

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

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой ТМ и ИГ

_____ /А.А. Панкратов /

« ___ » _____ 2019 г.

**Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине**

Детали машин и основы конструирования
(для всех специальностей и форм обучения)

Разработчик

Панкратов А.А., доцент

Оглавление

1. Общие организационно-методические указания.....	3
2. Наименование тем лабораторных работ.....	4
3. Список рекомендуемой литературы	4
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ	Ошибка! Закладка не

1. Общие организационно-методические указания

1.1. Лабораторные работы проводятся в соответствии с расписанием занятий в специализированной аудитории, оснащенной оборудованием для проведения работ

1.2. Целями лабораторных работ является: углубление практических навыков по изучаемым вопросам и рассмотрение ряда теоретических и практических вопросов, не изучавшихся на лекционных и практических занятиях.

1.3. Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины, общий объём её изучения в часах определяется с учётом объёма лабораторных работ.

1.4. Важнейшим фактором успешного и эффективного проведения лабораторных работ является своевременная подготовка, особенно проработка теоретического материала по соответствующей теме, а также последующая защита.

1.5. Настоящие методические указания предназначены для руководства в проведении лабораторных работ и составлении отчета.

1.6. В настоящих указаниях представлены темы, изучаемые студентами в процессе аудиторных занятий, а также некоторые дополнительные вопросы для более глубокого изучения дисциплины.

1.7. Дополнительные методические указания и разъяснения по конкретным вопросам могут быть получены непосредственно у преподавателя в часы индивидуальных вечерних консультаций.

2. Наименование тем и содержание лабораторных работ

1. Общие сведения о машинах и механизмах. Основные требования, предъявляемые к деталям и узлам машин и механизмов. Стадии конструирования машин.
2. Механические передачи. Классификация. Характеристики. Преимущества и недостатки различных видов передач.
3. Механический привод. Кинематический и силовой расчет привода.
4. Зубчатые передачи. Критерии работоспособности. Материалы зубчатых колес.
5. Расчет зубчатых передач на выносливость по контактным напряжениям и по напряжениям изгиба.
6. Червячные передачи. Основные характеристики и расчет.
7. Цепные передачи. Критерии работоспособности. Выбор и проверка цепей по ГОСТ.
8. Ременные передачи. Критерии работоспособности. Расчет ременных передач.
9. Передача винт-гайка, исследование влияние геометрии резьбы и материала винтовой пары на ее КПД.
10. Валы и оси, конструкция. Предварительный и уточненный расчеты валов.
11. Подшипники качения. Подбор подшипников и расчет на выносливость.
12. Подшипники скольжения. Область применения и расчет.
13. Соединения деталей. Резьбовые соединения.
14. Заклепочные и сварные соединения.
15. Шпоночные и зубчатые соединения, подбор по ГОСТ. Проверочный расчёт.
16. Муфты механических приводов. Назначение и краткая классификация.
17. Корпусные детали механизмов.

3. Список рекомендуемой литературы

1. Детали машин : учеб. пособие для вузов / С. И. Тимофеев. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2013. - 572 с.
2. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. - 414 с.
3. Курсовое проектирование по курсу деталей машин: учеб. пособие для вузов / Чернавский П.А. и другие.- М.: Альянс, 2014. - 255 с.
4. Иванов М. Н. Детали машин: Учебник для машиностроит. спец. вузов.- 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2002.- 408с.
5. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин: Учебник для машиностроит. спец. техникумов. - 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1987.-383 с.
6. А.И. Прыгунов, А.А. Коробицин, С.Д. Прежин. Детали машин и основы конструирования. Методические указания к практическим занятиям для студентов технических специальностей всех форм обучения. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012 г.
7. Ходяков И.В. Прикладная механика в лабораторных работах: Учебное пособие. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2002.

4. Методические указания к изучению тем дисциплины

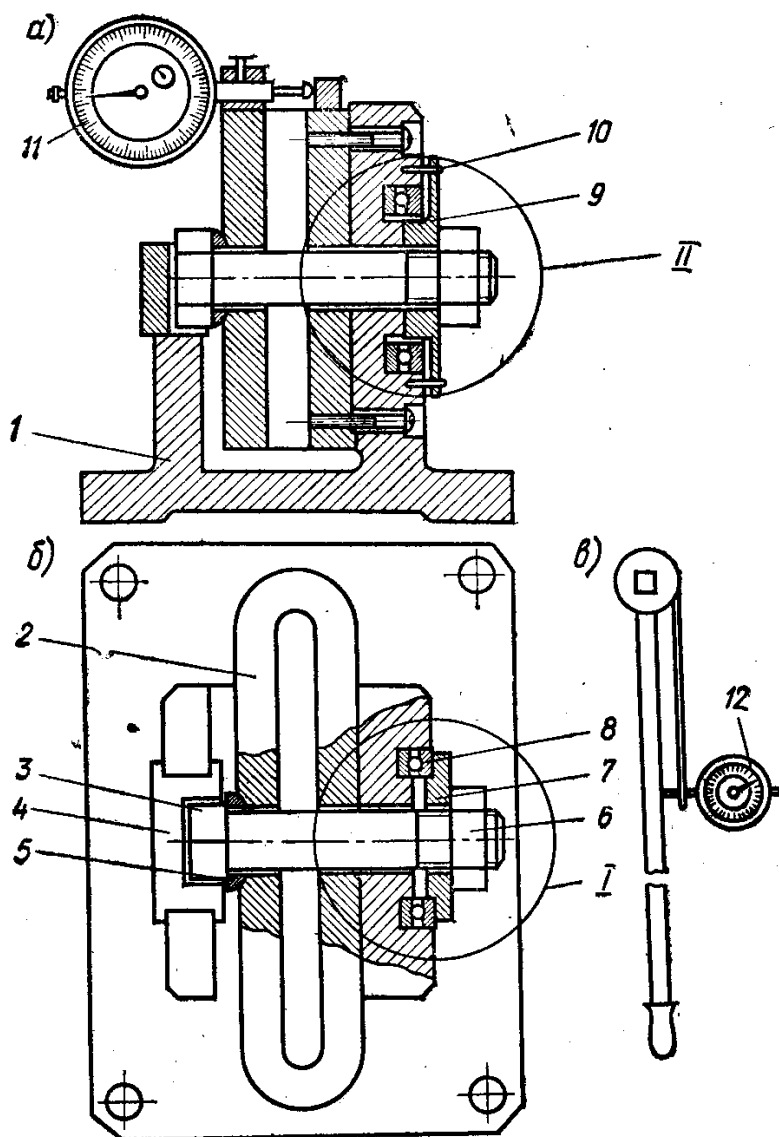
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Цель работы:

