

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович  
Должность: Врио ректора  
Дата подписания: 03.06.2022 14:05:20  
Уникальный идентификатор:  
777029a1882856141bfb9e7155ff0a3c8b6edae59a

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Дагестанский государственный технический университет

(ДГТУ)

Филиал в г. Дербенте

Кафедра «ЕГО и СД»

**Учебно-методические указания**  
к выполнению лабораторных работ по  
дисциплине: "Техническая механика»  
для студентов направления подготовка бакалавров 08.03.01  
« Промышленное и гражданское строительство)"

Дербент 2021

УДК 624.04  
ББК 38.05.121 С64

Учебно-методические указания к выполнению лабораторных работ по технической механике для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01 Промышленное, гражданское строительство, Махачкала, ИПЦ ДГТУ, 2021г. – 28 с.

Составитель: Ганиев А.С., к.ф.-м.н., ст. преподаватель

Рецензенты: 1 Эмирбеков Э.Т., к.ф.-м.н. ст. преподаватель ДГТУ ФД кафедры ЕГО и СД.

2 Гасанов В.М., к.т.н., ст. преподаватель КЭ и П

#### АННОТАЦИЯ:

Учебно-методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Техническая механика» для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 Промышленное, гражданское строительство. Разработаны в соответствии с ФГОС и рабочими программами дисциплины по данным специальностям. Учебно-методические указания содержат 28 страниц, 9 лабораторных работ. Содержат требования по оформлению, краткие сведения из теории, порядок выполнения работ и вопросы для контроля знаний. Направлены на формирование практических навыков и самостоятельной работы студентов.

Рекомендуется для специальностей технического профиля.

Рег. № \_\_\_\_\_

Печатается по решению Ученого совета ДГТУ  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

## Содержание

1. Пояснительная записка .....	3
2. Введение.....	4
3. Правила выполнения лабораторных работ.....	6
4. Требования к оформлению лабораторных работ.....	7
<i>5. Лабораторная работа №1</i>	
Испытание материалов на растяжение.....	9
<i>6. Лабораторная работа №2</i>	
Испытание материала на сжатие.....	12
<i>7. Лабораторная работа №3</i>	
Испытание материала на срез.....	14
<i>8. Лабораторная работа №4</i>	
Испытание материалов на кручение.....	16
<i>9. Лабораторная работа №5</i>	
Испытание винтовой цилиндрической пружины.....	18
<i>10. Лабораторная работа №6</i>	
Испытание двухопорных балок на изгиб.....	20
<i>11. Лабораторная работа № 7.</i>	
Цилиндрические редукторы.....	22
<i>12. Лабораторная работа № 8</i>	
Червячные редукторы.....	24
<i>13. Лабораторная работа № 9.</i>	
Расчет привода рабочей машины.....	26
<i>14. Литература.....</i>	<i>28</i>

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Лабораторные работы являются важным этапом учебного процесса, совершенствующим теоретическую и практическую подготовку будущего специалиста. Лабораторные работы по технической механике позволяют глубже и полнее сформировать умения: рассчитывать параметры электрических элементов механических систем; проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц.

Они проводятся параллельно с изучением теоретического материала.

Как показывает практика, использование лабораторных занятий является эффективным средством формирования не только интеллектуальных способностей, но и развития познавательной активности студентов, что в свою очередь является одним из показателей социально-профессиональной мобильности студентов.

При проведении практических занятий необходимо учитывать:

- наличие конспекта лекций;
- умение выполнять эскизы;
- теоретические знания студентов

Каждая лабораторная работа содержит теоретические сведения, задание для самостоятельной работы студентов.

## ВВЕДЕНИЕ

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования Российской Федерации, формирующий требования подготовки бакалавров, включает в обязательный минимум изучения дисциплины «Техническая механика» выполнение пяти – восьми лабораторных работ, основная часть которых приходится на раздел «Сопротивление материалов». В них излагаются методы определения механических свойств материалов при статических нагрузках.

Однако, изучение полного курса технической механики невозможно без включения лабораторных работ по теоретической механике и деталям машин.

В методических указаниях предложены 6 тем лабораторных работ, из них четыре по сопротивлению материалов и две по деталям машин. Пособие приведено в соответствие с существующими стандартами, а буквенные обозначения физических величин соответствуют Международному стандарту.

При проведении лабораторных работ используются следующие обозначения физических величин:

$A$  – площадь поперечного сечения бруса;

$f$  – коэффициент трения скольжения;

$k$  – коэффициент трения качения;

$X_{Ск}, Y_{Ск}$  – координаты центров тяжести фигур, составляющих сечение;

$X_C, Y_C$  – координаты центра тяжести сечения;

$P$  – мощность;

$F$  – сосредоточенная сила;

$M$  – сосредоточенный момент пары сил;

$Q_y, Q_z$  – поперечные силы, направленные вдоль осей  $y, z$ ;

$M_k$  – крутящий момент в поперечном сечении бруса;

$M_i$  – изгибающий момент в поперечном сечении бруса;

$T_n$  – нормальное напряжение (общее обозначение);

$T_k$  – касательное напряжение (общее обозначение);

$T_{см}$  – нормальное напряжение при смятии;

$[\sigma]$ ,  $[\tau]$  – допускаемые нормальное и касательное напряжения;

$\Delta l$  – абсолютное удлинение (абсолютная линейная деформация);

– относительное удлинение (относительная линейная деформация);

$\gamma$  – угол сдвига (относительная угловая деформация);

$E$  – модуль упругости первого рода (модуль Юнга)

$G$  – модуль упругости при сдвиге (модуль упругости второго рода);

– коэффициент Пуассона;

$\delta$  – перемещение сечения бруса при растяжении или сжатии;

$\varphi$  – угол поворота поперечного сечения при кручении;

$\theta$  – угол поворота поперечного сечения балки при изгибе;

$S_x$ ,  $S_y$  – статические моменты сечения относительно осей  $x$ ,  $y$ ;

$J_y$ ,  $J_z$  – моменты инерции сечения относительно осей  $y$ ,  $z$ ;

$W_y$ ,  $W_z$ ,  $W_p$  – осевые и полярный моменты сопротивления сечения

$F_{кр}$  – критическая сила;

$\sigma_{кр}$  – критическое напряжение;

$\lambda$  – гибкость стержня;

$a_w$  – межосевое расстояние зубчатых и червячных передач;

$d_1$ ,  $d_2$  – диаметры делительных окружностей шестерни и колеса;

$d_{a1}$ ,  $d_{a2}$  – диаметры окружностей выступов шестерни и колеса;

$d_{f1}$ ,  $d_{f2}$  – диаметры окружностей впадин шестерни и колеса;

$b_1$  – ширина шестерни;

$b_2$  – ширина зубчатого колеса

Примечание. В лабораторных работах могут быть использованы также и другие обозначения и символы, пояснение которых приводится в тексте.

## **ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Лабораторные работы состоят из теоретической и практической частей. Теоретическая часть включает знакомство с нужной темой, изучение соответствующих законов, теорем, следствий и формул, а также обработку результатов экспериментальных исследований. Работы проводятся в кабинете технической механики под руководством преподавателя.

