

Ирбитский мотоциклетный техникум

РУКОВОДСТВО
по проведению
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по **ТЕХНИЧЕСКОЙ**
МЕХАНИКЕ

Организация самостоятельной работы
студентов на занятиях

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания к проведению практических и лабораторных работ.....	4
Методические указания к оформлению отчетов по лабораторным и практическим работам.....	6
Руководство по проведению лабораторных работ	
Определение главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил.....	15
Определение центра тяжести плоских сечений.....	21
Составление кинематических схем механизмов.....	24
Испытание стального образца на растяжение.....	28
Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов.....	34
Испытание металлических образцов на срез.....	37
Определение модуля сдвига при кручении.....	39
Определение осадки цилиндрической винтовой пружины.....	42
Определение прогибов и углов поворота сечений балок при прямом изгибе.....	45
Определение критической силы сжатого стержня.....	47
Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора.....	50

Методические указания

к оформлению отчетов по лабораторным и практическим работам

Отчет выполняется в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-97. Общие требования к текстовым документам.

1. Общие требования.

Отчет выполняется на бланках **формата А4** (210x297). Оформленные отчеты подшиваются в папку в следующей последовательности:

- титульный лист;
- вводная часть (содержание);
- основная часть (листы, содержащие отчет по выполненным работам);
- заключительная часть (список используемых источников)

Рамки на листах (толщина линий 0,3 - 0,4 мм), основные надписи формы **2** и **2а**, записи на титульном листе выполняются шрифтом и карандашом.

Отчет должен содержать:

1.1 **титульный лист** оформляется на чертежной бумаге. Используемые шрифты и реквизиты и их расположение см. Приложение N1;

1.2 **лист содержания** оформляется на белой чистой бумаге. Допускается использование тетрадных листов. Пример оформления листа содержания см. Приложение N 2.

Лист содержания включает в себя:

1.2.1 рамку и основную надпись формы 2 для текстовых документов в соответствии с ГОСТом 2.104-68. Переменные реквизиты в основной надписи:

1 - обозначение документа (цифр). Построение цифр выполняется по следующей схеме:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 ;

где: **1** - вид работы: **ПР**-практическая работа; **ЛР**-лабораторная работа;

2 - номер лабораторной (практической) работы: 01; 02 и т.д.

Примечание: на листе содержания писать - 00.

3 - номер группы студента.

4 - номер студента (по списку студентов в журнале).

5 - индекс документа: 0 - отчет.

Пример цифр: ПР. 00. 205. 05. 0.

2 - Наименование документа. Писать: отчет к лабораторным (практическим) работам. Переносы слов не допускаются.

3 - литер. Писать **У**.

4 - лист. В данном случае (на листе содержания) - 1

5 - листов. Указывают общее количество листов после выполнения и оформления всех лабораторных (практических) работ;

1.2.2 Наименование данного листа - слово **Содержание** и перечень лабораторных (практических) работ с указанием страниц;

1.3. Основную часть - листы, содержащие отчет по каждой лабораторной (практической) работе. Оформляется на писчей бумаге, допускается использование тетрадных листов, миллиметровой бумаги, кальки. Отчет по каждой работе начинается с нового листа. Каждый лист содержащий отчет должен иметь (см. Приложение N 3):

1.3.1 Рамку и основную надпись формы **2а** для текстовых документов ГОСТ 2.104-68. Шифр в основной надписи проставляется аналогично шифру на листе содержания.

Пример: ПР. 01. 205. 05. 0

1.3.2 Наименование лабораторной (практической) работы;

1.3.3 Цель работы;

1.3.4 Задание;

1.3.5 Текст отчета по выполняемой работе

Примечание: листы отчетов нумеруются арабскими цифрами (в основной надписи формы 2а в графе – лист), нумерация при этом сквозная, начиная с листа титульного

1.4. Заключительная часть – список использованных источников, оформляется на писчей бумаге. Допускается использование тетрадных листов. Лист содержит:

1.4.1 Рамку и основную надпись формы 2а, шифр оформляется аналогично шифру на листе содержания.

1.4.2 Наименование документа "Список использованных источников".

1.4.3 Текст содержит перечень использованных источников в порядке появления ссылок в текстах лабораторных (практических) работ. Каждый источник нумеруется арабскими и содержит:

- Фамилия и инициалы автора;
- Заглавие книги (без кавычек);
- Место издания;
- Год издания обозначают цифрами, слово "год" не пишется;
- Том при необходимости.

Например: 1. Салоходский А. Н., Кулявский М. Н. Лабораторные работы по материаловедению и термической обработке – Москва: "Машиностроение" 1981.

2. ГОСТ 2.105-79 общие требования к текстовым документам.

Примечание к пункту 1.4. список использованных источников включается в общую нумерацию листов.

2. Текст отчетов

Оформляется рукописным способом – основным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Допускается обычное письмо. Используют черную, синюю и фиолетовую пасту.

2.1. Общие требования:

2.1.1. Текст должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований. Принятая в тексте терминология должна соответствовать установленной в стандартах. При изложении обязательных требований в тексте применяют слова: должен, следует, необходимо и т. д. или в первом лице множественного числа: принимаем, выбираем и т. д.

2.1.2. Текст на листе бумаги располагается следующим образом:

- Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки формы оставляют не менее 10 мм;
- От рамки формы до границы текста оставляют:
в начале красной строки не менее – 10 мм;
в начале обычной строки не менее – 5 мм;
в конце строки не менее – 3 мм.

2.1.3. Расстояние между наименованием лабораторной (практической) работы и последующим текстом должно быть не менее 10 мм;

2.1.4. Расстояние между строками текста – 5 мм. Допускается записывать в каждой строке при использовании тетрадных листов;

2.1.5. В заголовке (наименовании) лабораторных (практических) работ перенос слов не допускается. В конце заголовка точку не ставят;

2.1.6. Содержание текста отчета при необходимости следует разделять на пункты и подпункты в соответствии с заданиями работы. Пункты и подпункты нумеруются арабскими цифрами с точками. Текст каждого пункта начинают с красной строки;

2.1.7. Сокращение слов в тексте не допускается кроме: общепринятых сокращений. Например: и др.; общепринятых аббревиатур. Например: ТВЧ – токами высокой частоты; слова maximum и minimum применяются в сокращенном виде только для индексов. Например: Vmax; Vmin. В тексте эти слова следует писать по русски.

2.1.8. В тексте при необходимости дают ссылки на использованные источники с указанием его номера и страницы в косых скобках. Например: Результаты оформить в виде протокола /1.С.52/.

2.1.9. Помарки в тексте не допускаются. Опечатки и неточности допускаются исправлять подчистой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста.

2.2. Оформление формул.

При приведении расчетов в тексте отчетов могут быть использованы формулы. Формулы оформляются с соблюдением следующих правил:

2.2.1. Обозначение символов и коэффициентов необходимо применять в соответствии с установленными стандартами;

2.2.2. Каждая формула пишется с красной строки;

2.2.3. Все формулы(если их более одной) нумеруются арабскими цифрами в круглых скобах. Номер ставят с правой стороны на уровне формулы. Формулы нумеруются в пределах отчета по одной лабораторной (практической) работе. Допускается сквозная нумерация в пределах всех отчетов.

2.2.4. На уровне каждой формулы с правой стороны в косых скобках дается ссылка на источник, указывают: – номер источника в соответствии со списком использованных источников;
– страницу указанного источника.

2.2.5. Значение символов и числовых коэффициентов должны быть приведены непосредственно под формулой и в той последовательности, что они даны в формуле. После формулы ставят запятую. Первая строка расшифровки начинается со слова "где". Двоеточие после слова "где" не ставят. При расшифровке параметра формулы после запятой указывают единицу измерения в соответствии с ГОСТом 8.417-81. Единицы физических величин в системе СИ. После расшифровки каждой величины ставят точку с запятой.

2.2.6. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы дают в круглых скобках.

Пример оформления формулы:

$$v = \frac{S}{t}, \quad /1, с. 78/ (1)$$

где v – скорость, м/с;

S – путь, м;

t – время, с.

2.3. Оформление таблиц

Для оформления результатов проведения лабораторных (практических) работ и цифрового материала в тексте могут использовать таблицы.

Таблица должна иметь:

2.3.1. Заголовок. Должен быть кратким, точно поясняющим его содержание. Заголовок помещают на таблице по середине. Его выполняют строчными буквами (кроме первой прописной). Перенос слов в заглавии таблицы не допускается. Расстояние от заголовка до самой таблицы—10мм.

2.3.2. Головку таблицы. Содержит заголовки граф и указание размерностей величин, при этом:

- если цифровые данные в графах имеют разные размерности, то их указывают в заголовках каждой графы (после запятой);
- если параметры, размещенные в таблице имеют только одну размерность, то ее указывают над таблицей.

Если текст в графах повторяется, то:

- можно заменять кавычками; (если текст состоит из одного слова);
- употребляют слова "то же" и далее кавычки - если в тексте графы несколько слов.

2.3.3. Боковик таблицы содержит наименование строк. При этом отдельную графу N п/п не вводят. При необходимости нумерации показателей порядковые номера указывают в боковике таблицы перед наименованием строк.

2.3.4. Графы (колонки) с цифровыми данными. При этом:

- цифры располагаются так, чтобы классы чисел были один под другим, а числовые величины имели одинаковое количество десятичных знаков;
- дробные числа приводят в виде десятичных дробей (за исключением размеров в дюймах);
- слова "более, менее и т. д." - помещают в заголовке граф или строк после еденицы измерения, отделяя запятой;
- при указании интервала величин ставят тире между максимальным и минимальным значениями;
- ставить кавычки вместо повторяющихся цифр не допускается;
- если цифровые данные не проводятся - необходимо ставить прочерк.

Примечание к п. 2.3.

1. Таблицы, если их в тексте более одной, должны иметь порядковые номера. Номер таблицы указывают арабскими цифрами без значка N.

Пример: Таблица 2

Нумерация проводится в пределах отчета по данной лабораторной (практической) работе. Допускается сквозная нумерация.

2. Надпись "Таблица 2" помещают над верхним правым углом, над заголовком таблицы;

3. При переносе таблицы на следующий лист головку повторяют и над ней пишут "Продолжение таблицы" с указанием ее номера.

Пример: Продолжение табл. 5

4. Таблицы с большим количеством граф делят на части и помещают одну часть под другой, указывая над последующими частями слова "Продолжение табл. 6". Головку таблицы указывают в этом случае только над первой частью таблицы.

5. В тексте дают ссылку на таблицу с указанием ее номера.

6. Оформляются таблицы карандашом с использованием чертежного инструмента. Записи в таблице делают пастой.

7. Чертится таблица на всю ширину листа (от левой до правой рамки).

Пример оформления таблицы:

Таблица 2

Площади и координаты центра тяжести простых частей

Номер простой части	Вид фигуры	Площадь фигуры, см ²	Координаты центра тяжести, см	
			X _c	Y _c
1	Прямоугольник	84	7	3
2	Прямоугольник	8	1	8

2.4. Оформление иллюстраций

Для пояснения излагаемого текста допускается использовать иллюстрации, т.е. рисунки, графики, диаграммы.

Рисунки оформляются с соблюдением следующих правил:

1. рисунок выполняется карандашом;
2. рисунок может быть расположен как по тексту, так и в конце его или в приложении;
3. рисунки, если в тексте более одного, должны быть пронумерованы в пределах отчета по одной лабораторной (практической) работе. Нумерация ведется арабскими цифрами, допускается сквозная нумерация рисунков;
4. слово рисунок пишут сокращенно с указанием номера;

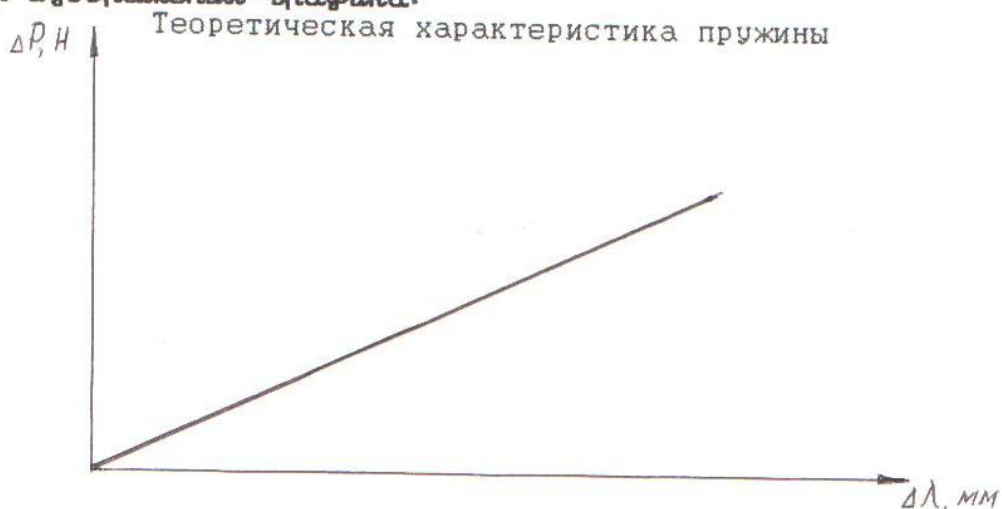
Пример: Рис. 2.

5. помещают надпись под рисунком;
6. рисунок может иметь наименование. Его помещают над рисунком в виде заголовка и пишут пастой.
7. рисунок может иметь пояснительные данные. Их помещают под рисунком, в этом случае номер рисунка помещают ниже пояснительных данных.

График оформляют с соблюдением следующих правил:

1. оформляются карандашом с использованием чертежных инструментов.
2. график должен иметь:
 - 2.1. заглавие: помещают над графиком и пишут пастой;
 - 2.2. шкалы (в прямоугольной системе координат): ось абсцисс и ось ординат;
 - 2.3. величину графического интервала выбирают с учетом назначения графика и удобств отчета;
 - 2.4. обозначение величин откладываемых по осям. Возможны варианты:
 - символом;
 - наименованием;
 - наименованием и символом;
 - 2.5. единицы измерения величин применять стандартные. Можно наносить:
 - в конце шкалы - между последними и предпоследними цифрами шкалы;
 - вместе с наименованием величины, после запятой;
 - в конце шкалы после последнего числа в месте с обозначением переменной величины в виде дроби (в числе - обозначение величины, в знаменателе - обозначение единицы измерения)

Пример изображения графика:



Ирбитский мотоциклетный техникум
(Шрифт 5;3.5)

ОТЧЕТ

(Шрифт 10)

к практическим и лабораторным работам
по предмету "Техническая механика" (Шрифт 5;3.5)

Выполнил студент группы ...
Приняла (шрифт 5;3.5)

.....
Абзалова Т.А.

1999 (шрифт 5)

Приложение N1

Наименование работы

Цель работы-



7	10	23	15	10	10
		Абзалова Т.А.			Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	2

П Р.01. 208. 13.0

РУКОВОДСТВО
по проведению
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по **ТЕХНИЧЕСКОЙ**
МЕХАНИКЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил

Цель работы – произвести графическое и аналитическое приведение (упрощение) плоской системы произвольно расположенных сил к данной точке; проверить опытным путем главный вектор и главный момент; выявить признаки уравновешенной системы сил.

Теоретическое обоснование. В реальных условиях к телу могут быть приложены силы, произвольно расположенные на плоскости. На рис. 1а показана система сил, линии действия которых не пересекаются в одной точке и не параллельны между собой. Это и есть признаки произвольно расположенных сил. Исследование такой системы сил начинают с приведения сил к точке, лежащей в той же плоскости.

