

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

Кафедра «Тракторы, автомобили и техническая механика»

**ЖУРНАЛ**  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «МЕХАНИКА»  
(раздел – детали машин и основы конструирования)

Студента группы \_\_\_\_\_  
факультета механизации

---

Ф. И. О.

201\_\_ - 201\_\_ учебный год

Краснодар - 2013

Афанасьев В.А. Журнал лабораторных работ по курсу «Механика» (раздел – детали машин и основы конструирования). - Краснодар: КубГАУ, 2013. – 23 с.

Журнал лабораторных работ по курсу «Механика» (раздел – детали машин и основы конструирования) предназначен для студентов инженерных специальностей, обучающихся по направлениям подготовки 110800 «Агроинженерия», 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (квалификация (степень) «бакалавр») и 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» (квалификация (степень) «специалист»).

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1**  
**«ИСПЫТАНИЕ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА**  
**СДВИГ»**

Цель работы:

---



---



---



---



---



---



---



---

Таблица 1.1. Параметры болтового соединения

Наименования и обозначения		Размерность	Числовое значение
Наружный диаметр болта		$d, мм$	
Шаг резьбы		$p, мм$	
Внутренний диаметр резьбы		$d_1, мм$	
Средний диаметр резьбы		$d_2, мм$	
Угол подъема резьбы		$\beta, град.$	
Материал болта			
Допускаемое напряжение		$[\sigma_p], МПа$	
Допускаемая сила затяжки		$[P_{зат.}], Н$	
Коэффициент трения	для стыка	$f_c$	
	для резьбы	$f_p$	
	для торца гайки	$f_T$	
Приведенный угол трения для резьбы		$\rho^1, град$	
Диаметр опорной поверхности гайки	наружный	$D, мм$	
	внутренний	$d_0, мм$	
R пр		$, мм$	

Таблица 1.2 Экспериментальное и теоретическое определение силы сдвига  $Q$ , коэффициента трения  $f_c$  и коэффициента запаса сцепления  $K$

Момент завинчивания $T_{зав.}, Нм$	Сила затяжки $P_{зат.}, Н$	Усилие на ключе, $P_{кл}$			Сила сдвига			Коэффициент трения на по- верхностях сты- ков соединяемых деталей ( $K=1$ )		Коэффициент за- паса сцепления, $K = \frac{Q_{\text{Э}}}{Q_T}$		
		Деле- ния инди- като- ра	Дефор- фор- мация, мм	Н	Теоретиче- ская $Q_T, Н$	Экспериментальная $Q_{\text{Э}}, Н$			Частн. значе- ние	Среднее	Частн. значе- ние	Среднее
						В де- лениях	Де- форма- ция, мм	Н				

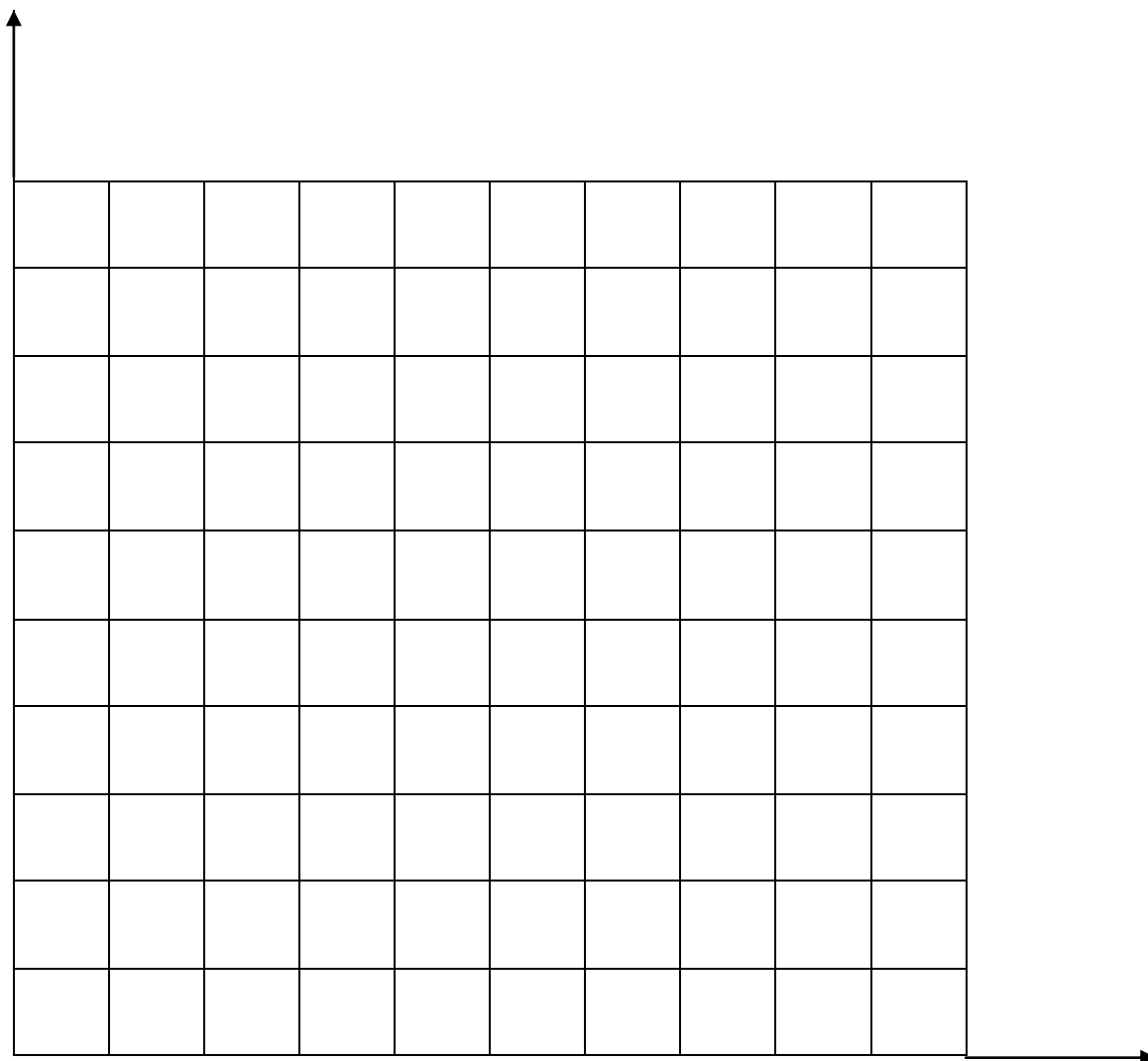


Рисунок 1.1 График зависимостей  $Q_{\Theta} = f(T_{\text{зав}})$ ,  $Q_T = f(T_{\text{зав}})$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
 Работу принял: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2**  
**«СИЛОВЫЕ ЗАВИСИМОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ В**  
**ЗАТЯНУТОМ БОЛТОВОМ СОЕДИНЕНИИ»**

Цель работы:

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

Таблица 2.1. Параметры болтового соединения

Наименования и обозначения		Размерность	Числовое значение
Наружный диаметр болта		$d, \text{мм}$	
Шаг резьбы		$p, \text{мм}$	
Внутренний диаметр резьбы		$d_1, \text{мм}$	
Средний диаметр резьбы		$d_2, \text{мм}$	
Угол подъема резьбы		$\beta, \text{град.}$	
Материал болта			
Допускаемое напряжение		$[\sigma_p], \text{МПа}$	
Допускаемая сила затяжки		$[P_{зат.}], \text{Н}$	
Коэффициент трения	для резьбы	$f_p$	
	для торца гайки	$f_T$	
Приведенный угол трения для резьбы		$\rho^1, \text{град}$	
Диаметр опорной поверхности гайки	наружный	$D, \text{мм}$	
	внутренний	$d_o, \text{мм}$	

Таблица 2.2 Экспериментальное определение моментов на гайке

Сила затяжки болта $P_{зат}$			Моменты $T_{зав}$ на гайке							
В натураль- ных ве- личи- нах, Н	В показа- ниях инди- катора пружины (по тариро- вочному графику, рис 2.5)	Дефор- мация, мм	При затяжке со втулкой – 5 (рис.2)				При затяжке с накладкой – 8 (рис.2.3)			
			Усилие на ключе $Q_{кл}$			Момент сил тре- ния в резьбе $T_p, Н \cdot м$	Усилие на ключе $Q_{кл}$			Момент за- винчивания $T_{зав}, Н \cdot м$
			Деления индикатора	Дефор- мация, мм	Н		Деления индика- тора	Дефор- мация, мм	Н	

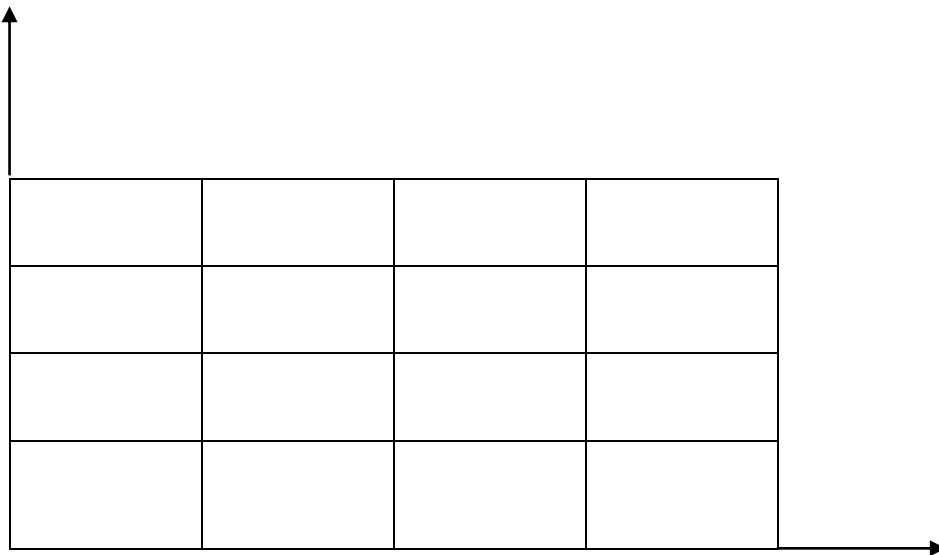


Рисунок 2.1 Графики зависимостей:  $T_{зав} = f(P_{зат})$ ,  $T_p = f(P_{зат})$

Таблица 2.3 Вычисление зависимости отношения  $\frac{\sigma_{\varepsilon}}{\sigma_p}$

$P_{зат}, Н$	Момент в резьбе $T_p, Н \cdot м$	Момент завинчивания $T_{зав}, Н \cdot м$	Момент на торце гайки, $T_T, Н \cdot м$	$\sigma_p = \frac{4P_{зат}}{\pi d_1^2}$	$\tau_{кр} = \frac{T_p}{0,2d_1^3}$	$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau_{кр}^2}$	$\frac{\sigma_{\varepsilon}}{\sigma_p}$



Таблица 2.4 Вычисление действительного коэффициента трения в резьбе и на опорной поверхности гайки

Расчетные зависимости	Силы затяжки $P_{зат}, Н$				Средние значения
$\rho' = \arctg \frac{2T_p}{P_{зат} \cdot d_2} - \beta$					
$\rho = 0,87\rho'$					
$f = \operatorname{tg}\rho$					
$f_T = \frac{4T_T}{P_{зат}(D_1 + d_0)}$					

Таблица 2.5 Отношение силы затяжки болта к усилию на ключе нормальной длины

$P_{зат}, Н$	$Q_{кл} = \frac{T_{зав}}{14d}, Н$	$\frac{P_{зат}}{Q_{кл}}$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3**  
**3. ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**

Цель работы:

---



---



---



---



---



---

Таблица 3.1 Характеристика испытуемого подшипника

Материал трущейся па- ры	Диаметр цапфы <i>d, мм</i>	Длина цапфы <i>ℓ, мм</i>	Среднее давление <i>P, МПа</i>	Допускаемая ча- стота вращения <i>[n], мин<sup>-1</sup></i>

Таблица 3.2 Результаты испытаний подшипника

Радиаль- ная нагрузка <i>R, Н</i>	Угол накло- на вала, град	«СКОРОСТЬ»		«МОМЕНТ»		Коэффици- ент трения, $f = \frac{2T_T}{R \cdot d}$
		Показа- ния при- бора, <i>μА</i>	Частота враще- ния <i>n, мин<sup>-1</sup></i>	Показа- ния при- бора, <i>μА</i>	Частота вращения <i>T<sub>T</sub>, Н · мм</i>	

$f_{пр}; T_T, Н \cdot мм$				
				$n, мин^{-1}$

Рисунок 3.1 График зависимостей  $T_T = F(n); f = F(n)$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 4**  
**«ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ НА УСТАНОВКЕ ДМ-28М»**

Цель работы:

---



---



---



---



---



---

Таблица 4.1 Характеристика испытуемого подшипника

Обозначение подшипника по ГОСТ	Размеры, мм				Шарики		Грузоподъемность ,Н	
	$d$	$D$	$B$	$D_0$	$d_{ш},$ мм	$z,$ шт	$C_n$	$C_o$

Таблица 4.2 Расчет долговечности подшипника

Обозначение подшипника по ГОСТ	$F_n$ ,Н	$P$ , Н	$L$ , млн. оборот	$L_h$ , час	Вывод

Таблица 4.3 Испытания подшипников

Обозначение подшипника по ГОСТ	Радиальная нагрузка, $F_r, Н$	Усилие на динамометрической пружине, $Q=2F_r$			Момент сопротивления вращения всех подшипников, $Н \cdot мм$		
		Н	мм	деление индикатора	$M'_o$	$M'_c$	$M'_R = M'_c - M'_o$
1-я серия испытаний – без заполнения подшипника маслом							
2-я серия испытаний – при заполнении подшипника маслом до центра нижнего шарика							
3-я серия испытаний – при заполнении подшипника маслом до уровня нижней части внутреннего кольца подшипника							

Таблица 4.4 Обработка экспериментальных данных

F <sub>r</sub> , Н	Экспериментальные значения						Теоретические значения		
	M <sub>0</sub> , Н · мм	M <sub>с</sub> , Н · мм	M <sub>R</sub> , Н · мм	f' <sub>np</sub>	μ <sub>np</sub>	f <sub>np</sub>	M <sub>0</sub> , Н · мм	M <sub>с</sub> , Н · мм	M <sub>R</sub> , Н · мм
1-я серия опытов									
2-я серия опытов									
3-я серия опытов									

