____ $w_1 = \pi n_1 / 30 -$

Время движения на

1 участке t_1 _____

Угол поворота шкива на 1 участке $t_1 -$

2 участок

Вид движения _____

Закон

движения _____

$W_{02} =$ _____ $W_2 = -$

Время движения на 2

участке $t_2 =$ _____

Угол поворота шкива на 2

участке t_2 _____

3 участок

Вид движения _____

Закон

движения _____

$W_{03} =$ _____ $W_3 = -$

Время движения на 3 участке $t_3 = -$

Угол поворота на 3

участке _____

Общий угол поворота

$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 =$ _____

Полное число оборотов шкива за время движения

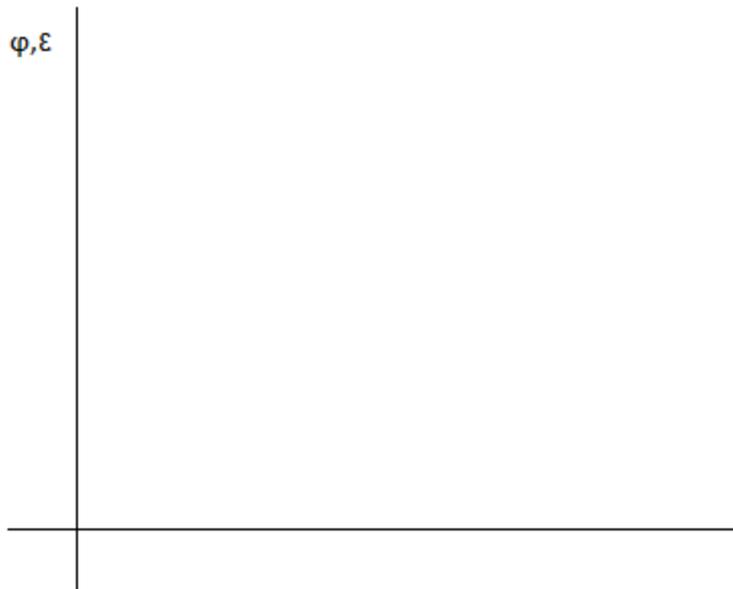
$z = \varphi / (2\pi) =$ _____

Определить среднюю угловую скорость

$$\omega_{cp} = \varphi / t = \underline{\hspace{5cm}}$$

Где t – полное время движения, определяется по заданному графику

Построить график угловых перемещений и угловых ускорений



По графику определить угловое ускорение в момент времени

$$t_1 = 2\text{с}; \epsilon_1 = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$\text{И в момент времени } t_2 = 8\text{с}; \epsilon_2 = \underline{\hspace{5cm}}$$

Определить $a_{t1} = -$

Определить $a_{t2} = -$

Определить $a_{n1} = -$

Определить $a_{t2} = -$

Определить полное ускорение в моменты времени t_1 и t_2

$$A_1 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$A_2 = \underline{\hspace{10cm}}$$

Ответ: $\varphi =$

$z =$

$\omega_{cp} =$

$a_1 =$

$a_2 =$

Практическая работа №4

Тема: Общая теорема динамики

Цель занятия: научиться рассчитывать параметры движения с помощью теорем динамики

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии: Знать зависимости для определения мощности при поступательном и вращательном движениях, КПД. Уметь применять их.

Знать основные уравнения динамики при поступательном и вращательном движениях твердого тела. Уметь применять их.

Уметь рассчитывать мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Уметь определять параметры движения с помощью теорем динамики.

Наглядные пособия и оборудования: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы

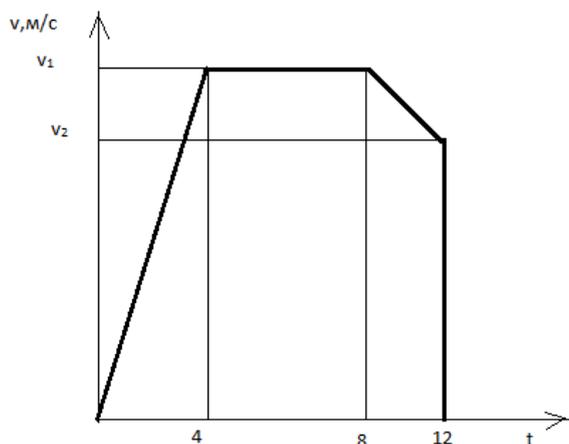
Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Задание:

Скорость лифта массой m изменяется согласно графика. Определить величину натяжения каната, на котором висит лифт, при подъеме и опускании.



Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметр	14	10	12	10	8	6	14	12	11	15
Масса, кг	50	700	400	350	4500	3000	2000	600	900	1000
V_2	12	8	10	8	6	4	10	10	10	12

Рекомендации для решения задачи:

1. Определить вид движения лифта на каждом участке движения
2. Составить расчётную схему.
3. Выбрать систему координат
4. Выяснить направление и величину ускорения.
5. Составить систему уравнений равновесия.
6. Определить неизвестные величины.

T - натяжение каната

$F_{ин}$ – сила инерции, растягивающая канат.

Вывод: Указать получившиеся параметры и соответствующий им закон.

Практическая работа №5

Тема занятия: Построение эпюр крутящихся моментов и определение диаметра вала при условии прочности и жесткости при кручении.

Цель занятия: Научиться строить эпюры крутящихся моментов при условии прочности и жесткости при кручении, подбирать диаметр вала при заданных параметрах, находить необходимые данные в справочной литературе.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Знать формулы для расчета напряжений в точке поперечного сечения бруса, условия прочности и жесткости при кручении. Уметь применять их.

Уметь выполнять проектировочные и проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем, проводить проверку на жесткость.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Порядок выполнения решения задачи расчётно графической работ

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала для предложенной в задании схемы.

2. Выбрать рациональное расположения колес на валу и дальнейшие расчёты проводить для вала с рационально расположенными шкивами.

3. Определить потребные диаметры вала круглого сечения из расчёта на прочность и жесткость и выбрать наибольшее из полученных значений, округлив величину диаметра

4. Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площадям поперечных сечений валов.

Площади валов рассчитать в наиболее нагруженном сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов).

Расчетно графическая работа

Для стального вала круглого поперечного сечения определить значение внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент.

Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

Рациональным расположением шкивов на валу добиться уменьшения значения максимального крутящего момента на валу.

Построить эпюру крутящих моментов для этого случая.

Дальнейшие расчёты вести для вала с рациональным расположением шкивов.

Определить диаметры вала по сечениям из расчёта на прочность и жёсткость. Полученный больший результат округлить до ближайшего четного или оканчивающего на 5 числа.