В общем случае данная система сил заменяется эквивалентной системой, состоящей из одной силы **главного вектора** ($F_{ГЛ}$) и одной пары, момент которой называют **главным моментом** ($M_{ГЛ}$) заданной системы сил относительно центра приведения O (рис. 1б)

Приведение плоской системы сил к данной точке можно производить двумя способами: графическим и аналитическим.

Последовательность действий при определении главного вектора системы графически и аналитически приведена в таблицах 1 и 2. Определение главного момента системы сил основано на правиле сложения пар сил: Момент результирующей пары равен алгебраической сумме моментов сил относительно точки O :

$$M_{ГЛ} = M_1 + M_2 + \dots + M_k = F_1 l_1 + F_2 l_2 + \dots + F_k l_k \quad (1)$$

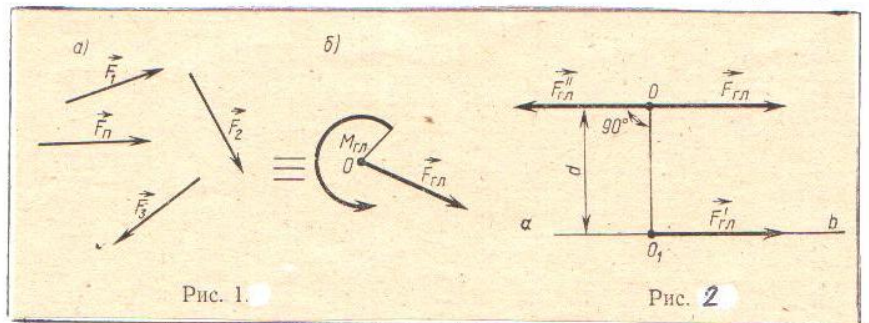


Рис. 1.

Рис. 2.

Таблица 1

Последовательность действий при построении силового многоугольника	
1. Из точки O отложить первый вектор силы \vec{F}_1	
2. Из конца первого вектора отложить вектор второй силы \vec{F}_2	
3. Из конца второго вектора отложить третьей силы и т. д.	
4. Направить замыкающий вектор от начала первого вектора (точки O) к концу последнего \vec{F}_K	
5. Определить модуль и направление $F_{ГЛ}$ Измерить на чертеже.	

Таблица 2

Последовательность действий при определении $F_{ГЛ}$ методом проекций	
1. Указать острые углы, образованные силами с осями координат	
2. Вычислить проекции всех заданных сил на оси координат. Сумма проекций всех сил на оси x и y равна проекциям $F_{ГЛx}$ и $F_{ГЛy}$ главного вектора	$F_{ГЛx} = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_3$ $F_{ГЛy} = F_1 \sin \alpha_1 - F_2 \sin \alpha_2$
3. На осях координат отложить проекции $F_{ГЛ}$. Эти отрезки образуют стороны прямоугольника, диагональ которого – $F_{ГЛ}$	$F_{ГЛ} = \sqrt{F_{ГЛx}^2 + F_{ГЛy}^2}$
4. Вычислить тангенс угла φ и найти этот угол	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F_{ГЛx}}{F_{ГЛy}}$

В формуле (1) $M_{ГЛ}$ - главный момент, Нм; $F_{К}$ - заданные силы, Н; l - отрезки перпендикуляров, восстановленных из точек приведения к линии действия сил (пл.чо сил), мм, см, м.

Последовательность действий приведения к точке плоской системы произвольно расположенных сил указана в таблице 3

Таблица 3

Последовательность действий приведения к точке плоской системы произвольно расположенных сил

При приведении системы сил могут встретиться следующие случаи:

а) система сил приводится к главному вектору и главному моменту: $F_{ГЛ} \neq 0$ и $M_{ГЛ} \neq 0$;

б) система сил приводится к одной равнодействующей - главному вектору системы $F_{ГЛ}$: $F_{ГЛ} \neq 0$, а $M_{ГЛ} = 0$;

в) система приводится к паре сил, момент которой равен главному моменту: $M_{ГЛ} \neq 0$, а $F_{ГЛ} = 0$.

На рис. 2 показаны главный вектор $F_{ГЛ} \neq 0$ и главный момент $M_{ГЛ} \neq 0$.

Произведем эквивалентное преобразование главного момента таким образом, чтобы модуль сил, образующих пару, был равен модулю главного вектора. При этом плечо пары:

$$l = \frac{M_{ГЛ}}{F_{ГЛ}}$$

Расположим пару сил $F_{ГЛ}'$ и $F_{ГЛ}''$ так, чтобы сила $F_{ГЛ}''$ была направлена в сторону, противоположную главному вектору $F_{ГЛ}$.

При этом в точке O окажутся две силы $F_{ГЛ}$ и $F_{ГЛ}''$ взаимно противоположные, равные по модулю и направленные по одной прямой. Таким образом, эти силы уравновешены, их можно отбросить, следовательно система сил приведена к одной равнодействующей $F_{ГЛ}$.

Таким образом, в том случае, когда главный вектор и главный момент не равны нулю, можно найти такую линию ab , вдоль которой вся система сил может быть уравновешена одной силой.

Необходимым и достаточным условием равновесия системы сил, произвольно расположенных в плоскости, является равенство нулю главного вектора и главного момента относительно любого центра приведения $F_{ГЛ} = 0$ и $M_{ГЛ} = 0$

Экспериментальная проверка правильности определения главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил может быть произведена на установке, позволяющей воспроизвести заданные силы и пары сил и находить модуль и направление уравновешивающей силы.

Установка для испытания. Схема установки показана на рисунке 3. Основными деталями установки являются диск 1 с отверстиями и грузики 2, создающие заданную систему сил. Требуемое направление сил достигается установкой подвижных блоков 4, через которые перекинута гибкие нити, соединенные с грузиками и крючками 3, вставленными в отверстия диска. Главный вектор уравновешивается реакцией пальца 5. Уравновешивающий момент создается грузом, установленным таким образом, чтобы момент его относительно точки оси вращения диска был равен главному моменту системы сил относительно этой же точки и направлен противоположно.

Порядок проведения работы.

1. Ознакомиться с устройством установки для экспериментального исследования плоской системы произвольно расположенных сил
2. Записать в отчет значения и направление сил, образующих данную систему. (см. табл. 4) Центр приведения для всех вариантов задания - точка O
3. Построить в масштабе заданную систему сил.

Наименование операции	
<p>Изобразить схематически тело и заданные силы</p> <p>Выбрать точку приведения O в плоскости действия сил. Приложить в точке O две противоположные силы F_1' и F_1'', равные по модулю силе F_1 и направленные параллельно ей. Аналогичные операции произвести для всех n сил</p>	
<p>Из точки приведения O восстановить перпендикуляры к линии действия каждой силы. Отметить отрезки этих перпендикуляров l_i как плечи сил относительно точки O. Отметить черточками силы, образующие пару. Величину плеча l_i измерить по чертежу или вычислить аналитически</p>	$l_1 = \dots$ $l_2 = \dots$ $l_3 = \dots$
<p>Для системы сходящихся сил, приведенных к точке O, построить силовой многоугольник и найти главный вектор $F_{ГЛ}$ как геометрическую сумму этих сил (см. табл. 1) или вычислить величину и направление главного вектора методом проекций</p>	$F_{ГЛ} = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ См. табл. 1, 2
<p>Произвести алгебраическое сложение моментов пар сил, т. е. найти главный момент системы сил относительно выбранного центра приведения</p>	По формуле (1.1)
<p>Для случая, когда $F_{ГЛ} \neq 0$ и $M_{ГЛ} \neq 0$, к $F_{ГЛ}$ восстановить перпендикуляр длиной $l = M_{ГЛ} / F_{ГЛ}$ через конец этого отрезка провести линию, параллельную $F_{ГЛ}$ и на этой линии отложить вектор равнодействующей силы $F_{ГЛ}$, причем линия ab должна располагаться относительно точки O так, чтобы равнодействующая сила $F_{ГЛ}$ создавала момент такого же направления, как $M_{ГЛ}$</p>	

4. Произвести все необходимые построения для определения главного вектора и главного момента относительно начала координат.

5. Определить графически модуль и угол наклона главного вектора, числовое значение и направление главного момента.

6. Вычислить модуль и направление главного вектора и значение главного момента аналитически.

7. Сравнить результаты, полученные графически и аналитическим путем. Расхождение между результатами не должно превышать 10%, в противном случае проверить построение и вычисление и выявить ошибку.

8. В зависимости от значений главного вектора и главного момента определить уравновешивающую систему сил.

9. Произвести экспериментальную проверку полученных результатов. В данной работе центром приведения является точка O , лежащая на оси неподвижного пальца (см. рис. 3). На этом же пальце свободно устроен диск 1, поэтому главный вектор всегда уравновешен реакцией пальца. Чтобы уравновесить главный момент, следует с помощью груза приложить к диску момент, численно равный главному моменту $M_{гд}$, но направленный в противоположную сторону. Если главный вектор и главный момент не равны нулю, то заданную систему можно уравновесить одной силой. В этом случае с помощью груза, крючка, и подвижного блока 4 к диску прикладывается требуемая уравновешивающая сила.

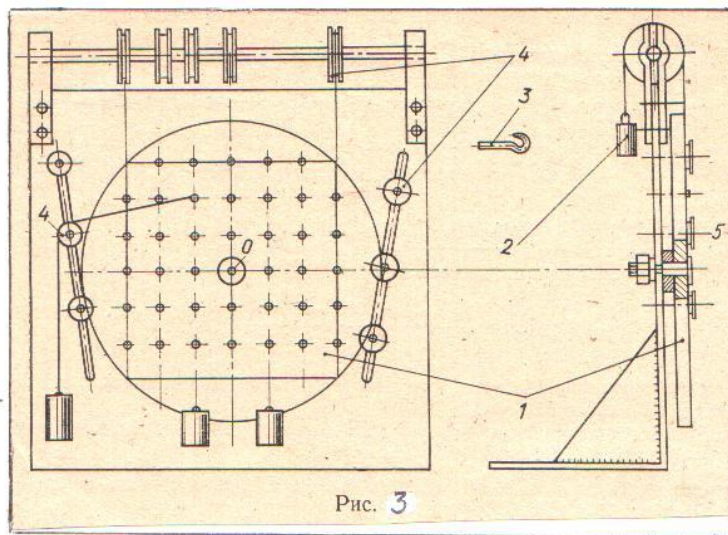


Рис. 3

Таблица 3

№ вар.	Заданные силы, Н			Координаты точек приложения, см						Направление сил, град.		
	F ₁	F ₂	F ₃	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃	α ₁	α ₂	α ₃
1	2	3	6	10	5	-8	6	4	-2	30	120	300
2	4	5	3	4	8	-7	2	6	-4	45	215	335
3	1	4	8	7	2	-1	1	3	-7	60	200	290
4	6	5	4	2	3	-7	-8	5	-8	80	160	320
5	2	3	1	1	7	-6	-1	6	-3	75	145	315
6	2	4	5	3	6	-8	-3	5	-4	50	160	330
7	5	4	2	5	8	-6	7	5	-4	15	135	325
8	4	2	3	6	7	-4	8	3	-6	40	150	330
9	3	4	2	7	6	-5	-8	7	-5	45	160	345
10	1	6	2	8	5	-2	4	8	-3	50	130	360
11	4	3	2	6	4	-1	-4	5	-4	30	145	330
12	3	2	8	10	2	-8	-10	4	-6	60	140	300
13	5	4	2	10	1	-2	10	3	-8	45	135	315
14	2	5	2	8	7	-2	3	7	-9	60	150	330
15	3	2	4	7	6	-1	2	5	-4	35	130	345
16	3	4	1	10	5	-3	-5	1	-4	50	145	300

Отчет о работе должен содержать:

1. Масштаб сил $K = \dots \text{н/мм}$; масштаб линейных размеров
2. Данные к построению
3. Изображение заданной системы сил
4. Приведение заданной системы сил к точке (см. табл. 1, 2, 3) - графическое и аналитическое.
5. Величина и направление главного вектора и главного момента, определенных графически и аналитически.
6. Сравнение результатов, полученных графическим и аналитическим способами.
7. Определение положения линии действия равнодействующей силы.
8. Схема прибора для экспериментальной проверки главного вектора и главного момента.
9. Вывод о соответствии результатов, полученных расчетным и опытным путями.
10. Ответы на контрольные вопросы.

(смотри пример отчета о работе)

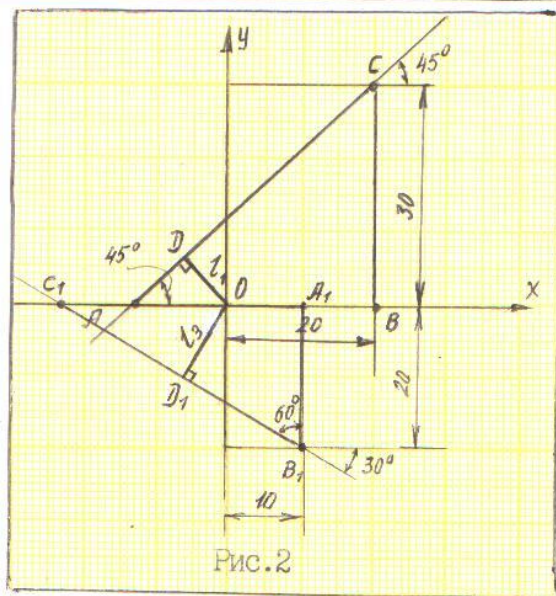


Рис.2

3.6 Главный момент, определенный аналитически

$$M_{\text{ГЛ ан}} = 2 \cdot 0,71 - 3 \cdot 2 - 2 \cdot 1,2 = -6,98 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

3.7 Сравнение результатов, полученных графическим и аналитическим способами

$$\Delta F_{\text{ГЛ}} = \frac{F_{\text{ГЛ гр}} - F_{\text{ГЛ ан}}}{F_{\text{ГЛ ан}}} \cdot 100\% = \frac{0,5 - 0,47}{0,47} \cdot 100\% = 6,3\%$$

$$\Delta \varphi = \frac{\varphi_{\text{гр}} - \varphi_{\text{ан}}}{\varphi_{\text{ан}}} \cdot 100\% = \frac{71^\circ - 70^\circ 48'}{70^\circ 48'} \cdot 100\% = 0,3\%$$

$$\Delta M_{\text{ГЛ}} = \frac{M_{\text{ГЛ гр}} - M_{\text{ГЛ ан}}}{M_{\text{ГЛ ан}}} \cdot 100\% = \frac{6,8 - 6,98}{6,98} \cdot 100\% = 2,5\%$$

3.8 Плечо равнодействующей силы

$$l = \frac{M_{\text{ГЛ ан}}}{F_{\text{ГЛ ан}}} = \frac{-6,98}{0,47} = 14,9 \text{ см}$$

6. Построение равнодействующей силы (рис. 3) Масштаб линейных размеров 1:5

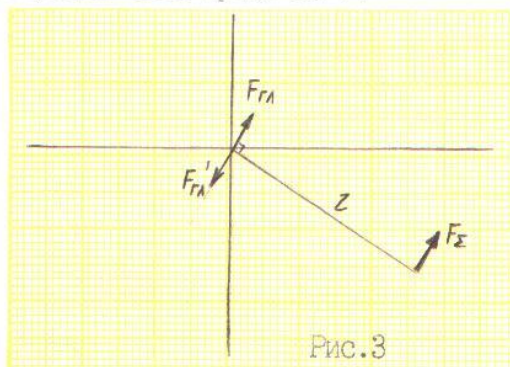


Рис.3

7. Схема прибора для экспериментальной проверки главного вектора и главного момента (рис. 4) (Выполнить в отчете рис.3)

8. Проверка полученных результатов

Данная система приводится к одной силе-равнодействующей, модуль которой равен модулю главного вектора $F_{\text{ГЛ}} = 0,47 \text{ Н}$, эта сила удалена от центра O на расстояние $l = 14,9 \text{ см}$. Равнодействующую уравниваем силой, равной ей по модулю, но направленной в противоположную сторону. Для этого на установке создаем систему сил, заданную в работе, и на расстоянии 15 см от точки O при помощи крючка, нити и подвижных блоков создаем усилие, направленное в противоположную сторону равнодействующей. Диск находится в равновесии.