Практическая часть заключается в изучении устройства и принципа действия машины, приспособления или прибора, на котором проводится работа, испытании образца, записи характеристик до и после проведения эксперимента, а также предварительной их обработки. Работы проводятся в лаборатории технической механики, где размещены испытательные машины, приборы, измерительные инструменты и другие приспособления и принадлежности.

Перед началом очередной работы студенты знакомятся с устройством, принципом работы испытательной машины, порядком, правилами и методами проведения испытаний.

Экспериментальная часть работы выполняется под руководством преподавателя.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. Ознакомиться с теорией, хорошо знать цель проведения работы, понять устройство и принцип действия испытательных машин, устройств и приборов, применяемых в данной работе, определить последовательность проведения испытаний.
2. Подготовить бланк отчета, в котором:
  - написать название и цель выполняемой работы;
  - указать название испытательной машины, дополнительного устройства, измерительных инструментов и приборов, цену деления измерительных шкал;
  - начертить таблицы для записей измерений.
3. Выполнить эскизы образцов и проставить на них требуемые размеры.

4. Внимательно изучить контрольные вопросы и подготовить ответы.
5. Приступить к выполнению экспериментальной части работы под руководством преподавателя.
6. После проведения испытаний провести обработку полученных данных, выполнить необходимые расчеты, результаты занести в таблицу.
7. Предъявить преподавателю отчет по выполненной работе и получить зачет.

При подготовке и выполнении лабораторной работы студент должен:

- быть готовым к проведению лабораторной работы, т. е. знать краткую теорию, законы и формулы, указанные в описаниях соответствующих работ;
- строго выполнять правила техники безопасности, обо всех неисправностях сразу докладывать преподавателю;
- иметь тетрадь в клетку, ручку, калькулятор, карандаш и линейку.

#### **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Отчет о проделанной работе может быть представлен в рукописном варианте.

Не допускается сокращение обозначений физических величин, если они употребляются без цифр, а также слов, кроме установленных правилами русской орфографии, применение индексов стандартов (ГОСТ) без регистрационного номера.

Значения символов, числовых коэффициентов, входящих в формулу, записываются непосредственно под формулой.

Единицы измерения физических величин одного параметра должны быть постоянными.

Все формулы нумеруются арабскими цифрами в пределах одной лабораторной работы.

Оформление лабораторной работы и ее защита проводятся студентами в кабинете технической механики за счет отведенного учебного времени.

При необходимости окончательное оформление лабораторной работы может быть выполнено дома за счет времени, отводимого на самостоятельную работу. В этом случае защита работы проводится на консультации.

Оценка («зачтено» или «не зачтено») выставляется преподавателем после проверки содержания лабораторной работы и ответов на вопросы. В случае получения оценки «не зачтено» студент переделывает работу во внеурочное время. Работа считается выполненной только после получения оценки «зачтено».

Если студент пропустил выполнение лабораторной работы, ему назначается дополнительное внеурочное время для выполнения этой работы.

При невыполненных лабораторных работах по окончании семестра студент не допускается к получению зачета или сдаче экзамена по технической механике.

## **Лабораторная работа №1.**

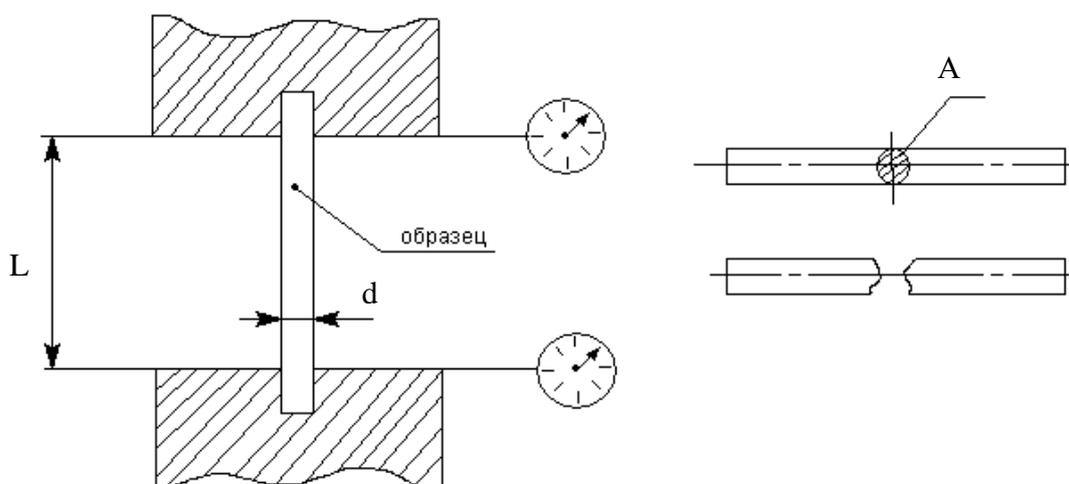
### **Тема: испытание материалов на растяжение**

- Цель работы:**
1. Изучить поведение материала при растяжении до разрушения.
  2. Получить диаграмму растяжения, установить механические характеристики материала образца, предел прочности, предел текучести, остаточное относительное удлинение при разрыве.

- Оборудование:**
1. Разрывная машина РМП – 100
  2. Набор образцов
  3. Штангель - циркуль

### **Порядок выполнения работы**

1. Образец укрепить в захватах машины.
2. Штангель- циркулем измерить длину образца.
3. Включить машину.
4. В процессе испытания образца записывать показания приборов, измеряющих величину силы нагружения и удлинения образца.
5. В момент разрыва образца выключить машину.
6. Измерить длину образца после разрыва и диаметр в месте сужения.
7. Данные наблюдений и измерений записать в таблицу.
8. Построить диаграмму растяжения.



### Размер образцов.

Материал	Начальный диаметр мм.	Начальная длина мм.	Площадь сечения мм. А
Сталь	0,5	130	0,19
Алюминий	1,6	150	2,01 мм <sup>2</sup>

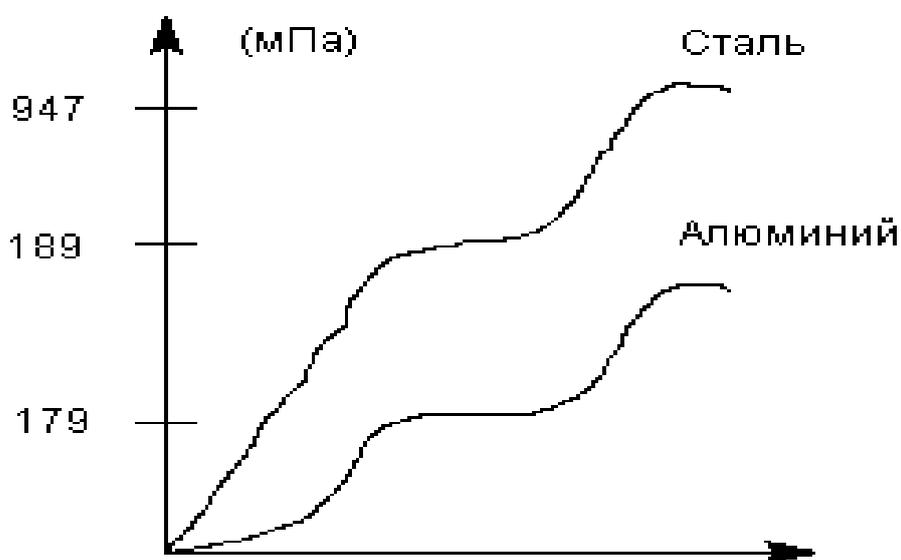
### Расчетные формулы:

1. Площадь поперечного сечения  $A_0 = \pi d^2 / 4$ ;
2. Предел прочности:  $\delta_{пл} = F_{пл.} / A_0$ . Где  $F_{пл.}$  – нагрузка, соответствующая пределу прочности.
3. Предел текучести:  $\delta_T = F_T / A_0$ . Где  $F_T$  – нагрузка, соответствующая пределу текучести.
4. Относительное удлинение:  $\xi = (L - L_0 / L) * 100\%$

**Таблица результатов.**

№	Материал образца	Нагрузка при текучести	Нагрузка при разрыве.	Абсолютное удлинение	Предел текучести.	Предел прочности	Относительное удлинение.
1	Сталь	180	200	8	947	1052	6,2
2	Алюминий	360	380	9	179	189	6

5. Диаграмма растяжения:



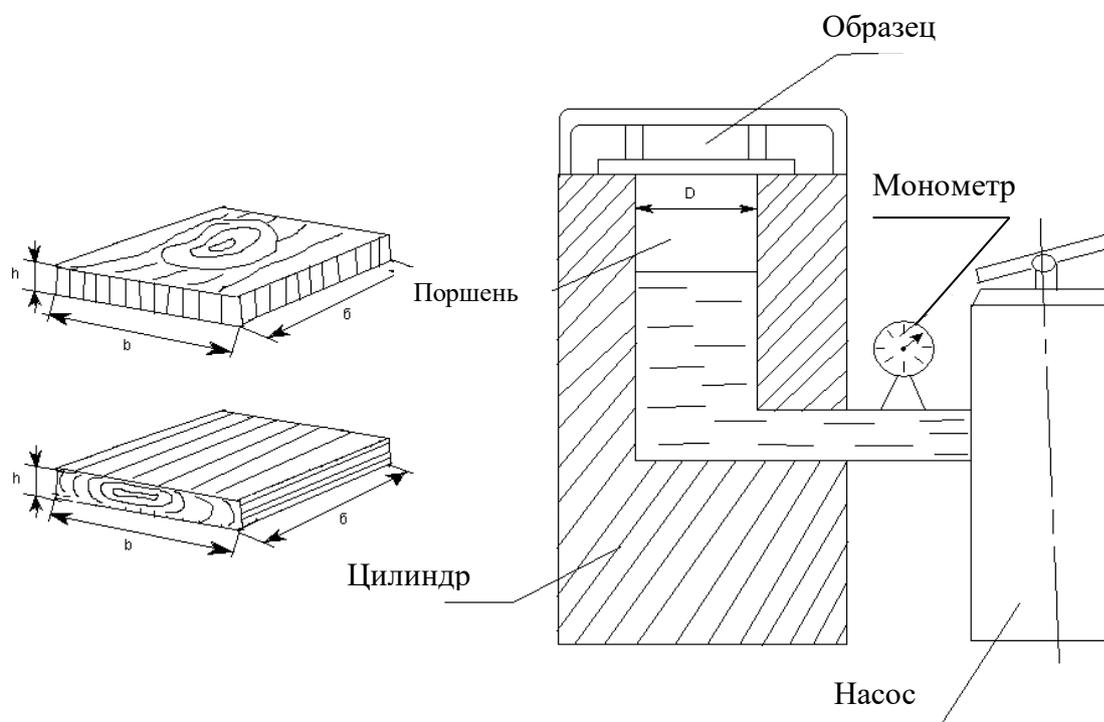
Вывод с предельной работы.

**Вывод:** диаграмма растяжения (зависимость напряжения от абсолютного удлинения) показывает, что стальной образец прочнее чем алюминиевый. Можно наблюдать в разрывной машине пределы прочности и текучести для испытуемых материалов.

## Лабораторная работа №2.

**Тема:** испытание материала на сжатие.

**Цель:** определить предел прочности дерева поперек и вдоль волокон.



**Таблица измерения.**

Размер образца.	Вдоль волокон.	Поперек волокон.
$h$	12 мм	13 мм
$b$	11	15
$\delta$	11	11
$A$	$121 \text{ мм}^2$	$165 \text{ мм}^2$

Пусть:

$$P=20 \text{ кг/см}^2$$

$$F=PA_{\text{порш}} d$$

$$A_{\text{порш}} = \pi Dn^2/4=3.14*40^2/4=12.56\text{см}^2$$

$$F=20*12.56*10=2512\text{Н}$$

Для  $P=5\text{кг/см}^2$

$$\delta = F/A = \begin{array}{|l} 2512/121 \\ 628/165 \end{array}$$

**Таблица испытаний.**

<b>Вид испытаний</b>	<b>Давление по манометру</b>	<b>Разрушающая сила</b>	<b>Предел прочности</b>
Вдоль волокон	20	2512Н	20,8МПа
Поперек волокон	5	628Н	3,8МПа

**Расчетные формулы:**

1. Площадь сечения образца  $A=b*\delta$
2. Разрушающая сила  $F_{max} = P*A_n *10$  (Н)
3. Площадь поршня  $A_n = \pi D^2/4$
4. Предел прочности  $\delta_b = F_{max} / A$