При расчёте использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 25 рад/с; материал вала – сталь, допускаемое напряжение кручения. 30Мпа, модуль упругости при сдвиге $8 \cdot 10^4$ Мпа; допускаемый угол закручивания $[\phi_0]=0,02$ рад/м.

Провести расчёт для вала кольцевого сечения, приняв $c=0,9$. Сделать выводы о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a=b=c,м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	20
P ₁ ,кВт	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	

										3,0
P ₂ , кВт	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
P ₃ , кВт	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0

Практическая работа № 6.

Тема: Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций.

Цель занятия: Научиться рассчитывать брус круглого поперечного сечения на прочность при сочетании основных деформаций.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Уметь применять основные положения и расчетные формулы.

Определять геометрические характеристики круга и кольца.

Находить площади поперечных сечений, эквивалентный момент, суммарный и изгибающий моменты в сечении сравнивать их с табличными данными.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы, табличные данные.

Перечень используемых источников.

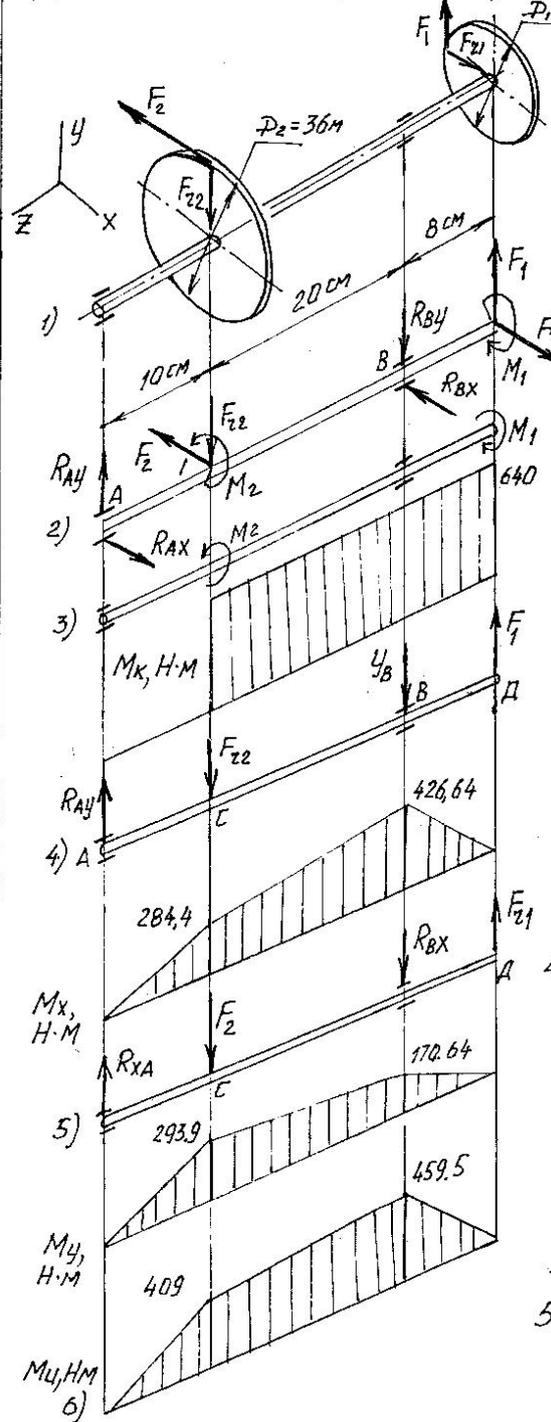
Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Содержание и порядок выполнения работы.

Тема. Определение диаметра вала (изгиб с кручением)

Дано: $P=32 \text{ кВт}$, $\omega=50 \text{ с}^{-1}$, $F_{z1}=0,4F_1$, $F_{z2}=0,4F_2$, $[\sigma]=70 \text{ МПа}$



Решение.

1. Определим вращающий момент

$$M_{вр} = P/\omega = 32 \cdot 10^3 / 50 = 640 \text{ Нм}$$

2. Все силы приводим к оси вала, при этом добавятся пары сил:

$$M_1 = F_1 \cdot D_1 / 2; \quad M_2 = F_2 \cdot D_2 / 2$$

3. Из условия равновесия вала $\sum M_{iz} = 0$, определим силы.

$$-M_2 + M_1 = 0;$$

$$M_1 = M_2 = M = 640 \text{ Нм}$$

$$F_1 = 2M_1 / D_1 = 2 \cdot 640 / 0.24 = 5333 \text{ Н}$$

$$F_2 = 2M_2 / D_2 = 2 \cdot 640 / 0.36 = 3556 \text{ Н}$$

$$F_{z1} = 0.4 \cdot F_1 = 0.4 \cdot 5333 = 2133 \text{ Н}$$

$$F_{z2} = 0.4 \cdot F_2 = 0.4 \cdot 3556 = 1422 \text{ Н}$$

4. Изобразим вал под действием вращающих моментов M_1 и M_2 (рис. 3)

Определим величину крутящего момента:

$$M_k = M_1 = 640 \text{ Нм}$$

Эпюра „ M_k ” - рис. 4.

5. Вертикальная плоскость (z-y).

ТМ 000000 00РРР				Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Реакции опор:

$$\Sigma M_A = 0 \quad F_{z2} \cdot 0,1 + R_{By} \cdot 0,3 - F_1 \cdot 0,38 = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_1 \cdot 0,38 - F_{z2} \cdot 0,1}{0,3} = \frac{5333 \cdot 0,38 - 1422 \cdot 0,1}{0,3} \approx 6281 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad -F_1 \cdot 0,08 - F_{z2} \cdot 0,2 + R_{Ay} \cdot 0,3 = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{F_1 \cdot 0,08 + F_{z2} \cdot 0,2}{0,3} = \frac{5333 \cdot 0,08 + 1422 \cdot 0,2}{0,3} \approx 2370 \text{ Н}$$

Проверка. $\Sigma F_{iy} = 0 \quad R_{Ay} - F_{z2} - R_{By} + F_1 = 0$

$$2370 - 1422 - 6281 + 5333 = 0 \quad 0 \approx 0.$$

Реакции определены верно.

Изгибающие моменты.

$$M_{xA} = 0, \quad M_{xC} = R_{Ay} \cdot 0,1 = 284,4 \cdot 0,1 = 28,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{xB} = 0, \quad M_{xB} = F_1 \cdot 0,08 = 5333 \cdot 0,08 = 426,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Эпюра M_x , Н·м — рис. 4.

