



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**



**БУХАРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Кафедра "Механика"

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

**МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

БУХАРА – 2008 г.

Методическое указание рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Механика» (протокол № 13 от 16.06.2008 г.) и методическим советом института (протокол № 1 от 28.08.2008 г)

Составители: проф. Н.С.Бибутов, проф.М.М.Муродов,
доц. Н.М.Муродов, доц. Ш.М.Мурадов

Рецензеты: доц. кафедры «Механика» З.Х.Гайбуллаев
доц. БухДУ И.Хасанов

Прикладная механика решает частные задачи, предписанная учебной программой для технологические специальности вузов:

1. Изучение основ построения и кинематики механизмов и деталей.
2. Рассмотрение основ прочности и жесткости элементов конструкций, выбор конструктивных материалов.
3. Ознакомление с основами расчета и навыками проектирования передаточных механизмов и соединений деталей.

В связи с этим прикладная механика – дисциплина, основные положения которой проверяются и дополняются экспериментальными исследованиями.

Цель проведения лабораторных работ заключается, в ознакомлении студентов с основами структурного и кинематического анализа механизмов, методами испытания и механическими свойствами различных материалов, проверке опытным путем законов и выводов теории сопротивления материалов, расчета и проектирования передаточных механизмов и соединений деталей.

При выполнении лабораторных работ связанные с изучением механических свойств материалов и деформации образца на испытательной машине, следует учесть демонстрационный характер, где студенты наблюдают за ходом испытаний, производят замеры и необходимые расчеты. Лабораторные работы связанные с изучением структурного и кинематического анализа механизмов и устройств механических передач студенты выполняют самостоятельно. Предварительно следует знать постановку испытаний, устройство машин, теоретический материал.

Описания работ включают: цель работы, схемы образцов до и после испытания, приспособлений и моделей механизмов, расчетные формулы и таблицы для внесения полученных результатов.

После оформления работы студент должен защитить её, ответив на контрольные вопросы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 1

ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ЭНЕРГИИ

1. Цель работы. 1) Определение силы удара маятника копера.

2. Основные понятия и расчетные формулы

1) Для определения скорости удара маятника пользуемся теоремой об изменении кинетической энергии

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = A \quad (1)$$

Если $V_0 = 0$ формула (1) приобретает следующий вид

$$\frac{mV^2}{2} = A \quad (2)$$

где: A – работа силы тяжести маятника копера, $A = G \cdot h$

высота $h = \ell \cdot (1 + \sin \alpha)$ и $G = mg$ – вес копера

$$\text{Тогда } A = mgl \cdot (1 + \sin \alpha) \quad (3)$$

$$\text{Скорость определяем по формуле: } V = \sqrt{2gl \cdot (1 + \sin \alpha)} \quad (4)$$

Для различные значения A – производим расчет h и определяем

$$V_1, V_2, V_3. \text{ Тогда, } V_{yp} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \quad (5)$$

2). Силу удара копера на образец определяем из теоремы изменения количества движения

$$m\bar{V} - m\bar{V}_0 = \bar{S}$$

где $\bar{S} = \bar{F} \cdot t$ и $V_0 = 0$, тогда

$$m\bar{V} = \bar{F} \cdot t \quad (6)$$

m – масса маятника и V – скорость,
 t – время определяется секундомером.

$$\text{По формуле (6) } F = \frac{mV_{yp}}{t} \quad (7)$$

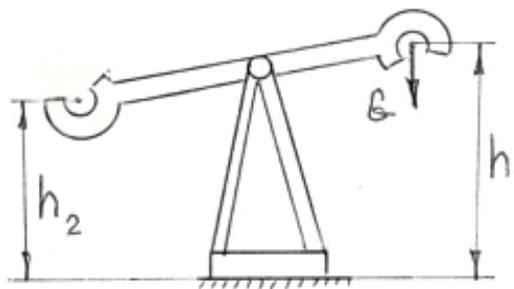


рис.-1 Маятниковый копер БМК-5

III. Устройство и принцип работы маятникового копра БМК -5.

Копер состоит из основания на котором укреплен стальная стойка. на стойке смонтирован держатель, на котором закреплен маятник, состоящий из штанги и сменных молотов. На оси маятника жестко укреплено спусковое колесо позволяющее с помощью крючке устанавливать его в двух различных в зависимости от необходимого запаса энергии для испытания и необходимой скорости удара. Для спуска маятника из любого взведенного положения на стойке имеется ручка, повтором которой по часовой стрелке освобождается маятник.

Для испытания образцов различной толщины от 4 x 5 до 10 x 15 мм служат прокладки, которые закладывают между губками и стенками опоры. Прокладки под губки подбирают так чтобы общая толщина образца и прокладки составляла 10 мм. Для испытания образцов сечением 4 x 6 до 10 x 15 мм прокладки не применяют.

Принцип работы копр. Принцип действия копров основан на измерении работы, затраченной на разрушение образца, запасенной маятником энергии. Основными характеристиками копра являются : запас энергии, определяемый как произведение массы маятника на расстояние от оси качания маятника до центра удара, который определяется по периоду колебания маятника.

Маятник массой G , поднятый на определенный угол и имеющий высоту центра тяжести h , будет обладать запасом энергии, равным $A = G \cdot h$

После свободного падения и встречи с образцом маятник, затратив на разрушение образца часть запаса энергии, поднимается на определенный угол, при котором его центр тяжести займет высоту h_1 .

Закрепленная на оси маятника рабочая стрелка при подъеме после разрушения образца поднимает стрелку на высоту, пропорциональную высоте h_0 . Таким образом, стрелка отметит по шкале величину, пропорциональную разности высот $h - h_1$.

Работу, затраченную на разрушение образца, определяют как разность энергии маятника до и после удара : $\Delta A = (h - h_1) \cdot G$

где: ΔA - работа, затраченная на разрушение образца,

G – масса маятника,

h_1 – высота подъема центра тяжести маятника относительно точки встречи бойка с образцом до удара, см

h – высота подъема центра тяжести маятника относительно точки встречи бойка с образцом после удара, см.

Шкала прибора градуирована в кн.см, и по ней можно прочесть без каких –либо подсчетов величину работы, затраченную на разрушение образца.

Выводы.

Контрольные вопросы :

- 1.Объясните принцип работы маятникового копра.
- 2.Напишите формулу работы : удельной работы.

3. Что вы знаете о ударной вязкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТЫ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И УПРУГОСТИ

1. Цель работы: Определение работы при изгибе балки

2. Основные понятия и расчетные формулы.

Теорема изменения кинетической энергии изгиба балки при ударе груза падающего из высоты в среднем $2h$.

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = A \quad (8)$$

Если $V_0 = 0$: то $\frac{mV^2}{2} = A$

где A - работа силы удара, равная $A = A_1 + A_2$ (9)

где: $A_1 = Q(h+f)$ - работа силы тяжести

$$A_2 = \frac{c \cdot f^2}{2} \quad - \text{ работа силы упругости}$$

При статической равновесии обе силы уравниваются, т.е. $Q = cf$

c – жесткость балки, определяемое $c = \frac{Q}{f}$

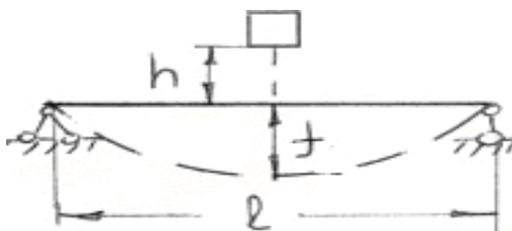
Тогда, получим $2f(h+f) - f^2 = 0$ (10)

III. Порядок проведения работы

Эксперимент проводится на двухопорной балке

1. Под действием статической нагрузки Q индикатором определяем прогиб балки.

2.. Под действием нагрузки Q , падающей из высоты h индикатором определяем прогиб балки.



При ударе происходит колебание :

$$K = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \text{и} \quad m = \frac{Q}{g}$$

Период колебания $T = 2 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{m}{c}}$

Результаты расчета можно ввести в таблицу.

таблица -1

<i>№</i>	<i>Fct(мм)</i>	<i>H (мм)</i>	<i>F(мм)</i>	<i>K(1/сек)</i>	<i>T(сек)</i>
1					
2					
3					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ОПРЕДЕЛИТЬ УСКОРЕНИЕ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

1.Цель работы: Определить ускорение вращающегося шарика по наклонной плоскости.

Для этого определяется путь пройденное шариком S за время t :

При условии $V_0=0$ из $S = \frac{a \cdot t^2}{2}$ определить ? $a = \frac{2S}{t^2}$ (11)

II.Порядок проведения работы.

1. Секундомером определяем время в течение которого шарик пройдет путь и по формуле (12) вычисляем a .
2. Данную работу повторяем при различных наклонных плоскостях.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА – 4

ОПРЕДЕЛИТЬ КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

1.Цель работы: Определить коэффициент трения при скольжения тела на поверхности другого тела

2.Порядок проведения работы

Тело перемещается по наклонной плоскости расположенной под углом α . При условии $tg \alpha = f$ начинается движение тела Из

схемы установки находим, что $tg \alpha = \frac{h}{\ell}$, тогда $f = \frac{h}{\ell}$

где: h, ℓ - высота и длина наклонной плоскости.

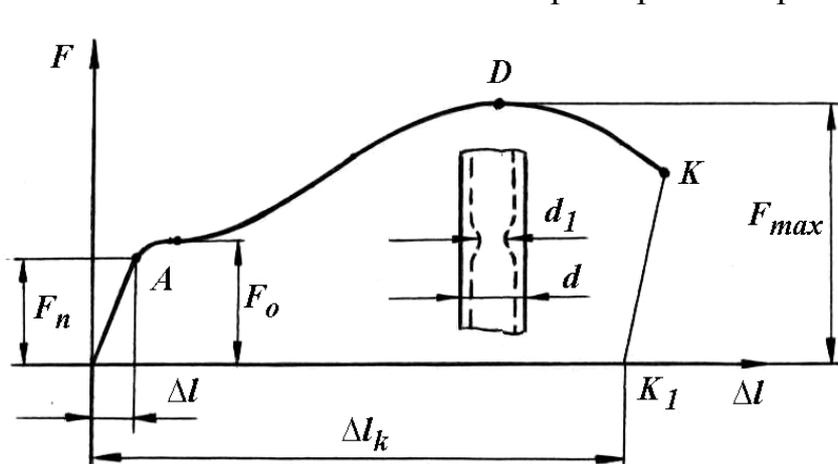
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯГКОЙ СТАЛИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.

- I. Цель работы:** а) изучить поведение материала при растяжении вплоть до разрушения
 б) определить механические характеристики прочности, пластичности
 в) построить диаграмму растяжения.

II. Краткие теоретические сведения.

В качестве механических характеристик приняты напряжения. (рис. 2)



Предел пропорциональ-

ности: $\sigma_n = \frac{F_n}{A_0}$

Предел упругости :

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

Предел текучести :

$$\sigma_{ок} = \frac{F_{ок}}{A_0}$$

Предел прочности :

$$\sigma_e = \frac{F_{мус}}{A_0}$$

рис.2. Диаграмма растяжения мягкой стали

Механические характеристики мягкой стали получают при помощи диаграммного устройства разрывной машины.

F_n, F_y, F_T, F_{max} - усилия в зонах, пропорциональности, упругости, текучести, временного упрочнения

$$A_0 = \frac{\pi d^2}{4} \text{ - начальная площадь поперечного сечения образца, } m^2$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \text{ - площадь шейки, образовавшейся при разрушении}$$

образца, m^2

Пластические характеристики мягкой стали получают при помощи замеров образца до и после испытания.

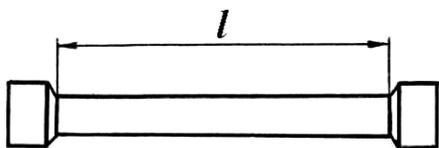
Относительное остаточное удлинение

$$\delta = \frac{\Delta l_{\kappa}}{l_0} \cdot 100$$

Относительное остаточное сужение %

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%$$

III. Порядок проведения испытаний.



Образец для испытания

Для испытаний применяют стандартные образцы, у которых рабочая длина l_0 в 10 раз превышает диаметр d_0 . Поверхность образца обработана. Испытание производят на машине Р-10. Машина оснащена приспособлениями для закрепления образца, диаграммным устройством. На Р-10 образец можно растягивать усилиями 1;5;10 кН.

Образец закрепляется держателями при помощи сухариков и дается постепенно увеличивающаяся растягивающая нагрузка.