1. Установить зависимость между силой затяжки и моментом заворачивания.
2. Определить коэффициенты трения в резьбе и на торце гайки при затяжке резьбового соединения. Установить зависимость коэффициентов трения от давления.

Схема установки:



1 – станина, 2 – пружина динамометрическая, 3 – болт, 4 – стопор, 5 – шайба сферическая, 6 – гайка, 7 – шайба с низкой ступенью, 8 – упорный подшипник,

9 – шайба с высокой ступенью, 10 – штифты стопорные, 11 – индикатор деформации пружины, 12 – индикатор динамометрического ключа.

Вариант 1 — шайба с низкой ступенью опирается на подшипник. Трение только в резьбе.

Вариант 2 — шайба с высокой ступенью опирается на стенку станины. Трение в резьбе и на торце гайки.

средний радиус опорной поверхности гайки: $R_{cp} = (D_1 + d_0)/4 =$

допустимая сила затяжки: $[F_0] = \frac{\pi d_1^2 [\sigma_p]}{4 \cdot 1,3} =$

приведённый угол трения в резьбе: $\rho' = \arctg\left(\frac{2T_p}{F_0 d_2}\right) - \beta^\circ$

$$\rho'_1 =$$

$$\rho'_2 =$$

$$\rho'_3 =$$

$$\rho'_4 =$$

приведённый коэффициент трения в резьбе: $f' = \tg\rho'$

$$f'_1 =$$

$$f'_2 =$$

$$f'_3 =$$

$$f'_4 =$$

коэффициент трения на торце гайки, f_T , найти из формулы: $T_T = F_0 f_T R_{cp}$

$$f_{T1} =$$

$$f_{T2} =$$

$$f_{T3} =$$

$$f_{T4} =$$

удельное давление на витках резьбы: $P_p = \frac{4F_0 P}{\pi H(d^2 - d_1^2)}$

$$P_{p1} =$$

$$P_{p2} =$$

$$P_{p3} =$$

$$P_{p4} =$$

удельное давление на торце гайки: $P_T = \frac{4F_0}{\pi(D_1^2 - d_0^2)}$

$$P_{T1} =$$

$$P_{T2} =$$

$$P_{T3} =$$

$$P_{T4} =$$

Исходные данные:

Вид затяжки — контролируемая
 Рабочая нагрузка на болт — постоянная
 Материал болта и гайки — сталь 20

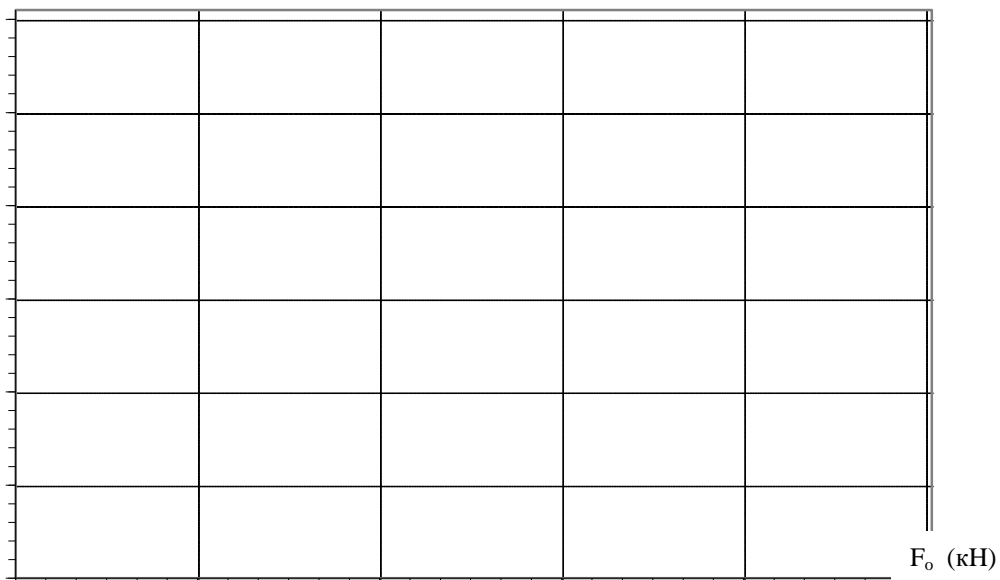
Наружный диаметр резьбы болта.....	d	мм	16
Средний диаметр резьбы болта	d_2	мм	14,701
Шаг резьбы	P	мм	2
Угол подъёма винтовой линии	β	град	2,479°
Угол профиля резьбы	α	град	60
Размер гайки под ключ	D_1	мм	28
Внутренний диаметр резьбы.....	d_1	мм	13,835
Высота гайки	H	мм	12,5
Диаметр отверстия под болт	d_o	мм	17,0
Предел текучести материала болта	σ_T	МПа	240
Запас прочности	n		2
Допустимое напряжение растяжения	$[\sigma_p]$	Мпа	_____
Допустимая сила затяжки болта	$[F_o]$	кН	_____
Радиус средней опорной поверхности гайки	$R_{cp.}$	мм	11,25
Цена деления индикатора силы	a_F	Н	600
Цена деления индикатора момента	a_T	Н·м	2,9