9. Заключение

Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путями.

10. Контрольные вопросы

1. Чему равен момент силы относительно точки, расположенной на линии действия силы?
2. Чему равно плечо силы относительно произвольно расположенной точки?
3. Зависит ли величина и направление главного вектора от положения центра приведения?
4. Укажите все возможные случаи приведения к точке плоской системы произвольно расположенных сил.
5. В каком случае главный вектор совпадает с равнодействующей?
6. В каких случаях плоская система сил может быть уравновешена одной силой? Как находится линия её действия?
7. При каком значении главного вектора и главного момента система сил находится в равновесии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение центра тяжести плоских фигур

Цель работы - определить центр тяжести сложной фигуры аналитическим и опытным путем.

Теоретическое обоснование. Материальные тела состоят из элементарных частиц, положение которых в пространстве определяется их координатами. Силы притяжения каждой частицы к Земле можно считать системой параллельных сил, равнодействующая этих сил называется **силой тяжести** тела. **Центр тяжести** тела - это точка приложения силы тяжести.

Центр тяжести - это геометрическая точка, которая может быть расположена и вне тела (например, диск со стержнем, полый шар). Большое практическое значение имеет определение центра тяжести тонких плоских однородных пластин. Их толщиной обычно можно пренебречь и считать, что центр тяжести расположен в плоскости. Если координатную плоскость XOY совместить с плоскостью фигуры, то положение центра тяжести определяется двумя координатами:

$$X_C = \frac{\sum A_k X_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_k X_k}{A_1 + A_2 + \dots + A_k}, \quad (1)$$

$$Y_C = \frac{\sum A_k Y_k}{\sum A_k} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + \dots + A_k Y_k}{A_1 + A_2 + \dots + A_k}, \quad (2)$$

где X_C, Y_C - координаты центра тяжести сложного сечения, см;

A_k - площадь каждой простой части сечения, см²;

X_k, Y_k - координаты центра тяжести каждой простой части сечения, см.

На рисунке 1 показана однородная плоская фигура сложной формы. Её можно разбить на четыре простые фигуры: треугольник 1, квадрат 2, полукруг 3, прямоугольник 4.

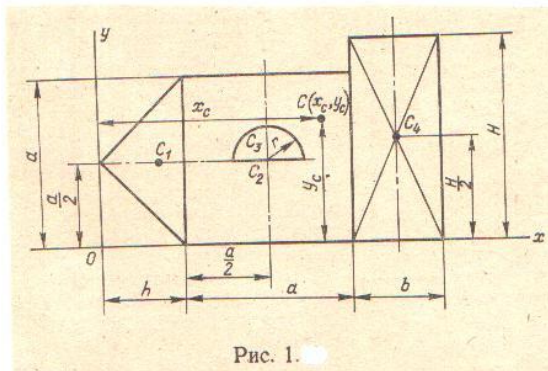


Рис. 1.

Последовательность действий при определении центра тяжести

Действие	Пример выполнения (см. рис. 1)
1. Разбить сечение на простые части.	
2. В каждой простой части нанести положение центра тяжести	$C_1, C_2, C_3, C_4.$
3. Провести систему координат XOY	
4. Вычислить координаты центра тяжести для каждой простой части	$C_1 \left[\left(\frac{2}{3}h; \frac{a}{2} \right);$ $C_2 \left[\left(h + \frac{a}{2}; \frac{a}{2} \right);$ $C_3 \left[\left(h + \frac{a}{2}; \left(\frac{a}{2} + \frac{4}{3} \cdot \frac{R}{\pi} \right) \right);$ $C_4 \left[\left(h + a + \frac{b}{2}; \frac{H}{2} \right);$
4. Вычислить площади каждой простой части	$A_1 = \frac{ah}{2}; \quad A_2 = a^2 \quad A_3 = - \frac{\pi R^2}{2}$ $A_4 = bH$
5. Вычислить координаты центра тяжести всего сечения	см. ф. 1, см. ф. 2

Если сечение имеет ось симметрии, то центр тяжести располагается на оси симметрии.

Установка для испытания. Установка для опытного определения координат центра тяжести способом подвешивания состоит из вертикальной стойки 1 (см. рис.2), к которой прикреплена игла 2. Плоская фигура 3 изготовлена из картона. Отверстия А и В прокальваются в произвольно расположенных точках (лучше на наиболее удаленном расстоянии друг от друга) Плоская фигура подвешивается на иглу сначала в точке А, затем в точке В. При помощи отвеса 4, закрепленного на той же игле, на фигуре прочерчивают карандашом вертикальную линию, соответствующую нити отвеса. Центр тяжести С фигуры будет находиться в точке пересечения вертикальных линий, нанесенных при подвешивании фигуры в точках А и В.

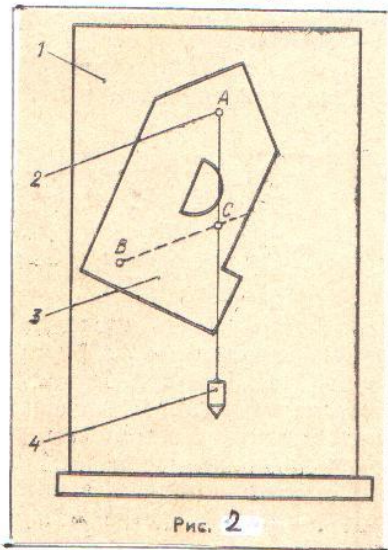


Рис. 2

Порядок проведения работы.

1. Ознакомиться с устройством установки для определения центра тяжести плоской фигуры.
2. Начертить фигуру, проставить размеры.
3. Провести оси координат так, чтобы они охватывали всю фигуру (если фигура имеет ось симметрии, удобнее ось координат совмещать с ней)
4. Разбить сложную фигуру на простые части, определить площадь и координаты центра тяжести каждой простой части и записать в таблицу (см. пример отчета)
5. Вычислить координаты центра тяжести всей фигуры по формулам 1, 2
6. Произвести подвешивание фигуры на установке и определить положение центра тяжести опытным путем. Центр тяжести, найденный аналитическим способом и найденный опытным путем должны совпадать.
7. Составить отчет о работе (см. пример отчета)
8. Ответить на контрольные вопросы.

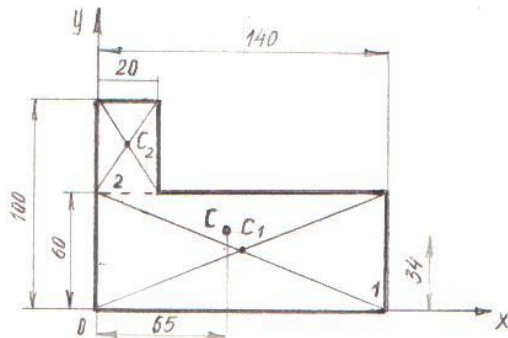
Отчет о работе

Определение центра тяжести плоских фигур

Цель работы - определить центр тяжести сложной фигуры аналитическим и опытным путем.

Ход работы.

1. Чертеж фигуры



2. Площади и координаты центра тяжести простых частей

№ простой части	Вид фигуры	Площадь фигуры, см ² A	Координаты центра тяжести	
			X _c , см	Y _c , см
1	Прямоугольник	84	7	3
2	Прямоугольник	8	1	8

3. Центр тяжести всего сечения (координаты)

$$X_c = \frac{A_1 \cdot X_{c1} + A_2 \cdot X_{c2}}{A_1 + A_2},$$

$$Y_c = \frac{A_1 \cdot Y_{c1} + A_2 \cdot Y_{c2}}{A_1 + A_2},$$

где X_c, Y_c - координаты центра тяжести всего сечения, см;
 A₁, A₂ - площади каждой простой части, см²;
 X_{c1}, X_{c2}, Y_{c1}, Y_{c2} - координаты центров тяжести каждой простой части.

$$X_c = \frac{84 \cdot 7 + 8 \cdot 1}{84 + 8} = 6,5 \text{ см}$$

$$Y_c = \frac{84 \cdot 3 + 8 \cdot 8}{84 + 8} = 3,4 \text{ см} \quad (\text{ по вычисленным координатам построить центр тяжести на чертеже})$$

4. Координаты центра тяжести, найденные при подвешивании фигуры в двух точках:

$$x_{\text{с}}(\text{опыт}) = 6,5 \text{ см}, \quad y_{\text{с}}(\text{опыт}) = 3,4 \text{ см}$$

Заключение. Координаты центра тяжести, вычисленные аналитически соответствуют координатам центра тяжести, определенным опытным путем.

Контрольные вопросы:

1. Можно ли рассматривать силу тяжести как равнодействующую систему параллельных сил?
2. Может ли располагаться центр тяжести тела вне самого тела?
3. В чем сущность опытного определения центра тяжести плоской фигуры?
4. Как определить центр тяжести сложной фигуры, состоящей из нескольких простых?
5. Как следует рационально производить разбиение фигуры сложной формы на простые части?
6. Какой знак имеет площадь отверстий в формуле для определения центра тяжести?
7. На пересечении каких линий треугольника находится его центр тяжести?
8. Если фигуру трудно разбить на малое число простых частей, какой способ определения центра тяжести может дать наиболее быстрый ответ?

ЛАБОРАТОРНО - ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Составление кинематических схем механизмов

Цель работы - исследовать принцип действия и кинематику простейших механизмов; ознакомиться с условными изображениями звеньев и кинематических пар по ЕСКД.

Теоретическое обоснование. Механизмом называется совокупность тел, предназначенных для передачи движения, либо для преобразования вида движения. По функциональному назначению механизмы машин делятся на виды: передаточные, исполнительные, механизмы управления, контроля, регулирования, подачи, транспортирования, сортирования. Одна или несколько жестко соединенных деталей называется **звеном механизма**. На рис. 1а изображена схема простого звена, на рис. 1б - составного звена. В зависимости от характера движения относительно неподвижного звена - **стойки** - звенья имеют следующие названия (см. табл. 1)

Таблица 1

Название звена	Характер движения
Кривошип	Звено рычажного механизма, совершающее полный оборот вокруг оси
Коромысло	
Шатун	Звено, совершающее неполный оборот вокруг неподвижной оси
Ползун	Звено, служащее для соединения подвижных звеньев
Кулиса	Звено, образующее поступательную пару со стойкой
Кулачок	Звено, вращающееся вокруг неподвижной оси и образующее с другим подвижным звеном поступательную пару (кулисным камнем)
	Звено, профиль которого, имея переменную кривизну, определяет движение ведомого звена

Звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в движение других звеньев называют **входным звеном**. Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм, называют **выходным звеном**. Между входным и выходным звеном могут быть расположены **промежуточные звенья**. В каждой паре совместно работающих звеньев в направлении силового потока различают **ведущее звено** (которому задают движение) и **ведомое звено** (которое приводится в движение от ведущего звена). В машиностроении широко применяются упругие звенья (пружины, мембраны) и гибкие звенья (ремни, цепи, канаты). Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение называют **кинематической парой**. По функциональному признаку кинематические пары могут быть с вращательным движением, поступательным движением, винтовые. Пары, звенья в которых соприкасаются по поверхностям называются **парами низшего порядка**, пары, в которых звенья соприкасаются по точкам или линиям называются **парами высшего порядка**. Связанные между собой кинематические пары, образуют **кинематическую цепь**, которая лежит в основе всякого механизма. **Условное графическое изображение кинематической цепи называется кинематической схемой**. На рис. 2 изображен двигатель внутреннего сгорания, в котором: 1 - кривошип, соединенный неподвижно с коленчатым валом; 2 - шатун; 3 - поршень; 4 - цилиндр и корпус двигателя - **стойка**. Поршень - **входное звено**, кривошип - **выходное звено**, шатун - **промежуточное звено**. Поршень 3 и цилиндр 4 образуют **кинематическую пару с поступательным движением**; поршень 3 и шатун 2 образуют **кинематическую пару с вращательным движением**, в которой - поршень является ведущим звеном, шатун - ведомым звеном. Шатун 2 и кривошип 1 образуют **кинематическую пару с вращательным движением**, в которой - шатун является ведущим звеном, кривошип - ведомым. Совокупность этих пар составляет кинематическую цепь, графическое изображение этой кинематической цепи (кинематическая схема) показана на рис. 2а. Все пары являются парами низшего порядка, поскольку звенья в парах соприкасаются по поверхностям. Условные графические обозначения звеньев и кинематических пар механизмов должны выполняться в соответствии с ГОСТ 2.770-68 "Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики." В таблице 2 приведены ус-

ловные графические обозначения наиболее распространенных элементов кинематики.

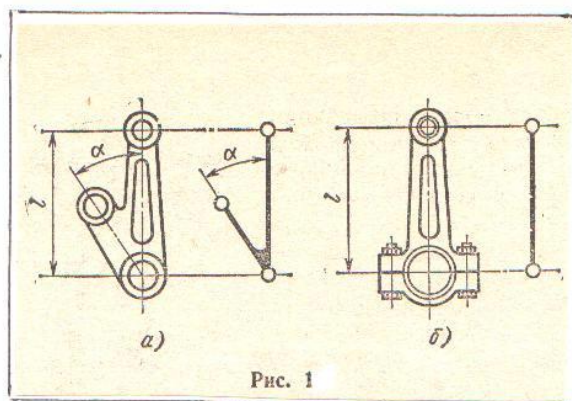


Рис. 1

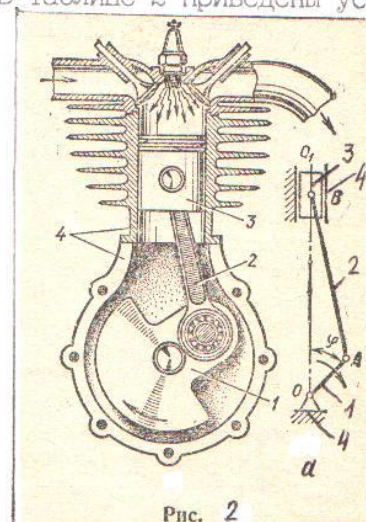


Рис. 2

Обеспечение лабораторно-практической работы. Модели механизмов.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с моделью механизма или узла.
2. Медленно привести в движение ведущее звено и проследить за движением всех остальных звеньев.
3. Установить, какими кинематическими парами связаны между собой звенья (вид движения, высшие или низшие, какие звенья образуют пару)
4. Начертать от руки кинематическую схему механизма в соответствии с условными изображениями по ГОСТ 2.770-68.
5. Измерить расстояние между центрами вращательных пар, расстояние, на которое перемещается звено поступательной пары, диаметры шкивов, сосчитать число зубьев зубчатых колес. Эти размеры проставить на схеме механизма.
6. Подсчитать число звеньев и кинематических пар. Данные записать в отчет.
7. Выполнить в масштабе чертеж кинематической схемы механизма. Пронумеровать все звенья, а кинематические пары обозначить большими буквами. Если в механизме несколько стоек, обозначить их одной цифрой.