6. Горизонтальная плоскость. (см. рис. 5)

Реакции опор.

$$\Sigma M_A = 0 \quad F_2 \cdot 0,1 + R_{Bx} \cdot 0,3 - F_{z1} \cdot 0,38 = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{-F_2 \cdot 0,1 + F_{z1} \cdot 0,38}{0,3} = \frac{-3556 \cdot 0,1 + 2133 \cdot 0,38}{0,3} = 1516 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad R_{Ax} \cdot 0,3 - F_2 \cdot 0,2 - F_{z1} \cdot 0,08 = 0$$

$$R_{Ax} = \frac{F_2 \cdot 0,2 + F_{z1} \cdot 0,08}{0,3} = \frac{3556 \cdot 0,2 + 2133 \cdot 0,08}{0,3} = 2939 \text{ Н}$$

Проверка: $\Sigma F_{ix} = 0 \quad R_{Ax} - F_2 - R_{Bx} + F_{z1} = 0$

$$2939 - 3556 - 1516 + 2133 = 0 \quad \text{Реакции определены верно.}$$

Изгибающие моменты.

$$M_{yA} = 0, \quad M_{yC} = R_{Ax} \cdot 0,1 = 293,9 \cdot 0,1 = 29,39 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{yB} = 0, \quad M_{yB} = F_{z1} \cdot 0,08 = 2133 \cdot 0,08 = 170,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Эпюра M_y , Н·м — рис. 5.

7. Суммарный изгибающий момент:

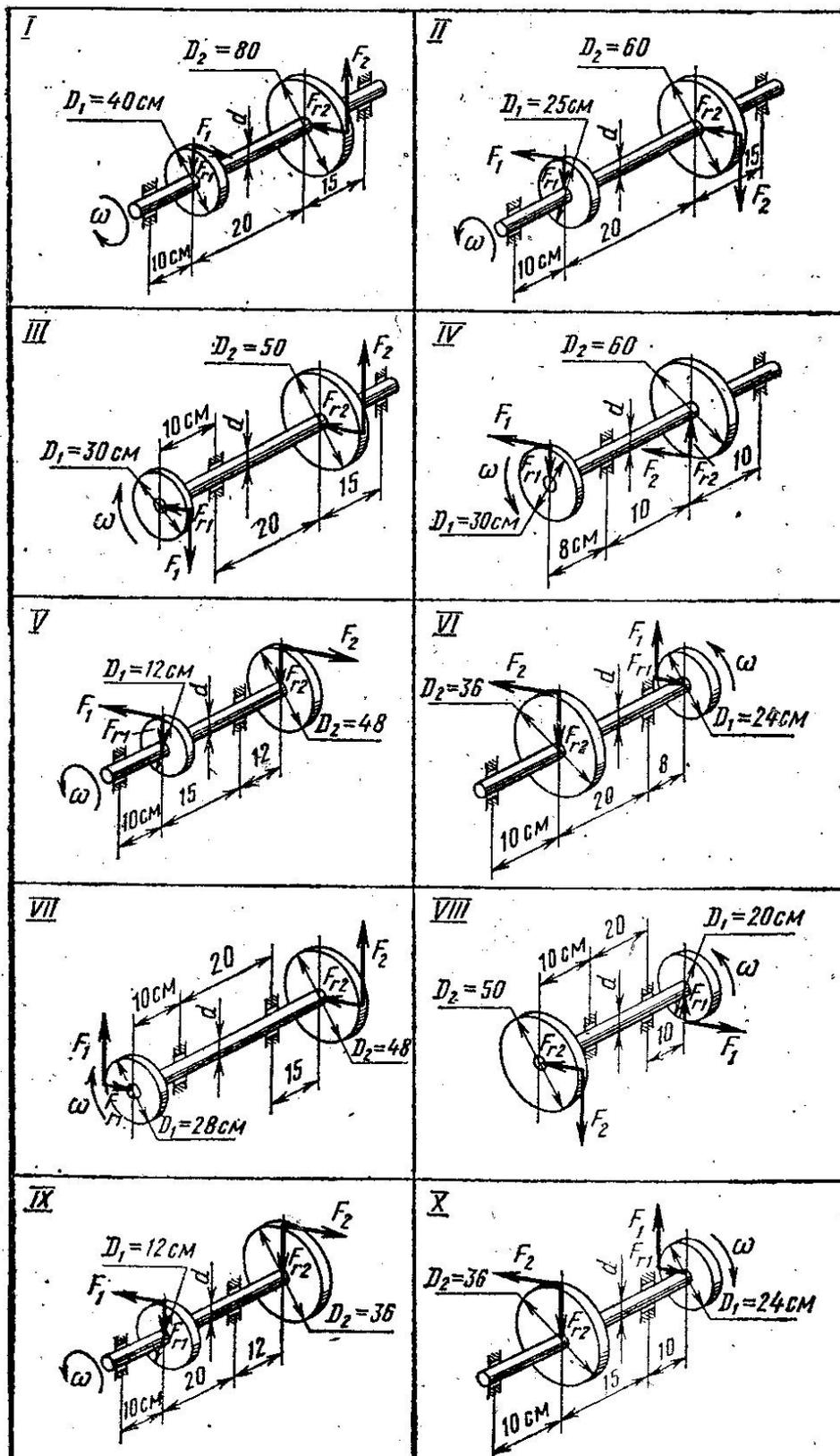
$$M_{yA} = 0, \quad M_{yB} = 0, \quad M_{yC} = \sqrt{M_{xA}^2 + M_{yA}^2} = \sqrt{28,4^2 + 29,39^2} = 40,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{yB} = \sqrt{M_{xB}^2 + M_{yB}^2} = \sqrt{426,64^2 + 170,64^2} = 459,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Строим суммарную (условно) эпюру изгибающих моментов M_y , Н·м — рис. 6.

Изм.	Листы	№ докум.	Подп.	Дата	ТМ 000000 ОВРРГ	Лист
------	-------	----------	-------	------	-----------------	------

Задачи для самостоятельного решения.



№ задачи; № схемы на рис. 25	Вари- ант	P, кВт	ω, рад/с	№ задачи; № схемы на рис. 25	Вари- ант	P, кВт	ω, рад/с
111; 1	00	6	22	112; 2	01	3	25
	14	8	36		17	8	48
	26	10	40		29	10	50
	35	9	30		34	12	40
	43	3	45		46	22	24
	57	20	50		56	20	60
	67	12	68		60	20	22
	76	5	20		77	9	36
	81	3	50		84	8	42
	94	12	48		97	15	35
	113; 3	02	10		30	114; 4	03
16		20	80	19	6		36
28		15	45	21	7		35
37		12	38	36	12		24
45		14	18	48	15		15
59		8	42	58	12		32
63		10	45	62	9		42
74		18	22	79	10		45
80		25	40	87	7		21
96		5	42	99	20		36
115; 5		05	5	18	116; 6		04
	18	10	18	11		19	38
	20	12	30	23		21	15
	38	24	30	31		18	26
	47	6	24	40		15	18
	51	12	52	50		16	50
	65	3	15	64		8	30
	78	15	45	75		7	20
	83	19	50	86		10	24
	98	20	25	91		13	48
	117; 7	07	4	35		118; 8	06
10		20	15	12	30		50
22		18	20	25	28		42
39		16	18	30	20		38
49		30	24	42	15		20
53		25	30	52	18		30
67		22	28	66	22		30
72		15	18	73	27		35
82		8	42	89	24		28
90		10	12	93	4		20
119; 9	09	12	38	120; 10	08	40	70
	13	15	42		15	30	50
	24	10	32		27	32	38
	33	20	50		32	25	42
	41	23	18		44	12	32
	55	14	24		54	28	34
	69	16	20		68	20	35
	71	24	15		70	10	20
	85	26	25		88	14	30
	92	6	48		95	35	40

Выводы и предложения по данной практической работе.