Результаты опытов

Деформация пружины	C (дел)	5	10	15	20
Сила затяжки	F_o (Н)				
Завинчивание без подшипника	C_{p+t} (дел)				
Момент завинчивания полный	T_{p+t} (Нм)				
Завинчивание с подшипником	C_p (дел)				
Момент завинчивания в резьбе	T_p (Нм)				
Момент завинчивания на торце гайки	T_T (Нм)				
Приведённый угол трения	ρ'				
Приведённый коэффициент трения	f'				
Коэффициент трения на торце гайки	f_T				
Удельное давление в резьбе	P_p (МПа)				
Удельное давление на торце гайки	P_T (МПа)				

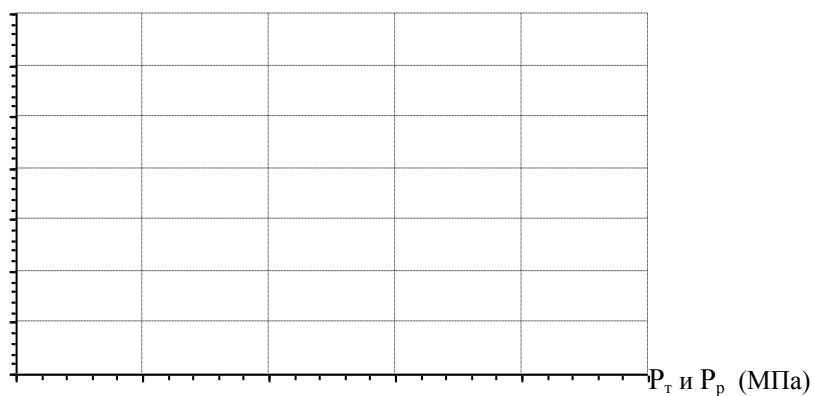
$T_{г+р}; T_p$

Зависимость моментов заворачивания от силы затяжки



f_r и f'

Зависимость коэффициентов трения от давления



Выводы:

"___" _____ 20__ г.

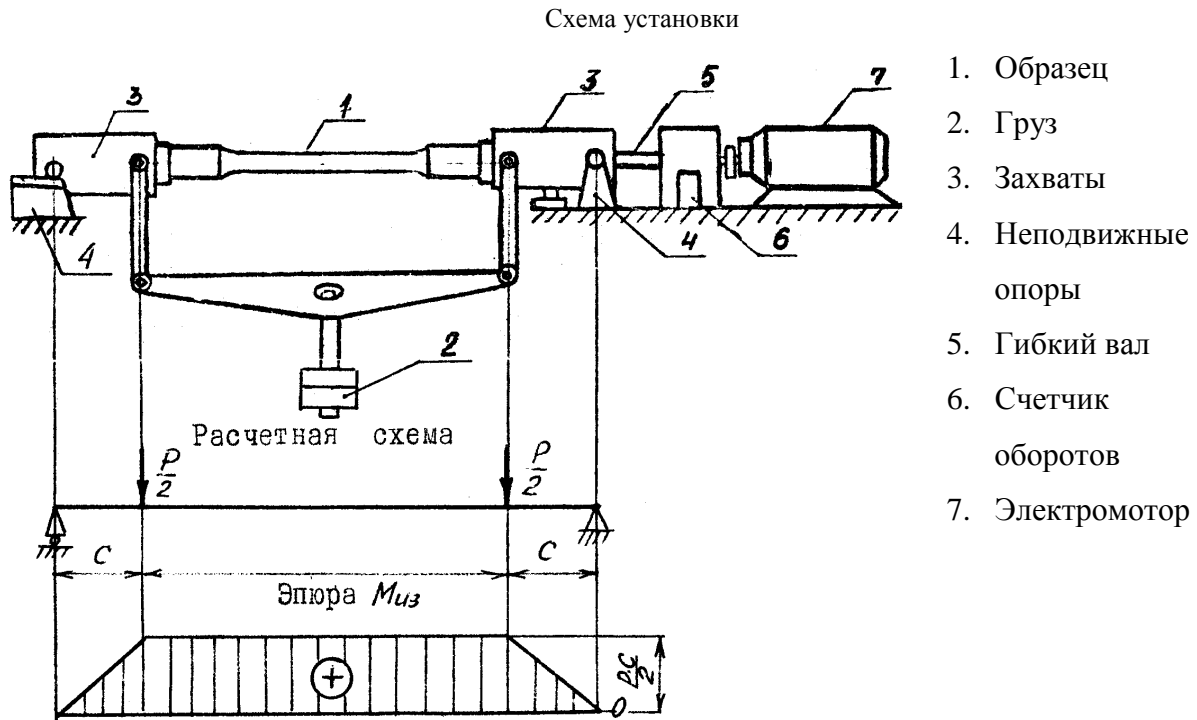
Работу выполнил _____

Отчет принял _____

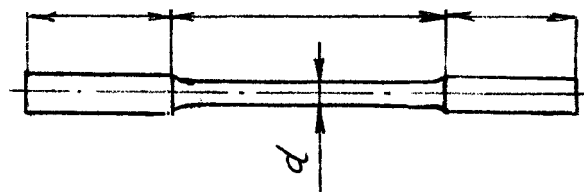
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ
ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Цель работы: наблюдение усталостного разрушения металла под действием циклической нагрузки.

Испытательная машина: НУ.