а)



б)

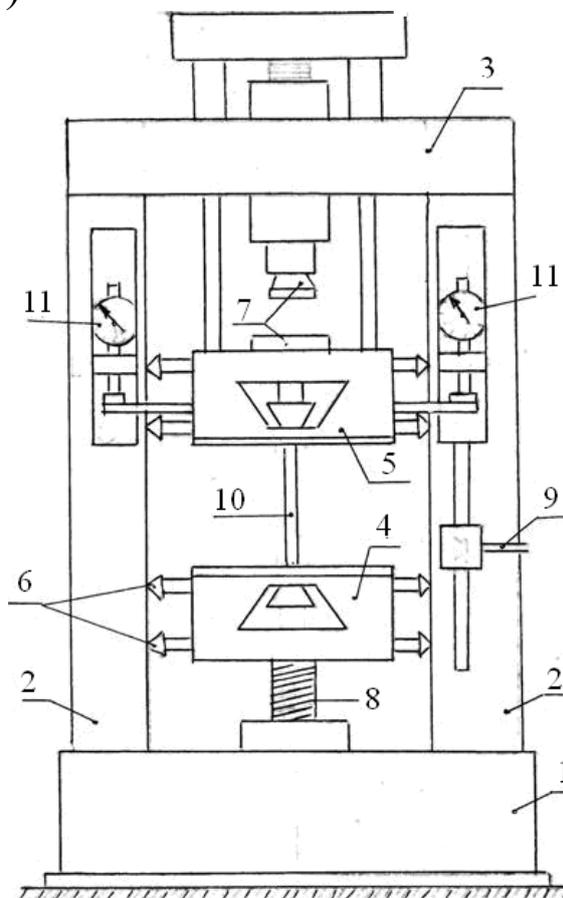


рис. – 3 Р – 10 (Р – 50) . Машина для статического растяжения (сжатия) металлического образца: а) общий вид , б) растягивающее (сжимающее) устройства.

1 - нижняя станина; 2 – вертикальный брус; 3 – верхняя станина; 4 – нижний (неподвижный) держатель; 5 - верхний (подвижный) держатель ; 6 – ролик; 7 – сжимающие плиты; 8 – винт; 9 – вращающий шарнирный стержень; 10 – образец; 11 – индикатор часового типа

При достижений максимальной F_{max} нагрузки стрелка циферблата силового устройства начнет отклоняться в обратную сторону. Следовательно, начинается стадия разрушения (разрыва) образца. При разрыве образца скорость отклонения стрелки возрастет. Испытание окончено. По результатам испытания определяют механические и пластические характеристики.

Размеры образца	
До опыта	После опыта
d_0	d_1
l_0	l_1
A_0	A_1

№	Показатели испытания	Ед. изм	Результат
1	Нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности	F_n	
2	Нагрузка, соответствующая пределу текучести	F_T	
3	Максимальная нагрузка	F_{max}	
4	Нагрузка в момент разрыва	$F_{разр}$	
5	Предел пропорциональности	σ_n	
6	Предел текучести	σ_T	
7	Предел прочности	σ_b	
8	Истинное напряжение в момент разрыва	σ_u	
9	Относительное остаточное удлинение	δ	
10	Относительное остаточное сужение	φ	

IV. ВЫВОДЫ

V. Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Какие параметры характеризуют прочность материала?
3. Какие параметра характеризуют пластичность материала?
4. Назовите характерные точки на диаграмме

5. Какие деформации испытывает образец в процессе нагружения до разрушения?
6. Какие механические свойства можно определить по диаграмме мягкой стали?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.

I. Цель работы: Экспериментальное определение модуля продольной упругости стали.

II. Основные понятия и расчетные формулы.

В пределах малых удлинений для большинства материалов справедлив закон Гука, устанавливающий прямую зависимость между напряжениями и деформациями.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (12)$$

Коэффициент пропорциональности E называют модулем упругости первого рода, модулем продольной упругости или модулем Юнга. Модуль упругости является физической константой материала и определяется экспериментально на испытательных машинах Р - 10, Р - 20.

В выражении (12) напряжения, $\sigma = \frac{F}{A}$, а относительная деформация $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$, тогда закон Гука можно записать в виде $\Delta l = \frac{F \cdot l}{E A}$ откуда

$$E = \frac{F l_0}{A \cdot \Delta l} \quad (13)$$

Из выражения (13) следует, что для определения модуля упругости E необходимо замерить абсолютную деформацию Δl гладкого стержня длиной l_0 и площадью поперечного сечения A , возникающую под действием приложенной силы. Разумеется, нагрузка F не должна при этом вызывать напряжения, превышающие предел пропорциональности $\sigma_{пр}$. Для замера линейных деформаций стержня Δl применяют индикатор часового типа ИЧ - 10.

Удлинения образца замеряют двумя индикаторами, расположенными на противоположных образующих рабочей части образца, так как полу сумма этих измерений свободна от ошибки, порождаемой перекосом образца в захватах, внецентренным приложением растягивающих сил, искривлением образца. Исследуем образец диаметром 20 мм.

III. Порядок проведения испытаний.

1. Измерьте диаметр рабочей части образца; вычислите площадь поперечного сечения его; определите предельно допустимую нагрузку зоны пропорциональности.

2. Выберите шаг увеличения нагрузки ΔF , обеспечивающий получение в зоне пропорциональности 5...6 отсчетов, начиная с начального усилия F_0

3. Подготовьте машину и индикаторы – 11 (рис.-3,б). На этапе обжатия образца в захватах и выбора лифтов в соединениях звеньев машины (нагружение до нагрузки F_0) проверьте правильность установки и работы приборов, двигаются ли стрелки, соответствует ли свободная зона шкалы направлению движения стрелки.

4. При достижении предварительной нагрузки F_0 запишите показания индикаторов – начальный отсчет; запишите цену деления шкалы каждого индикатора.

5. Увеличивая ступенчатую нагрузку (каждый раз на величину ΔF) записывайте показания индикаторов.

6. После пяти ступеней увеличения нагрузки в такой же последовательности выполните разгрузку образца, записывая показания индикаторов в таблице наблюдений.

7. Подсчитайте средние значения D_1 и D_2 .

$$D_{1ур} = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} D_1}{n} \quad \text{и} \quad D_{2ур} = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} D_2}{n}$$

где: n - число измерений.

8. Подсчитайте средние удлинения, замеренные левым и правым индикаторами. $\Delta \ell_{чан} = K_{чан} \cdot D_{1ур}$ и $\Delta \ell_{унг} = K_{унг} \cdot D_{2ур}$

Подсчитайте среднее удлинение оси стержня за одну ступень нагру-

$$\text{жения : } \Delta l_{ср} = \frac{\Delta l_{чан} + \Delta l_{унг}}{2} \quad (17)$$

$$\nabla_{чан} = \frac{\nabla + \nabla^1}{2} \quad \text{и} \quad \Delta_{унг} = \frac{\Delta + \Delta^1}{2}$$

10. Определите модуль продольной упругости E материала образца по формуле 2.

П. Постройте на миллиметровке графики нагрузки и разгрузки образца в координатах $F-\Delta l$

12. Сравните значения модуля продольной упругости, экспериментально определенного и проводимого в таблицах свойств материала.

Расчеты по данным опыта:

$$\text{- абсолютное удлинение образца } m = \frac{\nabla_{чан} + \Delta_{унг}}{2 \cdot n} \quad \text{и} \quad \Delta l = m \cdot k$$

где: K - цена деления индикатора (0,01 мм)

$$E = \frac{F \cdot l}{A \cdot \Delta l}$$

- модуль упругости

где: $F=1000 \text{ Н}$, A - площадь сечения образца,
 Δl - длина базы тензометра, равная 100 мм .

Данные внесите в таблицу - 2.

№ наб-людения	Нагрузка F	Увеличение нагрузки				Уменьшение нагрузки			
		Левый индикатор		Правый индикатор		Левый индикатор.		Правый индикатор.	
		Отсчет по шкале	D_1 разность	Отсчет по шкале	D_2 разность	Отсчет по шкале	Разность D_1	Отсчет по шкале	Разность D_2
1									
2			□		△		□		△
3									
Среднее									

IV. Выводы

IV. Контрольные вопросы:

1. Объясните принцип действия испытательной машины Р-10
2. Для какой зоны можно определить модуля упругости.
3. Напишите формулу модуля упругости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 7.

ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ПЛАСТИЧНЫХ И ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ.

- I. Цель работы:**
1. Сравнительное изучение свойств пластичных и хрупких материалов.
 - 2.. Определение пределов прочности испытанных материалов.

II. Основные определения и расчетные формулы

Пластичные материалы (малоуглеродистая сталь, медь, алюминий и др.) при статическом нагружении дают большие остаточные деформации.

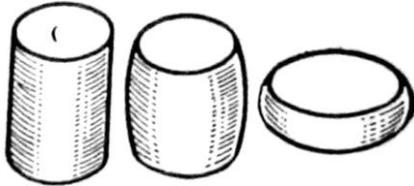
Хрупкие материалы (серый чугун, инструментальные стали, бетон и др.) разрушаются при очень малых пластических деформациях.

Разделение материалов на пластичные и хрупкие условное, так как в зависимости от температуры, характера напряженного состояния и скорости нагружения один и тот же материал может обладать в одних условиях свойствами пластичных, а в других свойствами хрупких тел. Предел проч-

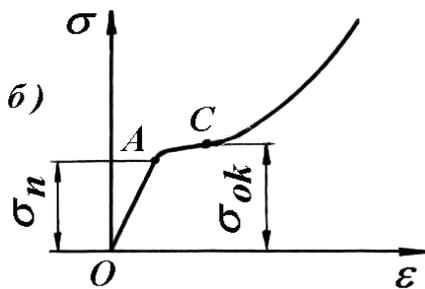
$$\sigma_{\epsilon} = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

ности хрупки: материалов (рис.-4) определяют по формуле:

а)



Предел прочности при испытании на сжатие стали не вычисляется, так как стальной образец при сжатии не разрушается. Поэтому вычисляется условная предельная нагрузка, от которой образец теряет одну треть своей высоты.



III. Порядок проведения испытаний.

На сжатие испытывают образцы диаметром d и высотой $h=1,5d$ на испытательной машине Р - 50. При снятии диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов облегчается сравнение их свойств. При сжатии пластичных материалов выделяется участок текучести, что прослеживается также по силомеру. Пластичные материалы не разрушаются под действием нагрузки, поэтому на диаграмме нет точки разрушения образца (рис.4,б). При сжатии хрупких материалов на диаграмме отсутствует зона текучести. Достигнув предела прочности (максимальная величина нагрузки) стрелка силомера отклоняется назад, так как происходит разрушение образца.

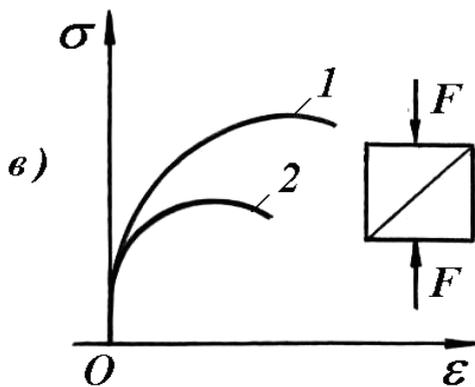


рис.-4 . Диагтаммы сжатия и растяжения мягкой стали (а,б) и чугуна (в-1,в-2)

IV. Выводы

Контрольные вопросы.

1. Какие материалы считаются хрупкими, какие пластичными?
2. Сравните диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов?
3. Что можно сказать о зонах пропорциональности этих диаграмм?
4. Каков порядок проведения работы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 8

ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ НА СЖАТИЕ.

I. Цель работы: Определение механических характеристик древесины при сжатии вдоль и поперек волокон.

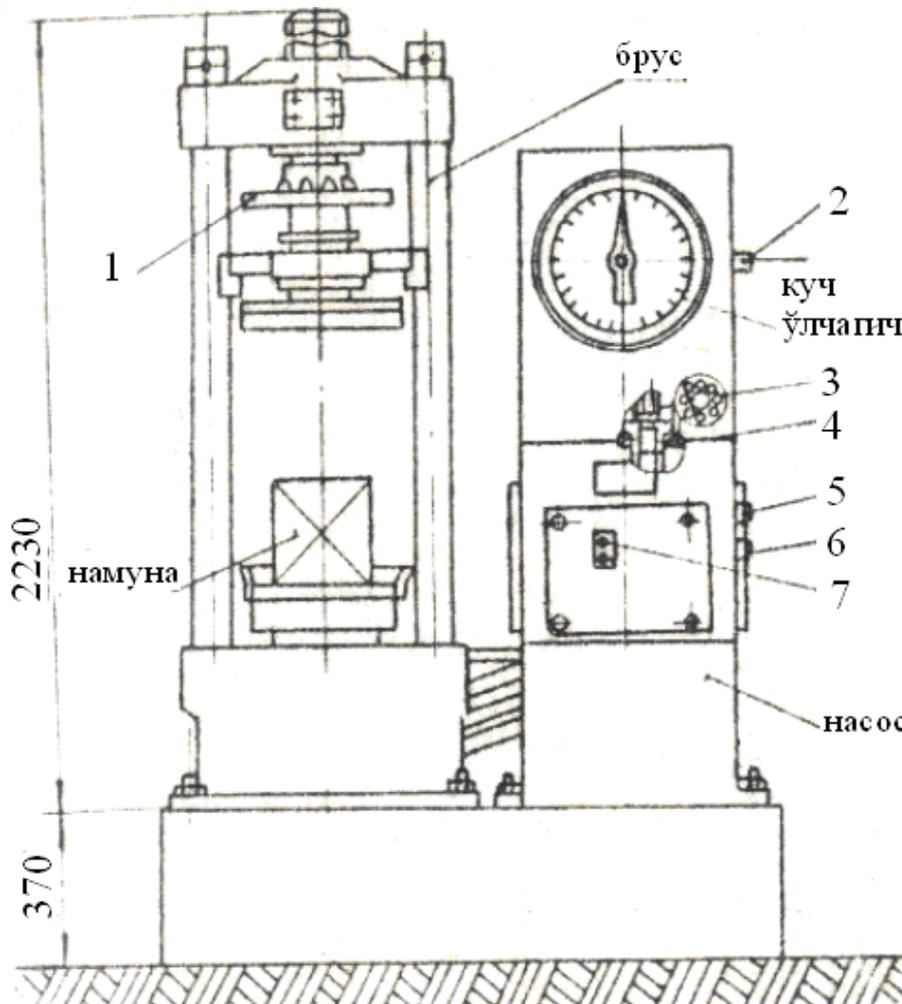


рис. -5 Испытательная машина АПР – 50

II. Основные определения и расчетные формулы.

Дерево – анизотропный материал. Оно обладает различными свойствами вдоль и поперек волокон.