Какие гипотезы напряжений использованы? Каковы особенности заданного вала?

Контрольные вопросы.

1. Как называется напряженное состояние при кручении круглого бруса?
2. Дать понятие о сложном деформированном состоянии.
3. Чем характеризуется деформированное состояние в точке.
4. Какое напряженное состояние возникает в поперечном сечении вала при совместном действии изгиба и кручения.
5. Как выбирается опасное сечение при расчете вала.

Практическая работа № 7

Тема: Расчет открытой прямозубой передачи.

Цель занятия: Научиться определять достоинства и недостатки заданной передачи, определять модуль зацепления и основные параметры ведущего, ведомого колес, силы зацепления, проверять условия прочности.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии: По заданным параметрам определять необходимые силы зацепления, использовать литературу по выполнению расчета, сравнивать результаты, подбирать коэффициенты.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы, табличные данные.

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Альянс», 2005.

Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2006.

Содержание и порядок выполнения работы

Расчет открытой прямозубой передачи.

<i>№</i>	<i>P, кВт</i>	<i>n, мин⁻¹(1гр)</i>	<i>n, мин⁻¹(2гр)</i>
<i>1</i>	<i>2,0</i>	<i>450</i>	<i>250</i>
<i>2</i>	<i>2,5</i>	<i>400</i>	<i>200</i>
<i>3</i>	<i>3</i>	<i>500</i>	<i>300</i>
<i>4</i>	<i>3,5</i>	<i>550</i>	<i>350</i>
<i>5</i>	<i>4</i>	<i>600</i>	<i>400</i>
<i>6</i>	<i>4,5</i>	<i>650</i>	<i>450</i>
<i>7</i>	<i>5</i>	<i>780</i>	<i>500</i>
<i>8</i>	<i>5,5</i>	<i>750</i>	<i>550</i>
<i>9</i>	<i>6</i>	<i>800</i>	<i>600</i>
<i>10</i>	<i>6,5</i>	<i>850</i>	<i>650</i>
<i>11</i>	<i>7</i>	<i>900</i>	<i>700</i>
<i>12</i>	<i>7,5</i>	<i>950</i>	<i>750</i>
<i>13</i>	<i>8</i>	<i>1000</i>	<i>800</i>
<i>14</i>	<i>8,5</i>	<i>1,100</i>	<i>850</i>
<i>15</i>	<i>9</i>	<i>1,200</i>	<i>900</i>
<i>16</i>	<i>9,5</i>	<i>1000</i>	<i>950</i>
<i>17</i>	<i>10</i>	<i>1200</i>	<i>1000</i>

18	4	800	500
19	4,5	850	600
20	5	900	620
21	5,5	9,50	650
22	6	1000	700
23	6,5	1100	750
24	7	800	900
25	7,5	750	450
26	8	650	1000
27	8,5	600	950
28	9	550	900

Последовательность выполнения работы.

Исходные данные: $P = \dots \text{кВт}$, $n = \dots \text{мин}^{-1}$

$[\sigma_F] = 60 \text{ МПа}$, $u = 2,5$

материал колес - сталь 50

1. Достоинства и недостатки передачи.

2. Определение модуля зацепления - m

3. Определение основных параметров ведущего и ведомого колес передачи.

4. Силы в зацеплении.

5. Проверка на прочность: Расчет шпонки.

6. Расчет на долговечность подшипников.

Тема: Расчёт открытой прямозубой передачи.

Исходные данные:

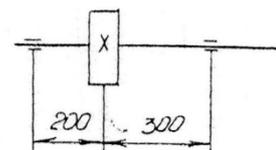
Схема ведомого вала:

$P = 10 \text{ кВт}$

$n = 900 \text{ мин}^{-1}$

$U = 2$

$[\sigma_F] = 50 \text{ МПа}$.



1. Определение модуля зацепления.

Модуль зацепления определяем по формуле (226) [1], с. 210

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{Y_F 2M_1 K_F}{[\sigma_F] \Psi_\alpha Z_1}}$$

- 1.1. M_1 - вращающий момент на валу шестерни. $M_1 = P/w_1$;
 w_1 - угловая скорость вращения ведущего вала $w_1 = \pi n / 30$

$$w_1 = 3,14 \cdot 900 / 30 = 94,2 \text{ с}^{-1}$$

$$M_1 = 10 \cdot 10^3 / 94,2 = 106,157 \text{ Н} \cdot \text{м} = 106157 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

- 1.2. Z_1 - число зубьев шестерни, для прямозубых колёс $Z = 18 \div 32$. Принимаем $Z_1 = 20$.

- 1.3. Y_F - коэффициент формы зубьев или коэффициент прочности зубьев по местным напряжениям. Он зависит от числа зубьев, значит Y_F по ГОСТ 21354-75, см. стр. 209 [1]. При $Z_1 = 20$ принимаем

$$Y_F = 4,07.$$

- 1.4. Ψ_α - коэффициент ширины колеса, зависит от степени точности изготовления колеса, см. стр. 209 [1].

Принимаем для фрезерованных зубьев ($\Psi_\alpha = 8 \div 15$) $\Psi_\alpha = 10$, см. стр. 210 [1].

- 1.5. K_F - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине

зуба и её динамическое действие, в зависимости от расстояния колёс относительно опор (симметричное, несимметричное, консольное), степени точности, окружной скорости.

Принимаем $K_F = 1,45$; см. стр. 208 [1] ($K_F \approx 1,25 \div 2$).

- 1.6. Модуль зацепления:

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 1,45 \cdot 106157 \cdot 4,07}{52 \cdot 10 \cdot 20}} = 4,92 \text{ мм}.$$

По СТ СЭВ 310-76 принимаем $m = 5$ мм (см. стр. 36 [2]).