Форма и размеры образца



$$c = 10 \text{ см}$$

$$d = 7 \text{ мм}$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} =$$

Материал – сталь Ст.3

Предел прочности $\sigma_B = 358 \text{ МПа}$

Предел текучести $\sigma_T = 0,6\sigma_B =$

Нагрузка

$$P = 115 \text{ Н}$$

Наибольшее значение изгибающего момента $M = \frac{P \cdot c}{2} =$

Напряжение при изломе образца $\sigma = \pm \frac{M}{W_x} =$

Отношение напряжения при изломе к пределу текучести

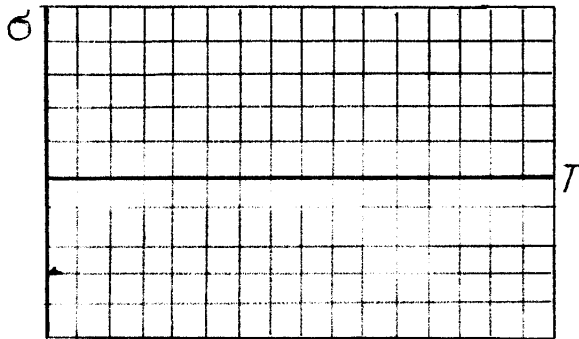
$$\frac{\sigma}{\sigma_T} =$$

Показания счетчика до испытания $n_1 =$

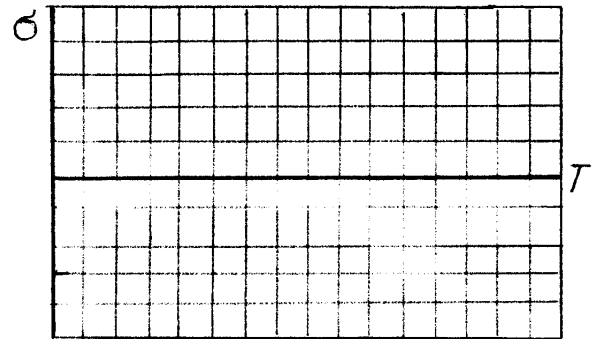
Показания счетчика после испытания $n_2 =$

Количество циклов $N = (n_2 - n_1) \cdot 100 =$

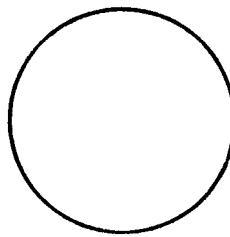
Характер изменения напряжения



Вид кривой выносливости



Вид сечения образца в месте излома



" " _____ 20 г.

Работу выполнил _____

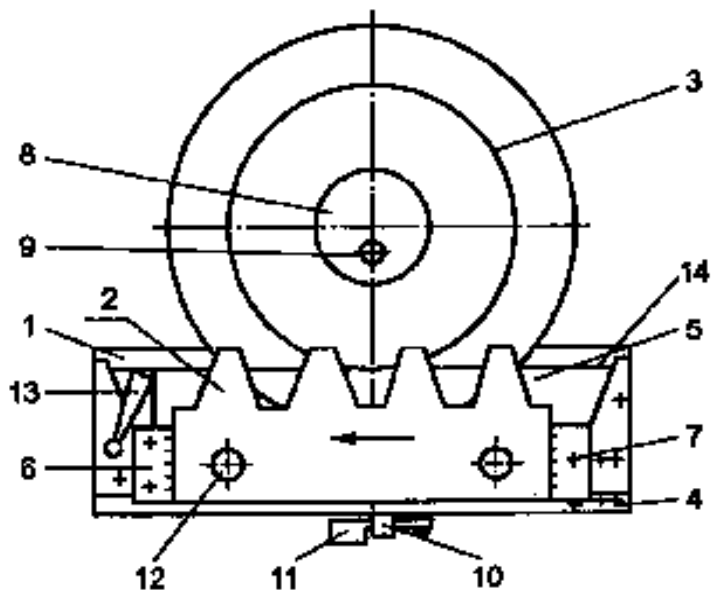
Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЬЕВ МЕТОДОМ ОБКАТКИ

Цель работы:

1. Построение эвольвентного профиля зуба при нарезании методом огибания.
2. Исследовать влияние корригирования на профиль зуба.
3. Расчёт основных геометрических параметров зубчатого колеса.



1 – основание, 2 – рейка, 3 – диск, 4 – направляющие, 5 – планка, 6,7 – шкала,
8 – шайба, 9 – винт, 10 – рычаг собачки, 11 – педаль привода, 12 – винты,
13 – рычаг, 14 – струна.

Исходные данные:

Модуль зубьев	$m =$
Угол зацепления	$\alpha =$
Инволюта угла зацепления	$\text{inv}\alpha =$
Коэффициент высоты головки зуба	$h_a^* =$
Коэффициент радиального зазора	$C^* =$
Число зубьев шестерни	$z_1 =$
Делительный диаметр шестерни	$d_1 =$

Число зубьев шестерни:

$$z_1 = d_1 / m =$$

Диаметр заготовки (диаметр окружности выступов шестерни):

Без корригирования:

$$d_{a1} = d_1 + 2h_a^* m =$$

с корригированием:

$$d_{a1} = d_1 + 2h_a^* m + 2X_1 =$$

где:

X_1 – принятое смещение инструментальной рейки — положительное.

$$X_1 = mx_1^* =$$

x_1^* — принятый коэффициент смещения — положительный. По абсолютному значению должен быть не менее минимального коэффициента смещения.

$$x_{1\min}^* = 1 - \frac{z_1}{17} =$$

$$x_1^* =$$

Шаг зацепления:

$$p = m\pi =$$

Диаметр основной окружности шестерни:

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha =$$

Диаметр окружности впадин шестерни:

Без корригирования:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5h_a^* m =$$

с корригированием:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5h_a^* m + 2X_1 =$$

Результаты опыта

Параметры шестерни, мм	Без корригирования	С корригированием
Диаметр основной окружности		
Диаметр делительной окружности		
Диаметр окружности выступов		
Диаметр окружности впадин		
Высота зуба		
Шаг зацепления по делительной окружности		
Толщина зуба по делительной окружности		
Ширина впадин по делительной окружности		

Выводы:

Значения эвольвентной функции $inv\alpha$.