Отчет о работе должен содержать:

1. Кинематическую схему механизма с указанием номера и размера звена, вида кинематических пар, направления движения звеньев.
2. Результаты анализа механизма в виде таблицы.
3. Ответы на контрольные вопросы. (см. пример отчета)

Отчет о работе (на примере кривошипно-шатунного механизма см. рис. 3.)

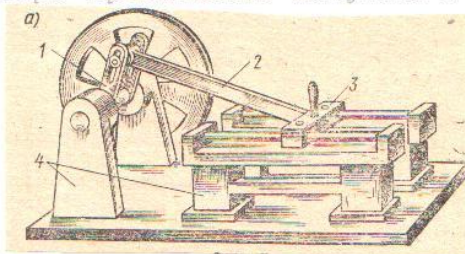


Рис 3

Составление кинематических схем механизмов

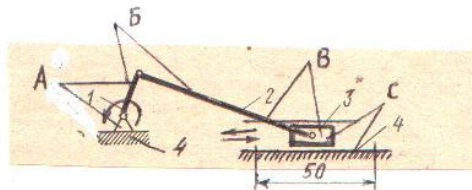
Цель работы- исследовать принцип действия и кинематику простейших механизмов; ознакомиться с условными изображениями звеньев и кинематических пар по ЕСКД.

Ход работы

1. Название и назначение механизма

Кривошипно-шатунный механизм. Предназначен для преобразования вращательного движения в поступательное.

2. Кинематическая схема



3. Анализ механизма

Таблица 1

№ звена	Название и характеристика звеньев			Размеры звена (для зубчатых колес- число зубьев)
	Название	Вид движения	Характеристика звена (входное, выходное или промежуточное, ведущее или ведомое в паре)	
1	Кривошип	Вращательное	Входное	-
2.	Шатун	Сложное	Промежуточное	-
3.	Ползун	Поступательное	Выходное	Наибольший ход- 50мм
4.	Стойка	Наподвижное звено	-	-

Название и характеристика кинематических пар

Обозначение пары по схеме	Название звеньев, образующих пару	Вид движения в паре	Высшего, низшего порядка
А	Стойка 4, кривошип 1	Вращательное	низшего
Б	Кривошип 1, шатун 2	Вращательное	"_"
В	Шатун 2, ползун 3	Вращательное	"_"
С	Ползун 3, стойка 4	Поступательное	"_"

Контрольные вопросы

1. Что называется механизмом?
2. Что называется звеном механизма?
3. Дайте определение звеньев, составляющих механизм, схема которого составлена в работе.
4. Что называется кинематической парой?
5. Какие пары встречаются в механизмах в зависимости от вида движения?
6. Почему пары называются: высшего или низшего порядка?
7. Дайте определение вида движения звеньев механизма, схема которого составлена.
8. Что характеризует передаточное отношение, как определяется?
9. Дайте определение кинематической цепи.
10. Как можно классифицировать передаточные механизмы?
11. Что отображает кинематическая схема механизма?

Обозначения условные графические в схемах.
Элементы кинематики. По ГОСТ 2.770-68

Подшипники скольжения		Маховик на валу	
Подшипники качения		Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	
Соединение детали с валом а) глухое; б) свободное при вращении в) подвижное без вращения		Передача зубчатая (конические)	
Ползун в неподвижных направляющих		Передача круглым ремнем и шнуром	
		Соединение двух валов:	
механизмы: поступательно движущейся кулисой вращающейся и качающейся кулисой		эластичное	
		шарнирное	
Гайка на винте, передающем движение:		а) неразъемная	
		б) неразъемная с шариками	
Открытая передача плоским ремнем		Передачи фрикционные:	
		с цилиндрическими роликами	
Передача клиновидным ремнем		с коническими роликами	
		Муфты сцепления кулачковые:	
Передача цепью		односторонняя	
		двусторонняя	
Передача зубчатая, червячная передача с червяком цилиндрическим		Передача зубчатая реечная	

Методические указания
к лабораторной работе "Испытания стального образца
на растяжение"

Цель работы: изучить поведение стали при растяжении вплоть до разрушения, определить механические характеристики прочности, пластичности, и по полученным данным, пользуясь таблицами, приведенными в приложении, установить марку стали.

Краткие теоретические сведения. Наблюдение за поведением материала и определение его прочностных и пластических характеристик при растяжении — один из основных и наиболее распространенных видов испытаний. Полученные в результате эксперимента характеристики позволяют судить о прочности материала при статических нагрузках, выбирать материал для проектируемой конструкции и считаются основными при расчетах деталей машин, элементов конструкции и сооружений на прочность.

Основные параметры определяют из диаграммы растяжения $P-\Delta L$ (рис. 1), получаемой обычно с помощью записывающего устройства.

На этапе нагружения до некоторой силы $P_{пч}$ (точка А) наблюдается прямо пропорциональная зависимость между удлинением ΔL образца и вызвавшей его силой P (закон Гука). После разгрузки первоначальная длина образца восстанавливается, т.е. деформация упругая и практически исчезает. Отношение

$$\sigma_{пч} = \frac{P_{пч}}{A_0} \quad (1)$$

называется **пределом пропорциональности**. Это и есть то напряжение, выше которого материал перестает подчиняться закону Гука. (Криволинейный участок в начале диаграммы получается за счет обжатия головок образца и упругих деформаций деталей в измерительных цепях)

При дальнейшем нагружении начинается некоторое отклонение от прямой (закон Гука), а после разгрузки деформации исчезают не полностью, т.е. появляются остаточные деформации. Сила P_y (точка В) вызывает в образце остаточную деформацию 0,001–0,005%. Отношение

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \quad (2)$$

называют **пределом упругости (условным)**. Это то напряжение, после которого есть остаточные деформации.

По достижении нагрузкой некоторой величины P_T (точка С) деформация начинает расти быстрее нагрузки, а для мягкой стали образец удлиняется ("течет") без увеличения, а иногда и при уменьшении нагрузки. На диаграмме появляется так называемая "площадка текучести". После разгрузки имеется значительная остаточная деформация. Отношение

$$\sigma_T = \frac{P_T}{A_0} \quad (3)$$

называется **пределом текучести (физическим)**. Напряжение, соответствующее началу текучести называется верхним пределом текучести, а нижний предел текучести соответствует меньшей нагрузке. Так как на величину верхнего предела текучести существенно влияют условия испытания то нижний предел и принимается за физический предел текучести.

У многих материалов явно выраженной площадки текучести на диаграмме нет, поэтому применяют термин **предел текучести условный** $\sigma_{0,2}$, представляющий собой напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2% измеряемой длины образца:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{A_0} \quad (4)$$

Чтобы образец деформировался дальше, нужно увеличивать нагрузку, т.е. он вновь способен сопротивляться растяжению. Объясняется это упрочнением материала. Если с образца полностью снять нагрузку P_F , то упругая деформация ΔL_y исчезнет, а $\Delta L_{ост}$ останется, т.е. перо самописца прочертит прямую линию. При повторном нагружении, следующем за разгрузкой перо прочертит линию FR , а с увеличением нагрузки переместится дальше по участку $FД$. Свойства материала изменяются: пределы пропорциональности и текучести увеличиваются, площадка текучести исчезает, пластические свойства ухудшаются, а твердость повышается. Упрочнение стали при предварительном растяжении называется **наклепом**. В одних случаях эти изменения полезны, в других вредны и их устраняют. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к появлению "шейки" на образце и разрушению. К моменту появления шейки нагрузка на образец достигает своего максимального значения $P_{пч}$ или P_B (точка Д). Отношение $P_{пч}$ или P_B к A_0 называют **пределом прочности (условным)** или **временным сопротивлением**:

$$\sigma_{пч} = \sigma_B = \frac{P_{пч}}{A_0} \quad (5)$$

Как только на образце начала образовываться шейка, нагрузка уменьшается (участок ДК) и дальнейшее деформирование образца происходит за счет удлинения в зоне шейки. Отношение нагрузки P_K в момент разрыва к площади шейки A_{III} в месте разрыва

$$\sigma_{в.и} = \frac{P_K}{A_{III}} \quad (6)$$

называют **истинным сопротивлением разрыву**.

К моменту разрыва рабочая часть образца l_0 удлинилась на величину $\Delta l_{общ}$. После разрыва упругая часть общей деформации исчезнет, останется деформация $\Delta l_{полн}$. Отношение приращения расчетной длины образца $\Delta l_{полн}$ к его первоначальной длине l_0

$$\delta = \frac{\Delta l_{полн}}{l_0} \cdot 100\% \quad (7)$$

называется **относительным остаточным удлинением**.

В месте образования шейки сечение образца резко уменьшается. Отношение уменьшения площади поперечного сечения в месте разрыва $\Delta A = A_0 - A_{III}$ к начальной площади A_0 поперечного сечения образца

$$\psi = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100\% \quad (8)$$

называется **относительным остаточным сужением**.



Рис. 1. Диаграмма растяжения мягкой стали



Рис. 2. Стандартный металлический образец

Образцы, измерительные приборы и испытательная машина. По ГОСТ 1497-73 при испытании на растяжение для обеспечения сравнимости результатов применяют пропорциональные образцы цилиндрические и плоские. Цилиндрический образец показан на рис. 2. В зависимости от соотношения между площадью A_0 и расчетной длиной l_0 образцы бывают длинными ($l_0 = 11,3\sqrt{A_0}$) и короткими ($l_0 = 5,65\sqrt{A_0}$). Расчетной длиной называют длину, на которой определяют деформации. Ее берут меньше расстояния между головками на диаметр с каждой стороны, так как уже на расстоянии диаметра от головок напряженное состояние однородно и не зависит от способа приложения внешних растягивающих усилий.

Для измерений используют штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм. При испытании на растяжение образец должен быть закреплен таким образом, чтобы не возникали перекосы и прилагаемая нагрузка действовала по продольной оси образца. Затем образец подвергается принудительному удлинению за счет перемещения одного из захватов машины. Перемещение захвата должно производиться плавно и непрерывно с небольшой скоростью (не более 20 мм/мин). При несоблюдении этих условий результаты испытания окажутся неверными.

Для проведения испытаний на растяжение можно использовать испытательную машину ИМ-4Р. Эта машина предназначена для статических испытаний на растяжение, но при помощи специальных приспособлений на этой машине можно производить испытания на сжатие и срез. Принцип действия машины: нагружение образца производится при помощи гайки и винта, а величина нагрузки измеряется маятниковым силоизмерителем. Машина снабжена диаграммным аппаратом, который вычерчивает кривую в координатах "нагрузка" - "деформация" в большом масштабе. На рис. 3 показан общий вид машины ИМ-4Р, на рис. 4 - ее кинематическая схема.

В зависимости от формы и размеров образца в захваты машины 2-2 устанавливаются зажимные приспособления, либо сам образец 1. Для быстрого перемещения нижнего захвата при установке образца вращают ручную маховичек, укрепленный на верхней части винта 3.

При нагружении образца гайка 5 получает вращение от рукоятки через зубчатую передачу 6 и червячную передачу 7 и перемещает винт 3 вверх или вниз. Чтобы винт 3 при этом не вращался вокруг своей оси, его закрепляют специальным штифтом.

Действующая на образец нагрузка через неравноплечий рычаг 13 и тягу 9 отклоняет маятник 8 от его вертикального положения. Отклонение маятника через рычаг 10 вызывает перемещение каретки со стрелкой по шкале 12. Цена деления при двух грузах - 98 н. Для записи диаграммы "деформация" - "нагрузка" машина имеет карандаш 15, закрепленный на каретке шкалы нагрузок и барабан 11 на который наматывается миллиметровая бумага. Гайка 5 перемещает винт 3 вверх или вниз и одновременно через цилиндрическую передачу, вертикальный вал 4 и коническую передачу 14 вращает барабан 11. Угол поворота барабана будет пропорционален перемещению нижнего захвата. Это перемещение можно считать равным деформации образца. При увеличении нагрузки каретка перемещает карандаш 15 и он вычерчивает кривую зависимости деформации от нагрузки.