- 1.7. Основные размеры шестерни и колеса:
 диаметры делительные:

шестерни

$$d_1 = mZ_1 = 5 \cdot 20 = 100 \text{ мм}$$

колеса

$$d_2 = mZ_2 = 5 \cdot 40 = 200 \text{ мм},$$

где число зубьев $Z_2 = U \cdot Z_1 = 20 \cdot 2 = 40$

Диаметры вершин зубьев:

шестерни

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 100 + 2 \cdot 5 = 110 \text{ мм}$$

колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 200 + 2 \cdot 5 = 210 \text{ мм}$$

Диаметры впадин зубьев:

шестерни

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 100 - 2,5 \cdot 5 = 87,5 \text{ мм}$$

колеса

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 200 - 2,5 \cdot 5 = 187,5 \text{ мм}$$

Межосевое расстояние:

$$a_a = (d_1 + d_2) / 2 = (100 + 200) / 2 = 150 \text{ мм}$$

ширина колеса

$$b_2 = \Psi_e m = 10 \cdot 5 = 50 \text{ мм}$$

шестерни

$$b_1 = b_2 + 5 = 50 + 5 = 55 \text{ мм}$$

1.8. Усилия в передаче:

окружные усилия

$$F_1 = 2M_1 / d_1 = 2 \cdot 106157 / 100 = 2123 \text{ Н}$$

радиальная нагрузка

$$F_r = F_1 \cdot \operatorname{tg} a = 2123 \cdot 0,36 = 764 \text{ Н},$$

где $a = 20^\circ$, $\operatorname{tg} 20^\circ = 0,36$.

1.9. Окружная скорость колёс и степень точности передачи:

$$U = w_1 d_1 / 2 = 94,2 \quad 100 \cdot 10^{-3} / 2 = 4,76 \text{ м/с}$$

При такой скорости для прямозубых колёс следует принять 8^{10} степень точности (см. стр. 32 [1]).

1.10. Проверяем прочность зуба шестерни:

$$\sigma_F = \frac{Y_{FY} \cdot F_1 \cdot K_F}{b \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_F = \frac{4,07 \cdot 2123 \cdot 1,45}{55 \cdot 5} = 45,78 < [\sigma_F] = 50 \text{ МПа}$$

находим % недонапряжения:

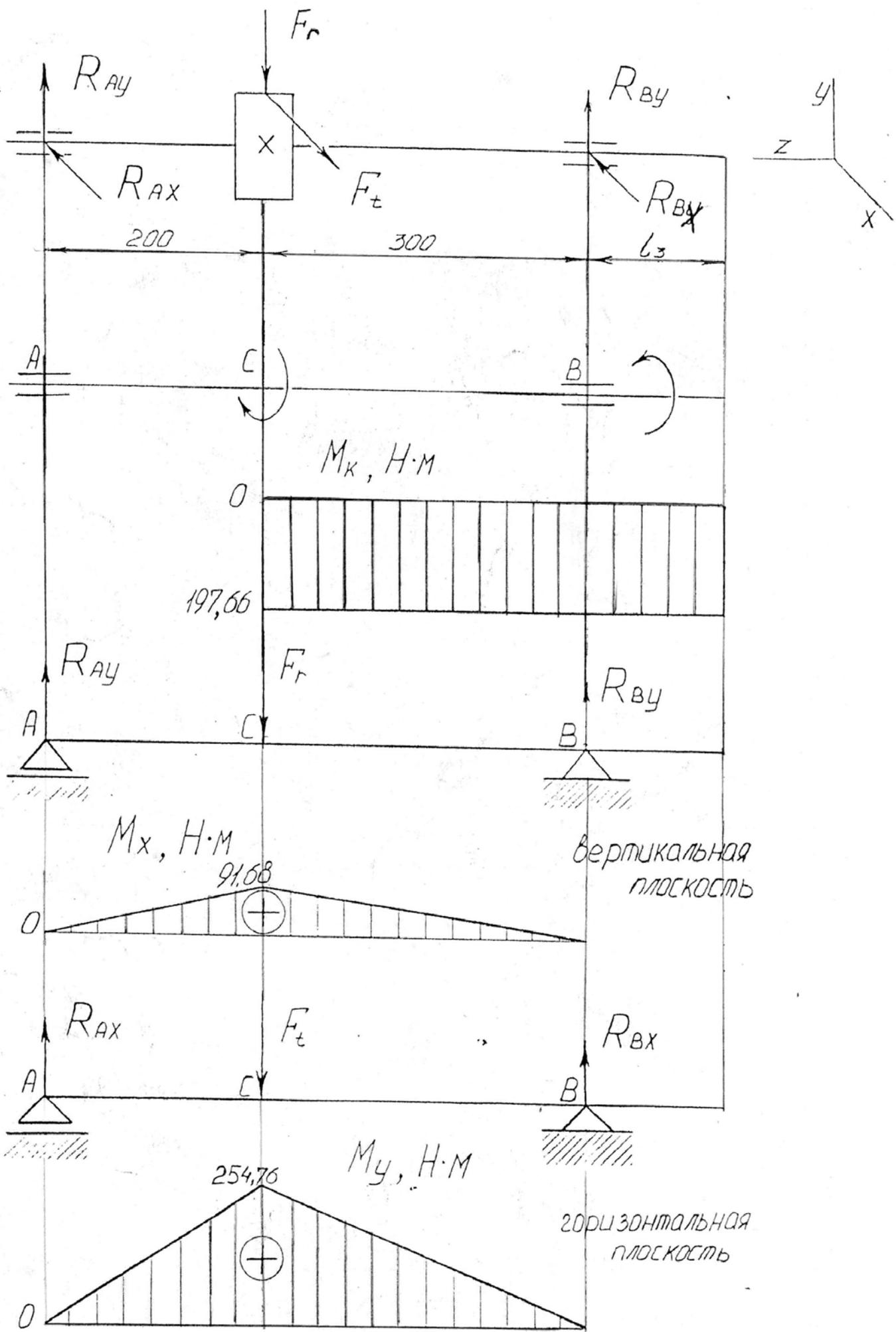
$$\delta = \frac{[\sigma_F] - \sigma_F}{[\sigma_F]} \cdot 100\% = \frac{50 - 45,78}{50} \cdot 100\% \approx 12\% < 15\%$$

Условие прочности выполняется.

Примечания.

1. Если $\delta > 5\%$ в случае перегрузки, необходимо увеличить параметры передачи: принять большее значение модуля зацепления m ; число зубьев шестерни Z_1 , произвести расчет, начиная с п. 1.7, проверить на прочность.

2. Если $\delta > 15\%$ в случае недогрузки, необходимо уменьшить параметры передачи, приняв меньшее значение модуля зацепления; число зубьев шестерни, произвести расчете п. 1.7, проверить на прочность.



Выводы и предложения по данной практической работе.