Напряжения при сжатии вдоль волокон определяют по формуле:

$$\tau = \frac{F_e}{A_0}$$

где: $A_0 = c_0 \cdot b_0$ – площадь сечения образца, m^2 .

Напряжения при сжатии поперек волокон определяют условие

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{F_{\max}}{h_0 B_0}$$

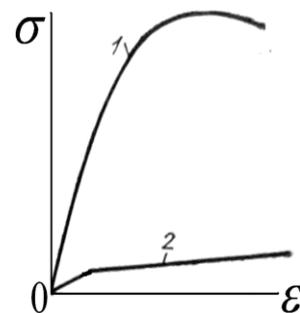
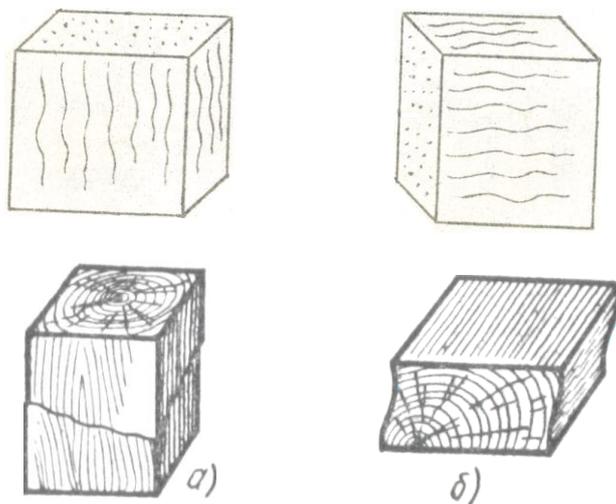


рис.- 6. Сжатие древесины:
а) вдоль волокон
б) поперек волокон

Сжатие вдоль волокон		Сжатие поперек волокон	
До опыта	После опыта	До опыта	После опыта
C_0	C_1	C_0	C_1
B_0	B_1	B_0	B_1
h_0	H_1	h_0	H_1
A_0	A_1	A_0	A_1

IV. Выводы

V. Контрольные вопросы

1. Какие материалы называются изотропными, какие анизотропными?
2. Какие выводы можно сделать из совмещенной диаграммы сжатия?
3. Область применения
4. Порядок проведения работы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 9.

ИСПЫТАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОБРАЗЦА НА СДВИГ

1. Цель работы. Определить предел прочности почвы при сдвиге

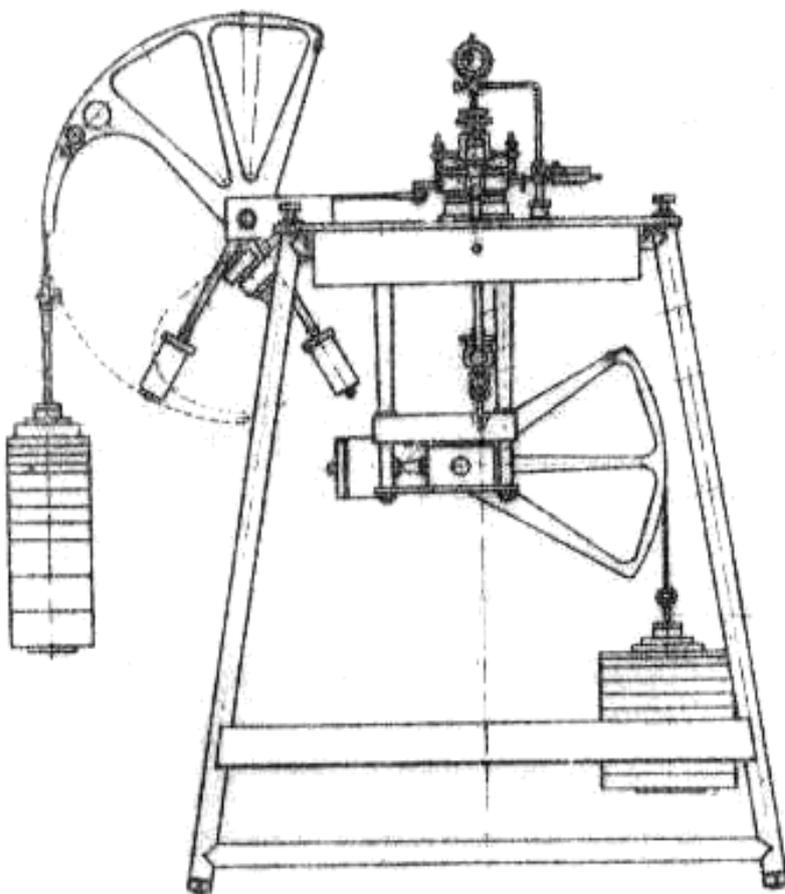


рис. – 7. Прибор ПСГ

Прибор для испытания грунтов на сдвиг ПСГ предназначен для определения сопротивления сдвигу грунтов как после предварительного уплотнения под заданной нагрузкой, так и без предварительного уплотнения.

Прибор ПСГ состоит из следующих узлов (рис.-7): стола – I; механизма горизонтального среза - II; срезывателя–III; механизма вертикального давления – IV. Все узлы прибора смонтированы на столе. Стол должен быть в горизонтальной плоскости.

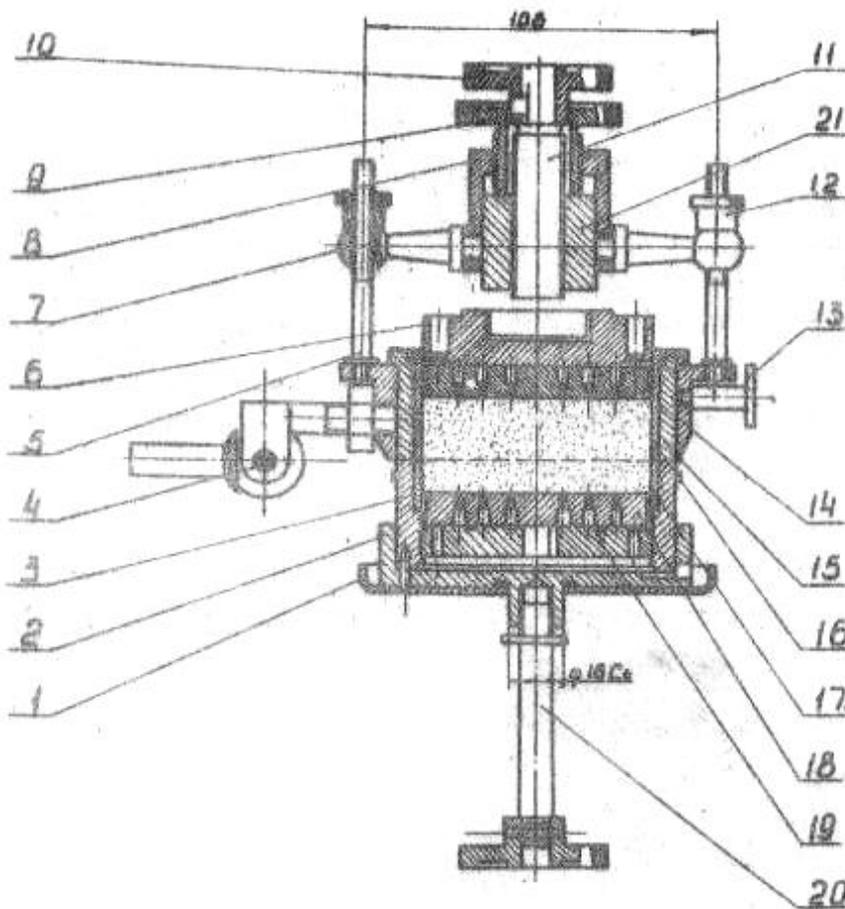
- 1 – верхняя подвеска; 2 – стопорная шпилька; 3 – секторный рычаг; 4 – противовес; 5 – рычаг противовеса; 6 – упор; 7 - противовес; 8 – верхнее коромысло; 9 – индикатор; 10 – тяга; 11 – маховичок; 12 – нижнее коромысло; 13 – натяжной винт; 14 – палец; 15 – направляющая ползуна; 16 – сектор; 17 – нижняя подвеска; 18 – регулировочная муфта; 19 – винт; 20 – наконечник под противовес

Сдвиг на приборе производится путем приложения сдвигающей нагрузки грузами через секторный рычаг 3. Нормальное давление на образец передается с помощью сектора 16. Гнездо нижней обоймы 2 вместе с нижней обоймой 3 и установочными вкладышами 1 крепятся неподвижно к панели прибора при помощи установочного винта 20. Предварительно в кольцевую канавку гнезда укладываются резиновая прокладка. Тяговый цилиндр 14 соединен с механизмом горизонтального среза с помощью стопорной шпильки 4. Образец в тонкостенной гильзе помещается в срезыватель так, чтобы стык верхней 16 и нижней 17 гильз совпал со стыком верхней 15 и нижней 3 обоймы срезывателя. Механизм горизонтального среза ИУ имеет упор 6, ограничивающий ход секторного рычага 3. Для регулирования положения секторного рычага механизм имеет наконечник под противовес 20, два противовеса 4 и регулировочную муфту 18 (рис.-7).

Вертикальная нагрузка на образец создается грузами, укладываемыми на подвеске 17. Далее нагрузка передается через сектор 16, рамку, состоящую на верхнего коромысла 8, нижнего коромысла 12 и тяг 10 на образец, помещенный в срезыватель. При сдвиге механизм вертикального давления перемещается на шарнирах по направлению 15.

рис.8 Срезыватель

- 1-установочный вкладыш; 2-гнездо под нижнюю обойму; 3-нижняя обойма; 4-стопорная шпилька; 5- установочная шпилька; 6- штамп; 7-кронштейн натяжного устройства; 8- стакан натяжного устройства; 9- винт подъемный; 10-маховичок к хвостовику штампа; 11- хвостовик штампа; 12-гайка; 13-упор индикатора; 14- тяговый цилиндр; 15- обойма



верхняя; 16- гильза
верхняя; 17- гильза
нижняя; 18- вкла-
дыш перфорирован-

ный; 19 – днище нижней обоймы; 20 – винт установочный; 21 – коромысло верхнее.

При создании вертикальной нагрузки на образец необходимо учитывать вес рамы, передающей нагрузку. Поэтому в комплект прибора входят грузы 1,5 кг. и 3,5 кг. Первый совместно с рамкой создает давление на образец 0,05 МПа, второй – 0,1 МПа.

Порядок работы. Освободить натяжной винт 13 (рис -7) от наконечника с канатом, вынув палец 14. Поставьте в нижнюю обойму 3 (рис -8) нижнюю гильзу 17, вверните днище 19, поставьте перфорированный вкладыш 18. Отрегулируйте днищем размер от линии среза до вкладыша. Выньте нижнюю гильзу. Поставьте нижнюю обойму 3 (рис -8) в гнездо 2. В выточку гнезда вставьте резиновую прокладку. Установите гнездо с обоймой и установочным вкладышем 1 на панели прибора и закрепите установочным винтом 20. На перфорированный вкладыш наложите кружок фильтровальной бумаги. В тяговый цилиндр 14 вставьте верхнюю обойму 15. Поставьте обойму с цилиндром на нижнюю обойму. Вставьте в смонтированный срезыватель гильза с образцом грунта. Поверхность образца покройте кружком фильтровальной бумаги, затем положите на образец перфорированный вкладыш и штамп 6. Соедините тяговый цилиндр с механизмом горизонтального среза канатом с наконечником и закрепите стопорной шпилькой. Поверните верхнее коромысло 21 (рис-8) и установите его так, чтобы

установочные шпильки 5 вошли в отверстия кронштейнов 7, а хвостовик штампа 11 вошел в отверстие штампа 6. Наверните на шпильке гайки 12 до соприкосновения с кронштейнами. Вращением маховичка 10 (рис-8) установите зазор между верхней и нижней обоймами. Установите на панели стола кронштейн с индикатором 14 (рис -7) так, чтобы ножка индикатора при сдвиге перемещалась за упором срезывателя. Соедините канат с натяжным винтом 11 и вставьте палец 19. Вращением маховика 11 придайте сектору горизонтальное положение. Нормальное давление на образец создается ГРУ-зами, укладываемыми на нижнюю подвеску 17. При производстве сдвига поместите груза на верхнюю подвеску 1 (рис -7).