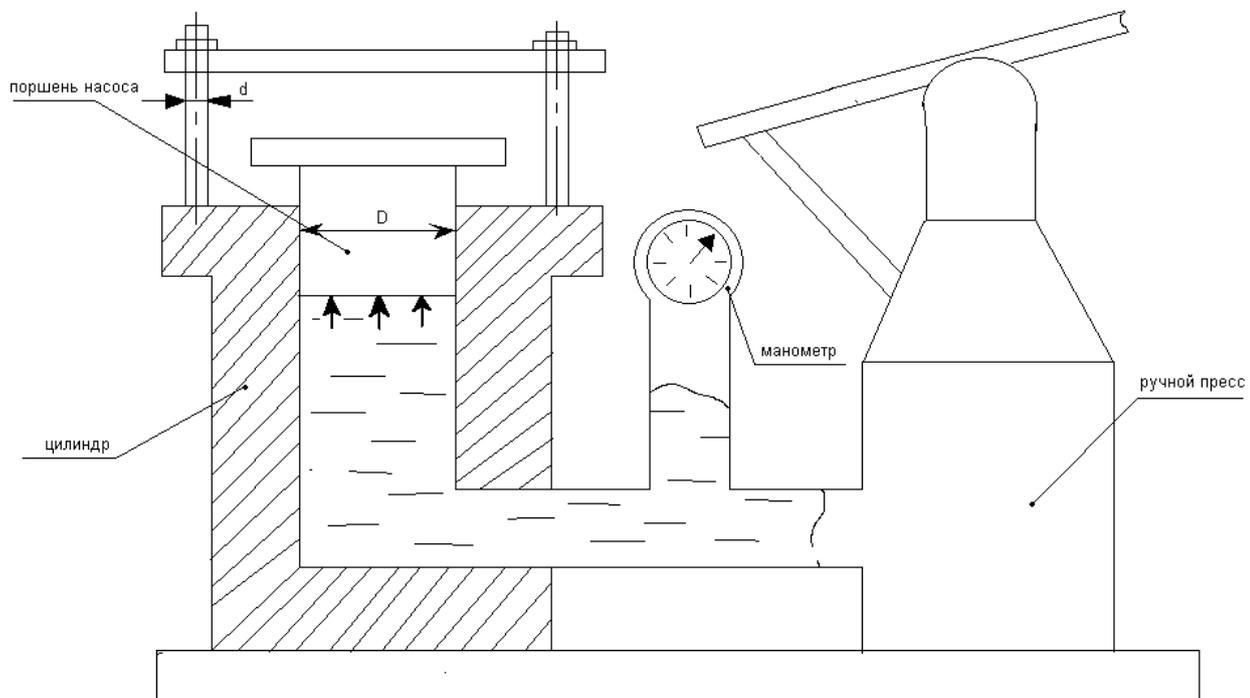
**Вывод:** Предел прочности для образца поперек волокон составляет 3,8МПа, а вдоль 20,8МПа. Вид дерева можно узнать по табличному значению 12,3МПа.



### Таблица испытаний.

№ образца материала	Р манометра	Срывающая сила	Предел прочности
№1	3	377	106,9МПа
№2	18	2261	48 МПа
№3	34	4270	272 МПа

### Схема гидравлического пресса.

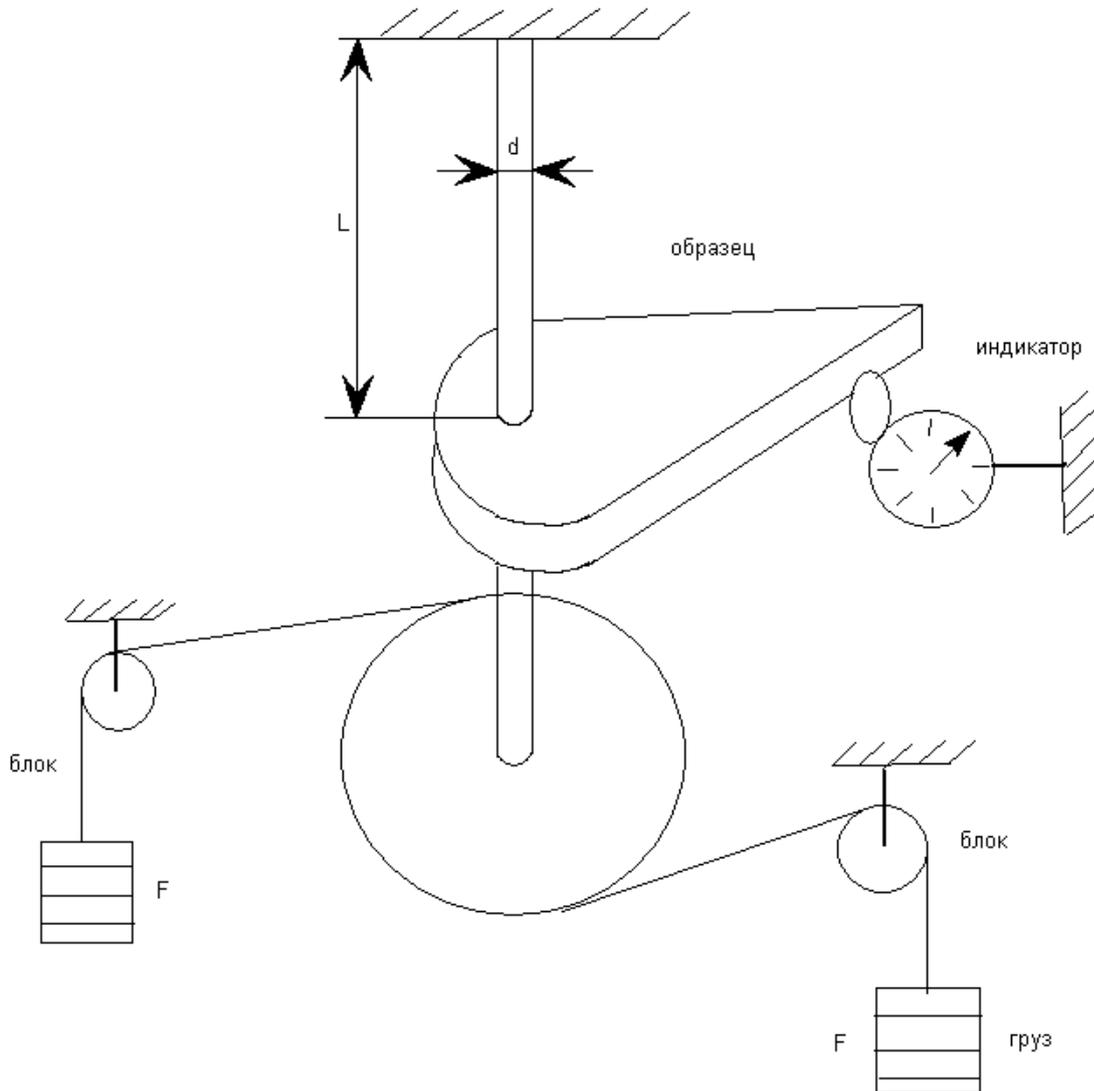


**Вывод:** характеристика материала допускаемой касательного напряжения при срезе, по результатам двух опытов для Al = 77.4МПа, Стали = 272МПа.

## Лабораторная работа № 4.

### Тема: Испытание материалов на кручение.

**Цель:** Определить модуль сдвига материалов образца опытным путем.



$$d = 6 \text{ mm}$$

$$L = 1130 \text{ mm}$$

$$R = 33 \text{ mm}$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

**Таблица наблюдений и вычислений.**

<b>№</b>	<b>Нагрузка</b>	<b>Крутящий момент</b>	<b>Дуга поворота</b>	<b>Угол закручивания</b>	<b>Модуль сдвига</b>
<b>1</b>	1	100	0,4	0,012	$740 \cdot 10^4$ МПа
<b>2</b>	2	200	0,75	0,022	$8,08 \cdot 10^4$ МПа
<b>3</b>	3	300	1,1	0,033	$8,08 \cdot 10^4$ МПа