Привести предложения о необходимых действиях и произвести перерасчет в случае выполнения или невыполнения условия прочности

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислить достоинства и недостатки заданной передачи.
2. Что является модулем зацепления и какие параметры передачи зависят от его значения?
3. Какое колесо является ведущим? Какое ведомым?
4. Какие силы участвуют в зацеплении колес?

Практическая работа № 8

Тема: Расчет ведомого вала.

Цель занятия: Научиться, используя исходные данные находить в специальной литературе необходимые параметры. Применить имеющиеся навыки для определения параметров вала, построение эпюр, компоновки эскиза вала.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Определять КПД передачи, приводить заданные и рассчитанные силы к оси вала, строить эпюры в разных плоскостях, применять условия прочности вала, подбирать окончательный диаметр вала.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы, табличные данные.

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Альянс», 2005.

Содержание и порядок выполнения работы

2. Расчет ведомого вала.

Исходные данные:

$$F_1 = 2123 \text{ Н} \quad \omega_1 = 94,2 \text{ с}^{-1} \quad M_1 = 106,157 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$F_r = 764 \text{ Н} \quad U = 2 \quad P = 10 \text{ кВт}$$

2.1 Определим К.П.Д. передачи с учётом потерь на трение в опорах.

По табл. 1.1. [2] принимаем:

$\eta_{\text{ц.н.}} = 0,95$ - К.П.Д. открытой цилиндрической передачи;

$\eta_{\text{п.к.}} = 0,99$ — К.П. Д. пары подшипников качения.

Общий К.П.Д.:

$$\eta = \eta_{\text{ц.н.}} \cdot \eta_{\text{п.к.}}^2 = 0,95 \cdot 0,99^2 = 0,931$$

2.2 Мощность на ведомом валу:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta = 10 \cdot 0,931 = 9,31 \text{ кВт}$$

2.3 Частота вращения ведомого вала из условия $U = \omega_1/\omega_2$;

$$\omega_2 = \omega_1/U = 94,2/2 = 47,1 \text{ с}^{-1}$$

2.4 Вращающий момент на ведомом валу по формуле:

$$M_2 = P_2/w_2 = 9,31 \cdot 10^3/47,1 = 197,66 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

2.5 Изобразим расчётную схему вала, приведя все силы к оси вала. Рассмотрим вал под действием вращающихся моментов. Определим крутящий момент и построим эпюру крутящих моментов:

$$M_k = -M_2 = -197,66/7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

2.6 Рассмотрим вал под действием вертикальных сил $F_r \setminus R_{Ay} \setminus R_{By}$. Определим неизвестные реакции, составив уравнения равновесия статики:

$$\sum M_A = 0 \quad -F_r \cdot 0,2 + R_{By} \cdot 0,3 = 0 \quad R_{By} = F_r \cdot 0,2/0,3 = 764 \cdot 0,2/0,3 = 305,6 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0 \quad F_r \cdot 0,3 - R_{Ay} \cdot 0,5 = 0 \quad R_{Ay} = F_r \cdot 0,3/0,5 = 764 \cdot 0,3/0,5 = 458,4 \text{ Н}$$

$$\sum F_{Ky} = 0 \quad R_{Ay} - F_r + R_{By} = 0 \quad 305,6 - 764 + 458,4 = 0$$

Проверка:

Реакции определены верно.

Изгибающие моменты в характерных сечениях:

$$M_{XA} = 0 \quad M_{xB} = 0 \quad M_{xC} = R_{Ay} \cdot 0,2 = 458,4 \cdot 0,2 = 91,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

строим эпюру изгибающих моментов.

2.7 Рассмотрим вал под действием сил $F_l; R_{Ax}; R_{Bx}$ в горизонтальной плоскости, причём мысленно совместив её с вертикальной плоскостью. Составим уравнения равновесия

статики:

$$\sum M_A = 0 \quad -F_l \cdot 0,2 + R_{Bx} \cdot 0,5 = 0.$$

$$R_{Bx} = F_l \cdot 0,2/0,5 = 2123 \cdot 0,2/0,5 = 849,2 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0 \quad -R_{Ax} \cdot 0,5 + F_l \cdot 0,3 = 0.$$

$$R_{Ax} = F_l \cdot 0,3/0,5 = 2123 \cdot 0,3/0,5 = 1273,8 \text{ Н}$$

Проверка:

$$\sum F_{Kx} = 0 \quad R_{Ax} - F_l + R_{Bx} = 0 \quad 849,2 - 2123 + 1273,8 = 0.$$

Реакции определены верно.

$$M_{yA} = 0 \quad M_{yB} = 0 \quad M_{yC} = R_{Ax} \cdot 0,2 = 1273,8 \cdot 0,2 = 254,76 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Строим эпюру изгибающих моментов.

2.8. Определяем суммарный изгибающий момент в опасном сечении - сечении "С".

$$M_{UC} = \sqrt{M_{xc}^2 + M_{yc}^2} = \sqrt{91,68^2 + 254,76^2} = 270,75 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.9. Эквивалентный момент определяем по теории наибольших касательных напряжений:

$$M_{\text{эkv}} = \sqrt{M_{UC}^2 + M_K^2} = \sqrt{270,75^2 + 197,66^2} = 335,22 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.10. Из условия прочности при изгибе с кручением:

$$\sigma_{\text{эkv}} = M_{\text{эkv}} / W \sigma: [\quad]$$

Осей момент сопротивления сечения:

$$W_x \geq \sigma_{\text{эkv}} / [\quad], \text{ т.к. } W_x = 0,1d^3, \text{ диаметр вала в опасном сечении (под колёсом):}$$

, где $[\sigma]$ - допустимое напряжение при изгибе с кручением.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{\text{Прин} \sigma_{\text{эkv}} [\quad]}{0,1 \cdot 60}} = 39,96 \text{ мм}$$

, по СТ СЭВ 514-77 принимаем $d_k =$

40 мм.

2.11. Принимаем диаметр вала под колесом $d_k = 40$ мм.