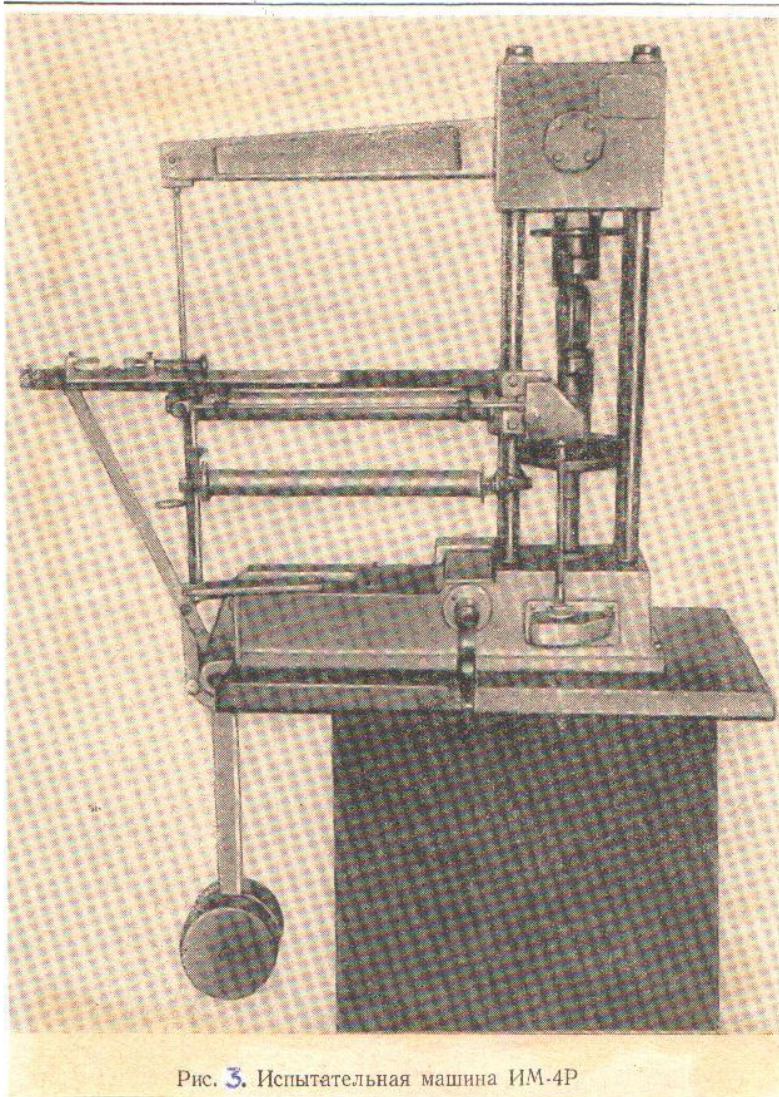


Рис. 3. Испытательная машина ИМ-4Р

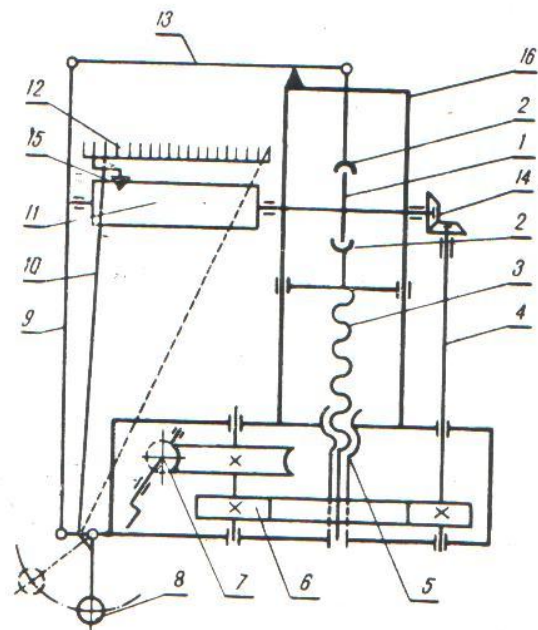


Рис. 4. Кинематическая схема машины ИМ-4Р

Порядок проведения испытания

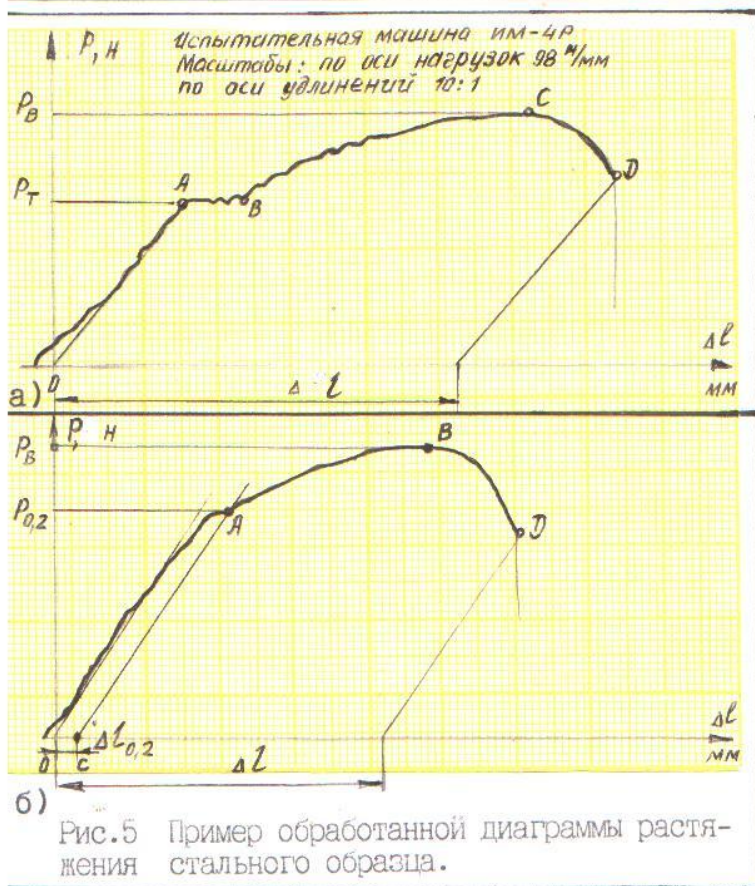
1. перед испытанием студенты знакомятся с устройством машины, в отчете записывают:
 - Тип машины;
 - цену деления шкалы силоизмерительного устройства;
 - масштаб записи диаграммы по нагрузке и деформации.
2. Измеряют штангенциркулем диаметр образца и расчетную длину l_0 , отмеченную на образце рисками.
3. Закрепляют образец в захватах машины.
4. Проверяют работу диаграммного аппарата, для чего следует поворачивать барабан вхолостую и получить "нулевую" линию.
5. Вращая рукоятку по часовой стрелке и нагружая образец, наблюдают за процессом растяжения образца. На диаграмме наглядно отражаются все процессы, происходящие с образцом при растяжении.
6. После разрушения образца вынимают обе его части, записывают значение наибольшей нагрузки R_B по шкале силоизмерительного устройства, снимают с барабана бумагу с диаграммой растяжения и приступают к обработке результатов испытания.

Обработка результатов испытания

1. Обе части разрушенного образца складывают вместе и замеряют расстояние между рисками l_1 и диаметр образца в месте разрыва. Вычисляют площадь поперечного сечения $A_{ш}, мм^2$.
2. Производят обработку диаграммы растяжения (см. рис. 5). На диаграмму наносят координатные оси. Ось абсцис (ось удлинения) совмещают с нулевой линией диаграммы, а для проведения оси ординат (оси нагрузок) находят начало координат точку O , продолжая прямолинейный участок до пересечения с осью абсцис. Таким образом, из рассмотрения исключается начальный криволинейный участок диаграммы, который возникает вследствие первоначального обмятия головок образца в захватах машины.

На диаграмме отмечают характерные точки:

- точка А - начало площадки текучести, точка В - конец площадки текучести;
- точка С - соответствует максимальной нагрузке;
- точка Д - моменту разрыва образца.



Из точки Д проводят линию, параллельную прямолинейному участку диаграммы. Эта линия отсекает на оси удлинения образец отрезок Δl , равный величине остаточного удлинения образца в масштабе записи диаграммы.

Например

Отрезок $OE=200\text{мм}$. Масштаб записи по оси удлинений 10:1, остаточное удлинение

$$\Delta l = \frac{200}{10} = 20\text{мм}$$

На диаграмме измеряют ординаты точек А и С. Для определения нагрузки, соответствующей площадке текучести P_T , ординату точки А в мм умножают на масштаб по оси нагрузок в Н/мм

Например

ордината точки А=70мм, масштаб по оси нагрузок - 98 Н/мм. Нагрузка $P_T=70 \times 98 = 6860\text{Н}$

Если площадка текучести выражена волнистой линией, то измеряют ординаты точек А и В и среднюю арифметическую из этих двух измерений.

Рис.5 Пример обработанной диаграммы растяжения стального образца.

Для определения наибольшей нагрузки ординату точки С умножают на масштаб оси нагрузок. Наибольшая нагрузка, вычисленная по диаграмме, и наибольшая нагрузка, отмеченная по шкале силоизмерительного устройства при испытании образца **должны** совпадать.

3. По полученным при испытании данным вычисляют следующие механические характеристики материала:

- 3.1 предел текучести σ_T , МПа (см. ф.3);
- 3.2 предел прочности при растяжении, (см. ф. 4,5) σ_B , МПа;
- 3.3 относительное удлинение (при разрыве) δ , (см. ф.7), %;
- 3.4 относительное сужение (при разрыве) ψ , (см. ф.8), %.

У некоторых материалов (например, высокоуглеродистая сталь) диаграмма растяжения не имеет площадки текучести (см. рис.5 б). Для этих материалов определяют условный предел текучести по формуле (см. ф.4). Для определения нагрузки $P_{0,2}$ по диаграмме на оси абсцисс откладывают величину остаточного удлинения $OC = 0,002 l_0$ в масштабе удлинений. Из точки С проводят прямую, параллельную прямолинейному участку диаграммы. Точка пересечения её с диаграммой растяжения определяет ординату нагрузки $P_{0,2}$, соответствующую условному пределу текучести; величина обычно мала.

Например

при $d=10\text{мм}$, $l_0=10d=10 \times 10=100\text{мм}$ $\Delta l_{0,2}=0,002 \times 100 = 0,2\text{мм}$, если масштаб записи диаграммы по оси удлинения 10:1, то $OC=0,2 \times 10 = 2\text{мм}$.

Поэтому для более точного определения условного предела текучести испытание лучше производить на машинах, записывающих диаграмму в большем масштабе (пресс-гагарина и др. с масштабом записи 100:1)

Составление отчета

Отчет о проделанной работе **должен содержать:**

1. Название работы
2. Цель работы
3. Данные об испытательной машине, кинематическая схема.
4. Данные об образцах и измерительных инструментах
5. Диаграмму растяжения, вычерченную в масштабе 1:1 на миллиметровой бумаге, с указанием всех характерных точек.
6. Вычисление всех механических характеристик материала.
7. Установление по характеристикам марки стали.
8. Ответы на контрольные вопросы.

Смотри пример оформления отчета

Отчет о работе

Испытание стального образца на растяжение

Цель работы - изучить поведение стали при растяжении вплоть до разрушения, определить основные механические характеристики прочности, пластичности, и по полученным данным, пользуясь таблицами ГОСТов, установить марку стали.

Ход работы:

1. Схема образца и его размеры

До испытания	После испытания
(см. рис.2)	
Диаметр $d_0 = \dots$ мм Расчетная длина $l_0 = \dots$ мм Площадь сечения $A_0 = \dots$ мм ²	Диаметр шейки $d_{ш} = \dots$ мм Длина расчетной части $l_1 = \dots$ мм Площадь сечения шейки $A_{ш} = \dots$ мм ²

2. Испытательная машина и измерительные приборы, инструменты

Испытание проводится на испытательной машине ИМ-4Р, кинематическая схема машины (см.рис.1) (Выполнить схему испытательной машины согласно рис.4 метод. указания).

Измерительный инструмент - штангенциркуль, цена деления - 0,1 мм.

3. Диаграмма растяжения. (Выполнить диаграмму растяжения на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1, согласно рис.5а или 5б метод. указания, вклеить в отчет)

4. Результаты испытания (обработка диаграммы согласно метод. указаний)

4.1 Нагрузка, соответствующая пределу текучести

$$P_T = \dots \text{ Н}$$

4.2 Нагрузка, соответствующая пределу прочности

$$P_B = \dots \text{ Н}$$

5. Основные механические характеристики стали

5.1 Предел текучести

$$\sigma_T = \frac{P_T}{A_0},$$

где σ_T - предел текучести, МПа;

P_T - нагрузка, соответствующая площадке текучести; Н;

A_0 - площадь поперечного сечения, мм².

$$\sigma_T = \dots \text{ МПа}$$

5.2 Предел прочности

$$\sigma_B = \frac{P_B}{A_0},$$

где σ_B - предел прочности, МПа;

P_B - максимальная нагрузка на образец, Н;

A_0 - площадь поперечного сечения, мм².

$$\sigma_B = \dots \text{ МПа}$$

5.3 Относительное остаточное удлинение

$$\delta = \frac{(l_1 - l_0)}{l_0} \cdot 100\%,$$

где δ - относительное остаточное удлинение, %;

l_1 - длина расчетной части образца после испытания, мм;

l_0 - длина расчетной части образца до испытания, мм.

$$\delta = \dots \cdot 100\% = \dots \%$$

5.4 Относительное остаточное сужение

$$\psi = \frac{(A_0 - A_{ш})}{A_0} \cdot 100\%,$$

где ψ - относительное остаточное сужение, %;

A_0 - площадь поперечного сечения до испытания, мм²;

$A_{ш}$ - площадь поперечного сечения в месте шейки, мм².

$$\psi = \dots \cdot 100\% = \dots \%$$

6. Заключение

По таблицам ГОСТ (указать номер ГОСТа) полученным значениям механических характеристик соответствует сталь (указать марку стали)

7. Контрольные вопросы

1. Какова цель работы?
2. Какие механические характеристики свойств материала можно определить по диаграмме растяжения?
3. Как определить условный предел текучести по диаграмме растяжения?
4. Для какого участка диаграммы справедлив закон Гука?
5. Почему на диаграмме растяжения напряжение, при котором происходит разрушение образца, лежит ниже предела прочности?
6. Что понимается под наклепом стали, как изменяются при наклепе механические свойства стали?
7. Для чего необходимо проводить механические испытания материалов?
8. Объясните, как устроена испытательная машина ИМ-4Р.
9. Что называется пределом прочности, пределом текучести материалов?
10. Что называется относительным остаточным удлинением?
11. Что называется относительным сужением?
12. Как повлияет на величину предела прочности увеличение диаметра образца в два раза?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов

Цель работы: исследовать поведение материала при сжатии, определить предел текучести для пластичных материалов, предел прочности для хрупких материалов и коэффициент анизотропии для анизотропных материалов.

Краткие теоретические сведения. Испытания на сжатие—основные при определении механических характеристик хрупких материалов. В отличие от испытаний на растяжение испытание на сжатие имеет свои особенности:

- 1) в процессе испытания пластичные материалы могут сжиматься, не разрушаясь и не дробясь на части, а хрупкие разрушаются;
- 2) деформационные и прочностные характеристики цилиндрического образца при испытаниях на сжатие существенно зависят от отношения высоты образца к его диаметру;
- 3) на результаты испытаний значительно влияют условия трения по торцам образца.

Под действием сжимающей нагрузки различные материалы ведут себя по-разному.

Пластичные материалы (стали) При сжатии стального образца до некоторой нагрузки $P_{пц}$ (рис. 1а) наблюдается пропорциональная зависимость между деформацией и вызвавшей её нагрузкой. Отношение $P_{пц}$ к первоначальной площади поперечного сечения A_0 называется **пределом пропорциональности стали** при сжатии:

$$\sigma_{пц} = \frac{P_{пц}}{A_0}. \quad (1)$$

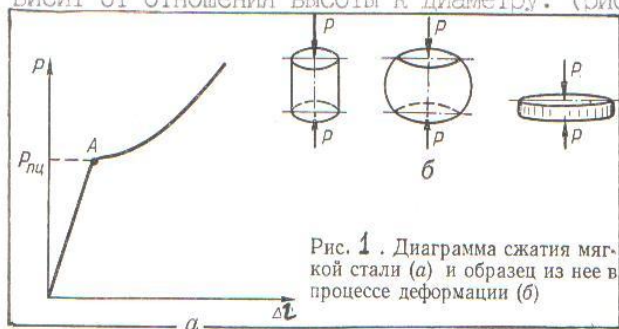
В процессе дальнейшего нагружения отмечается значительный рост деформации, т.е. материал "течет", но без явно выраженной площадки текучести. Образец принимает бочкообразную форму (рис. 1б) вследствие наличия трения между торцами образца и поверхностями сжимающих плит. Чтобы увеличить дальнейшую деформацию, сжимающую нагрузку резко увеличивают. Образец не разрушается, а расплющивается, иногда с образованием трещин по краям. Пластичные материалы при сжатии не имеют предела прочности, т.е. их можно расплющивать до получения фольги. Четко выражен только предел пропорциональности. Поскольку текучесть при сжатии коротких образцов выявляется не очень отчетливо, при испытании необходимо особенно следить за стрелкой силоизмерителя, чтобы не пропустить момента возникновения текучести. Отношение нагрузки P_T к первоначальной площади поперечного сечения A_0 называется **пределом текучести при сжатии**. Для стали предел текучести при растяжении равен пределу текучести при сжатии.

$$\sigma_T = \frac{P_T}{A_0}. \quad (2)$$

Хрупкие материалы (чугун) При сжатии чугуна практически с начала нагружения и до разрушения наблюдается нелинейная зависимость между силой и деформацией. Однако в условиях тех небольших деформаций, при которых материал используют в различных деталях машин и сооружений, диаграмма $P-\Delta l$ представляет собой линию малой кривизны (рис. 2а). Поэтому в практических расчетах считают, что материал подчиняется закону Гука. Четко выражена только разрушающая нагрузка P_B , которая к тому же и максимальна. Отношение P_B к первоначальной площади A_0 поперечного сечения называется **пределом прочности или временным сопротивлением чугуна при сжатии**:

$$\sigma_{всж} = \frac{P_B}{A_0}. \quad (3)$$

Образец укорачиваясь принимает бочкообразную форму (рис. 2б). Это свидетельствует о наличии незначительных пластических деформаций. Разрушение происходит по плоскостям, наклоненным к оси образца примерно на $\alpha = 40^\circ \div 50^\circ$ (рис. 2б, в), т.е. под действием максимальных касательных напряжений, при разрушении нагрузочная способность чугуна падает практически мгновенно, что характерно для хрупких материалов. Следует помнить, что величина $\sigma_{всж}$ сильно зависит от условий испытания и отношения высоты к диаметру образца. Даже вид разрушения хрупких материалов зависит от отношения высоты к диаметру. (рис. 2в)



Древесина. Испытание деревянного образца как представителя анизотропных материалов проводят вдоль (рис. 3б) и поперек (рис. 3в) волокон. Диаграмма $P-\Delta l$ для сжатия образца вдоль волокон (рис. 3а, кривая 1) внешне похожа на диаграмму сжатия чугуна. Между усилием P и деформацией Δl в начале нагружения отмечается незначительная нелинейная зависимость, причем нелинейность возрастает по мере увеличения нагрузки. По достижении предельной нагрузки P_B образец разрушается. Отношение P_B к первоначальной площади A_0 поперечного сечения образца называют **пределом прочности или временным сопротивлением дерева вдоль волокон**:

$$\sigma_B' = \frac{P_B'}{A_0} \quad (4)$$

Обычно разрушение происходит с образованием поперечных складок и обмятием торцов.