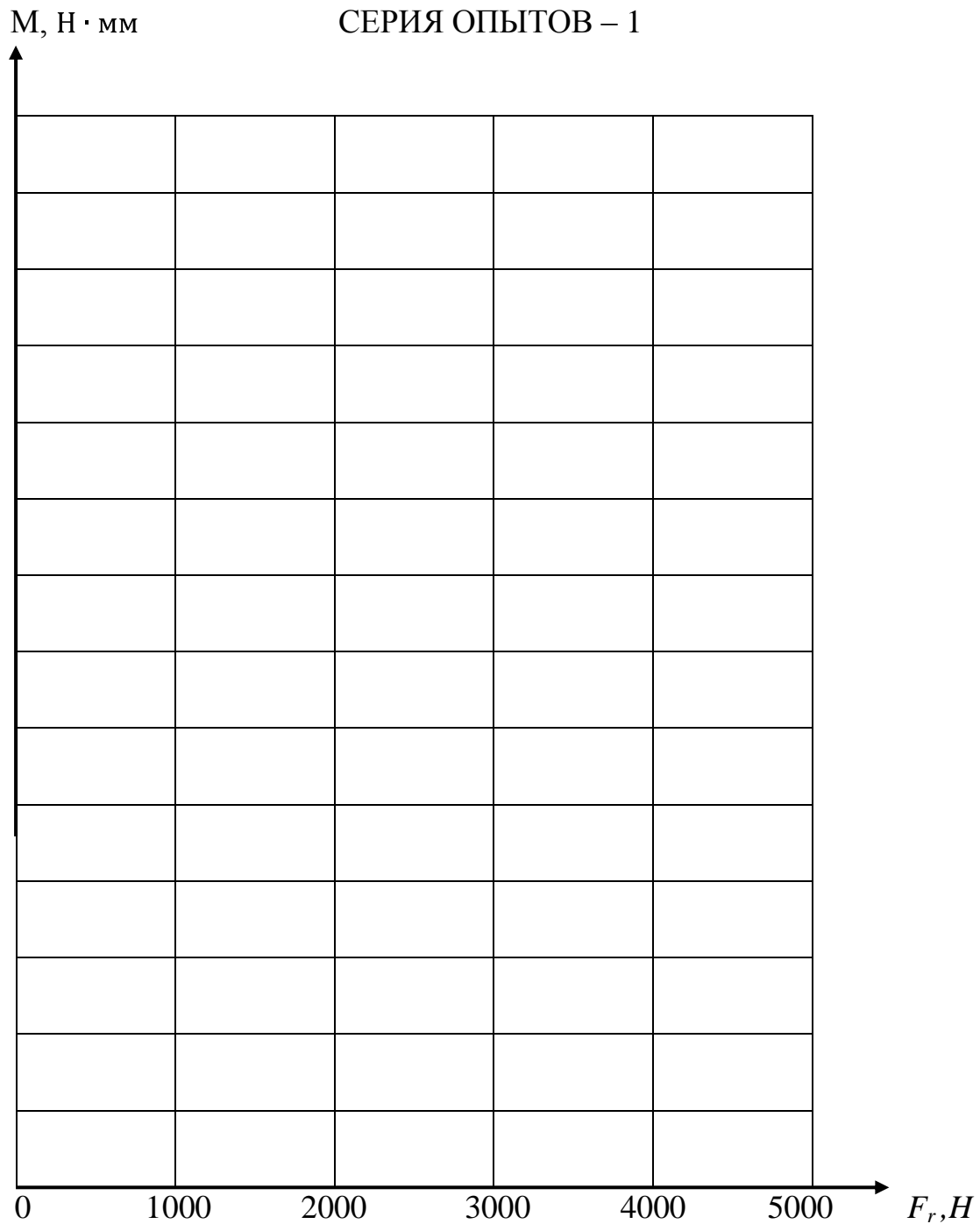


Рисунок 4.1 Графики зависимостей:  
 теоретические  $M_{o_T} = \varphi F_r$  ;  $M_{c_T} = \varphi F_r$  ;  $MR_T = \varphi F_r$  ;  
 экспериментальные  $M_{o_3} = \varphi F_r$  ;  $M_{c_3} = \varphi F_r$  ;  $MR_3 = \varphi F_r$

ВЫВОДЫ:

$M, \text{H} \cdot \text{мм}$

СЕРИЯ ОПЫТОВ – 2

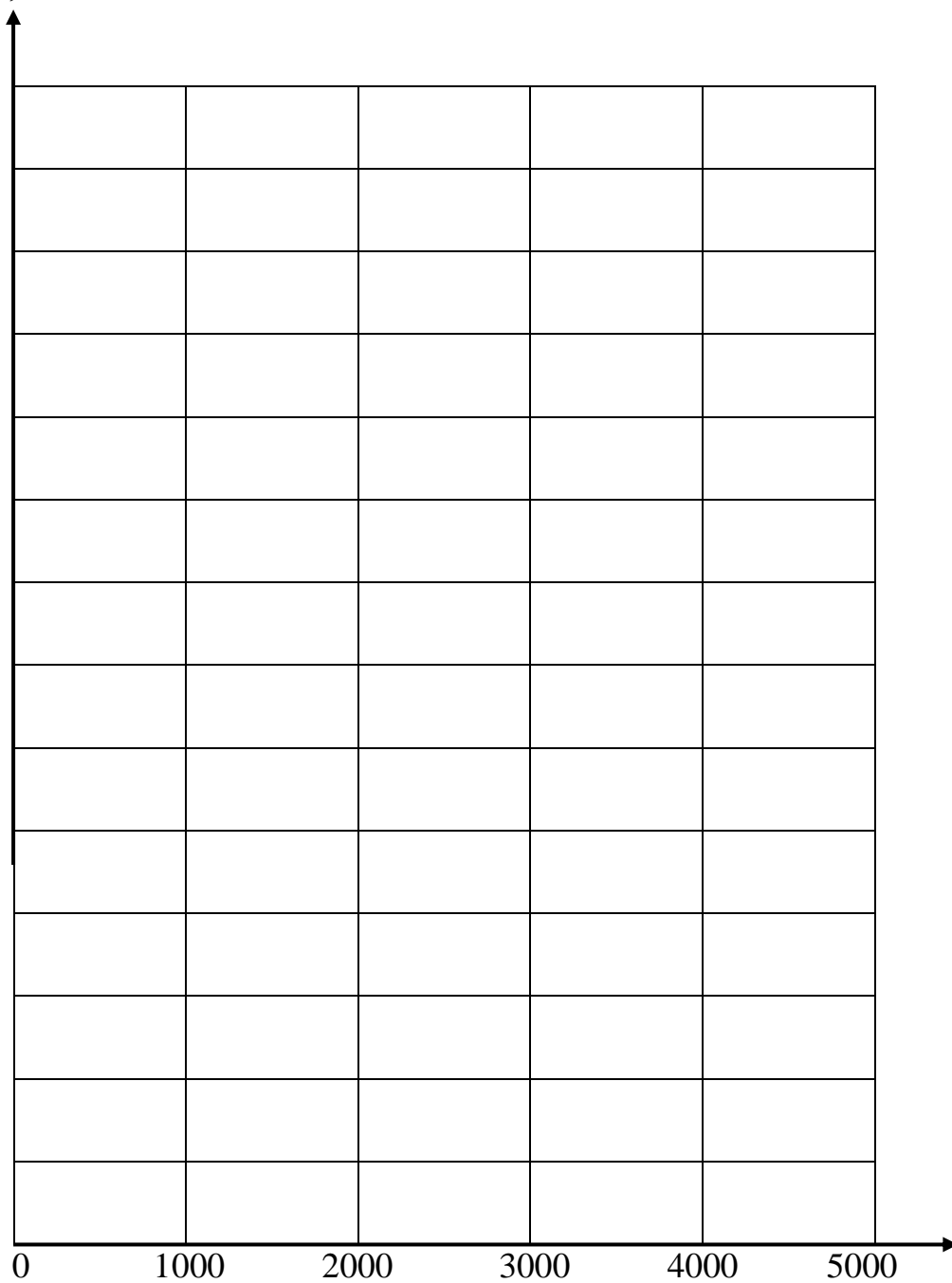


Рисунок 4.2 Графики зависимостей:

теоретические  $M_{o_T} = \varphi F_r$  ;  $M_{c_T} = \varphi F_r$  ;  $MR_T = \varphi F_r$  ;  
экспериментальные  $M_{o_3} = \varphi F_r$  ;  $M_{c_3} = \varphi F_r$  ;  $MR_3 = \varphi F_r$

ВЫВОДЫ:



$M, \text{H} \cdot \text{мм}$

СЕРИЯ ОПЫТОВ – 3

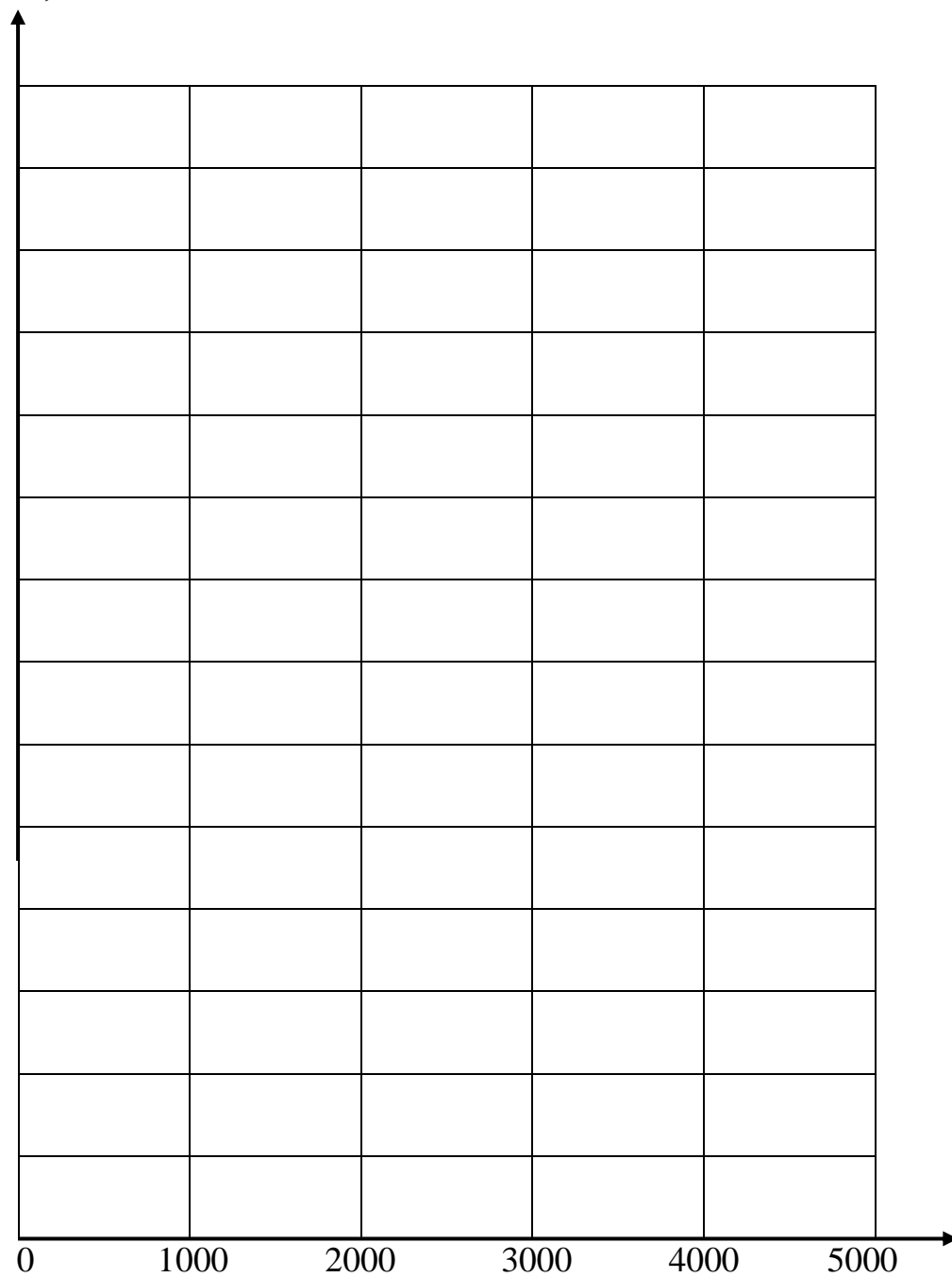


Рисунок 4.3 Графики зависимостей:

теоретические  $M_{oT} = \varphi F_r$  ;  $M_{cT} = \varphi F_r$  ;  $MR_T = \varphi F_r$  ;  
экспериментальные  $M_{o3} = \varphi F_r$  ;  $M_{c3} = \varphi F_r$  ;  $MR_3 = \varphi F_r$

ВЫВОДЫ:

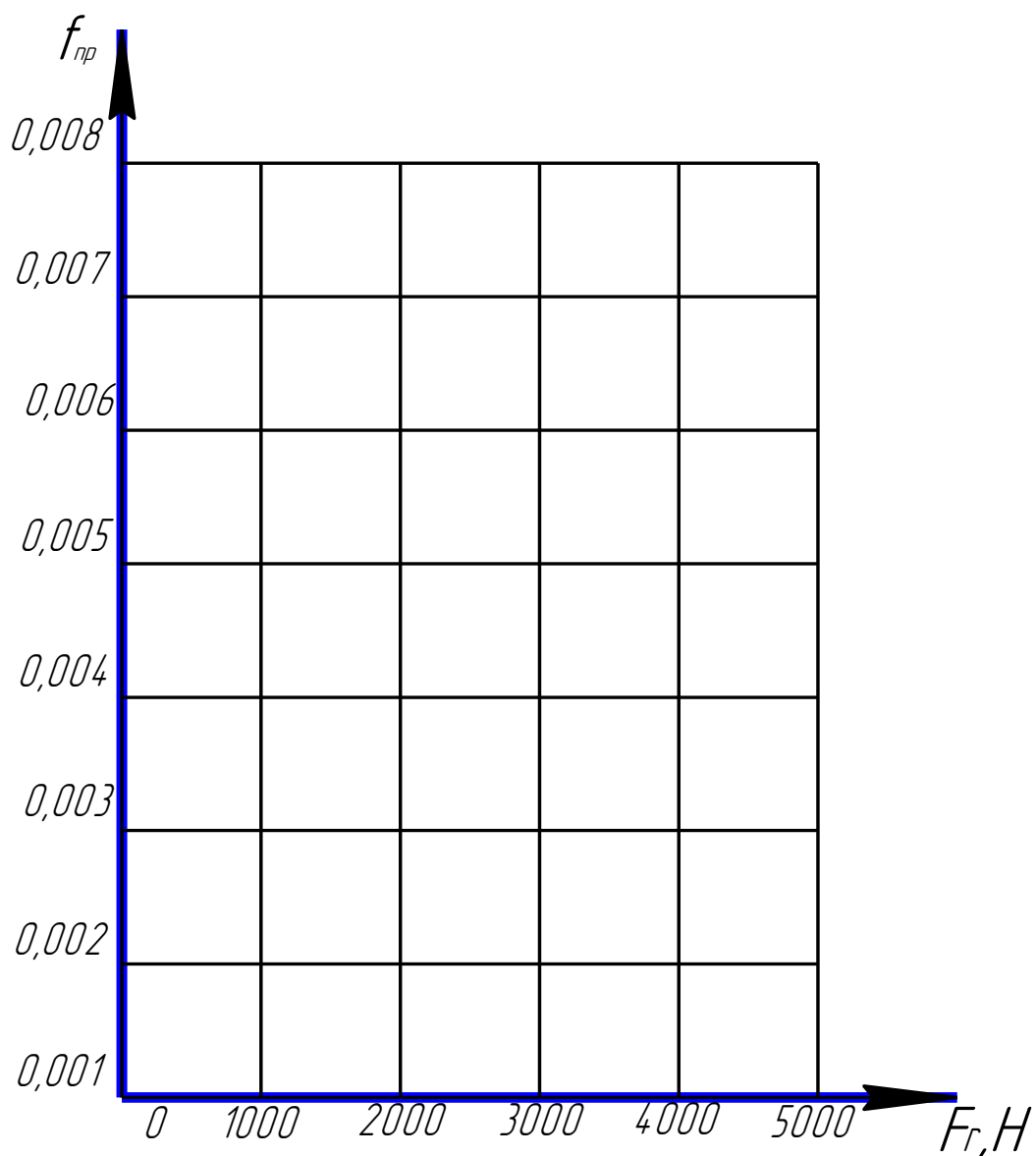


Рисунок 4.4 Графики изменения приведённого коэффициента трения  $f_{np} = \varphi F_r$  по экспериментальным и расчетным теоретическим данным

ВЫВОДЫ:

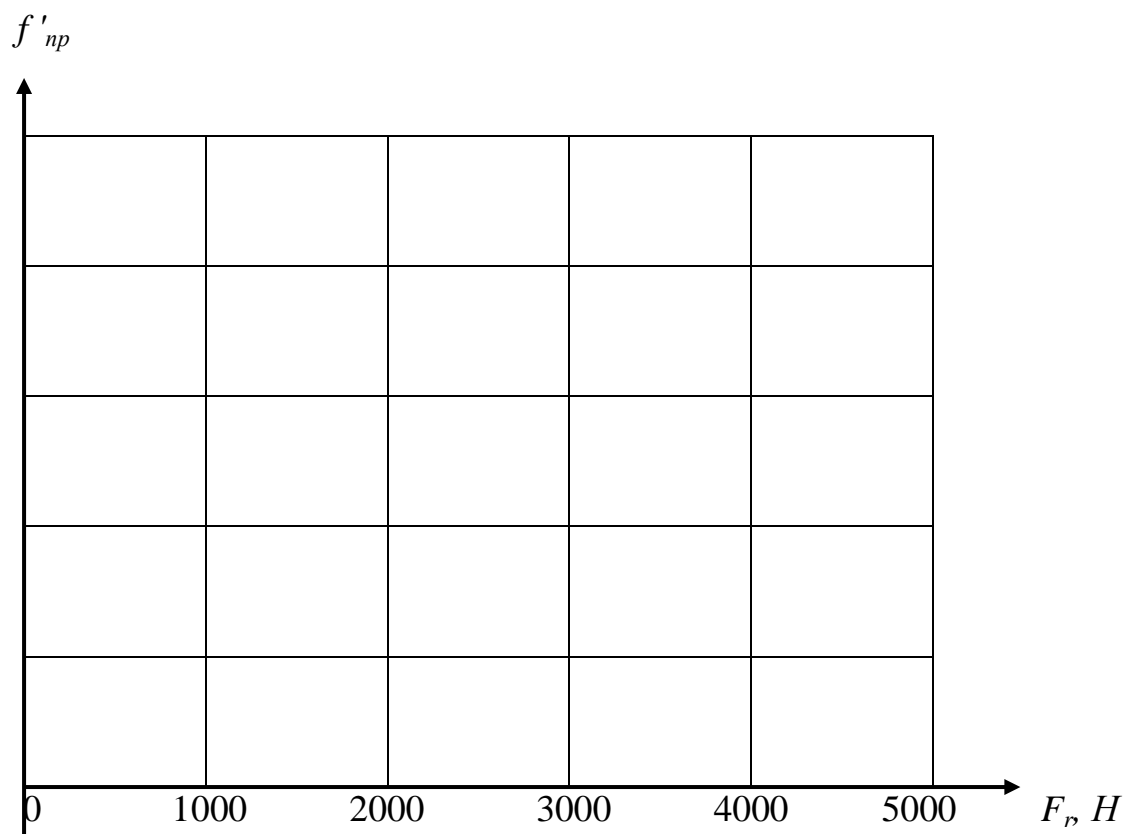


Рисунок 4.5 Графики зависимостей  $f'_{np} = \varphi (F_r)$ , для каждой серии опытов (уровня масла)

ВЫВОДЫ:

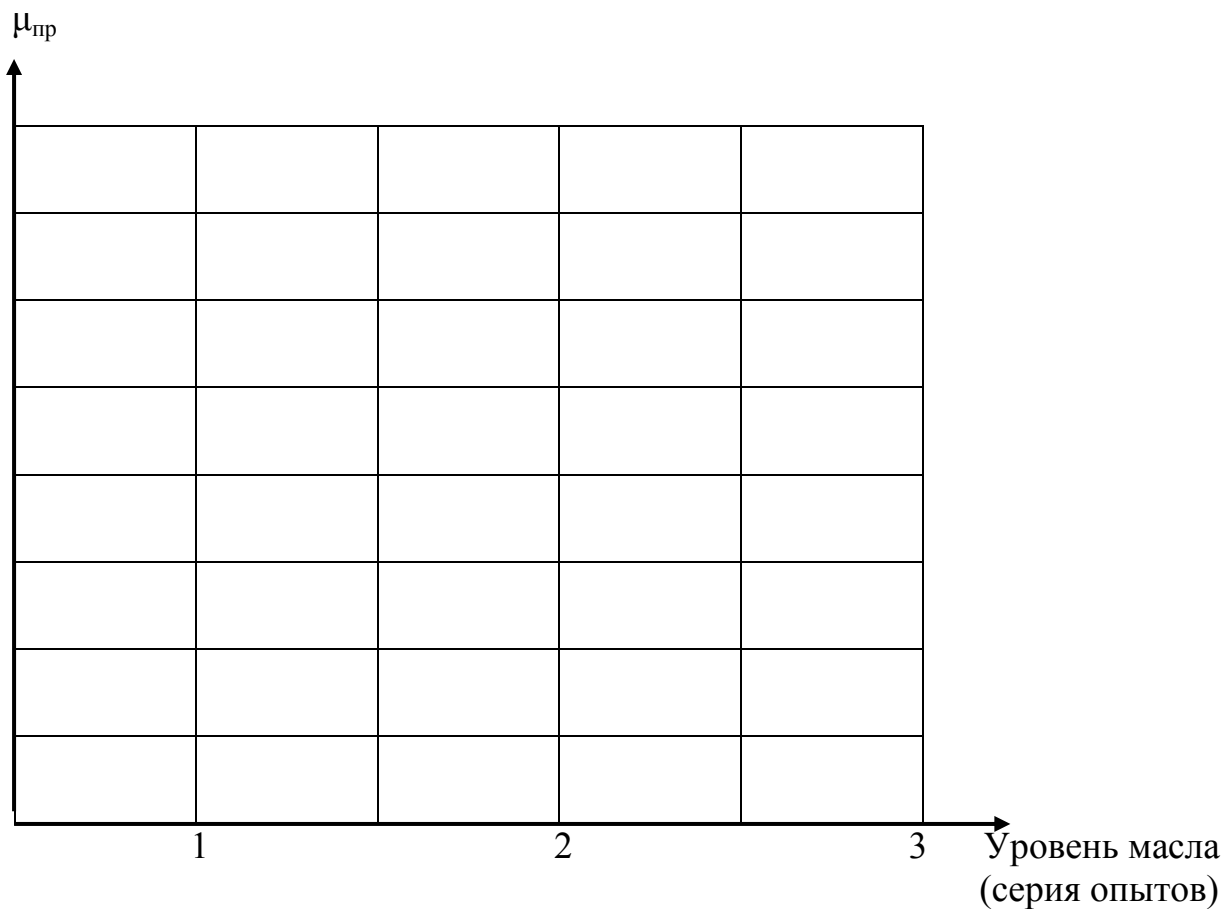


Рисунок 4.6 График изменения приведенного коэффициента трения  $\mu_{пр}$ , постоянного момента потерь подшипника, в зависимости от уровня масла

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---



---

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

## ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5 «ИСПЫТАНИЕ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ»

Цель работы:

---



---



---



---



---

Таблица 5.1 Характеристика испытуемого подшипника

Тип и номер подшипника	Посадочный диаметр внутреннего кольца <i>d, мм</i>	Диаметр шарика <i>d<sub>ш</sub>, мм</i>	Диаметр расположения центров шариков, <i>D<sub>0</sub>, мм</i>	Допускаемая радиальная нагрузка, $[R] = \frac{C}{\frac{1}{L^\alpha}}, Н$

Таблица 5.2 Результаты испытаний подшипника

Радиальная нагрузка <i>R, Н</i>	Угол наклона вала, град	«СКОРОСТЬ»		«МОМЕНТ»		Коэффициент трения, $f_{пр} = \frac{2T_T}{R \cdot d}$
		Показания прибора, <i>μA</i>	Частота вращения <i>n, мин<sup>-1</sup></i>	Показания прибора, <i>μA</i>	Приведенный момент трения <i>T<sub>T</sub>, Н·мм</i>	

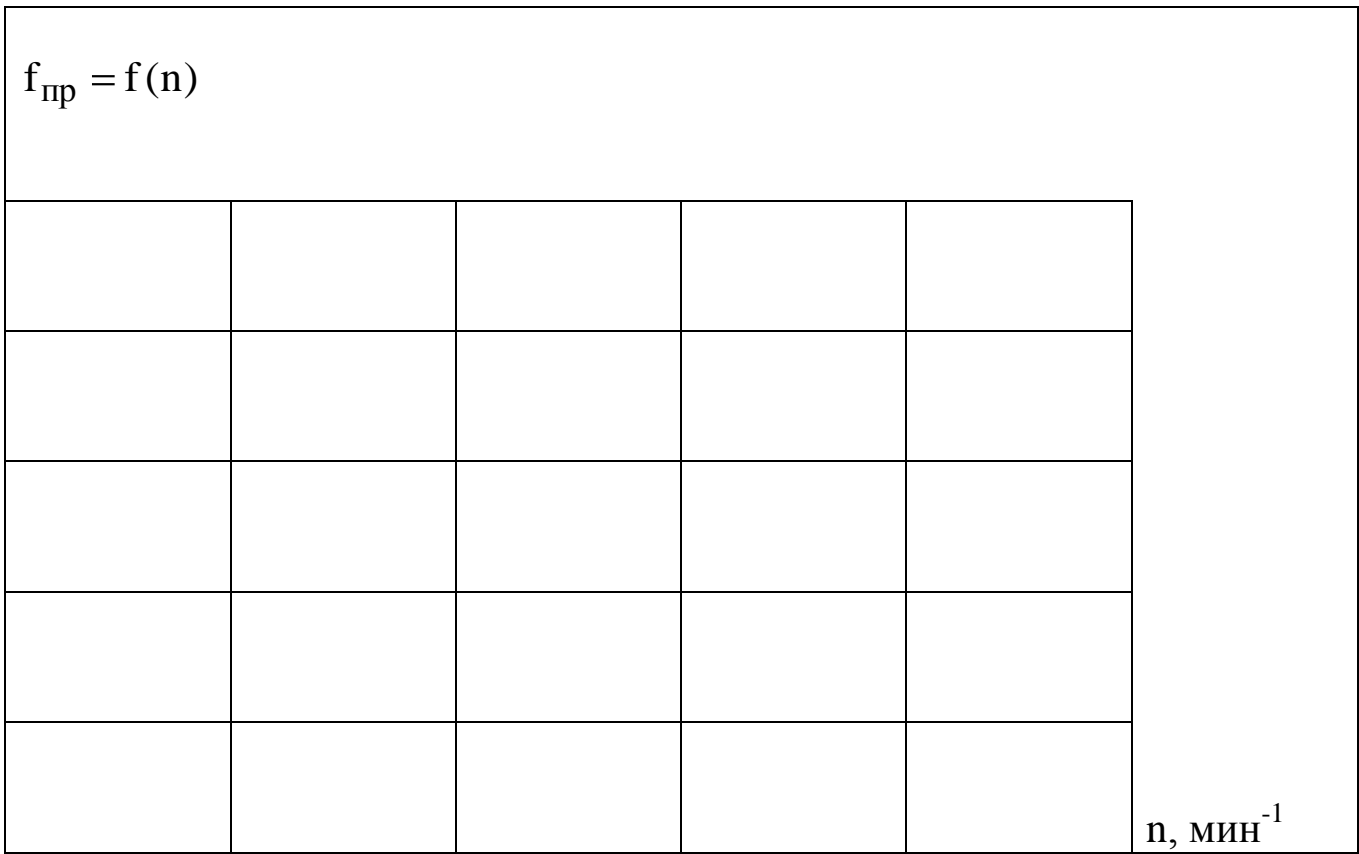


Рисунок 3.1 График зависимостей  $T_T = F(n)$ ;  $f_{\text{пр}} = F(n)$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