Удельное сопротивление почвы на сдвиг определяется по формуле

$$K_4 = \tau_c + f' \sigma_c$$

Нормальное напряжение определяется по формуле $\sigma = \frac{N \cdot i}{A}$,

а касательные $\tau = \frac{Q \cdot i}{A}$

где: N – вертикальная нагрузка на испытуемый образец;

Q – усилие, при котором происходит срез;

$A = 0,25\pi D^2$, площадь среза равный 40 см^2

i – передаточное число механизмов, равно – 10.

Угол внутреннего трения почвы определяем по формуле $\text{tg} \rho = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = f$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИСПЫТАНИЕ СТАЛИ НА СРЕЗ

I. Цель работы: Определение предела прочности стали на срез.

II. Основные понятия и расчетные формулы.

Прочность при срезе определяется величиной касательных напряжений, действующих в плоскости среза A_{CP} , образца:

$$\tau_{cp} = \frac{F_0}{A_{cp}} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

Между пределом прочности стали на растяжение σ_σ и

пределом прочности на срез $\tau_{всп}$ существует соот-

ношение: $\tau_{всп} = (0,6 \div 0,8) \cdot \sigma_\sigma$ (14)

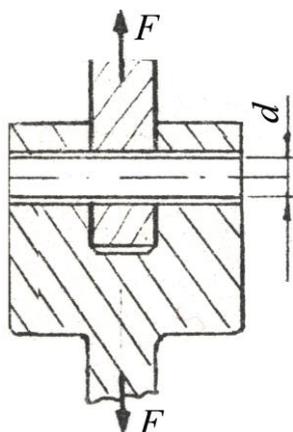


рис.-9

Ш. Порядок проведения испытаний.

Стержень круглого сечения испытывают на машине РВ-10. Использовано специальное приспособление (рис.9), состоящее из вкладышей и втулок. Постепенно увеличивая нагрузку, с помощью приспособления срезаем часть стержня. При достижении предела прочности образца стрелка силомера замрет, а при возникновении деформации среза стрелка поползет назад.

IV. Выводы.

V. Контрольные вопросы:

1. Когда возникает чистый сдвиг?
2. Условия прочности на смятие, на срез болтовых и заклепочных соединений.
3. Условие прочности на срез сварных соединений.
4. Зависимость между E, μ, G ?
5. Закон Гука при сдвиге?
6. Приведите примеры работы элементов конструкций на сдвиг.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА -11

ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ МЕТАЛЛА НА КРУЧЕНИЕ.

- I. Цель работы:
1. Построение диаграммы кручения.
 2. Определение предела прочности при кручении образца из стали.

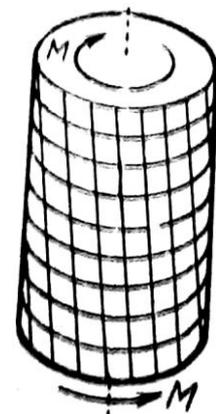
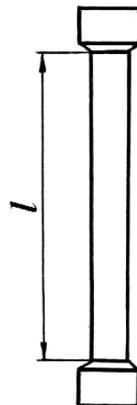
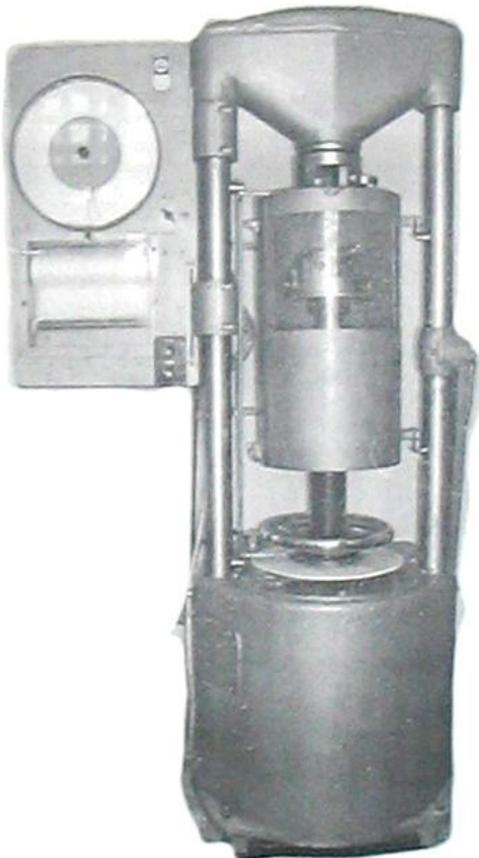


Рис.- 10. Машина КМ - 50

Закон Гука при кручении:

$$\varphi = \frac{M_k \cdot \ell}{G \cdot J_p} \quad (16)$$

где: φ - угол закручивания образца.

Работа, выполняемая машиной при упругой кручении образца равна:

$$A = \frac{M_k \cdot \varphi}{2} = \frac{M_k^2 \cdot \ell}{2 G J_p} \quad (17)$$

Удельная работа:

$$a = \frac{A}{V_0} = \frac{M_k^2 \cdot \ell}{2 G J_p} = \frac{M_k^2}{2 G J_p \cdot A_0} \quad (18)$$

II. Основные определения и расчетные формулы.

При кручении в стержень возникает внутренний силовой фактор-

крутящий момент M_k . Условие прочности при кручении:

$$\tau = \frac{M_k \max}{W_p} \quad (19)$$

где $M_k \max$ – наибольшее значение крутящего момента.

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad \text{ - момент сопротивления образца, } m^3$$

где: ℓ - длина образца, м.

$G = 8 \cdot 10^{10} \text{ н/м}^2$ - модуль сдвига.

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{ - полярный момент инерции образца, } m^4$$

$$A_0 = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{ - площадь поперечного сечения образца, } m^2$$

III. Порядок проведения испытаний.

Испытания производят на машине К – 50 – 1. машина снабжена моментомером и диаграммным устройством, вычеркивающим диаграмму кручения. Максимальный крутящий момент, создаваемый машиной при кручении образца 500 НМ. Испытанию подвергают стандартные образцы

IV. Выводы.

V. Контрольные вопросы.

1. Деформации при кручении?

2. Условие жесткости при кручении?
3. Условие прочности при кручении?
4. Определение размеров детали, подвергаемой кручению, из условий жесткости и прочности?
5. Диаграмма кручения стального образца?
6. Приведите примеры деталей машин, подвергаемых кручению.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА -12

ИСПЫТАНИЕ СТЕРЖНЯ МАЛОГО ДИАМЕТРА НА КРУЧЕНИЕ.



рис. 11 – расм. Машина K-5

I. Цель работы: Определение предела прочности при кручении стержня малого диаметра.

II. Основные понятия и расчетные формулы.

При проведении работы испытанию подвергают стержни различных диаметров.

Между крутящим моментом M_k и мощность испытательной машины K-5 существует зависимость:

$$M_k = 9736 \frac{N}{n} \text{ НМ} \quad (20)$$

где: N – мощность машины, кВт

n – число оборотов в минуту держателя машины.

Полный угол закручивания в момент разрушения образца определяется опытным путем:

$$\varphi = m \cdot 360^\circ, \text{ град} \quad (21)$$

$$\varphi' = \varphi \cdot \frac{\pi}{180^\circ}, \text{ радиан}$$

где: $m = \frac{K}{2}$ - число оборотов стержня вплоть до разрушения.

K - показания индикатора машины.

Величина полного угла закручивания, приходящаяся на единицу длины стержня называется относительным углом закручивания:

$$\theta = \frac{\varphi}{\ell}, \frac{\text{рад}}{\text{м}} \quad (22)$$

Максимальное касательное напряжение, возникающее в поперечном сечении стержня, равно:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{\kappa}}{W_p} \quad (23)$$

$$U = \frac{M_{\kappa}^2 \cdot \ell}{2 G J_p} \quad (24)$$

Потенциальная энергия при кручении равна:

III. Порядок проведения испытаний.

Испытания проводят на машине К-5. Расстояние между держателями регулируется соответственно длине подвергаемого испытанию стержня. Проведение опыта прекращают при разрушении образца.

IV. Выводы.

V. Контрольные вопросы.

1. Условия прочности и жесткости при кручении?
2. Полная работа при кручении?
3. Удельная работа при кручении?
4. Что Вы знаете о крутящем моменте?
5. Порядок проведения работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА – 13

ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ.

- I. Цель работы:** Сравнение деформации винтовой пружины с малым шагом, полученной опытным путем и аналитически.



Размеры пружины:

Диаметр проволоки $d = 1, 2, 3 \text{ мм}$
 средний диаметр 10; 15; 20; 25 мм
 количество проволоки
 $n = 10, 14; 18 \text{ мм}$

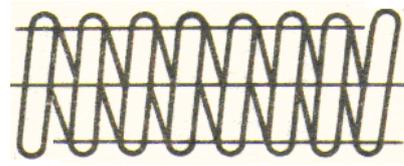
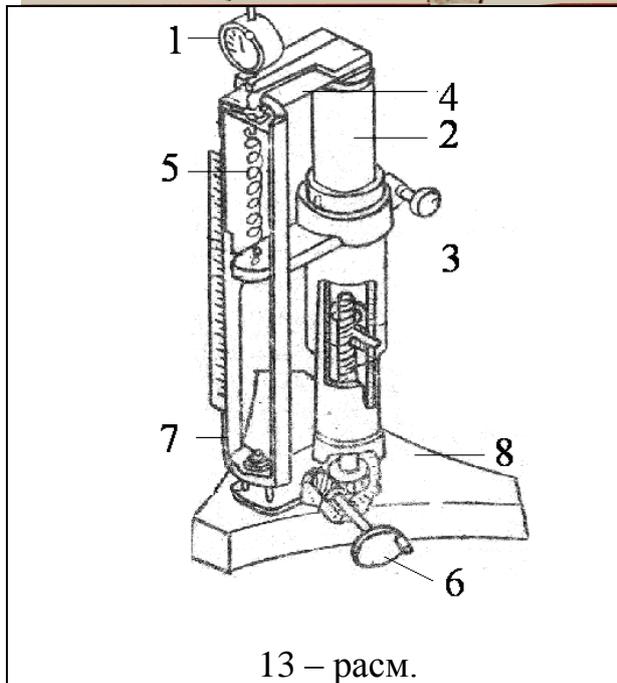


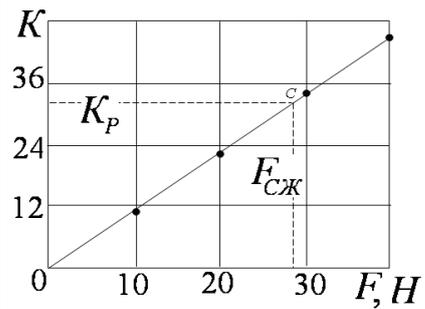
рис.- 12 Прибор ДП-6А



13 – расм.

рис.- 13 Прибор ДП-6А .

1 - индикатор ИЧ-10; 2-верхняя плита; 3-нижняя плита; 4-медная пластинка; 5-пружина; 6-маховик; 7- вилка; 8 – основание



Тарировочная диаграмма

II. Основные определения и расчетные формулы.

Основным рабочим параметром пружины является ее жесткость

$$C = \frac{F}{\lambda}$$

Осадка λ определяется по формуле:

$$\lambda_T = \frac{BF D^3 \pi}{G d^4}$$

где: $D = \frac{D_n + D_v}{2}$ -средний диаметр пружины,

D_n, D_v – соответственно ее наружный и внутренний диаметры,
 F - нагрузка, прилагаемых к пружине,
 n - число рабочих витков
 $G = 8 \cdot 10^{10} \text{ н/м}^2$ - модуль сдвига материала пружины

При растяжении или сжатии винтовой пружины в поперечном сечении проволоки (прутка) возникают касательные напряжения при кручении (τ_1) и при срезе (τ_2).