При сжатии образца поперек волокон диаграмма имеет другой вид (рис. 3а, кривая 2). До некоторой точки А наблюдается пропорциональная зависимость между силой и деформацией. Это позволяет определить предел пропорциональности $\sigma_{пл}$. С дальнейшим увеличением нагрузки древесина способна уплотняться без видимых признаков разрушения образца. Поэтому за разрушающую силу P_B'' условно принимают такую силу, при действии которой деформация (уплотнение) образца по высоте достигает 1/3 первоначальной величины. Отношение P_B'' к A_0 называют **пределом прочности или временным сопротивлением дерева при сжатии поперек волокон**:

$$\sigma_B'' = \frac{P_B''}{A_0} \quad (5)$$

Сравнивая кривые 1 и 2 (рис. 3), выясняем, что при сжатии до разрушения вдоль волокон образец претерпевает значительно меньшие деформации, чем при сжатии поперек волокон; характер разрушения в обоих случаях различный. Прочность образца в первом случае (вдоль волокон) в 7-10 раз выше, чем во втором (поперек волокон). Коэффициент анизотропии, характеризующий различие механических свойств дерева вдоль и поперек волокон представляет собой отношение предела прочности при сжатии вдоль волокон σ_B' к пределу прочности при сжатии поперек волокон σ_B'' :

$$K = \frac{\sigma_B'}{\sigma_B''}$$

Образцы, измерительные приборы и испытательная машина. При испытании на сжатие стальные и чугунные образцы должны иметь небольшую высоту, т.к. следует учитывать возможность изгиба образца. Отношение размеров к диаметру $1 \leq \frac{h}{d} \leq 2$. При сжатии дерева применяют образцы в виде куба. Размеры образцов зависят от предельной нагрузки, которую может обеспечить испытательная машина. Для измерения образцов применяют штангенциркуль с пределами измерения 0-150мм и ценой деления 0,1мм.

Испытания проводят на испытательной машине ИМ-4Р, которую использовали при испытании на растяжение. Испытание проводят при помощи специального приспособления. Масштаб диаграммы по деформации 10:1, по нагрузке - 98н/мм.

Порядок выполнения работы.

1. Замерить размеры поперечных сечений образцов.
2. Установить образец между опорными поверхностями приспособления.
3. Проверить работу диаграммного аппарата, поворачивая барабан вхолостую, получить нулевую линию.
4. Вращая рукоятку, нагрузить образец, наблюдая за процессом сжатия образца.
5. При сплющивании (разрушении) образца, прекратить испытание, разгрузить образец, достать из приспособления.
6. Обработать результаты испытаний, определить предел прочности и предел текучести для материала образцов. (см. ф. 2,3,4,5)
7. Составить отчет о работе

Составление отчета

Отчет о работе должен содержать:

1. Название работы
2. Цель работы
3. Тип испытательной машины, цену деления силоизмерительного устройства, масштаб записи диаграммы по оси нагрузок и по оси деформаций.
4. Эскизы образцов до и после испытания.
5. Вычисление характеристик свойств.
6. Диаграммы сжатия материалов.
7. Выводы об испытании на сжатие пластичных и хрупких материалов, описание характера разрушения.
8. Ответы на контрольные вопросы

(смотри пример отчета)

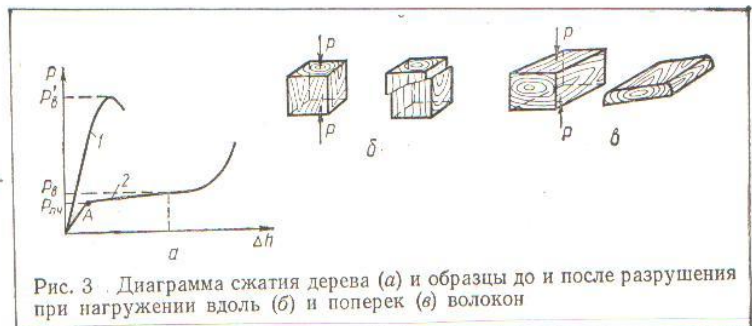


Рис. 3. Диаграмма сжатия дерева (а) и образцы до и после разрушения при нагружении вдоль (б) и поперек (в) волокон

Отчет о работе

Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов

Цель работы - исследовать поведение материала при сжатии, определить предел текучести для пластичных материалов, предел прочности для хрупких материалов и коэффициент анизотропии для анизотропных материалов.

Ход работы

1. Испытательная машина и измерительные инструменты.

Испытания проводятся на испытательной машине ИМ-4Р, масштаб диаграммы по оси деформации - 10:1, по нагрузке - 98Н/мм. Штангенциркуль с пределами измерения 0-150мм, ценой деления 0,1мм.

2. Диаграммы сжатия материалов (выполнить на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1, все диаграммы на одном листе, подписать диаграммы, вклеить лист в отчет)

3. Эскизы, размеры образцов и результаты испытаний

	Материал			
	Сталь	Чугун	Дерево	
			вдоль волокон	поперек волокон
Эскиз образца до испытания	см. рис 1	см. рис.2	см. рис. 3б	см. рис. 3в
Эскиз образца после испытания				
Размеры поперечного сечения, мм				
Площадь поперечного сечения, мм ² A				
Нагрузка, соответствующая пределу текучести, Н P_T		-	-	-
Нагрузка, соответствующая пределу прочности, Н P_B	-			
Предел текучести, МПа σ_T		-	-	-
Предел прочности, МПа σ_B	-			
Коэффициент анизотропии K	-	-	K =	

4. Выводы об испытаниях

При испытании стального образца на сжатие невозможно определить..... Первоначальный участок всех диаграмм представляет собой.....линию, что подтверждает справедливость закона..... При сжатии стального образца наблюдалиформу образца, что объясняется..... При сжатии стального образца образовалась трещина, расположенная под углом....., что свидетельствует о возникновении в этих сечениях максимальных..... напряжений, вызванных силами..... между поверхностями образца и опорными поверхностями. Древесина, являясь материалом имеет предел прочности при сжатии вдоль волокон в..... раз....., чем предел прочности поперек волокон.

5. Контрольные вопросы

1. Какие механические характеристики можно определить при испытании пластичных и хрупких материалов на сжатие? 2. Для каких материалов испытание на сжатие имеет большое практическое значение, почему? 3. Чем обусловлены размеры образцов при испытании на сжатие?

4. Какими способами можно уменьшить влияние сил трения между торцами образца и опорными плитами? 5. Чем объясняется разрушение чугунных образцов по плоскости, проходящей под углом 45 к оси образца? 6. В каком направлении дерево прочнее при сжатии? 7. Что можно сказать о свойствах материала образца, если при испытании на сжатие он приобрел бочкообразную форму? Чем объясняется это явление?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Испытание металлических образцов на срез

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

Краткие теоретические сведения. Характер разрушения стали при сдвиге и растяжении различный. При сдвиге плоскость разрушения гладкая. Объем образца, подвергнутый пластическим деформациям, незначительный. При растяжении плоскость разрушения имеет кристаллический вид, весь объем образца, особенно в зоне шейки, подвергается значительной деформации. Условно считают, что в зоне среза действуют только касательные напряжения, равномерно распределенные по сечению площадью $A_{ср}$

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{A_{ср}} \quad (1)$$

и при достижении ими предела прочности происходит разрушение. В действительности в зоне разрушения возникают ещё нормальные напряжения изгиба и смятия, что подтверждается формой образца после разрушения. Предел прочности при сдвиге всегда меньше, чем при растяжении, причем для стали $\tau_{ср,ст} = (0,6 \div 0,8) \sigma_B$. Прочность при срезе зависит не только от сопротивления материала сдвигу, но и от тех дополнительных напряжений, которые неизбежно возникают от изгиба и смятия.

Величина предела прочности при срезе имеет практическую ценность только в том случае, если нагружение образца будет близко к условиям работы детали на срез в реальных конструкциях. На практике часто встречаются детали, работающие на срез в реальных конструкциях одновременно по двум плоскостям — двойной срез (болты, заклепки, штифты), поэтому испытания на срез чаще всего производят при помощи специального приспособления, осуществляющего двойной срез образца.

Образцы, измерительные инструменты и испытательная машина. Для испытания на срез применяют образцы круглого поперечного сечения диаметром от 6 до 10 мм. Для измерения образцов применяют штангенциркуль с пределами измерения 0–150 мм и ценой деления 0,1 мм. Так как при испытании на срез образцов диаметром 6–10 мм требуются усилия не более 49 кН, для проведения этого испытания используется машина ИМ-4Р, при помощи которой мы проводили испытания на растяжение и сжатие. Для проведения испытания необходимо применить специальное приспособление, показанное в разрезе на рис. 1. Образец 1 вставляется в кольца 2 и 3, изготовленные из твердой закаленной стали. Приспособление устанавливается в захваты машины и при перемещении одного из захватов машины кольца произведут перерезывание образца по двум плоскостям.

Порядок проведения испытания.

1. Ознакомиться с устройством машины, приспособлением для среза. В отчет записать тип испытательной машины и цену деления силоизмерительного устройства.
2. При помощи штангенциркуля измерить диаметр образца, записать в отчет.
3. Образец вставить в кольца приспособления для среза и установить приспособление в захваты испытательной машины.
4. Вращая рукоятку машины, нагружают образец, наблюдают по шкале силоизмерительного устройства за возрастанием нагрузки. Фиксируют наибольшую нагрузку, разрушившую образец.
5. Вычислить предел прочности при срезе:

$$\tau_{вср} = \frac{P_B}{2A_{ср}}, \quad (2)$$

где $\tau_{вср}$ — предел прочности при срезе, МПа;
 P_B — максимальная нагрузка на образец, Н;
 $A_{ср}$ — площадь поперечного сечения образца до испытания, мм².

На рисунке 2 представлены три части образца после среза. На деформированных частях образца заметны следы смятия и незначительного изгиба.

6. Полученный предел прочности сравнить с пределом прочности при растяжении, полученным при испытании на растяжение, если образцы для этих работ выполнены из одного материала.

7. Ответить на контрольные вопросы.

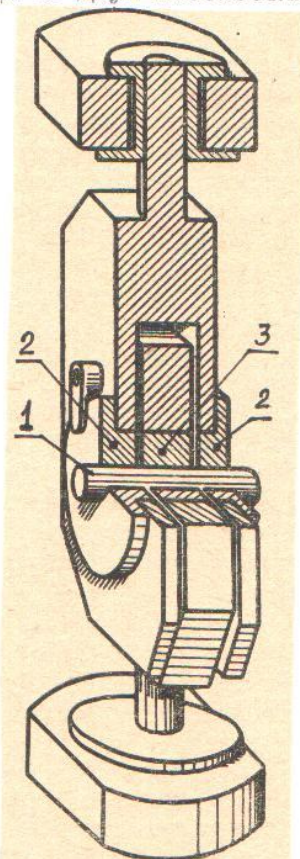


Рис. 1. Приспособление к машине ИМ-4Р для испытания на срез

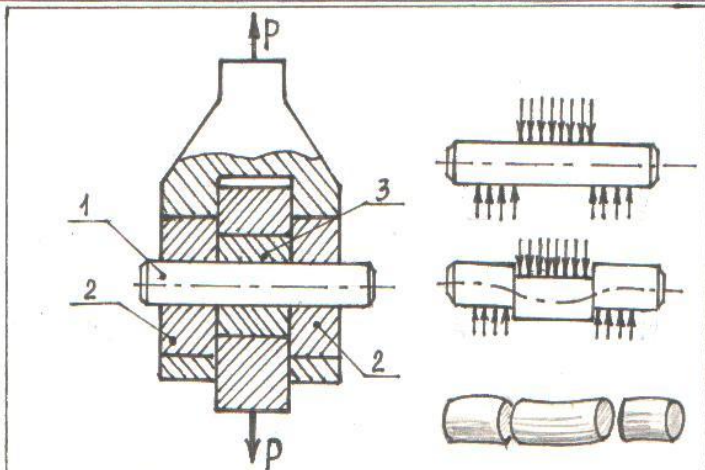


Рис. 2 Схема нагружения образца в приспособлении

Отчет о работе

должен содержать:

1. Тип и наименование испытательной машины
Цена деления шкалы.
2. Эскиз установки образца в приспособлении
3. Данные об образце: эскиз и размеры до испытания
4. Результаты испытания: эскиз образца после испытания; разрушающая нагрузка; предел прочности на срез.
5. Сравнение предела прочности на срез и предела прочности на растяжение.

Отчет о работе

Испытание стального образца на срез

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

Ход работы.

1. Схема образца и размеры

До испытания	После испытания
Диаметр образца $d = \dots \text{мм}$	
Площадь образца $A_0 = \dots \text{мм}^2$	

2. Испытательная машина, измерительные инструменты

Испытание проводится на испытательной машине ИМ-4Р, с помощью специального приспособления. Измерительный инструмент - штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм. Цена деления шкалы силоизмерительного устройства 98 Н/мм.

3. Схема приспособления (выполнить схему приспособления согласно рис. 2)

4. Данные испытания

4.1 Разрушающая нагрузка

$$P_B = \dots \text{Н}$$

4.2 Общая площадь среза

$$A_{\text{ср}} = 2 \cdot A_0 = \dots \text{мм}^2$$

4.3 Предел прочности на срез

$$\tau_{B \text{ ср}} = \frac{P_B}{2 A_0},$$

где $\tau_{B \text{ ср}}$ - предел прочности материала на срез, МПа;

P_B - разрушающая нагрузка, Н;

A_0 - площадь поперечного сечения образца, мм².

5. Сравнение механических характеристик для стали на срез и растяжение

$$\frac{\tau_{B \text{ ср}}}{\sigma_B} = \dots$$

6. Контрольные вопросы

1. Какую характеристику материала определяют при испытании на срез?
2. При каких условиях результаты испытания материала на срез могут иметь практическую ценность?
3. Какие деформации сопровождают разрушение образца при срезе?
4. Почему при использовании приспособления (см. рис. 2) при вычислении предела прочности на срез разрушающую нагрузку делят на удвоенную площадь поперечного сечения образца?
5. Укажите приближенное соотношение между пределом прочности на растяжение и пределом прочности при срезе.
6. Изменится ли предел прочности материала, если в приспособление можно было бы установить два образца?