$$M_a = F \cdot d$$

$$D_\delta = 100 \text{ мм}$$

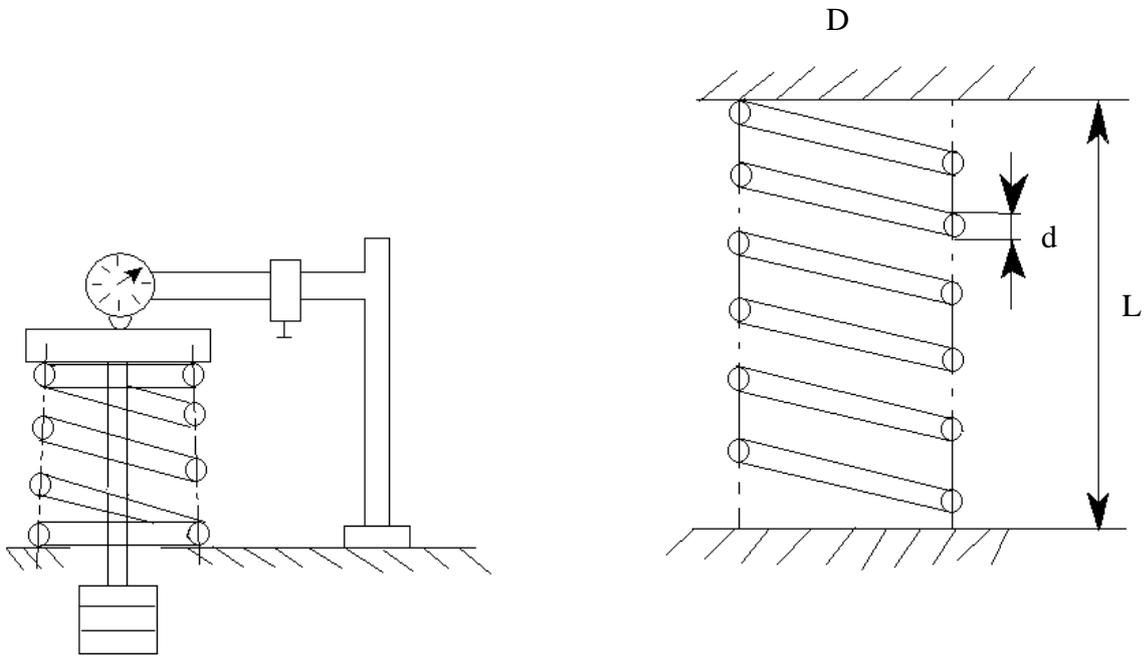
$$J_p = 127.17 \text{ мм}^4$$

$$G = 8.885 \text{ Н/мм}^3$$

**Вывод:** Материал стержня – легированная сталь с модулем сдвига  $7,85 \cdot 10^4$  МПа

## Лабораторная работа № 5.

### Тема: Испытание винтовой цилиндрической пружины.



Схема, эскиз, размеры пружины.

$D = D_H - d$ ,  $D$  – средний диаметр пружины

$D_H$  – наружный диаметр

$d$  – диаметр проволоки

$\varepsilon$  – относительное удлинение

$E$  – модуль продольной упругости материала

$$F = kx$$

$$\delta = \varepsilon F$$

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

$$\lambda_T = 9FD^3n / Gd^4 \quad \text{средний диаметр пружины}$$

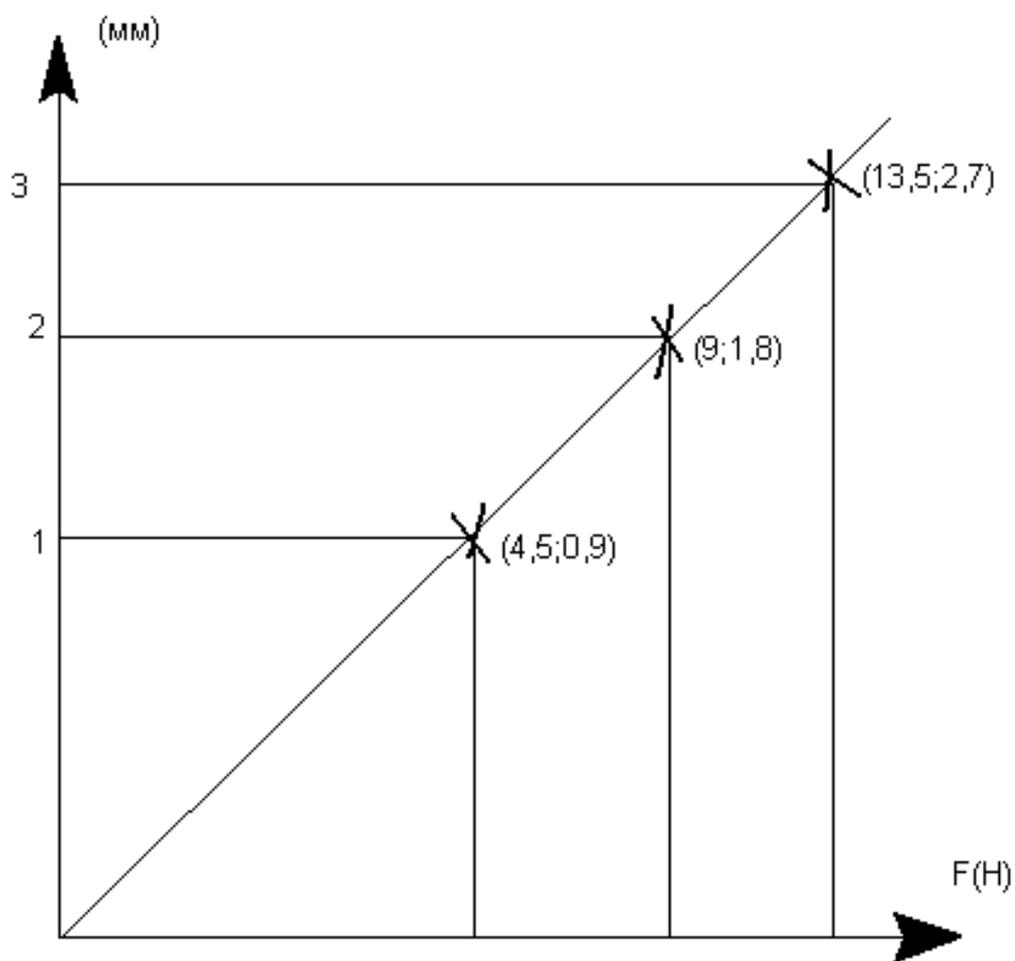
$$D = 42 \text{ мм}$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

$$N = 7$$

№	Нагрузка	Практическая осадка	Теоретическая осадка	Отклонение
1	4,5	0,9	0,909	0,9%
2	9	1,8	1,818	0,9%
3	13,5	2,7	2,727	0,9%