Работу принял: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 6**  
**« ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗУБЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА**  
**И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ»**

Цель работы:

---



---



---



---



---



---

Таблица 6.1 Кинематические параметры редуктора

Кинематическая схема редуктора	Число зубьев	Шестерни быстроходной ступени, $Z_1$	
		Колеса быстроходной ступени, $Z_2$	
		Шестерни тихоходной ступени, $Z_3$	
		Колеса тихоходной ступени, $Z_4$	
	Межосевое расстояние	быстроходной ступени $a_{вБ}$	
		тихоходной ступени, $a_{вТ}$	
	Передаточное число	быстроходной ступени $U_Б$	
		тихоходной ступени, $U_Т$	
	Общее передаточное число редуктора, $U_0 = U_Б \cdot U_Т$		

Таблица 6.2 Основные геометрические размеры зубчатых пар

Параметры	Величина
1. Модуль зацепления нормальный, $m_n$ , мм	
2. Модуль зацепления окружной, $m_1$ , мм	
3. Угол наклона зубьев по делительному цилиндру $\beta_v$ , град	
4. Высота зуба, $h$ , мм	
5. Высота головки зуба, $h_a$ , мм	
6. Высота ножки зуба, $h_f$ , мм	
7. Делительные диаметры, мм	$d_1$
	$d_2$
	$d_3$
	$d_4$
8. Коэффициент ширины венца зубчатого колеса	$\Psi^B_{va}$
	$\Psi^T_{va}$
9. Диаметр окружности вершин зубьев, мм	$d_{a1}$
	$d_{a2}$
	$d_{a3}$
	$d_{a4}$
10. Диаметр окружности впадин зубьев, мм	$d_{f1}$
	$d_{f2}$
	$d_{f3}$
	$d_{f4}$
11. Ширина венца зубчатых колес, мм	$b_{w2}$
	$b_{w4}$
12. направление наклона зубьев быстроходной ступени	Шестерни
	Колеса
13. Диаметры входного и выходного концов валов редуктора, мм	$d_{вх}$
	$d_{вых}$

Мощность, передаваемая редуктором

$$P_{вх} = \frac{n_{вх} d_{вх}^3 0,2[\tau]}{9,55 \cdot 10^6} =$$

$$P_{вых} = \frac{n_{вых} d_{вых}^3 0,2[\tau]}{9,55 \cdot 10^6} =$$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

Обозначение изучаемого цилиндрического редуктора в конструкторской документации и при его заказе

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)



**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 7**  
**«РАЗБОРКА И СБОРКА ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»**

Цель работы:

---

---

---

---

---

---

Таблица 7.1 Характеристика червячного редуктора

Кинематическая схема редуктора	Число заходов червяка, $Z_1$	
	Число зубьев червячного колеса, $Z_2$	
	Межосевое расстояние, $a_w$	
	Передаточное число редуктора, $U$	

Таблица 7.2 Геометрические параметры червячной пары

1. Межосевое расстояние, $a_w$ , мм		
2. Передаточное число редуктора, $U$		
3. Модуль зацепления осевой, $m$		
4. Коэффициент диаметра червяка, $q$		
5. Коэффициент смещения (коррекции), $x$		
6. Начальные диаметры	Червяка $d_{w1}$	
	Колеса $d_2=d_{w2}$	
7. Делительные диаметры	Червяка $d_1$	
	Колеса $d_2$	
8. Диаметры окружностей вершин зубьев	Червяка $d_{a1}$	
	Колеса $d_{a2}$	
9. Диаметр окружностей впадин зубьев	Червяка $d_{f1}$	
	Колеса $d_{f2}$	
10. Высота головок зубьев, $h_a$ , мм		
11. Высота ножек зубьев, $h_f$ , мм		
12. Высота витков червяка, $h$ , мм		
13. Угол подъема витков червяка, $\lambda$ , град		

Мощность, передаваемая редуктором

$$P_{ВХ} = \frac{n_{ВХ} d_{ВХ}^3 0,2[\tau]}{9,55 \cdot 10^6} =$$

$$P_{ВЫХ} = \frac{n_{ВЫХ} d_{ВЫХ}^3 0,2[\tau]}{9,55 \cdot 10^6} =$$

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Обозначение изучаемого цилиндрического редуктора в конструкторской документации и при его заказе

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 8**  
**«ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОСКОРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ»**

Цель работы:

---

---

---

---

---

---

E, η				
				φ, °

Рисунок 8.1 График зависимостей  
 $E = f(\varphi)$ ,                       $\eta = f(\varphi)$

Таблица 8.1 Результаты обработки экспериментальных данных

Степень нагрузки	Крутящие моменты на валах				Окружное усилие $F_t, Н$	Частота вращения шкивов				Значения измеряемых величин		
	Т2		Т1			$C_1,$ <i>имп.</i>	$C_2,$ <i>имп.</i>	$n_1,$ <i>мин<sup>-1</sup></i>	$n_2,$ <i>мин<sup>-1</sup></i>	$\varepsilon$	$\eta, \%$	$\varphi$
	В едини- цах при- бора (дел.)	Н.м	В едини- цах при- бора (дел.)	Н.м								

ВЫВОДЫ: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )      Работу принял: \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )

## ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 9 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»

Цель работы:

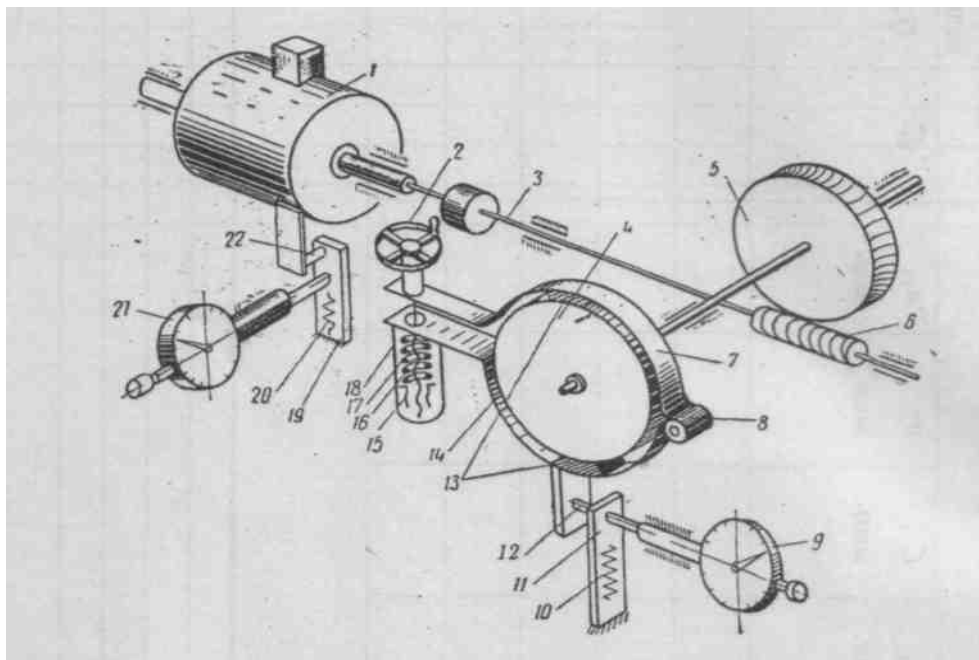


Рисунок 9.1 Схема установки

### Основные параметры

Тип редуктора:

Передаточное число:

Число заходов червяка:

Число зубьев червячного колеса:

Модуль зацепления:

Коэффициент диаметра червяка:

Угол подъема винтовой

линии червяка:

Материал: червяка –

червячного колеса –

Характеристика электродвигателя:

Тип электродвигателя:

Мощность:

Номинальная частота вращения:

Таблица 9.1 Тарировка датчика индикатора реактивного момента статора электродвигателя

Номер измерения (ступени нагружения)	Вес груза, G, Н	Плечо L, м	Момент, T <sub>1</sub> , Н.м	Деформация пружины, Δl (делений индикатора)
	2 Н			

Таблица 9.2 Тарировка датчика индикатора тормозного момента

Номер измерения (ступени нагружения)	Вес груза, G, Н	Плечо L, м	Момент, T <sub>1</sub> , Н.м	Деформация пружины, Δl (делений индикатора)
	20 Н			

Таблица 9.3 Определение экспериментального значения к.п.д. редуктора

Определяемые величины		Обозначение	Ступени нагружения				
			1	2	3	4	5
Двигатель	Показание индикатора (делений)	$n_1$					
	Реактивный момент, Н.м	$T_1$					
	Момент, приведенный к тормозу, Н.м	$T_2 = T_1 U$					
Тормоз	Показание индикатора (делений)	$n_2$					
	Тормозной момент, Н.м	$T_2$					
	К.п.д. редуктора	$\eta_{\Sigma}$					
Частота вращения ротора двигателя, МИН <sup>-1</sup>		$n_{\partial в}$					
Нагрузочная мощность электродвигателя, кВт		$P_{\partial в}$					
Нагрузочная мощность тормоза, кВт		$P_T$					

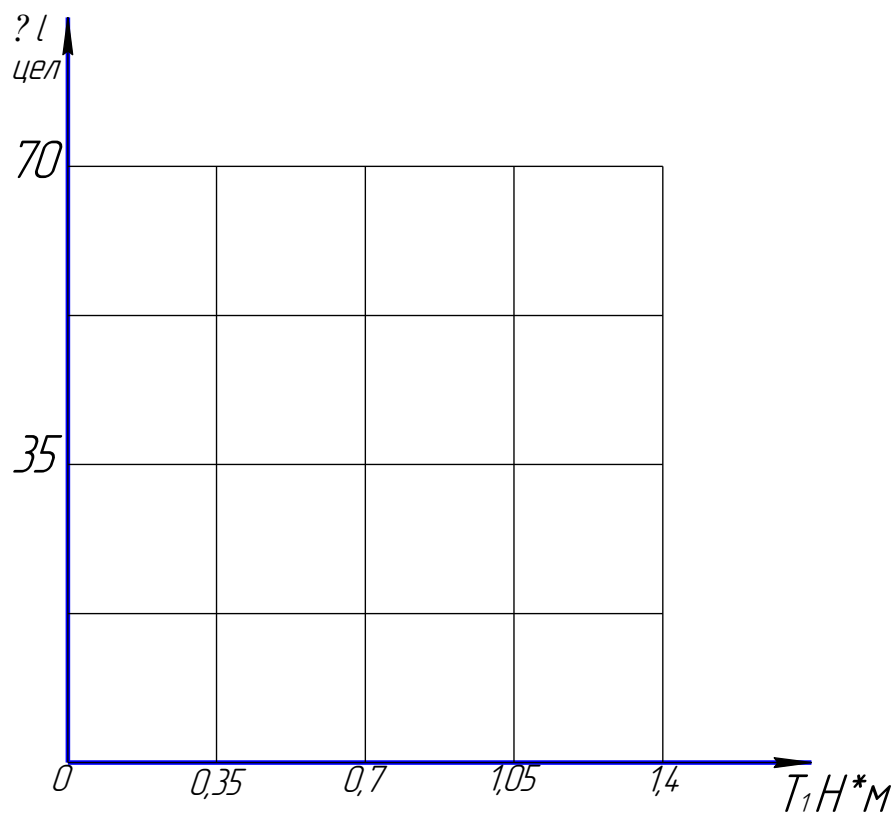


Рисунок 9.1 Тарировочный график реактивного момента статора электродвигателя  $T_1 = f \Delta l$

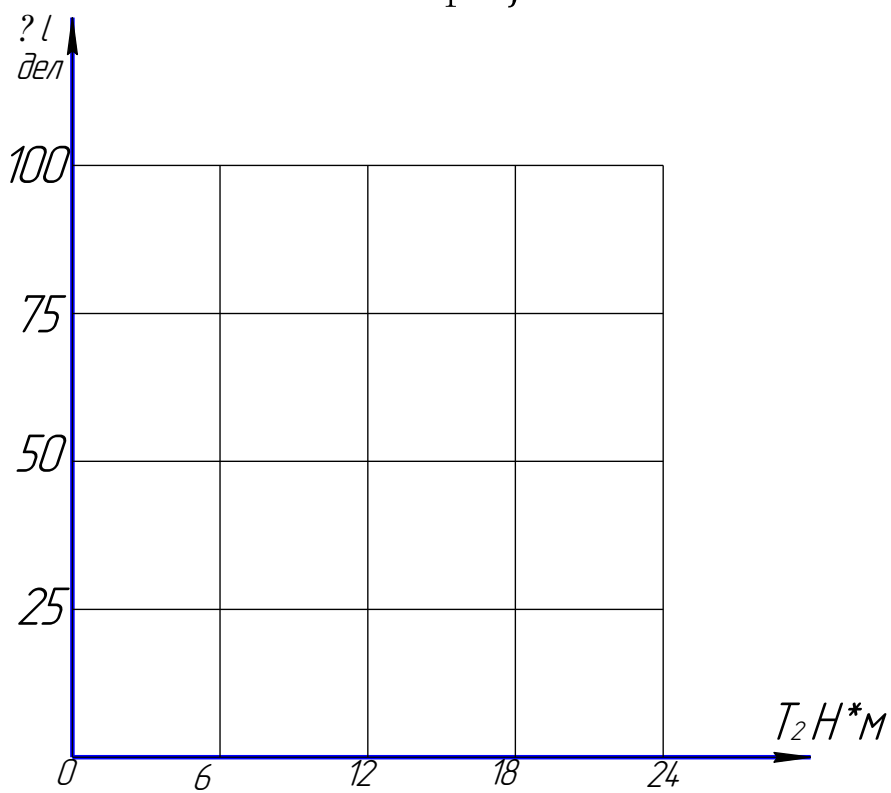


Рисунок 9.2 Тарировочный график тормозного момента на выходном валу редуктора  $T_1 = f \Delta l$

Определение теоретического значения к.п.д. червячной передачи.

Определение экспериментальных значений к.п.д. червячной передачи.

Определение значений нагрузочной мощности электродвигателя и тормоза.

ВЫВОД: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Работу выполнил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Работу принял: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)