Лабораторная работа

Определение модуля сдвига при кручении

Цель работы - установить зависимость крутящего момента и угла поворота сечений при кручении и определить модуль сдвига.

Теоретическое обоснование. Угол закручивания стержня в пределах упругих деформаций связан с крутящим моментом линейной зависимостью (закон Гука)

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta M_k \cdot l}{J_p \cdot G} \quad (1)$$

где ΔM_k - крутящий момент, нм;

l - расстояние между сечениями, м;

J_p - полярный момент инерции поперечного сечения, м⁴;

G - модуль сдвига, Па.

Отсюда

$$G = \frac{\Delta M_k \cdot l}{J_p \cdot \Delta\varphi} \quad (2)$$

Измерив опытным путем момент ΔM_k и угол закручивания $\Delta\varphi$, можно вычислить модуль сдвига G . Чтобы установить зависимость угла закручивания от крутящего момента, нагружение образца производят несколькими ступенями, причем крутящий момент при каждой ступени нагружения увеличивают на одно и то же значение ΔM_k . Для выявления закономерности производят 4...5 нагружений образца.

Степень нагружения ΔM_k выбирается в зависимости от материала образца и его диаметра таким образом, чтобы при испытании не возникали остаточные деформации образца. Наибольший крутящий момент $M_{k \max}$ для материала образца можно определить по пределу пропорциональности при кручении:

$$M_{k \max} = \tau_{пч} \cdot W_p \quad (3)$$

где W_p - полярный момент сопротивления, м³;

$\tau_{пч}$ - предел пропорциональности при кручении, Па.

Предел пропорциональности - наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука.

Подсчитать наибольший крутящий момент $M_{k \max}$ необходимо по несколько заниженному значению предела пропорциональности. В этом случае можно быть уверенными, что испытание было проведено в области применимости закона Гука. Например, для низкоуглеродистых сталей можно принять $\tau_{пч} = 70$ МПа. При числе нагружений n каждая ступень нагружения

$$\Delta M_k = M_{k \max} / n$$

Машины и приборы для испытания При испытании на кручение применяется машина ГЗИП, общий вид которой представлен на рис. 1.

Машина предназначена для испытания образцов диаметром 8-10 мм.

Образец 1 закрепляется в захватах машины 2 и 3 (рис. 1). В зависимости от длины образца левый захват 3 вместе с кареткой может перемещаться вдоль станины машины 8.

Для закручивания образца включают электродвигатель 9, при этом червячная передача 10 повернет правый захват 2, вызывая закручивание образца. В соответствии с величиной возникающего крутящего момента повернется захват 3, на оси которого закреплен маятник 7 с грузом 5. При повороте левого захвата маятник отклоняется от вертикального положения, уравновешивая крутящий момент. Угол отклонения маятника пропорционален крутящему моменту, действующему на образец. Величину крутящего момента можно получить умножением силы тяжести груза 5 на плечо этой силы, образующееся при отклонении штанги (маятника?). Плечо можно вычислить, если известна длина маятника 7 и угол поворота маятника.

Углы поворота правого и левого захватов отмеряются на шкалах 4 и 6. Шкалы происходят закручивание образца, левый захват

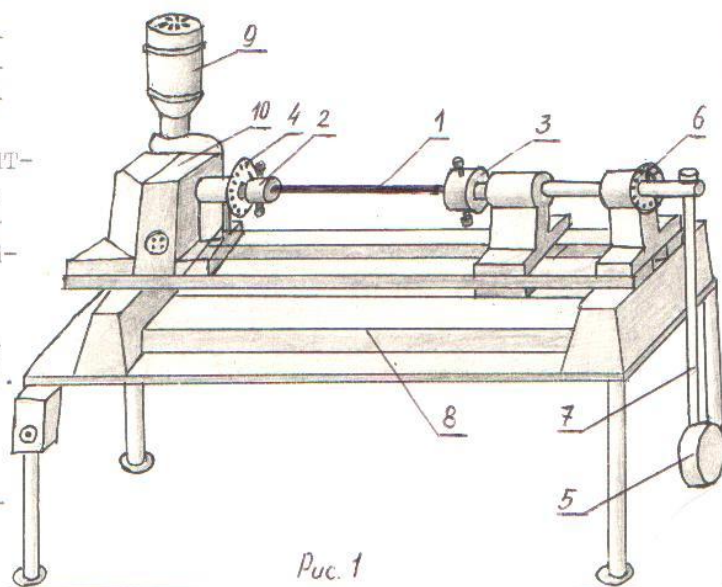


Рис. 1

повернется на угол меньший, чем угол поворота правого захвата. При проведении испытания возможно некоторое проскальзывание образца в захватах, что приводит к неточному замеру угла закручивания. Для более точного измерения угла закручивания применяются специальные приборы, которые закрепляются непосредственно на образце, например угломер С.В. Бояршинова (см. рис.3)

Угломер С.В. Бояршинова состоит из двух колец 1 и 2, неподвижно закрепленных на образце, - расстояние между сечениями, относительно которых измеряется угол поворота.

При кручении образца одно кольцо повернется относительно другого, вследствие чего планка, жестко закрепленная на кольце 2 будет перемещать стержень индикатора, закрепленного на кольце 1. Перемещение стрелки индикатора пропорционально углу закручивания образца. Шкала индикатора имеет цену деления 0,01мм (т.е. линейное перемещение стержня индикатора составляет 0,01мм при повороте стрелки на одно деление).

Для вычисления цены деления индикатора в радианах следует цену деления индикатора в миллиметрах разделить на расстояние R (см. рис.3). Для определения угла закручивания достаточно число делений, на которое повернулась стрелка, умножить на цену деления в радианах.

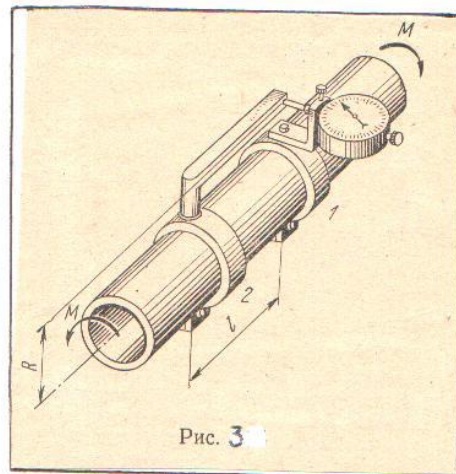


Рис. 3

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством испытательной машины и принципом действия угломера.
 2. Записать в отчет длину маятника, силу тяжести груза, цену деления шкалы угломера, расстояние l между поперечными сечениями образца, углы поворота которых определяются, диаметр образца.
 3. Установить степень нагружения.
 4. Произвести предварительное нагружение для обжатия головок образца и захвата машины. Момент при этом может быть равен или несколько больше ступени нагружения ΔM_k . Зафиксировать значение момента и произвести отсчеты по шкалам угломера.
 5. Нагрузить образец моментом ΔM_k . Записать отсчеты по шкалам угломера, продолжить нагружение образца (еще 3...4 раза), наращивая скручивающий момент каждый раз на ступень ΔM_k и записать отсчеты по шкалам угломеров. Закончив испытания, образец следует разгрузить.
 6. Обработать результаты испытания (заполнить таблицу отчета)
 Определить приращение угла закручивания $\Delta \psi$: найти приращение по шкале индикатора Δn путем вычитания предыдущего отсчета из последующего. Приращение угла закручивания $\Delta \psi$ получают путем умножения Δn на цену деления C шкалы индикатора в радианах.
 Например Радиус поворота планки $R = 25$ мм. В этом случае цена деления индикатора в радианах:

$$C = \frac{0,01}{R} = \frac{0,01}{25} = 0,0004; \quad \Delta n = 10, \quad \Delta \psi = \Delta n \cdot C = 10 \cdot 0,0004 = 0,004$$
 7. Вычислить модуль сдвига.
- Если испытанию на кручение подвергается образец из материала, что и образцы, для которых ранее определялись модуль упругости и коэффициент Пуассона, то значение модуля сдвига, найденное опытным путем, следует сравнить с модулем сдвига, вычисленным по формуле $G = E/[2(1+\mu)]$
8. Составить отчет о работе (см. пример отчета)
 9. Ответить на контрольные вопросы.

Пример отчета о работе

Определение модуля сдвига

Цель работы - Установить зависимость крутящего момента и угла поворота сечений при кручении и определить модуль сдвига.

Ход работы

1. Испытательная машина и измерительные приборы

Испытательная машина [ЭИП]. Длина маятника $L = \dots$ см; сила тяжести грузов $P = \dots$ Н.
 Угломер С.В. Бояршинова. Цена деления угломера $C = \dots$ рад/деление. Расстояние между сечениями (база угломера) $l = \dots$ см.

2. Данные об образце

Эскиз образца с размерами (диаметр образца, длина образца)

Материал образца.....; предел пропорциональности при сдвиге $\tau_{пл} = \dots$ МПа;
 полярный момент инерции $J_p = \dots$ см⁴; полярный момент сопротивления $W_p = \dots$ см³.

3. Данные для испытания

Наибольший момент $M_{к\max} = \dots$ Н·м; число ступеней нагружения $n = \dots$
 Величина ступени нагружения $\Delta M_{к} = \dots$ Н·м.

4. Результаты испытания (заполнить таблицу)

Крутящий момент, Н·м		Отсчет в делениях угломера n	Приращение отсчетов Δn
$M_{к}$	$\Delta M_{к}$		
	$\Delta M_{к\text{ ср}}$		$\Delta n_{\text{ ср}}$

5. Определение величины модуля сдвига

Среднее приращение момента при проведении испытаний $\Delta M_{к\text{ ср}} = \dots$ Н·м
 Средняя разность приращения отсчетов по угломеру Бояршинова $\Delta n_{\text{ ср}} = \dots$
 Среднее значение угла закручивания $\Delta \varphi_{\text{ ср}} = \Delta n_{\text{ ср}} \cdot C = \dots$ рад.
 Модуль сдвига вычисляем по формуле

$$G = \frac{\Delta M_{к} \cdot l}{J_p \cdot \Delta \varphi}$$

где G - модуль сдвига, Па;

$\Delta M_{к}$ - среднее приращение момента, Н·м;

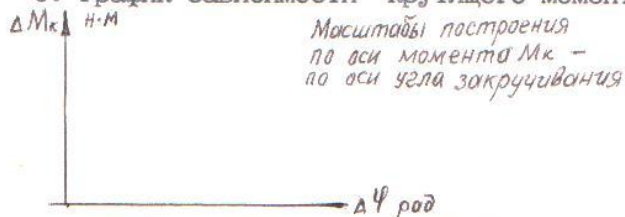
l - длина закручиваемого участка, м;

J_p - полярный момент инерции сечения, м⁴;

$\Delta \varphi$ - среднее значение угла закручивания, рад.

$$G = \dots = \dots \text{ МПа}$$

6. График зависимости крутящего момента и угла закручивания



7. Вывод (отметить, какая зависимость существует между крутящим моментом и углом закручивания, до какого напряжения соблюдается эта зависимость)

8. Контрольные вопросы

1. Какое свойство материала характеризует модуль сдвига?
2. Во сколько раз изменится величина угла закручивания, если диаметр образца уменьшить вдвое?
3. Влияет ли на величину угла закручивания расстояние между сечениями, угол поворота секторных определяется?
4. Какими приборами измеряют угол закручивания образца?
5. В ходе испытаний число делений, на которое перемещается стрелка угломера, заметно возросло при неизменной ступени нагружения. Укажите, какие условия проведения испытания были нарушены?
6. Какую закономерность можно установить, нагружая образец равными ступенями?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение осадки цилиндрической винтовой пружины

Цель работы— определить опытным путем характеристику пружины, т.е. зависимость между осадкой пружины и осевой нагрузкой. Сопоставить полученные значения осадки пружины с вычисленными теоретически.

Теоретическое обоснование. Осадку винтовой пружины, т.е. перемещение точки приложения силы по направлению оси пружины, может быть вычислена по формуле

$$\lambda = \frac{8P l^3 i}{G d^4}, \quad /1, с. 128/$$

где P — осевая нагрузка, Н;

D —средний диаметр витков пружины, мм;

l —число витков пружины;

G —модуль сдвига материала пружины, МПа;

d —диаметр проволоки, мм.

Формула—приближенная, так как при её выводе не были учтены влияния поперечной силы, кривизны стержня, угла подъема витка и другие второстепенные факторы. Чтобы убедиться, что получаемые результаты вполне пригодны для практического использования, нужно измерить осадку пружины при заданных нагрузках опытным путем и сопоставить с величиной осадки пружины, вычисленной по формуле.

Установка для испытания. Осадку пружины можно измерить при помощи индикатора с ценой деления 0,01 мм. (см. рис. .1) Нагружение производят грузами, устанавливаемыми на штангу. Схема приспособления для испытания пружины показана на рисунке .2 .

Порядок выполнения работы

1. При помощи штангенциркуля измерить диаметр проволоки пружины и наружный диаметр витков пружины, вычислить средний диаметр пружины.
2. Подсчитать число рабочих витков пружины. При подсчете следует исключить ту часть витков, которые плотно прилегают к опорным поверхностям. Рабочее число витков может быть и не целым числом.
3. Задаться несколькими значениями внешней нагрузки, вычислить при этих значениях нагрузки осадку пружины λ по формуле и по полученным значениям построить теоретическую характеристику пружины (зависимость осадки от осевой нагрузки) Построение выполнить на миллиметровой бумаге.
4. Установить пружину на приспособление. Индикатор установить на отметку ноль.
5. Произвести нагружение пружины, наращивая нагрузку равными ступенями и зафиксировать для каждой ступени нагружения величину осадки. Заполнить таблицу наблюдений.
6. Сравнить величину осадки, вычисленной по теоретической формуле с осадкой пружины, измеренной при испытании. Вычислить процент расхождения между ними

$$\delta = \frac{\lambda_{\text{теор.}} - \lambda_{\text{опыт.}}}{\lambda_{\text{опыт.}}} \cdot 100\%$$

7. На графике характеристики пружины, построенном по теоретическому расчету, отметить величину нагрузок и соответствующие им осадки, полученные опытным путем. При правильном проведении испытания опытные точки должны располагаться близко к прямой линии, отражающей прямую пропорциональную зависимость осадки пружины от нагрузки.

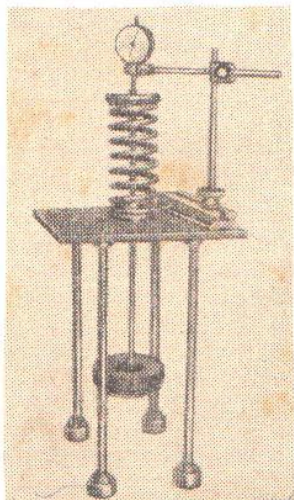


Рис. . 1 Приспособление для испытания пружин

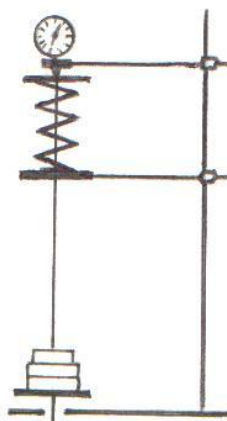


Рис. .2 Схема установки для испытания пружины

Отчет о работе

Определение осадки цилиндрической винтовой пружины

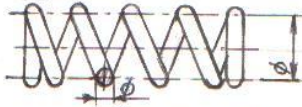
Цель работы - определить опытным путем характеристику пружины, т.е. зависимость между осадкой пружины и осевой нагрузкой. Сопоставить полученные значения осадки пружины с вычисленными теоретически.