### График осадки.

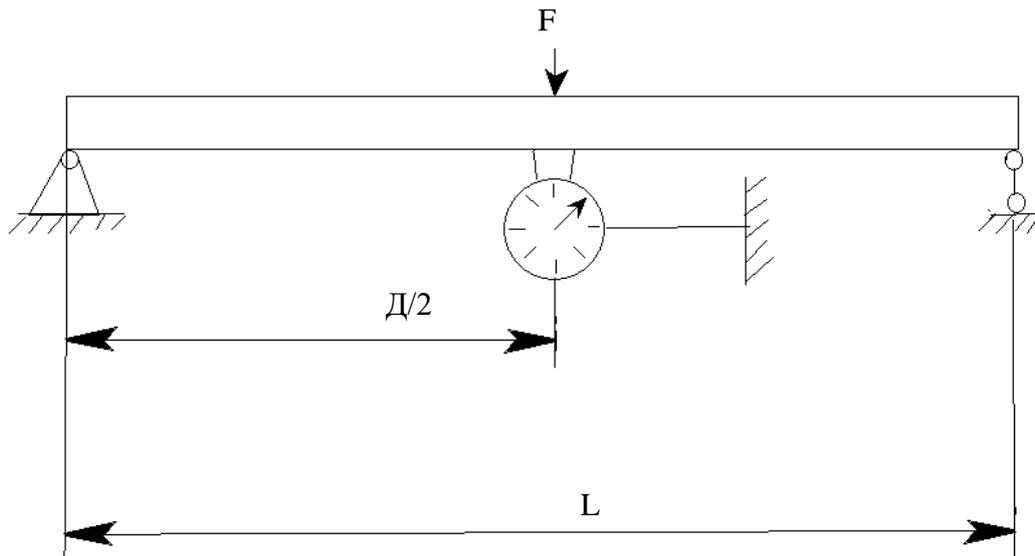


**Вывод:** Осадка пружины прямо пропорционально приложенной нагрузке, это небольшие нагрузки и для них соблюдается закон Гука.

## Лабораторная работа № 6.

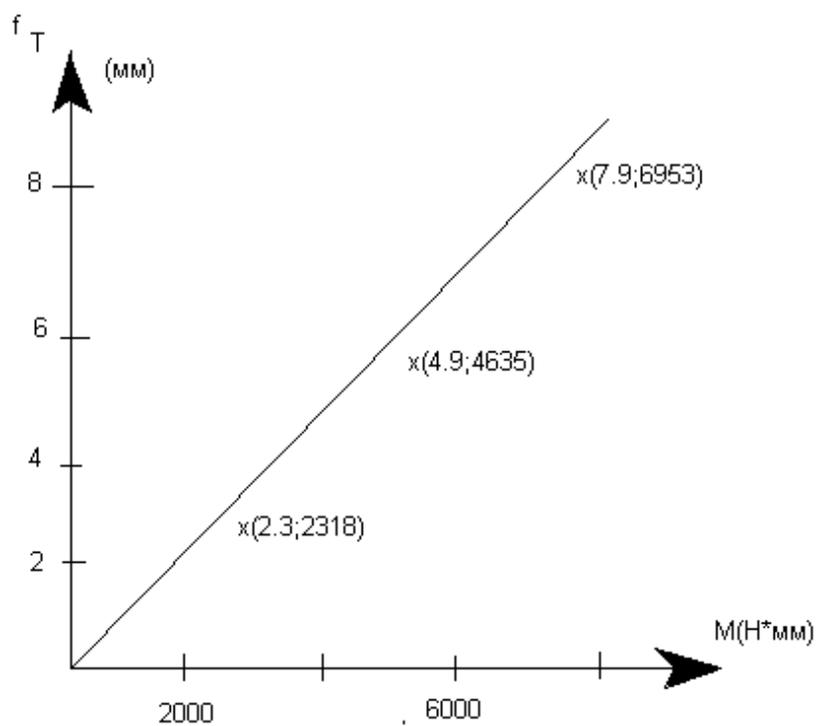
### Тема: Испытание двухопорных балок на изгиб.

**Цель:** Опытное определение величины прогиба балки, сравнение с теоретическими значениями.



### Схема установки.

№	Нагрузка	Действительный прогиб	Теоретический прогиб	Изгибающий момент	Напряж. изгиба	$\Delta F$
1	9	2.3	2.46	2318	13.9	6,5
2	18	4.9	4.91	4635	27.8	0,2
3	27	7.3	7.37	6959	41.7	0,9



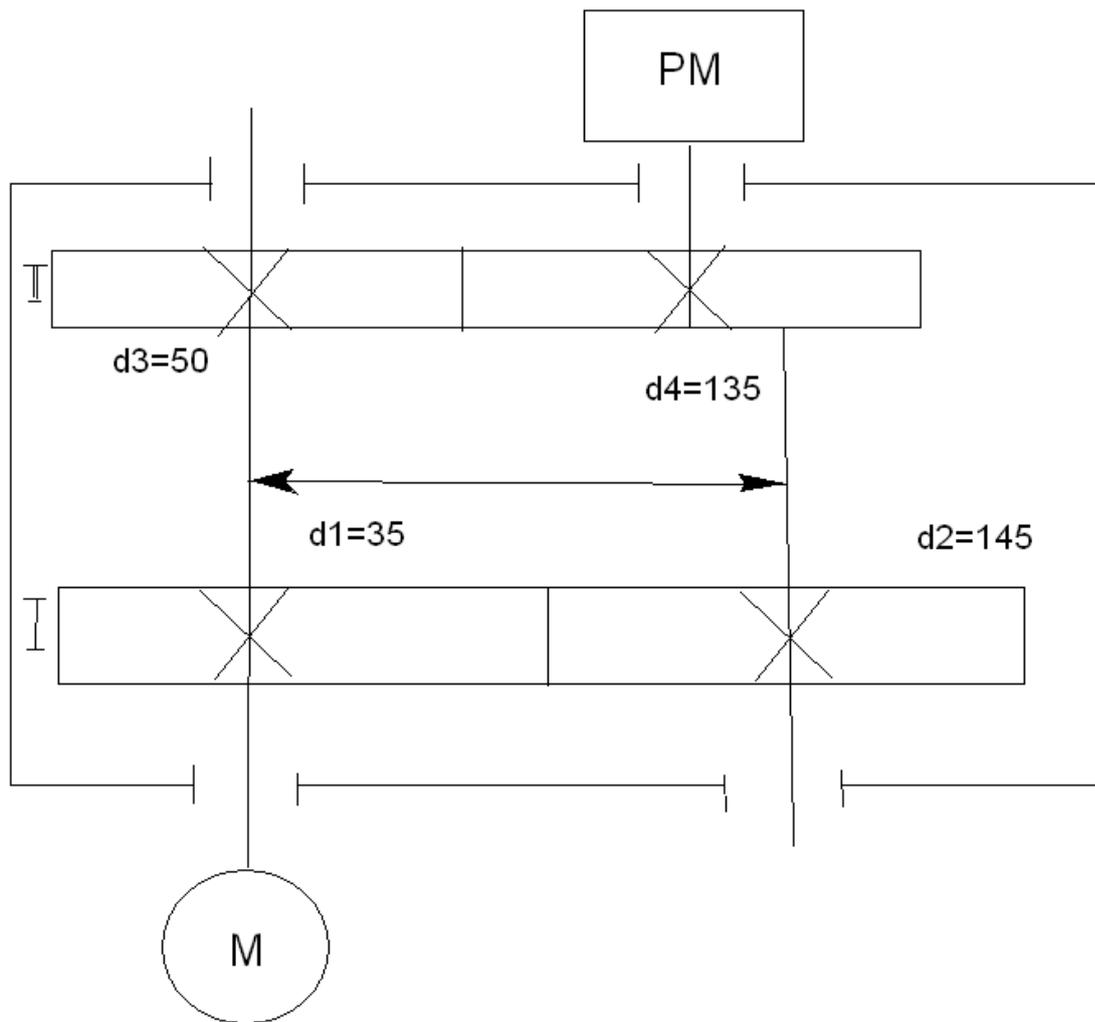
**Вывод:** Прогиб балки практически совпадает с теоретическими, в пределах небольших погружений он прямопропорционален приложенной нагрузке.