Под подшипником:

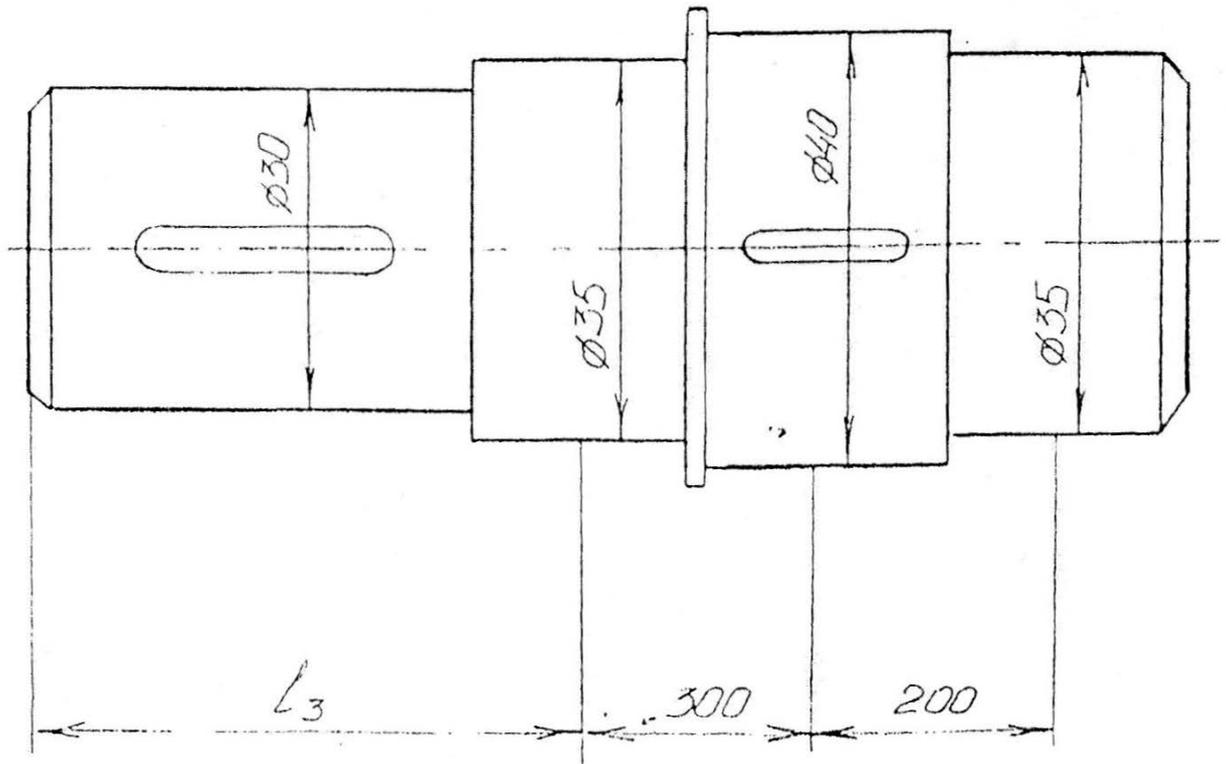
$$d_n = d_k - (3 \div 5) \text{ мм} = 40 - (3 \div 5) \text{ мм} = 37 \div 35 \text{ мм}.$$

Окончательно принимаем $d_n = 35$ мм (число, кратное на "5").

Диаметр выходного конца вала:

$$d_b = d_k - (3 \div 5) \text{ мм} = 40 - (3 \div 5) = 37 \div 35 \text{ мм}$$

Принимаем по СТ СЭВ 514-77 $d_b = 30$ мм.



Выводы и предложения по данной практической работе.

Привести обоснование по окончательному решению по диаметру вала в различных сечениях.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что называется КПД и как определить общий КПД передачи?
2. Какие силовые характеристики должны характеризовать работу ведомого вала?
3. Что называется крутящим и изгибающим моментами?
4. Как определить реакцию опор вала?

5. Что такое осевой момент сопротивления сечения?

Практическая работа № 9

Тема: Проверка долговечности подшипников.

Цель занятия: Научиться использовать полученные знания о подшипниках для заданных целей. Использовать справочную и специальную литературу для определения параметров подшипников.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Подбирать подшипник по заданным условиям, рассчитывать его эквивалентную нагрузку и долговечность.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы, табличные данные.

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Альянс», 2015.

Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 2013.

Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. М. «Машиностроение», 2012.

Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. М. 2010.

Содержание и порядок выполнения работы.

Проверка долговечности подшипников.

3.1. Предварительно намечаем радиальные шарикоподшипники средней серии: габариты подшипников выбираем по диаметру вала в месте посадки подшипников $d_n = 35$ мм. По табл. ПЗ [2] имеем:

Условное обозначение подшипника - 307; размеры — $d = 35$ мм, $D = 80$ мм, $B = 21$ мм.

Грузоподъёмность:

- статическая - $C_0 = 18,0$ кН;
- динамическая - $C = 33,2$ кН.

3.2. Суммарные реакции опор вала:

$$P_{rA} = R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{1273,8^2 + 458,4^2} = 1354H$$

$$P_{rB} = R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{849,2^2 + 305,6^2} = 855H$$

Подбираем подшипники по более нагружённой опоре.

3.3. Эквивалентная нагрузка по формуле 9.3. [2]:

$$P_9 = XVP_r K_6 K_T$$

в которой осевая нагрузка $F_a = 0$; $X = 1$ по табл. 9.18 [2];

$V = I$ - вращается внутреннее кольцо (С. 12 [2]); $P_r = P_{rA} = 1354H$ - радиальная нагрузка:

K_σ - коэффициент безопасности для приводов ленточных конвейеров:

$K_T = 1,0$ (табл 9.19 [2]); $K_T = 1$ - температурный коэффициент (табл. 9.20 [2]):

$$P_9 = .1 \cdot 13,54 \cdot 1 \cdot 1 = 1354H .$$

3.4. Расчётная долговечность, млн. об (формула 9.1 [2]):

$$L = \left(\frac{C}{P_9} \right)^3 = \left(\frac{33,2 \cdot 10^3}{1354} \right)^3 \approx 14730 \text{ млн. об.}$$

3.5. Расчётная долговечность,

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{14730 \cdot 10^6}{60 \cdot 450} = 546 \cdot 10^6 \text{ ч}$$

, в которой $n = n_2 = n_1 / U = 900/2 = 450 \text{ мин}^{-1}$

$L_h = 546 \cdot 10^6 \text{ ч}$ - значительно превышает минимальной долговечности по ГОСТ 16162-85

для зубчатой передачи:

$$L_h = 10000 \text{ ч } ([L_h] = (10 \div 36) \cdot 10^3 \text{ ч})$$

3.6. Проверяем подшипники: 107

$d = 35 \text{ мм}$, $B = 14 \text{ мм}$, $D = 62 \text{ мм}$, $C = 15,9 \text{ кН}$, $C_0 = 8,5 \text{ кН}$.

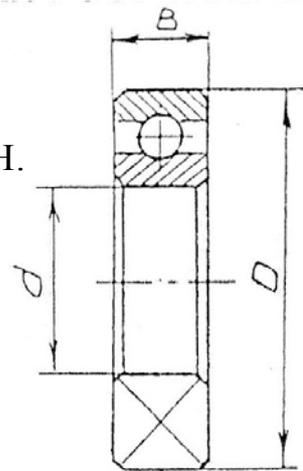
Расчётная долговечность, млн. об:

$$L = \left(\frac{15,9 \cdot 10^3}{1354} \right)^3 \approx 1613 \text{ млн. об}$$

Расчётная долговечность, г

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{1613 \cdot 10^6}{60 \cdot 450} = 59,8 \cdot 10^3 \text{ ч}$$

Окончательно выбираем подшипники осолоблгкой серии:



Подшипник 107 ГОСТ 8338-75.