С внешней стороны витка возникают наибольшие касательные напряжения

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{2FR}{\pi l^3} + \frac{F}{\pi l^2} \quad (25)$$

III. Порядок проведения испытаний.

Для определения деформации винтовой пружины применяют прибор. Нагрузку изменяем следующим образом. Вначале необходимо произвести тарировку прибора. Для этого производим последовательное нагружение $F=10, 20, 30..H$. Каждая ступень нагружения соответствует показанию индикатора $K_1, K_2, K_3 \dots$. Затем груз заменяют испытуемой пружиной. При помощи шкалы держателя (0). устанавливают на линейке точку, соответствующую $\lambda = 0$. Вращением маховика подвижного держателя пружину сжимают. При достижении показания индикатора величины K_1 , пружину сожмет нагрузка равная F_1 . По линейке нужно определить деформацию пружины. Затем продолжают нагружать пружину силой F_2, \dots . Полученные данные сводят в таблицу.

Нагрузка, н	Показания индикатора (К)	Деформация пружины (λ_3), м
$F_1=10$	K_1	λ_{31}
$F_2=20$	K_2	λ_{32}
$F_3=30$	K_3	λ_{33}

$$\delta_\lambda = \frac{\lambda_T - \lambda_3}{\lambda_3} - 100\%$$

Расхождение определим по формуле:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ ПРИ ИЗГИБЕ.

I. **Цель работы:** Сравнение деформации двухопорной, балки при изгибе, полученной опытным путем и аналитически.

II. Основные определения и расчетные формулы.

Изгиб балки характеризуется углом поворота поперечного сечения θ и u . Перемещение центра тяжести сечения по направлению, перпендикулярном к оси балки, называется прогибом балки в этом сечении или прогибом этого сечения балки. Угол θ , на который каждое сечение поворачивается по отношению к своему первоначальному положению называется углом поворота сечения. Прогиб балки и угол поворота – в произвольной точке можно определить последовательно интегрируя основное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки $EJy'' = \pm Mx$, универсальной формулой или

экспериментально.

Теоретически прогиб двухопорной балки определяем по формуле

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{48EJ}$$

а угол поворота

$$\theta_b = -\theta_a = \frac{Fl^2}{16EJ}$$

J - момент инерции сечения балки

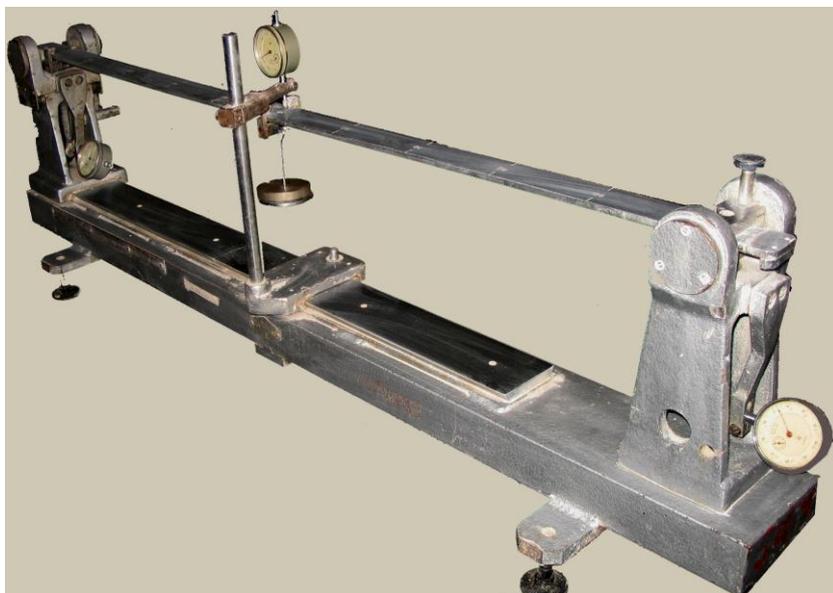


рис. - 14 . Устройство *СМ 4А*

III. Порядок проведения испытаний.

Определение деформации двухопорной балки можно осуществить на установке *СМ-4А*. Длина стальной балки – 1 м., поперечное сечение - прямоугольной формы. Подвеску с грузом можно перемещать по длине балки до нужной точки. На концах балки жестко закреплены стержни длиной по 150 мм. Поворот этих стержней равен углу поворота опорных сечений. Прогиб точек измеряется при помощи индикаторов

$$Y_C = \delta_C \cdot 0,01, \quad Y_K = \delta_K \cdot 0,01, \quad Y_D = \delta_D \cdot 0,01$$

где: $\delta_{C_1}, \delta_{K_1}, \delta_{D_1}$ - показания индикаторов, соответствующие каждой ступени нагрузки заносят в таблицу .

Нагрузка (кН)	Показывает индикатора		Степень нагрузки F	Расхождение в показаниях индикатора	
	δ_B	δ_C		δ_B	δ_C
Среднее значение					

угол поворота в точке A равен $\theta_A = \frac{\delta_K \cdot 0,01}{150} \text{ (рад)}$

угол поворота в точке B равен $\theta_B = \frac{\delta_D \cdot 0,01}{150} \text{ (рад)}$

Данные, полученные экспериментально следует проверить графоаналитическим и универсальным методами и результаты занести в таблицу

Контрольные вопросы:

- 1.Расскажите методику проведения эксперимента
- 2.Что означает угол поворота сечения; прогиб?
- 3.Определите прогиб и угол поворота предлагаемой балки.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА – 15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ КОНСОЛИ.

I. Цель работы: Сравнение деформации консоли при изгибе, полученное опытным путем и аналитически.

II. Основные определения и расчетные формулы

На свободном консоли прогиб и угол поворота сечения равны:

$$Y_C = \delta_C \cdot 0,01 \text{ мм}, \quad \theta_C = \frac{\delta_B}{300}, \text{ рад.}$$

где: δ_C, δ_B - показания индикаторов.

Теоретически эти показатели определяются формулами: прогиб

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{3EJ} \quad \text{и угол поворота} \quad \theta = \frac{Fl^2}{2EJ}$$

III. Порядок проведения испытаний.

Определение прогиба и угла поворота консоли осуществляют на установке СМ. .

В середине к балке жестко закреплен стержень длиной – 300 мм. Верхний индикатор показывает вертикальное перемещение точки, нижний горизонтальный индикатор угол поворота сечения .

Нагружая балку, следует измерять расстояние (по индикатору) и внести данные в таблицу .

Нагрузка (кН)	Показывает индикатора		Степень нагрузки F	Расхождение в показаниях индикатора	
	δ_B	δ_C		δ_B	δ_C
Среднее значение					

Контрольные вопросы.

- 1.Напишите дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
- 2.Каким методом определим деформацию балки?
- 3.Расскажите о ходе работы.
- 4.Каким образом, с помощью индикаторов, можно определить прогиб и угол поворота сечения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 16

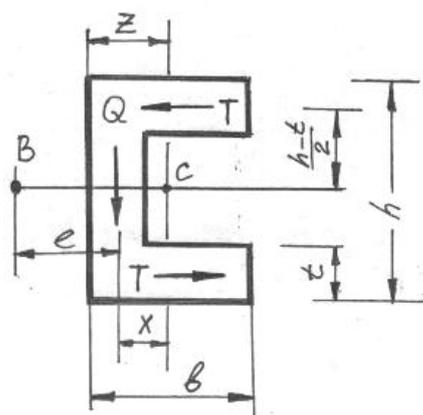
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ИЗГИБА ТОНКОСТЕННОГО ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ С КРУГЛЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ.

I.Цель работы: Сопоставить теоретические и аналитические значения изгиба тонкостенного открытого профиля с круглым поперечным сечением.

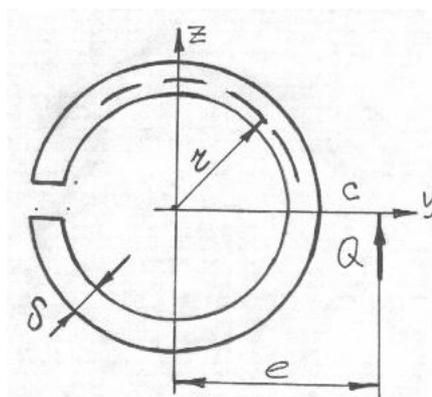
II. Основные определения и расчетные формулы.

В некоторых конструкциях, работающих на изгиб, равнодействующая всех касательных напряжений, возникающих в поперечном сечении, проходит через его центр тяжести. Например: двутавр, круг и т.д.

В конструкциях, имеющих сечения по профилям швеллера, равнобокого или неравнобокого уголков и т.д., поток внутренних усилий не проходит через центр тяжести сечения. Поэтому внутренние усилия создают момент относительно центра тяжести сечения, за счет которого конструкция скручивается вокруг собственного центра тяжести.



$$\ell = \frac{T(h-t)}{Q} = \frac{b_1^2 (h-t)(h-t)}{4I_y} t$$



Теоретически $\ell = 2r$

В плоскости сечения конструкции можно найти положение такой точки, относительно которой момент всех внутренних усилий будет равен нулю. Эта точка находится на расстоянии от центра тяжести сечения и называется центром изгиба.

III. Порядок проведения испытаний.

Для экспериментального изучения центра изгиба можно пользоваться установкой СМ-12

До нагружения балки ГРУ-зом показания индикаторов должны быть одинаковы, стрелки должны показывать ноль. Балка нагружается грузом, показания индика-



Установка СМ-12

торов будут отличаться друг от друга. Груз следует перемещать по линейке таким образом, чтобы оба индикатора показывали одну и ту же цифру. Затем по линейке измеряют расстояние e и сравнивают с теоретическим значением.

Контрольные вопросы:

1. Как определяется центр изгиба симметричного сечения?
2. Как определяется центр изгиба несимметричного сечения?
3. Расскажите методику проведения (испытания) эксперимента.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ.

I. Цель работы: Определение удельной ударной вязкости стали.

II. Краткие теоретические сведения.

Для проверки способности материала сопротивляться ударным нагрузкам применяют особый вид испытаний ударным изгибом – определение ударной вязкости надрезанных образцов. Эти испытания проводят на маятниковых копрах различной конструкции. Разность высот положения маятника до и после удара позволяет вычислить работу A , затраченную на разрушение образца.

В условиях ударного нагружения даже для пластичных материалов возрастает опасность хрупкого разрушения, увеличивается роль раковин, надрезов, трещин, имеющих в материалах и вызывающих концентрацию напряжений. Полученные при статических испытаниях, т.е. под действием очень медленно нарастающей нагрузки, механические характеристики не могут оценить способность материала противостоять ударной нагрузке.

Чтобы оценить способность материалов воспринимать ударные нагрузки и выявить их склонность к хрупкому разрушению проводят испытания на ударную вязкость. Наиболее широко распространены и стандартизированы ударные испытания на изгиб образца с надрезом, в результате которых определяют вязкость разрушения – сопротивление распространению трещин. Эскиз образца для испытания на ударную вязкость представлен на (рис.15)

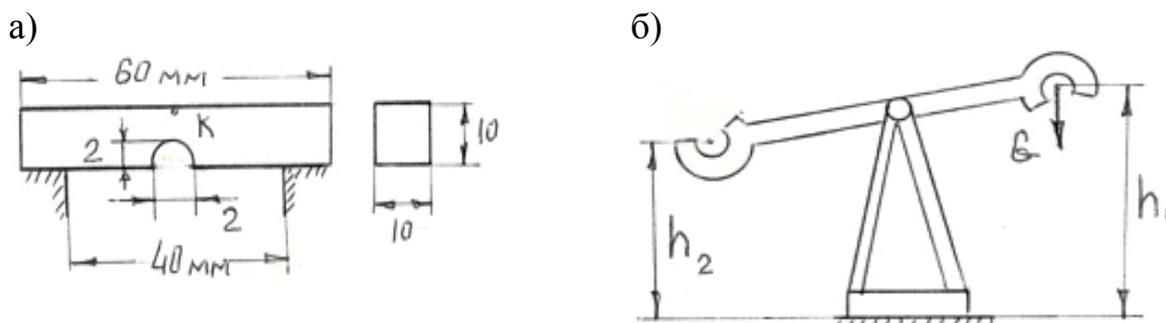


рис. - 15

Надрез делается для того, чтобы создать вблизи его концентрацию напряжения –объемное напряженное состояние, затрудняющее развитие пластических деформаций, способствующее хрупкому разрушению.

Удельной ударной вязкостью a_n называется отношение работы, затраченной на разрушение образца ударом к площади поперечного сечения его вместе надреза

$$a = \frac{W_1}{A} = \frac{W - \Delta W}{A}$$



БМК -5.

Устройство и принцип работы маятникового копра БМК -5.

Копер состоит из основания I на котором укреплена стальная стойка 17. на стойке смонтирован держатель 9, на котором закреплен маятник, состоящий из штанги 12 и сменных молотов 4. На оси маятника жестко укреплено спусковое колесо II позволяющее с помощью крючке 10 устанавливать его в двух различных в зависимости от необходимого запаса энергии для испытания и необходимой скорости удара.