## Лабораторная работа № 7.

### Тема: Цилиндрические редукторы.

**Цель:** Ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей.

Наименование параметров и единиц измерения	Обозначения и способ определения	Результаты измерения
Число зубьев	$Z_1$	14
	$Z_2$	58
	$Z_3$	20
	$Z_4$	54
Передаточное число	$u_1 = Z_2 / Z_1$	4,14
	$u_2 = Z_4 / Z_3$	2,7
Межосевое расстояние	$a\omega$	9,5 мм
Диаметр окружностей выступов 1 и 2 ступени	$d_{a1}$	40 мм
	$d_{a2}$	150
	$d_{a3}$	55
	$d_{a4}$	135
1)	2)	3)
Модуль зацепления 1 и 2 ступени	$m_1 = d_{a1}$ $m_2 = d_{a2} / Z_2 + 2$	Для ведомого колеса
Ширина венцов колеса	$b_1$	25 мм
	$b_2$	
Межосевое расстояние	$a\omega = d_1 + d_2 / 2$	90 мм



**Вывод:** Колеса касаются друг друга окружностью делительных диаметров они проставлены на чертеже, модуль зацепления для такого редуктора 2,5.

## Лабораторная работа № 8.

### Тема: Червячные редукторы.

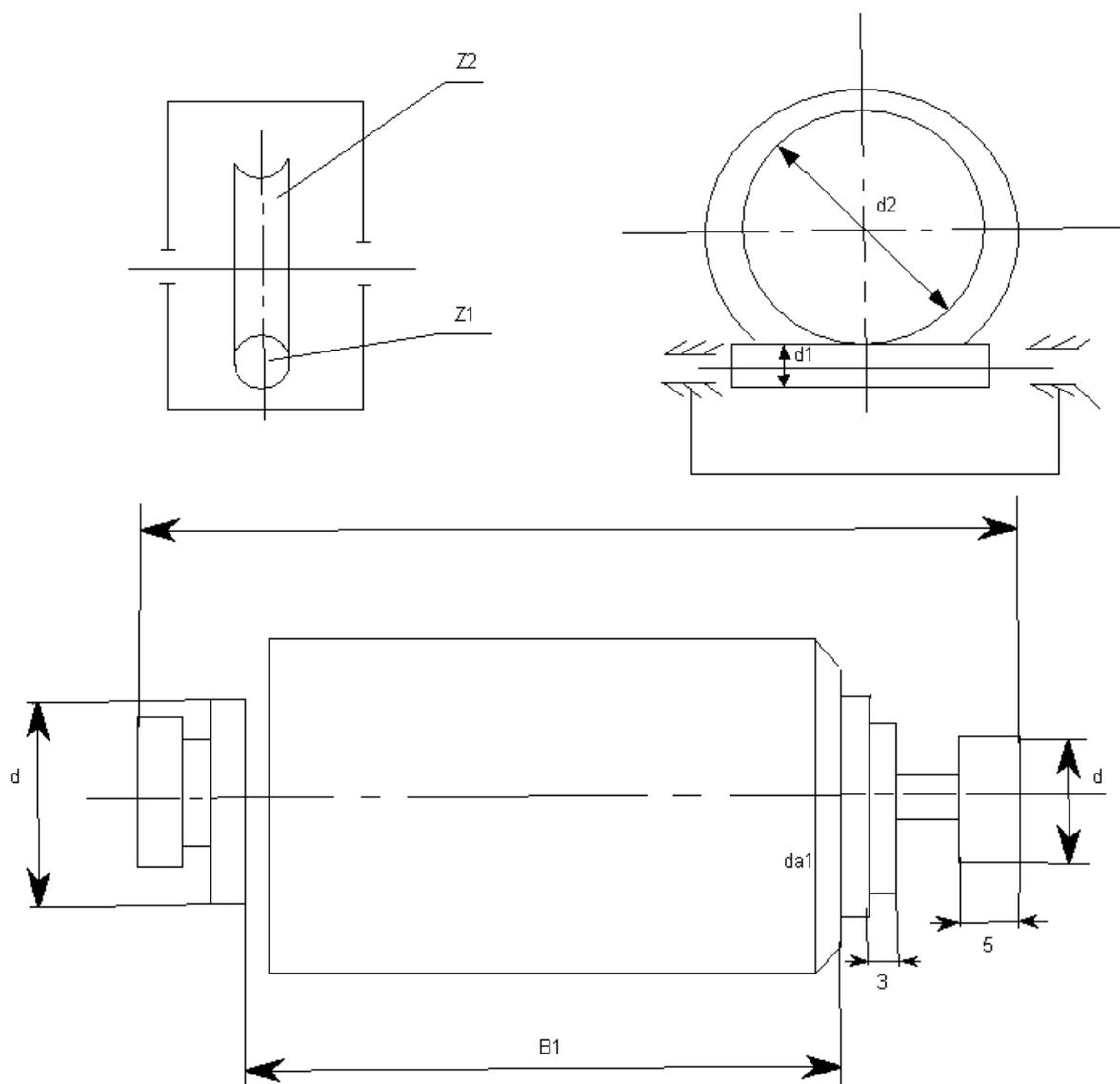
**Цель:** Ознакомление с конструкцией и его назначением, составление кинематической схемы.

#### Оборудование и принадлежности.

1. Червячный редуктор с верхним расположением червяк – 1 комплект
2. Червячный редуктор с нижним расположением. – 2 комплекта.
3. Штангель-циркуль с пределами от 0 до 125 мм и от 0 до 320 мм.
4. Разводной ключ, гаечный ключ, отвертка, молоток.