<u>Угол град</u>	<u>$inv\alpha$</u>	<u>угол град</u>	<u>$inv\alpha$</u>	<u>угол град</u>	<u>$inv\alpha$</u>
15	0,0061488	20	0,014904	25	0,029975
16	0,007493	21	0,017345	26	0,033947
17	0,009025	22	0,020054	27	0,038287
18	0,010760	23	0,023844	28	0,043107
19	0,012715	24	0,026350	29	0,048164

" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчёт принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией редуктора и назначением его отдельных деталей.
2. Определить основные геометрические и кинематические характеристики редуктора.

Структурная схема редуктора

Эскиз опорных узлов

Основные геометрические и кинематические характеристики редуктора.

Параметр		Ступень		
		I	II	III
Межосевое расстояние - по замеру, мм	$a_{изм}$			
Число зубьев шестерни	z_1			
Число зубьев колеса	z_2			
Ширина венца шестерни, мм	b_1			
Ширина венца колеса, мм	b_2			
Модуль зацепления - по замеру, мм	$m_{изм}$			
Модуль зацепления стандартный, мм	m			
Межосевое расстояние - точно, мм	a			
Диаметр делительной окружности, мм	Шестерни d_1			
	Колеса d_2			
Диаметр окружности выступов, мм	Шестерни d_{a1}			
	Колеса d_{a2}			
Диаметр окружности впадин, мм	Шестерни d_{f1}			
	Колеса d_{f2}			
Шаг зацепления, мм	p			
Передаточное число ступени	u			
Передаточное число редуктора	$u_{ред}$			
КПД редуктора, %	η			

Вал	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Угловая скорость, c^{-1}	Вращающий момент, Н·м
1				
2				
3				
4				

" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией редуктора и назначением его отдельных деталей.
2. Определить основные геометрические и кинематические характеристики редуктора.

Структурная схема редуктора

Эскиз опорных узлов

Параметр	
Межосевое расстояние – по замеру, мм	$a_{изм} =$
Число заходов червяка	$z_1 =$
Число зубьев колеса	$z_2 =$
Диаметр окружности выступов червяка — замер, мм	$d_{a1} =$
Шаг зацепления — замер, мм	$P_{изм} =$
Модуль — по замеру, мм	$m_{изм} = P_{изм} / \pi =$
Модуль стандартный, мм	$m =$
Шаг зацепления — точно, мм	$p = m \pi =$
Диаметр делительной окружности червяка, мм	$d_1 = d_{a1} - 2m =$
Коэффициент диаметра червяка	$q = d_1/m =$ стандарт — $q =$
Диаметр делительной окружности червяка — точно, мм	$d_1 = q \cdot m =$
Диаметр окружности выступов червяка — точно, мм	$d_{a1} = d_1 + 2m =$
Диаметр окружности впадин червяка, мм	$d_{f1} = d_1 - 2,4m =$
Диаметр делительной окружности колеса, мм	$d_2 = m \cdot z_2 =$
Диаметр окружности выступов колеса, мм	$d_{a2} = d_2 + 2m =$
Диаметр окружности впадин колеса, мм	$d_{f2} = d_2 - 2,4m =$
Межосевое расстояние – точно, мм	$a = m(q + z_2) / 2 =$
Угол подъёма витка червяка, градус	$\gamma = \arctg(z_1 / q) =$
КПД редуктора (при $\rho = 2^\circ$)	$\eta = 0,95 \frac{tg \gamma}{tg(\gamma + \rho)} =$
Передаточное число	$u = z_2 / z_1 =$

" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

КОНСТРУКЦИИ И МАРКИРОВКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с конструкциями и маркировкой подшипников качения.

Основные характеристики подшипников

Параметр подшипника	Обозначение	Изучаемые подшипники		
Маркировка				
Тип подшипника				
Серия	по диаметру			
	по ширине			
Внутренний диаметр, мм	d			
Наружный диаметр, мм	D			
Ширина подшипника, мм	B/C _K /T			
Число тел качения	z			
Материал сепаратора				
Статическая грузоподъемность, кН	C ₀			
Динамическая грузоподъемность, кН	C			

Эскизы подшипников и их описание

" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

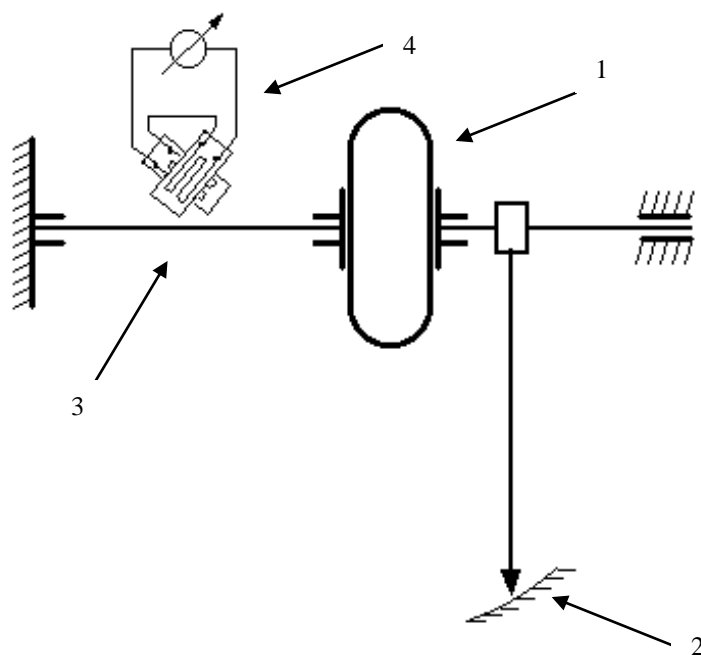
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ И ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МУФТЫ

Цель работы:

1. Экспериментально получить характеристику крутильной жёсткости муфты.
2. Определить демпфирующую способность муфты.