Для спуска маятника из любого взведенного положения на стойке имеется ручка 7, повтором которой по часовой стрелке освобождается маятник. Для испытания образцов различной толщины от 4 x 5 до 10 x 15 мм служат прокладки, которые закладывают между губками и стенками опоры. Прокладки под губки подбирают так чтобы общая толщина образца и прокладки составляла 10 мм. Для испытания образцов сечением 4 x 6 до 10 x 15 мм прокладки не применяют.

Принцип работы БМК -5. Принцип действия копров основан на измерении работы, затраченной на разрушение образца, запасенной маятником энергии.

Основными характеристиками копра являются: запас энергии, определяемый как произведение массы маятника на расстояние от оси качания маятника до центра удара, который определяется по периоду колебания маятника.

Маятник массой G , поднятый на определенный угол и имеющий высоту центра тяжести h , будет обладать запасом энергии, равным : $A = G \cdot h$

После свободного падения и встречи с образцом маятник, затратив на разрушение образца часть запаса энергии, поднимается на определенный угол, при котором его центр тяжести займет высоту h_1 .

Закрепленная на оси маятника рабочая стрелка при подъеме после разрушения образца поднимает стрелку на высоту, пропорциональную высоте h_0 . Таким образом, стрелка отметит по шкале величину, пропорциональную разности высот $h - h_1$.

Работу, затраченную на разрушение образца, определяют как разность

энергии маятника до и после удара : $\Delta A = (h - h_1) \cdot G$
где: ΔA - работа, затраченная на разрушение образца,
 G – масса маятника,

h_1 – высота подъема центра тяжести маятника относительно точки встречи бойка с образцом до удара, см

h – высота подъема центра тяжести маятника относительно точки встречи бойка с образцом после удара, см.

Шкала прибора градуирована в $\kappa H \cdot см$, и по ней можно прочесть без каких –либо подсчетов величину работы, затраченную на разрушение образца.

Выводы.

Контрольные вопросы :

- 1.Объясните принцип работы маятникового копра.
- 2.Напишите формулу работы : удельной работы.
- 3.Что вы знаете о ударной вязкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 18

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КРИВОШИПНО – ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА.



Кривошипно ползунный механизм

1.Цель работы. Произвести структурный анализ и построение кинематической схемы кривошипно – ползунного механизма

Структурный анализ механизма

Под структурным анализом механизма понимается определение количества звеньев и кинематических пар, классификация кинематических пар, определение степени подвижности механизма, а также установление класса и порядка механизма.

Формула П.Л.Чебышева:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4$$

где: n - число подвижных звеньев механизма

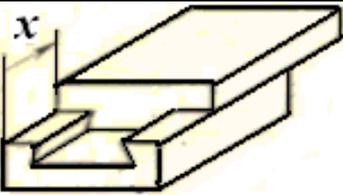
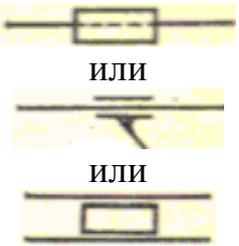
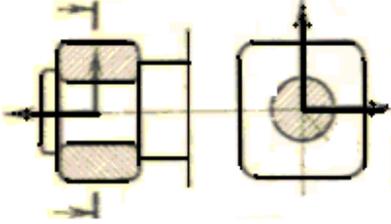
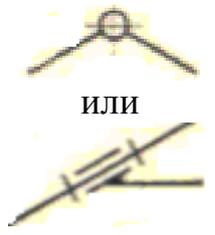
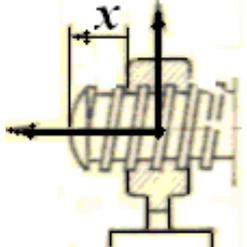
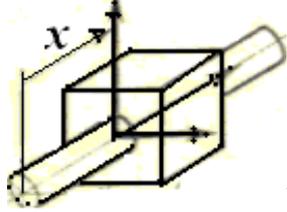
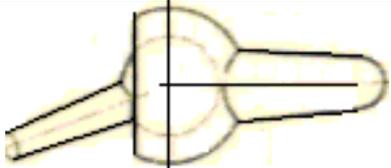
P_5 —число низших кинематических пар

P_4 - число высших кинематических пар

Кинематическая схема. Определение положений звеньев и траекторий точек производится на кинематической схеме механизма, отражающей только те размеры, которые устанавливают относительное положение кинематических пар. При вычерчивании схемы механизма необходимо

$$\mu_i = \frac{\text{заданная длина звена}}{\text{длина звена на чертеже}} \left(\frac{i}{ii} \right)$$

выбирать масштаб:

Поверхность соприкосновения	Свободные относительные координаты	Название кинематической пары	Условное изображение на кинематических схемах
 Боковая поверхность параллелепипеда	x $W = 1$	Поступательная	
 Общий случай поверхности вращения	Угол (φ_x) вращения $W = 1$	Вращательная пара или шарнир	
 Винтовая поверхность	$\varphi_x = Kx$ $W = 1$	Винтовая	
 Круговая цилиндрическая поверхность	Угол вращения и x $W = 2$	Цилиндрическая	
 Сферическая поверхность	$\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ $W = 2$	Шаровая пара или шаровой шарнир	

Рекомендуемые масштабы: 0,0001; 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005 и т.д.

При вычерчивании плана положений механизма прежде всего нужно нанести положения неподвижных центров вращательных пар и направляющих поступательных пар. Затем для выбранного положения ведущего звена последовательно определяется положения кинематических пар и звеньев групп, присоединенных к ведущему звену.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 19

АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ГРАФИКОВ

Цель работы : Определить скорости и ускорения крайне ведомой точки механизма методом графиков.

Метод кинематических диаграмм. В тех случаях, когда необходимо установить законы изменения скоростей и ускорений за определенный промежуток времени движения звена, применяют метод кинематических диаграмм, который базируется на графическом дифференцировании. Используя график движения (перемещения) ведомого звена по времени $S = S(t)$ определяют скорость как первую производную пути по времени: $V = \frac{ds}{dt}$.

Масштаб графика перемещения $\mu_s = \frac{S_{max}}{|y|}; \frac{\dot{s}}{\dot{y}}$

где, S_{max} – наибольший путь пройденное по одну сторону крайне ведомой точки

$|y|$ - величина S_{max} на диаграмме перемещения.

Масштаб диаграммы скорости $\mu_v = \frac{\mu_s}{\pi \cdot \mu_t}; \left(\frac{\dot{s} / \tilde{n}}{\dot{y}} \right)$

Построение диаграммы ускорений по известной диаграмме скорости следует проводить в таком же порядке, построение диаграммы скорости по известной диаграмме перемещения.

Обозначив через H_A полюсное расстояние, можно по аналогии с определением масштаба диаграммы скорости получить масштаб диаграммы ускорения

$\mu_a = \frac{\mu_v}{\pi \cdot \mu_t} \frac{м./с^2}{мм}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 20

АНАЛИЗ КИНМАТИКИ МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ПЛАНОВ

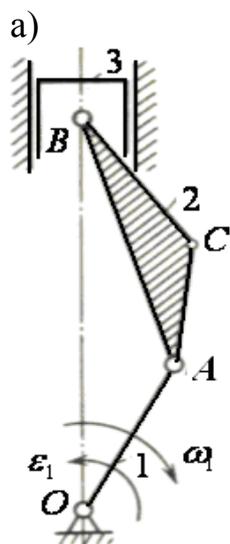
Цель работы : Определить скорости и ускорения крайне ведомой точки механизма методом планов.

Построение планов скоростей и ускорений. Метод основан на графическом решении векторных уравнений движения. Для построения планов скоростей и ускорений механизма должна быть известна его кинематическая схема и задан закон движения ведущего звена.

План скоростей. В качестве примера рассмотрим построение плана скоростей кривошипно – ползунного механизма (рис.-16,а). Построение плана скоростей начинается с определения скорости точки A кривошипа

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{oA}; \frac{i}{\tilde{n}}, \text{ где } \omega_1 - \text{угловая скорость и } l_{oA} - \text{длина кривошипа.}$$

Вектор скорости V_A направлен перпендикулярно кривошипу OA в направлении его вращения. Точка B принадлежащая звену 2, рассматривается в относительном движении вокруг точки A . Скорость точки B можно представить как векторную сумму скоростей переносного и относительного. Переносным движением будем считать вращательную скорости точки A , а относительным –вращательное движение звена 2 вокруг точки A . Обозначая последнюю через V_{AB} , получаем уравнение скорости точки .Точка B принадлежащая звену 3, рассматривается в относительном движении по направляющему ползуна. Поэтому скорость точки B можно представить как векторную сумму скоростей направляющего и точки B относительно



неподвижного направляющего, т.е.

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_B &= \bar{V}_A + \bar{V}_{BA} \\ \bar{V}_B &= \bar{V}_O + \bar{V}_{BO} \end{aligned} \right\} \text{ б) } \quad \text{в)}$$

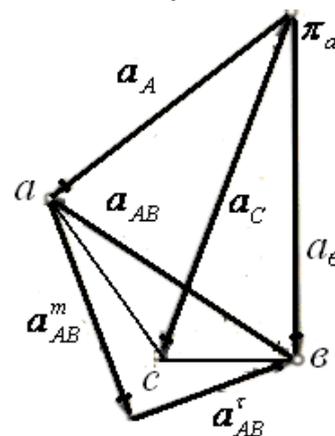
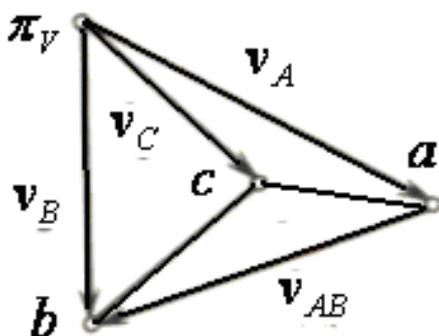


рис.- 16

где $V_{AB} \perp \overline{AB}$, $V_y = 0$ и скорость V_{BV} направлен параллельно направлению ползуна. Для определения указанных неизвестных величин строим план скоростей в выбранном масштабе $\mu_v = \frac{V_A}{\pi \cdot a}; \left(\frac{\dot{i} / c}{\dot{i} \ddot{i}} \right)$ (рис.-16,б).

Из произвольного полюса π проводим вектор $\pi \cdot a = \frac{V_A}{\mu_v}$, перпендикулярный кривошипу OA , соответствующий на плане скоростей абсолютной скорости V_A . Из точки a проводим линию перпендикулярную AB , а из полюса π параллельную OB . В пересечении указанных линий находим точку b . Вектор $\pi \cdot b$ изображает скорость V_B точки B , а вектор ab скорость V_{AB} . Значения действительных скоростей находим по формулам

$$\overline{V}_{BA} = ab \cdot \mu_v; \quad \overline{V}_B = \pi \cdot b \cdot \mu_v.$$

Угловая скорость второго звена $\omega_2 = \frac{\overline{V}_{BA}}{\ell_{BA}}$. Направление этой угловой скорости находится по вектору скорости V_{AB} .

Для определения скорости точки C шатуна можно воспользоваться известной из теоретической механики теоремой подобия треугольников abc и ABC , т.е. $\frac{\dot{a}\tilde{n}}{\tilde{A}\tilde{N}} = \frac{\dot{a}\hat{a}}{\hat{A}\hat{A}}$ и $\frac{b\tilde{n}}{B\tilde{N}} = \frac{\dot{a}\hat{a}}{\hat{A}\hat{A}}$, откуда определяем ac и bc . С помощью циркуля радиусом ac и bc центром точки a и b проводим дуги в точке пересечения которых получим точку C . При этом треугольник повернуто на 90° . Значение скорости в этой точке определяется $\overline{V}_C = \pi \cdot c \cdot \mu_v$.

Построение плана ускорения. Построение плана ускорения начинается с определения ускорения точки A кривошипа $\dot{a}_{\hat{A}} = \omega_1^2 \cdot \ell_{i\hat{A}}; \left(\frac{\dot{i}}{\tilde{n}^2} \right)$. Это ускорение направлен по OA к центру вращения.

$$\text{Выбираем масштаб плана ускорения } \mu_a = \frac{a_A}{\pi_1 a_1}, \frac{\frac{m}{c^2}}{мм}$$

Ускорение точки B находим из векторного уравнения

$$\left. \begin{aligned} \overline{a}_B &= \overline{a}_A + \overline{a}_{BA}^n + \overline{a}_{BA}^\tau \\ \overline{a}_B &= \overline{a}_O + \overline{a}_{BO}^n \end{aligned} \right\}$$

Значение нормальной составляющей относительного ускорения определяем по формуле

$$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{\ell_{BA}} = \frac{(ab \cdot \mu_v)^2}{\ell_{BA}}$$

Вектор ускорения a_{BA}^n направлен по AB к центру вращения (точка A механизма) и откладывается из точки a плана. Направление тангенциальной составляющей вектора \vec{a}_{BA}^τ будет проходить через конец вектора a_{BA}^n и перпендикулярно ему. Направление абсолютного ускорения точки B известно (a_b ПОВ) и соответствующая линия проходит через полюс. Пересечение этих двух линий действий определит положение точки b на плане, а следовательно величину $a_B = \pi_a \cdot b \cdot \mu_a$. Вектор ab изображает полное относительное ускорение звена 2. Угловое ускорение звена 2

находим из уравнения $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{\ell_{BA}}$. Ускорение точки C определяем по методике определения скорости этой точки, $a_C = \pi_a \cdot c \cdot \mu_a$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 21

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

1. Цель работы: Изучение устройства одноступенчатого цилиндрического редуктора, определить параметров шестерни и зубчатого колеса.