№	Наименование параметра и его размеры	Обозначение	Способ определения	Численное значение величин.
1	2	3	4	5
1	<b>Число заходов витков</b>	$z_1$	сосчитать	1
2	<b>Число зубьев</b>	$z_2$	сосчитать	40
3	<b>Передаточное число</b>	$u$	$u=z_2/2$	40
4	<b>Диаметр окружности и впадин</b>	$da_1$	замерить	47
5	<b>Диаметр окружности выступов колес</b>	$da_2$	замерить	138
6	<b>Осевой модуль зацепления</b>	$m$	$m= da_2/ z_2+2$	округлить по ГОСТу
7	<b>Диаметр делительной окружности</b>	$d_1, d_2$	$d_1=q+m$ $d_2=z_2+m$	40,62 5130
8	<b>Число модулей червяка</b>	$q$	$q= (da_1/m)-2$	12,5
9	<b>Диаметр окружности впадин</b>	$df_1, df_2$	$df=m*(q*2.4)$	32,825 122,2
10	<b>Осевой шаг червяка</b>	$p$	$p=m*\pi$	10,205
11	<b>Угол подъема винтовой линии</b>	$\gamma$	$tg\gamma= m*\pi$	0,08
12	<b>Межосевое расстояние</b>	$d$	замерить	77,2

	-делительное	a		85,3125
	-расчетное			
13	Длина нарезанной	$b_1$	замерить	98
14	Ширина венца колеса	$b_2$	замерить	35



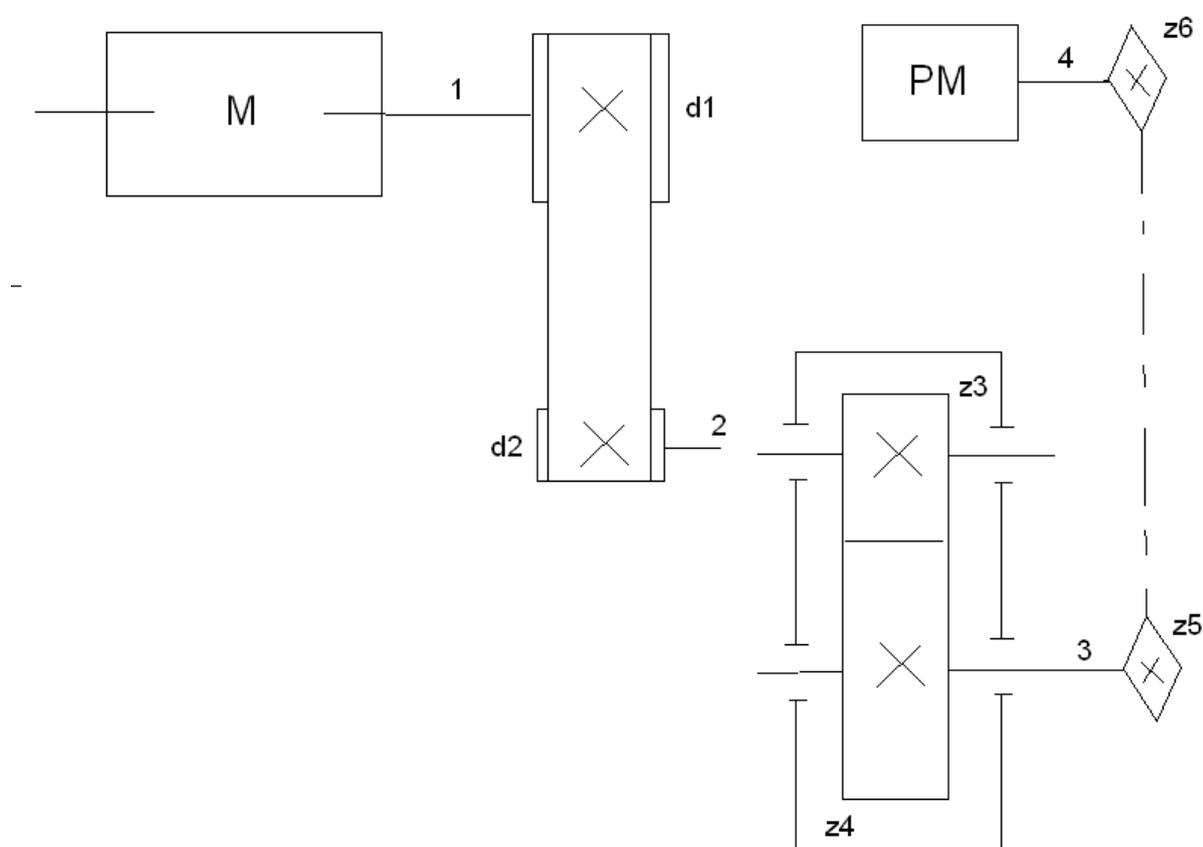
**Вывод:** Межосевое расстояние отличается от замеренного на 10%, вычисленные размеры смотри на чертеже.

## Лабораторная работа № 9.

### Тема: Расчет привода рабочей машины.

**Цель:** Определение передаточных чисел всех передач общего передаточного числа, общего КПД, а также линейной скорости всех валов вращающегося момента вала рабочей машины.

Схема привода:



Порядок выполнения работы:

1. Передаточное число всех передач
2. общее передаточное число  $u = u_{\text{зуб}} * u_{\text{рем}} * u_{\text{цеп}} = 1,972$
3. Общее КПД  $\eta = \eta_{\text{рем}} * \eta_{\text{зуб}} * \eta_{\text{под}} = 0,848$
4. Мощность валов.  $P_1 = 50$  Вт;  $P_2 = 47$  Вт;  $P_3 = 45,12$  Вт;  $P_4 = 42,41$  Вт.
5. Угловые скорости.  $\omega_1 = 62,8$  рад/с;  $\omega_2 = 82,2$  рад/с;  $\omega_3 = 49,34$  рад/с;  $\omega_4 = 31,832$ .
6. Угловая и линейная скорость рабочей машины.  $\omega = 31,845$  рад/с;  $v = 0,398$  м/с

7. Вращающий момент на валу эл. двигателя и вала рабочей машины.  
 $M_4=1,332\text{Нм}$ ;  $M_1=0,795\text{Нм}$
8. Окружное усилие рабочей машины/сила натяжения каната.

**Вывод:** Изучены кинематические характеристики привода рабочей машины, выигрыш во вращающем моменте на валу рабочей машины. Подъемный механизм способен поднимать груз до 106,5 Н со скоростью 0,398Н/с.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Мовнин, М. С. Основы технической механики / М. С. Мовнин, А. Б. Израелит, А. Г. Рубашкин. - Л., 1982.
2. Мухин, Н. В. Статика сооружений / Н. В. Мухин, А. Н. Першин, Б. А. Шишман. - М., 1989.
3. Портаев, Л. П. Техническая механика / Л. П. Портаев, А. А. Петраков, В. Л. Портаев. - М., 1987.
4. Соколовская, В. П. Техническая механика : лабораторный практикум / В. П. Соколовская, Н. Е. Сергеева, Е. Ю. Дреев. - Мн., 2000.
5. Эрдеди, А. А. Техническая механика / А. А. Эрдеди, И. В. Аникин, Ю. А. Медведев. - М., 1980.

### Дополнительная

6. Сетков, В. И. Сборник задач для расчетно-графических работ по технической механике / В. И. Сетков. - М., 1982.
7. Соколовская, В. П. Техническая механика : сборник заданий / В. П. Соколовская. - Мн., 2000.
8. Улитин, Ы. С. Сборник задач по технической механике / Ы. С. Улитин, А. Н. Першин, Л. В. Лауенбург. - М., 1978.
9. Чернилевский, Д. В. Техническая механика / Д. В. Чернилевский, Е. В. Лаврова, В. А. Романов. - М., 1982.