Примечание.

Если расчётная долговечность окажется меньше 10000 ч, следует проверить подшипники более тяжёлой серии.

Выводы и предложения по данной практической работе.

Сравнить расчетную долговечность с необходимой, применить при необходимости подшипники другой серии.

Вопросы для самоконтроля.

1. Классификация подшипников.
2. Привести основные параметры радиального шарикоподшипника средней серии.
3. Что такое долговечность?
4. По каким параметрам подбирают подшипники в различных случаях?

Практическая работа № 10

Тема: Проверка прочности шпоночных соединений. Подбор муфт, эскиз узла ведомого вала.

Цель занятия: Научиться использовать полученные знания о шпонках и шпоночных соединениях, муфтах для определения заданных

параметров. Создать итоговый эскиз узла ведомого вала с учетом результатов практических работ № 7, 8, 9, 10.

Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:

Подбирать шпонку и муфту по заданным условиям, рассчитывать напряжения и подбирать диаметры соответствующих участков вала. Проектировать вал.

Наглядные пособия, оборудование: теоретические материалы, микрокалькулятор, графические инструменты, дидактические карточки с заданием практической работы, табличные данные.

Перечень используемых источников.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М. «Высшая школа», 2014.

Рубашкин А.Г., Чернилевский В.Г. Лабораторно-практические работы по технической механике. М. «Высшая школа», 2013.

Чернавский С. А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. «Альянс», 2015.

Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. М. «Высшая школа», 20013.

Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. М. 2010.

Содержание и порядок выполнения работы.

Проверка прочности шпоночных соединений.

4.1 Шпонки призматические со скруглёнными торцами. Размеры сечений шпонок, пазов и длины шпонок - по СТ СЭВ 189-75 (табл. 8.9 [2]).

Материал шпонок - сталь 45 нормализованная.

Напряжения смятия и условие прочности по формуле (8.22) [1]:

$$\sigma_{см}^{max} \approx \frac{2M_2}{d(h-t_1)(l-b)} \leq [\sigma_{см}].$$

Допускаемые напряжения смятия при стальной ступице:
[$\sigma_{см}$] = 100 ÷ 200 МПа, при чугунной = 50 ÷ 70 МПа.

4.2. При $d_K = 40$ мм (под колесом), $b \times h = 12 \times 8$ (мм), $t_1 = 5,0$ мм.
Длина ступицы колеса:

$$L_{ст} = 50 \text{ мм.}$$

$$\text{Длина шпонки } l = l_{ст} - (5 \div 20) = 50 - (5 \div 20) = 45 \div 30 \text{ мм.}$$

Принимаем $l = 45$ мм.

Момент на ведомом валу

$$M_2 = 197,66 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 197,66 \cdot 10^3}{40(8-5)(45-12)} = 99,82 \text{ МПа} < [\sigma_{см}]$$

(материал колеса - сталь 50).

4.3. При $d_B = 30$ мм - выходной конец вала:

$$b \times h = 8 \times 7 \text{ (мм)}, t_1 = 4,0.$$

Длина выходного конца

$$l_3 = 50 + 0,75d_B = 50 + 0,75 \cdot 30 =$$

$$72,5 \text{ мм}$$

$$\text{Принимаем } l_3 = 73 \text{ мм}$$

$$\text{Длина шпонки } l = l_3 - (5 \div 20) = 73 - (5 \div 20) = 68 \div 53 \text{ мм.}$$

Принимаем $l = 63$ мм.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 197,66 \cdot 10^3}{30(7-4)(63-8)} = 79,9 \text{ МПа} > [\sigma_{см}]$$

(материал полумуфта МУВП - чугун).

Проверим выполнение условия прочности:

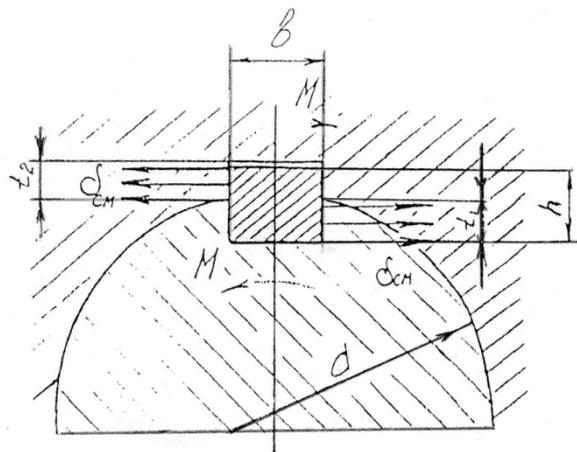
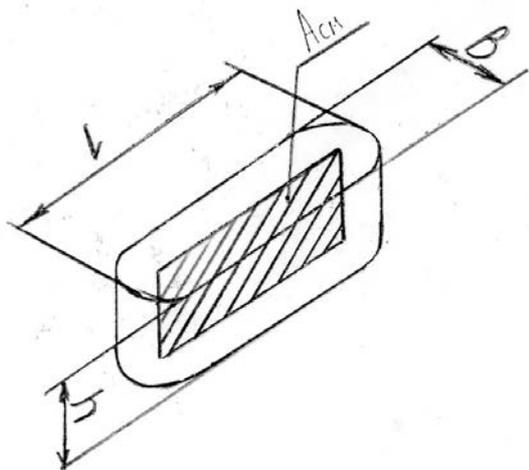
$$\delta = \frac{\sigma_{сж} - [\sigma_{сж}]}{[\sigma_{сж}]} \cdot 100\% = \frac{79,9 - 70}{70} \cdot 100\% = 14,1\% > 5\%$$

Условие прочности не выполняется.

Установим 2 шпонки Намечаем 2 шпонки:

Шпонка 8 x 7 x 63 СТ СЭВ 189-75

Шпонка 12 x 8 x 45 СТ СЭВ 189-75



Выводы и предложения по данной практической работе.

По результатам проверки выполнения условия прочности подобрать вторую шпонку. Привести таблицу параметров и выполнить эскиз узла ведомого вала с учетом проделанных расчетов.

Вопросы для самоконтроля.

1. Какие параметры у шпонки являются стандартными, а какие рассчитываются? Привести классификацию шпонок.
2. Какие параметры у муфты являются стандартными, а какие рассчитываются? Привести классификацию муфт.
3. Что такое сборочный чертеж? Особенности чтения сборочного чертежа.
4. По каким параметрам окончательно принимается сборочный чертеж вала.