Общие понятия. 1. Конструктивные параметры шестерни и зубчатого колеса выражаются через модуль зацепления $m_t = \frac{P_t}{\pi}$.

где : P_t – шаг зубьев по делительной окружности;

Высота головки зуба $h_a = m_t$ и высота впадин $h_f = 1,25m_t$, общая высота зуба $h = h_o + h_f = 2,25m_t$

Диаметр делительной окружности $d = m_t \cdot z$;

Диаметр вершин зубьев $d_a = m_t(z + 2)$;

Диаметр впадин зубьев $d_f = m_t(z - 2,5)$;



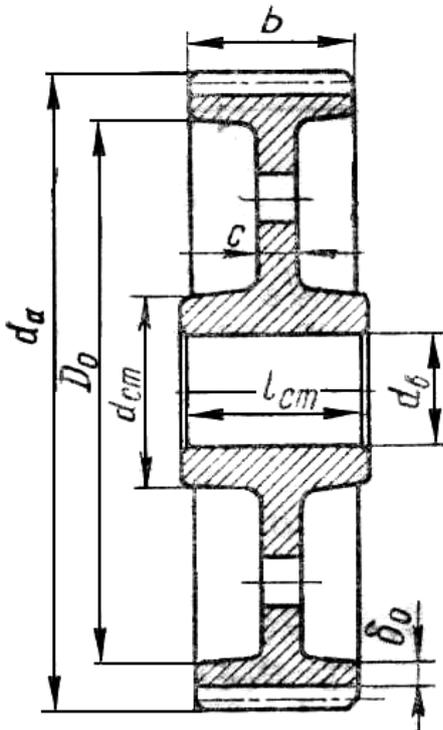
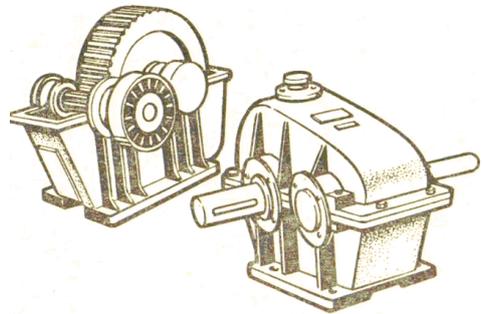
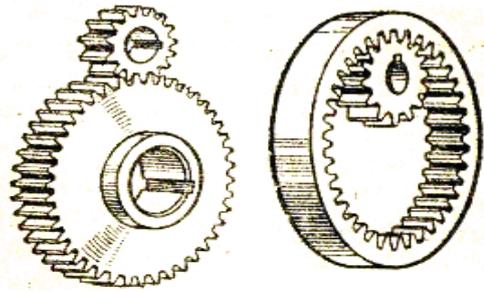
Межосевое
расстояние

$$a = \frac{d_1 + d_2}{z}$$

Передаточное
число

$$i = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Изучают компоновку редуктора. Составляют схему нагружения вала.



Параметры металлического зубчатого колеса

Диаметр ступицы:

для стали $d_{cm} = 1,6d_k$

для чугуна $d_{cm} = 1,8d_k$ ва

Длина ступицы $l_{cm} \approx (1,2 \dots 1,5)d_k$

Толщина обода: $\delta_0 = (2,5 \dots 4,0)m$

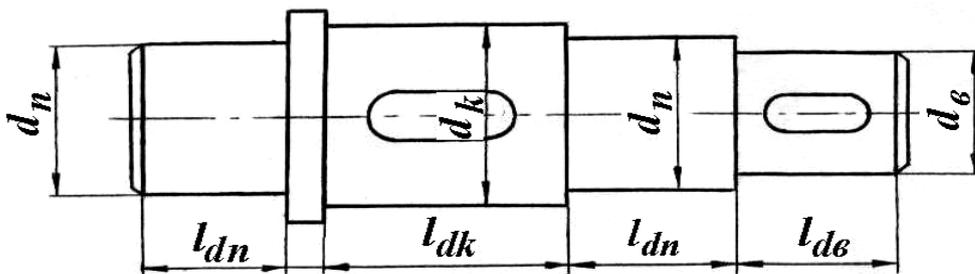
Толщина диска:

- штамповка $C = (0,2 \dots 0,3)b$;

- литье $C = 0,2b$

Диаметр отверстий $d_{om} = \frac{D_0 - d_{cm}}{4}$

Толщина ребра жесткости $S = 0,8c$

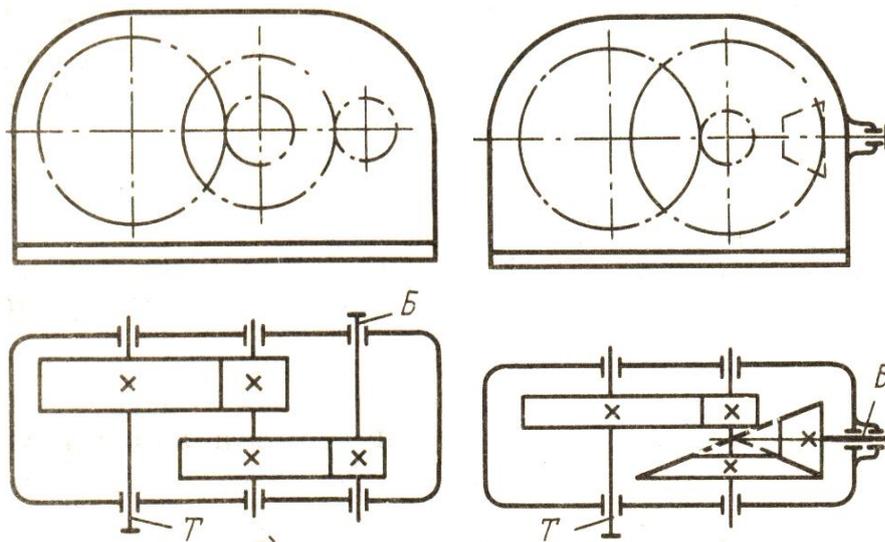


Эскизная схема вала.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 22

ОПРЕДЕЛИТЬ ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

1. Цель работы: Изучение устройства и определение передаточного числа двухступенчатого редуктора



Цилиндрический двухступенчатый редуктор

Двухступенчатый конически – цилиндрический редуктор

Общие понятия:

Передаточное число привода

$$i = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{в}}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

где: $i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$

передаточные числа отдельных передач

$$i = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_3}{d_2} \cdot \frac{d_4}{d_3}$$

где: $z_1, z_2, z_3, z_4, d_1, d_2, d_3, d_4$ - соответственно, количества зубьев и диаметры колес отдельных передач. Их определяют считыванием и измеряя линейкой. Изучают компоновку редуктора. Составляют схему нагружения вала.

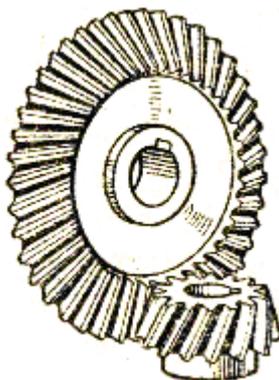
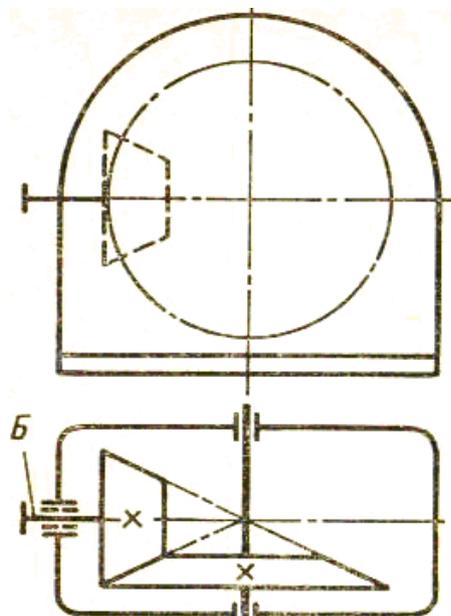
Средние значения передаточных отношений

Передача	i	Передача	i
Цилиндрические	3 – 6	Цепные	3 – 6
Конические	2 – 4	Ременные	2 - 4
Червячные	8 - 40		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 23

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОДНОСТУПЕНЧАТОГО КОНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

1. **Цель работы:** Изучение устройства одноступенчатого конического редуктора, определить параметров шестерни и зубчатого колеса.



Общие понятия.

1. Определить размеры шестерни и колеса.

Определяем число зубьев шестерни и колеса Z_1 и Z_2 . Производим расчет. $i_p = u = \frac{Z_2}{Z_1}$

Замеряя внешний делительный диаметр колеса d_{e2} определяем

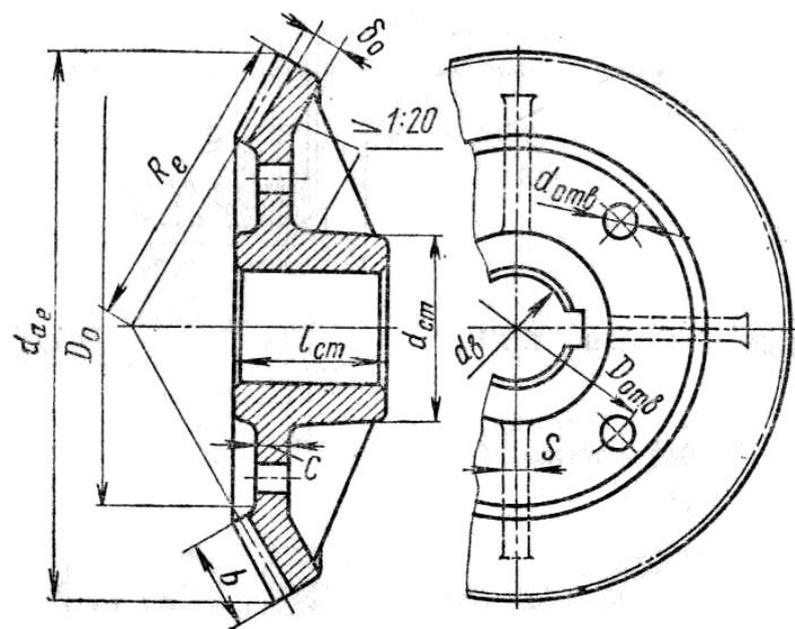
модуль $m_e = \frac{d_{e2}}{Z_2}$; Определяем конусные

$$\operatorname{ctg} \delta_1 = u; \quad \delta_2 = 90^\circ - \delta_1$$

Внешнее конусное расстояние $R_e = 0,5m_e \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}; \quad \text{мм}$