Схема установки:



1. Муфта упругая с тороидальной оболочкой.
2. Шкала измерения угла закручивания муфты.
3. Тензометрический вал.
4. Тензометр.

Данные муфты:

Эскиз муфты:

Таблица измерений

угол закручивания	α°	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
нагружение	ЕО							
	T (Нм)							
разгружение	ЕО							
	T (Нм)							
нагружение	ЕО							
	T (Нм)							

Масштаб единиц отсчёта (ЕО) — Н·м

Результаты опыта

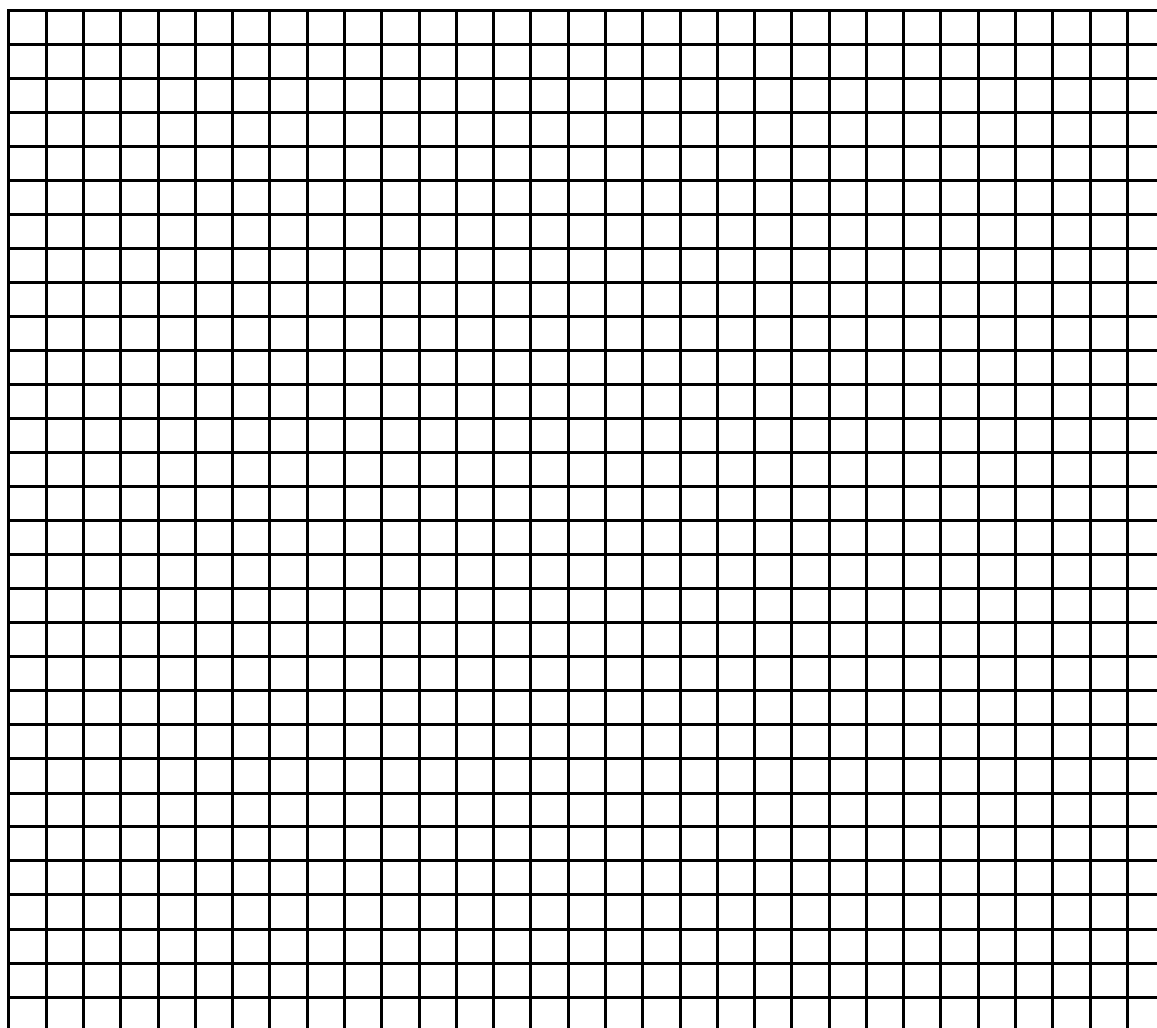
Жёсткость муфты:

$$C = \frac{\Delta T}{\Delta \varphi} =$$

Коэффициент демпфирования муфты:

$$\Psi = \frac{A_n}{A_y} = \frac{S_n}{S_{OAB}} =$$

Зависимость крутящего момента от угла закручивания муфты



" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

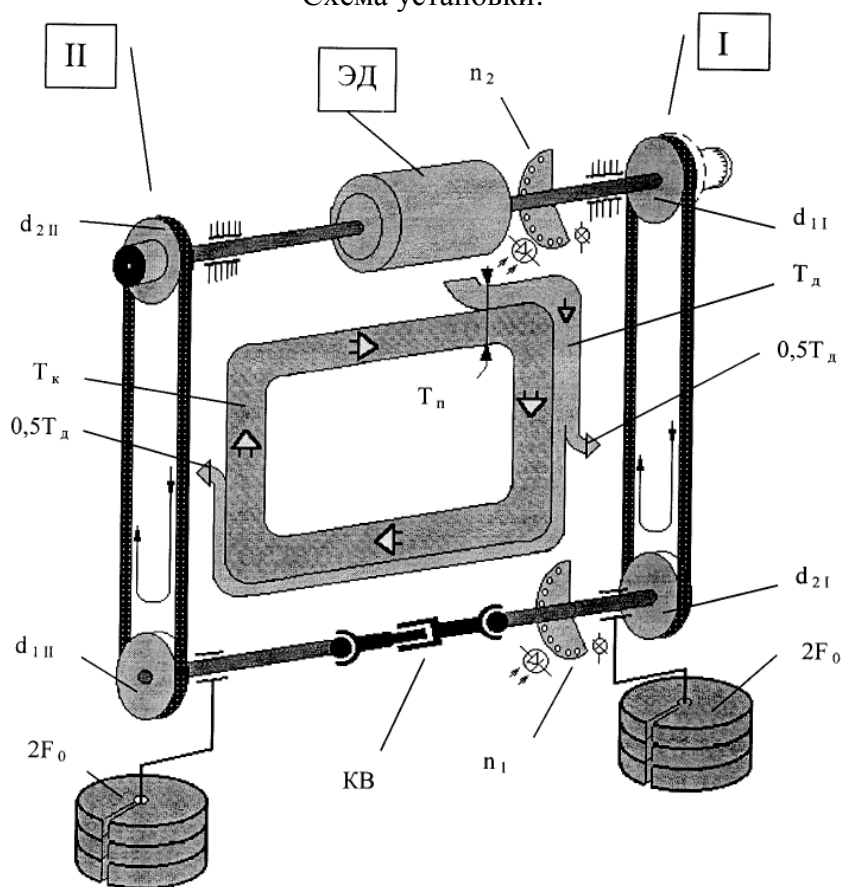
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО СКОЛЬЖЕНИЯ И КПД РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Цель работы:

1. Экспериментально получить кривые скольжения и КПД клиноременной передачи.
2. Оценить оптимальный коэффициент тяги и коэффициент скольжения.
3. По данным опыта определить полезную мощность и мощность на ведущем шкиве испытуемой передачи.

Схема установки:



ЭД — электродвигатель балансирный

n_2 — устройство, регистрирующее обороты вала электродвигателя

n_1 — устройство, регистрирующее обороты карданного вала

I — первая передача с регулируемым передаточным отношением

II — вторая передача испытуемая

d_{1I} — ведущий шкив первой передачи с регулируемым диаметром

d_{2I} — ведомый шкив первой передачи

d_{1II} — ведущий шкив испытуемой передачи

d_{2II} — ведомый шкив испытуемой передачи (динамометрический)

T_k — момент на динамометрическом шкиве, циркулирующий в контуре и затраченный на полезную работу.

T_d — момент, поступающий от электродвигателя на восполнение потерь от трения в обеих передачах

$0,5T_d$ — момент, затраченный на восполнение потерь от трения в каждой из двух передач

T_n — момент полный, затраченный на полезную работу T_k и на восполнение потерь T_d

$2F_0$ — грузы для предварительного натяжения ремней

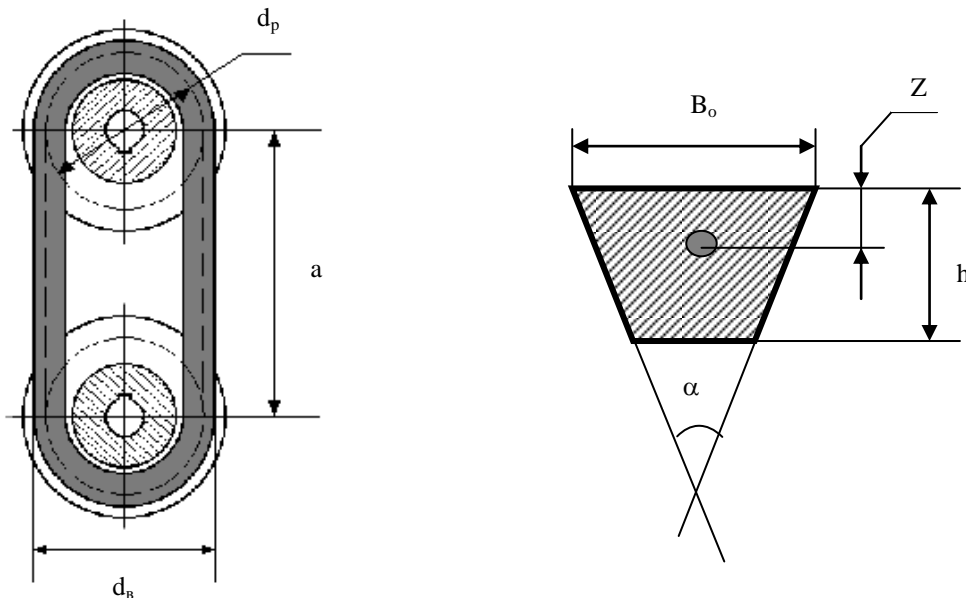
Данные машины ДМ 73

Мощность электродвигателя	N	кВт	2,5
Обороты электродвигателя	n	об/мин	1490
Диаметры шкивов (стандарт).....	d	мм	140
Расстояние между осями шкивов	a	мм	404,5

Исходные данные:

Тип. А норм. 13/8-1250 гост 1284-2-80

Длина стандартная	L	мм	1250
Ширина	B_0	мм	13
Высота	h	мм	8
Угол клина	α°	градус	40°
Расстояние до Ц.Т. поперечного сечения	Z	мм	2,8
Площадь поперечного сечения	A	мм ²	81
Начальное напряжение ремня.....	σ_0	МПа
Предварительное натяжение ремня	F_0	Н
Диаметр ведомого шкива ($d_{2\Pi}$) с ремнём	d_v	мм	145,6
Диаметр расчётный ведомого шкива	d_p	мм
Скорость вращения ведущего шкива ($d_{1\Pi}$)	n_{1x}	об/мин
Скорость вращения ведомого шкива ($d_{2\Pi}$)	n_{2x}	об/мин
Передаточное отношение на холостом ходу.....	i_x	
Цена единицы отсчёта (ЕО) для прибора T_k	e_k	Н·м
Цена единицы отсчёта (ЕО) для прибора T_d	e_d	Н·м



Формирование исходных данных

Предварительное натяжение ремня:

$$F_0 = A\sigma_0 =$$

Диаметр расчётный ведомого шкива ($d_{2п}$) испытуемой передачи:

$$d_p = d_B - 2Z =$$

Передаточное отношение на холостом ходу:

$$i_x = n_{1x}/n_{2x} =$$

Расчёт тяговых характеристик и КПД

Окружная сила на ведомом шкиве испытуемой передачи:

$$F_t = 2T_k/d_p =$$

Коэффициент тяги:

$$\varphi = F_t/2F_0 =$$

Коэффициент упругого скольжения:

$$\varepsilon = 1 - i_x n_2/n_1 =$$

КПД передачи:

$$\eta = \sqrt{T_k/(T_k + T_d)} =$$

Расчёт оптимальной мощности

Окружная скорость ведомого шкива при оптимальной нагрузке (м/с):

$$V_2 = \pi d_p n_2 =$$

Окружная скорость ведущего шкива (ε — определить по графику):

$$V_1 = V_2/(1 - \varepsilon) =$$

Окружная сила оптимальная (φ_0 — определить по графику):

$$F_{t(опт)} = 2F_0\varphi_0 =$$

Мощность на ведомом шкиве (кВт):

$$P_2 = V_2 F_{t(опт)}/1000 =$$

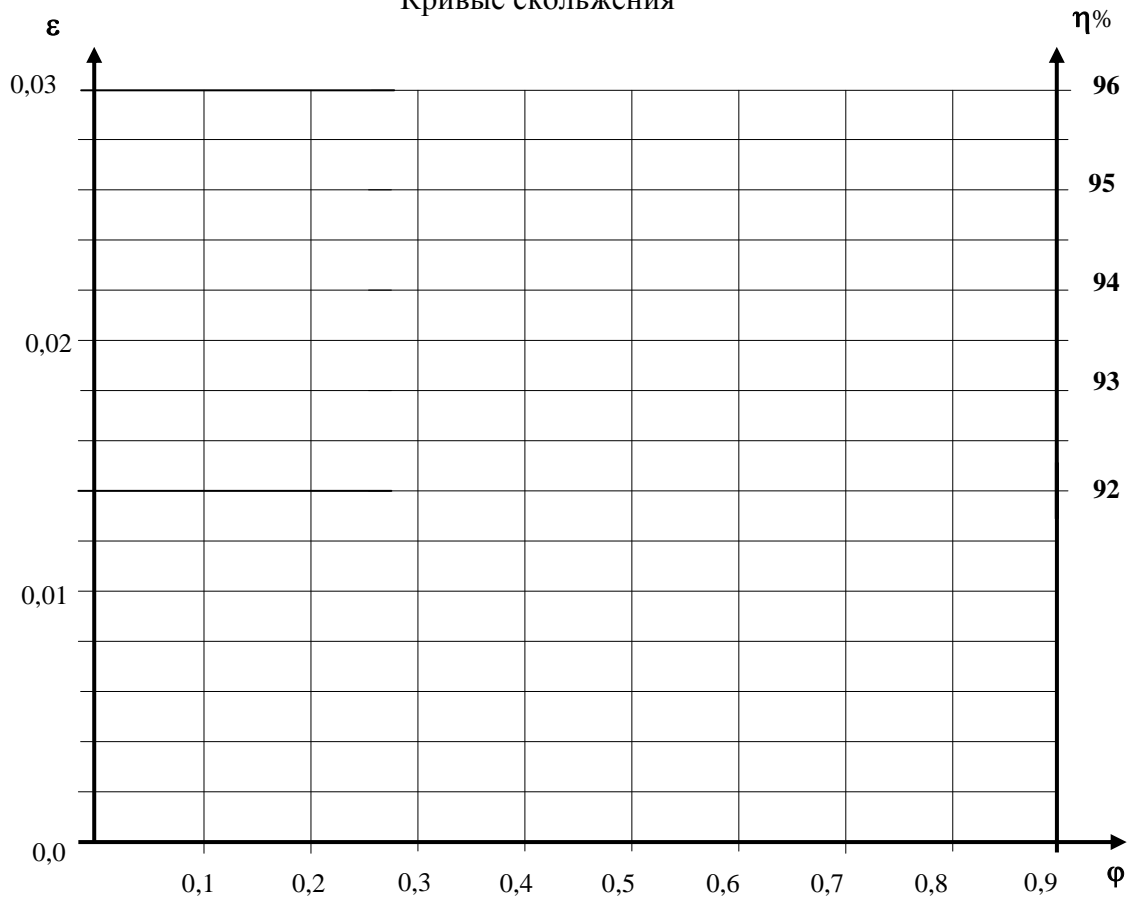
Мощность на ведущем шкиве:

$$P_1 = P_2/\eta =$$

Результаты опыта

№	n_1	n_2	C_K	C_D	T_K	T_D	F_t	φ	ε	η
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Кривые скольжения



"__" "__" 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____