Внешний делительный диаметр шестерни $d_{e1} = m_e \cdot Z_1; \quad \text{мм}$

Средний диаметр $d_1 = 2(R_e - 0,5b) \sin \delta_1; \quad \text{мм}$



Внешние диаметры шестерни и колеса:

$$d_{al1} = d_{e1} + 2m_e \cos \delta_1$$

$$d_{al2} = d_{e2} + 2m_e \cos \delta_2$$

Диаметр ступицы:

$$d_{cm} = 1,6d_k$$

Длина ступицы

$$l_{cm} \approx (1,2 \dots 1,5)d_k$$

Толщина обода:

$$\delta_0 = (3 \div 4)m$$

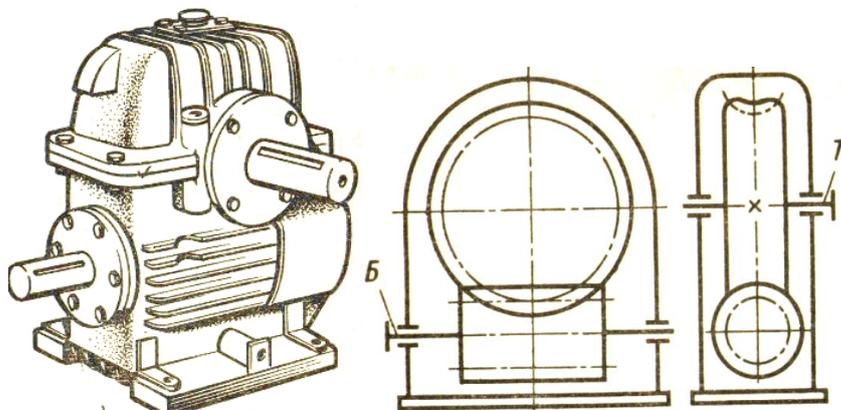
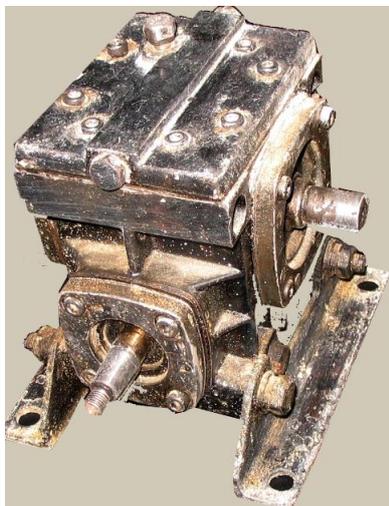
Толщина диска:

$$C = (0,1 \div 0,17)R_e$$

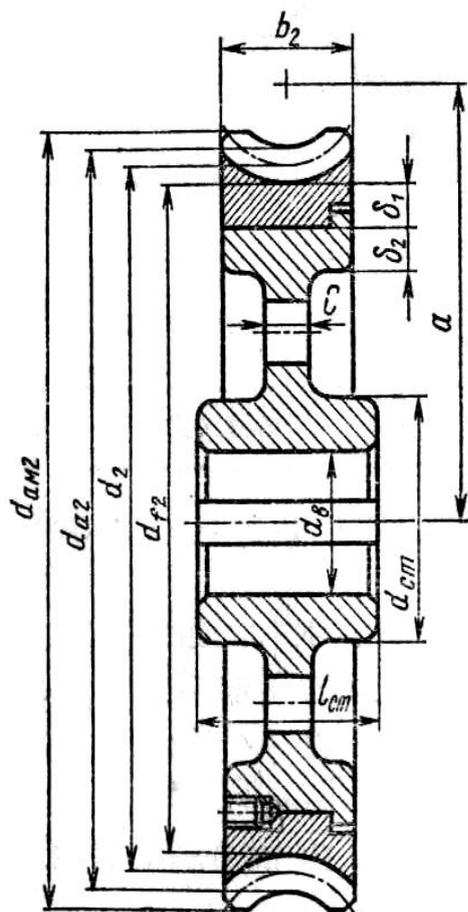
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 24

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА

1. **Цель работы:** Изучение устройства одноступенчатого червячного редуктора, определить параметров червяка и червячного колеса.



Произвести разборку и сборку редуктора, при этом методом замера линейкой определить размеры червяка и червячного колеса



Общие понятия.

Передаточное число

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

где: ω_1 – угловая скорость червяка; ω_2 – угловая скорость червячного колеса; Z_2 и Z_1 – соответственно, число зубьев червячного колеса и червяка. Модуль

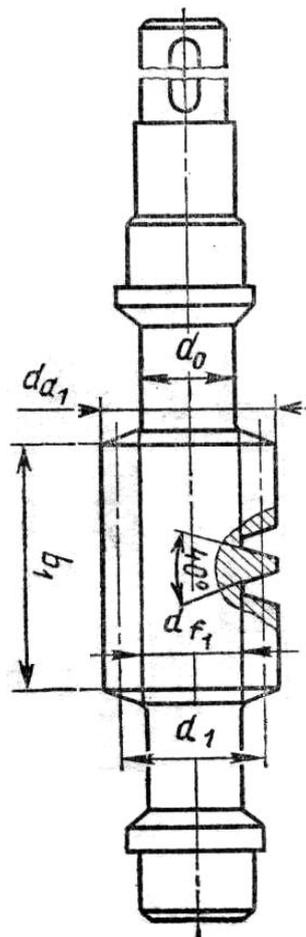
$$m = \frac{(1,4 \dots 1,7) a_w}{z_2} \text{ и}$$

коэффициент диаметра червяка

$$q_{\min} = 0,212 \cdot z_2.$$

Тогда обеспечивается жесткость червяка и

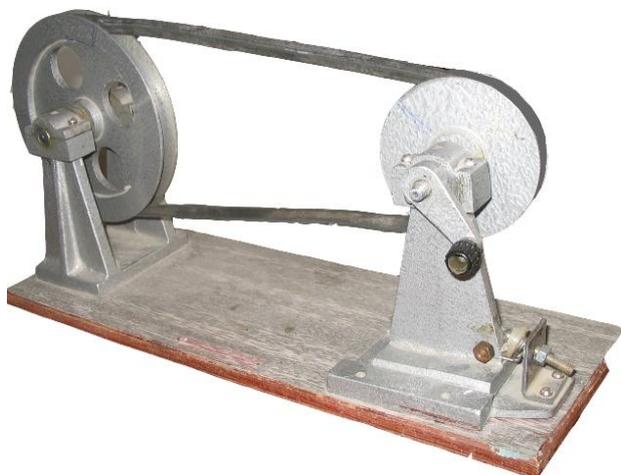
$$d_1 = 0,35 \cdot a_w$$



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 25

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. Цель работы: Изучение устройства ременной передачи, определить параметров ремня и шкивов.



Работа проводится на ременной передаче привода тяговой тележки почвенного канала или в модели ременной передачи. Определяются параметры клинового ремня и шкивов малого и большого диаметров. Проверяются соотношения:

$$\frac{b_p}{h} = 1,4; \quad \frac{b_p}{h} = 1,05 \dots 1,1; \quad \frac{b_p}{h} = 2 \dots 4$$

и
$$U = \frac{D_2}{D_1(1 - \varepsilon)}$$

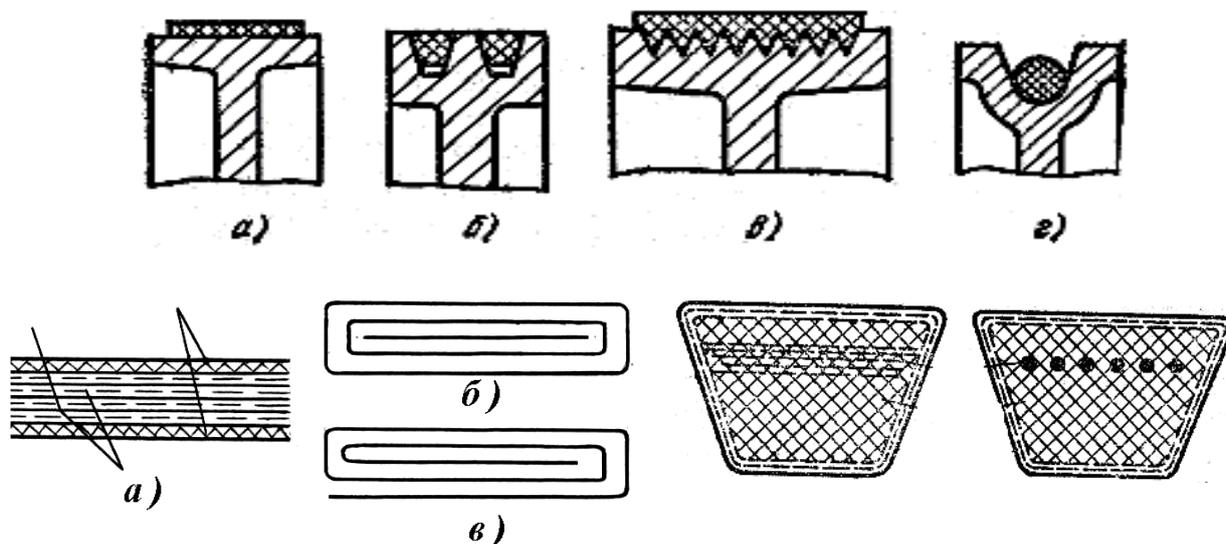
Теоретически проверяют межосевое расстояние

$$a = \frac{1}{2} [0,55(D_1 + D_2) + h + 2(D_1 + D_2)]$$

и рассчитывается длина ремня

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4a}$$

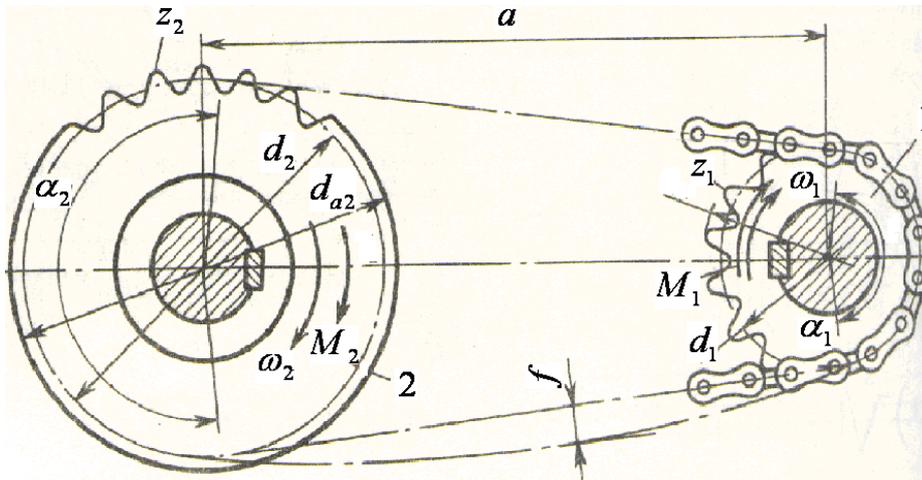
Из литературы изучают виды ремней



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - 26

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. **Цель работы:** Изучение устройства цепной передачи, определить параметров звездочек.



Работа проводится на цепной передаче привода тяговой тележки почвенного канала. Определяются параметры цепной передачи: цепи и звездочек Z_2 и Z_1

Определяется $U = \frac{Z_2}{Z_1}$, проверяется $d = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{Z}}$

Диаметр вершин зубьев звездочки:

для роликовые и втулочные цепи $d_a = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z} + 0,5 \right)$

для зубчатые цепи $d_a = t \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{Z}$.

межосевое расстояние $a = (30 \dots 50)t$ или $a_{\min} = \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2} + (30 \dots 50) \cdot 10^{-3}$

количество звеньев цепи $L_t = \frac{2a}{t} + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2$

тогда

$$a = \frac{t}{4} \left[L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

I. ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Н.С. Бибутов Амалий механика, Тошкент., «Янги-Юль полиграф сервис » 2008 й
- 2 Р.Каримов. А.Солиев Амалий механика, Тошкент., « Фан ва технологиялар » 2005 й
- 3 А.Жўраев ва бошқалар Амалий механика, Фан ва технологиялар, Тошкент,2007 й
- 4 Г.Б.Иосилевич и другие Прикладная механика, Москва, « Высшая школа », 1989 г.
- 5 Заблонский К.И и другие. Прикладная механика. Москва, «Высшая школа», и другие, 1979 г
- 6 А.А. Эрдеди ва бошқалар Техник механика.Тошкент, "Ўқитувчи", 1987 й
- 7 М.Муродов ва бошқалар Назарий механика, Тошкент , « Истиклол » 2004 й
- 8 П.Ш. Шохайдарова ва бошқалар Назарий механика, Тошкент, « Ўқитувчи », 1998 й.
- 9 А.Жўраев ва бошқалар Механизм ва машиналар назарияси. Тошкент., « Ўқитувчи » 2004 й
- 10 А. Йўлдошбеков Механизм ва машиналар назарияси. Ворис, Тошкент., 2007 й
- 11 Ҳ. Ҳ. Усмонхўжаев Механизм ва машиналар назарияси. Тошкент, « Ўқитувчи », 1981 й.
- 12 Н.С.Бибутов Материаллар қаршилиги асослари. Тошкент, « Минҳож »2003 йил
- 13 Тожибоев Р. Жўраев А Машина деталлари. Тошкент.«Ўқитувчи» 2002 .
- 14 И.Сулаймонов Машина деталлари. Тошкент. « Ўқитувчи » 1987 й
- 15 Г.М. Ицкович и другие Курсовое проектирование деталей машин. Москва. «Машиностроение» 1983

ФАН БЎЙИЧА ЎҚУВ ва УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМАЛАР.

1. . Бибутов Н.С. - Амалий механика, Тошкент. «Узинкомцентр»
Муродов М.М. Касб –ҳунар коллежлари учун дарслик . 2003 й
2. Бибутов Н.С - Техник механикадан амалий машғулотлар
Тошкент., Илм – зиё. 2006 й.
3. Бибутов Н.С.. – «Амалий механика» фанидан курс лойиҳаси топши-
Муродов М.М риклари ва ҳисоблаш учун услубий қўлланма.
ва бошқалар Технотасвир. Бухоро. 2007 й
4. Бибутов Н.С.. – «Амалий механика» фанидан тажриба ишлари.
ва бошқалар Технотасвир. Бухоро. 2008 й

« Техно-таъвир » босмахонаси
Бухоро ш.Қ.Муртазоёв кочаси 15-уй
513-хона тел 223-18-02
Бурутма_____ нусха
2008 йил