1. Испытание винтовой пружины

1.1 Схема установки для испытания пружины (зарисовать рис. 2)

1.2 Образцы, измерительные приборы и оборудование - цилиндрическая винтовая пружина, стрелочный индикатор, штангенциркуль, набор грузов.

1.3 Эскиз пружины (на эскизе проставить размеры, необходимые для вычисления осадки)



Количество рабочих витков $i = \dots$

Рис. 2

Материал пружины-сталь, модуль сдвига $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа

2. Таблица записи результатов испытаний

Таблица 1

№ отсчетов	Осевая нагрузка P, H	Приращение нагрузки $\Delta P, \text{H}$	Показание индикатора (осадка), мм	Приращение осадки $\Delta \lambda, \text{мм}$
1	$P_1 =$		$\lambda_1 =$	
2	$P_2 =$		$\lambda_2 =$	
3	$P_3 =$	$\Delta P_1 = P_2 - P_1 =$	$\lambda_3 =$	$\Delta \lambda_1 = \lambda_2 - \lambda_1 =$
4	$P_4 =$	$\Delta P_2 = P_3 - P_2 =$	$\lambda_4 =$	$\Delta \lambda_2 = \lambda_3 - \lambda_2 =$
		$\Delta P_3 = P_4 - P_3 =$		$\Delta \lambda_3 = \lambda_4 - \lambda_3 =$
		$\Delta P_{\text{ср}} =$		$\Delta \lambda_{\text{ср}} =$

3. Определение осадки пружины:

Среднее приращение нагрузки $\Delta P_{\text{ср}} = \dots \text{H}$

Осадка пружины, определенная опытным путем $\Delta \lambda_{\text{ср}} = \dots \text{мм}$

4. Вычисление осадки пружины теоретическим путем и построение её характеристики

Осадку пружины вычисляем по формуле

$$\lambda = \frac{8 P D^3 i}{G d^4},$$

где P - осевая нагрузка, Н;

D - средний диаметр витков пружины, мм;

i - количество рабочих витков;

G - модуль сдвига материала, МПа;

d - диаметр проволоки, мм.

По результатам вычислений заполняем таблицу

Таблица 2

Осевая нагрузка, Н	Осадка пружины теоретическая
$P_1 =$	Осадка пружины, мм $\lambda_{\text{теор}}$
$P_2 =$	$\lambda_{1 \text{ теор}} =$
$P_3 =$	$\lambda_{2 \text{ теор}} =$
$P_4 =$	$\lambda_{3 \text{ теор}} =$
$\Delta P_{\text{ср}} =$	$\lambda_{4 \text{ теор}} =$
	$\lambda_{\text{теор}} =$

По данным таблицы 2 строим характеристику пружины, на этом графике отмечаем величину нагрузок и соответствующие им осадки по данным таблицы 1 (см. рис.3)

5. Сравнение теоретических и опытных данных

Расхождение в величине осадки, вычисленной по теоретической формуле и полученной опытным путем, составляет:

$$\delta = \frac{\lambda_{\text{теор}} - \lambda_{\text{опыт}}}{\lambda_{\text{опыт}}} \cdot 100\% = \dots \%$$

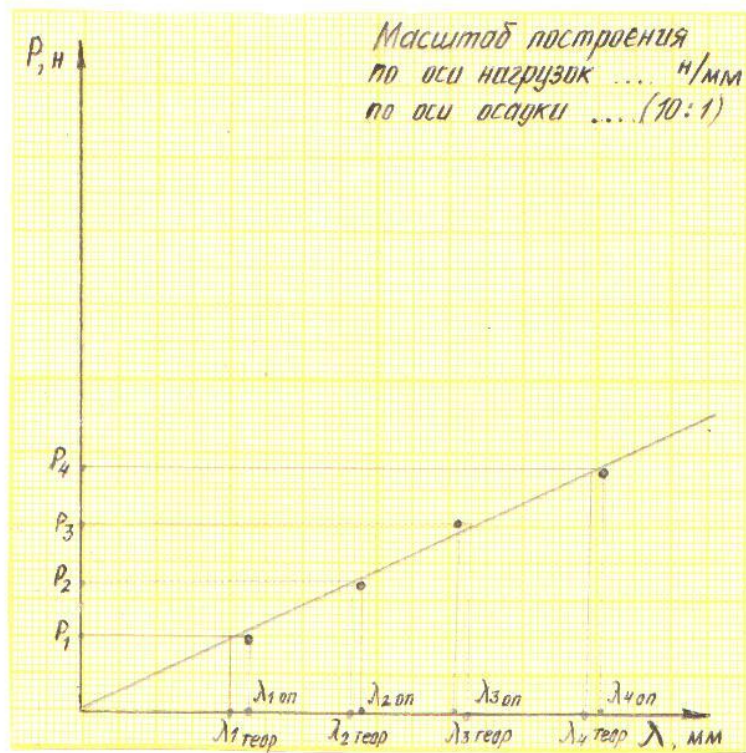


Рис. 3 Теоретическая характеристика пружины

6. Контрольные вопросы

1. Как изменится величина осадки пружины, если диаметр проволоки уменьшить в три раза?
2. Какие факторы не учитываются формулой для подсчета величины осадки пружины?
3. Какая зависимость существует между осевой нагрузкой и перемещением точки приложения силы по направлению оси пружины?
4. Как строят характеристику пружины?
5. Как изменится осадка пружины, если диаметр витков пружины увеличить в два раза?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение прогибов и углов поворота сечения балок при прямом изгибе

Цель работы - определить опытным путем прогибы и углы поворота сечений балки и сравнить их с полученными теоретическими расчетами.

Теоретическое обоснование. Под действием внешних сил ось балки искривляется. Искривленную ось балки называют **упругой линией**. Перемещение поперечных сечений балок при изгибе характеризуется двумя величинами: **прогибом** и **углом поворота сечения**.

На рис. 1 показана консольная балка, нагруженная на свободном конце сосредоточенной силой F . Для такой балки уравнение упругой линии

$$y = - \frac{F \left(l \cdot \frac{z^2}{2} - \frac{z^3}{6} \right)}{E J_x}, \quad (1)$$

где y - прогиб (перемещение центра тяжести поперечного сечения в направлении, перпендикулярном оси балки), мм;

F - сила, нагружающая балку, Н;

l - длина балки, мм;

E - модуль упругости материала балки, МПа;

J_x - осевой момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси, мм⁴.

Уравнение углов поворота сечений такой балки

$$\Theta = - \frac{F}{E J_x} \left(l z - \frac{z^2}{2} \right). \quad (2)$$

Чтобы вычислить прогиб или угол поворота какого-либо сечения балки, необходимо в эти уравнения подставить значение z , равное расстоянию данного сечения от опоры балки.

Для различных случаев нагружения балок прогиб можно определить методом Мора с применением правила Верещагина или по уравнению упругой линии.

Перемещения сечений балки должны быть такими, чтобы материал работал только при упругих деформациях. Поэтому при определении перемещений опытным путем следует вычислять наибольший изгибающий момент, при котором деформация будет упругой. В зависимости от схемы нагружения и размеров балки определяют наибольшую нагрузку.

Установка для испытания. При исследовании изгиба консольной балки используют прибор СМ-7. На рис. 2 показан общий вид прибора, на рис. 3 показана его схема.

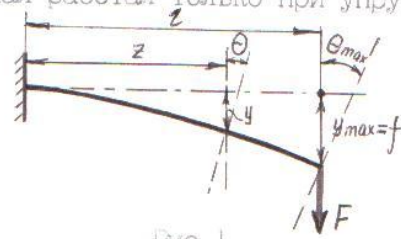


Рис. 1

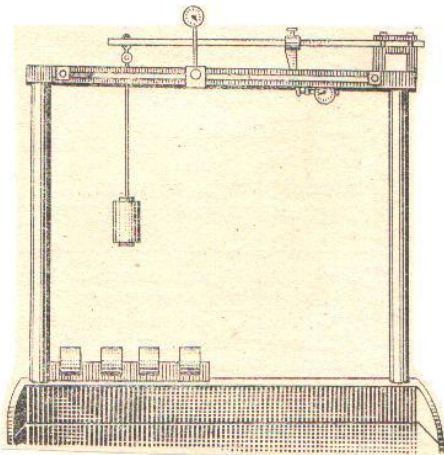


Рис. 2

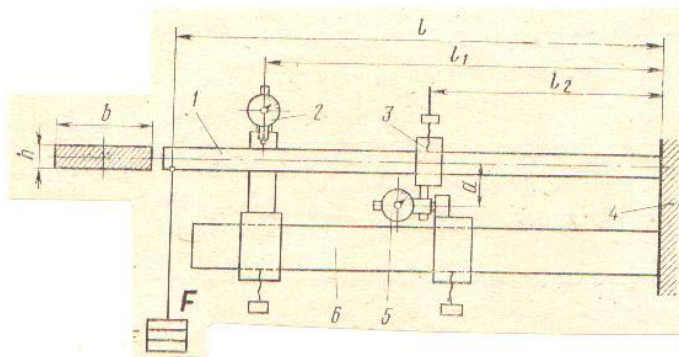


Рис. 3

Балка 1 прямоугольного сечения одним концом жестко закреплена в специальном кронштейне 4. На другом конце прикреплена штанга, на которую накладывают грузы F . Прогибы балки измеряют индикатором 2, а углы поворота индикатором 5, который воспринимает перемещение рычага 3, закрепленного на балке. Индикаторы можно установить на рычаг 6 относительно любой точки и измерять прогибы и углы поворота сечений балки на любых расстояниях l_1, l_2 от места её заделки.

5. Прогиб балки в сечении вычисляем по формуле (см. ф. 1 указаний). *Утеор.*
6. Угол поворота сечения $\Theta_{теор}$ вычисляем по формуле (см. ф. 2 указаний)
7. Вычисление процента расхождения между опытным и теоретическим результатами

Таблица 2

Прогиб			Угол поворота		
опытный	теоретич.	% расхождения	опытный	теоретич.	% расхождения

Контрольные вопросы

1. Что называется упругой линией балки?
2. Как перемещаются поперечные сечения балки при изгибе?
3. Во сколько раз изменятся прогибы балки, если нагрузку уменьшить в два раза?
4. Как изменится максимальный прогиб консольной балки, если длина вылета уменьшится в два раза?
5. Балки изготовлены из стали и чугуна, имеют одинаковые размеры и подвергаются действию с одинаковых сил. У какой балки величина прогиба будет больше?
6. С какой точностью можно измерить величину прогиба при помощи индикатора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение критической силы сжатого стержня

Цель работы - исследовать явление потери устойчивости прямолинейной формы равновесия при осевом сжатии, проверить опытным путем формулу Эйлера для определения критической силы.

Краткие теоретические сведения. Для многих деталей машин, элементов конструкции и сооружений расчеты на прочность и жесткость бываю часто недостаточны, чтобы получить полное представление об их работоспособности, выяснить, находится ли конструкция или её части в состоянии устойчивого равновесия. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся в инженерной практике случаи потери устойчивости стержня, длина которого значительно больше размеров поперечного сечения.

Если прямолинейный стержень сжимать центрально приложенной силой P , то с возрастанием силы стержень сначала только укорачивается, сохраняя свою прямолинейную форму, а затем наступает явление потери устойчивости - стержень изгибается. (см. рис.1). Ту наименьшую центрально приложенную сжимающую силу, которая выводит стержень из прямолинейного устойчивого равновесия называют **критической силой** $P_{кр}$. Потерю устойчивости сжатого прямолинейного стержня называют иногда **продольным изгибом**, так как под действием продольных сил стержень значительно искривляется. Появление продольного изгиба опасно тем, что при значительном увеличении сжимающей силы прогибы нарастают очень быстро. Следовательно, прямолинейная форма равновесия гибкого стержня устойчива, если сжимающая сила P меньше критической $P_{кр}$. Если же $P \neq P_{кр}$, то наряду с прямолинейной формой, являющейся неустойчивой, становится возможной криволинейная форма равновесия стержня при малом изменении силы.

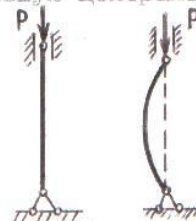


Рис.1

Явление потери устойчивости можно наблюдать на примерах. Наиболее простой случай - потеря устойчивости центрально сжатого стержня (рис.1). Тонкостенная труба под внешним давлением также способна потерять устойчивость (см. рис. 2). При этом круговая форма сечения переходит в эллиптическую, а затем труба сплющивается, хотя напряжение к моменту потери устойчивости далеко не достигает предела текучести. В тонком листе, нагруженном по краям сдвигающими усилиями при некотором их критическом значении образуются волнообразные складки, расположенные в диагональном направлении. Опасность потери устойчивости особенно велика для тонкостенных конструкций типа гибких стержней, пластинок, и оболочек. Недооценка расчетов конструкции на устойчивость особенно приводила к крупным катастрофам и авариям. В практике известны случаи, когда из-за потери устойчивости отдельных элементов конструкции (стержней) мосты, здания, сооружения разрушались, а машины, аппараты выходили из строя. Поэтому критическое состояние как непосредственно предшествующее разрушению в реальных условиях эксплуатации считается недопустимым. Определение критических нагрузок считается ответственнейшей частью инженерного расчета конструкции и позволяет избежать потери устойчивости введением необходимого запаса устойчивости. Таким образом, при расчете тонкостенных элементов к условиям прочности и жесткости необходимо добавлять еще и условия устойчивости.

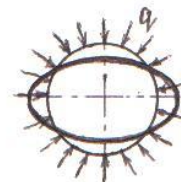


Рис.2

Впервые задачу о потере устойчивости поставил и решил в 1674 г. Леонард Эйлер. Критическую силу находят по формуле Эйлера

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{(\mu l)^2}, \quad (1)$$

где $P_{кр}$ - критическая сила, Н;

E - модуль продольной упругости материала, МПа;

J_{min} - минимальный момент инерции поперечного сечения, мм⁴;

l - длина стержня, мм;

μ - коэффициент приведения длины, который зависит от способа крепления концов стержня.

Формула Эйлера применима лишь в том случае, если потеря устойчивости происходит при напряжениях, меньших предела пропорциональности, т.е. для стержней, гибкость которых меньше предельной гибкости $\lambda_{пред}$. Предельная гибкость зависит от упругих свойств материала и её вычисляют по формуле

$$\lambda_{пред} = \pi \sqrt{E/\sigma_{пл}}, \quad (2)$$

где E - модуль упругости материала, МПа;

$\sigma_{пл}$ - предел пропорциональности материала стержня, МПа.

Величина критической силы зависит не только от материала и размеров стержня, но и от способа закрепления его концов. Поэтому в этой работе определение критической силы рекомендуется проводить при различных способах крепления стержней.

Образцы, измерительные приборы, испытательные установки. Для испытания применяют стальные образцы достаточной гибкости. Нагружают их на специальной установке, общий вид которой представлен на рис. 3, схема на рис. 4. Нагружение на установке производят рычажным устройством с соотношением плеч $b:a$; величину нагрузки определяют по массе груза, установленного на длинном плече рычага. При установке стержня прямоугольного поперечного сечения концы стержня не могут поворачиваться, что соответствует случаю жесткого закрепления обоих концов стержня ($\mu = 0,5$). В этом случае длина стержня измеряется между точками соприкосновения стержня с опорами.

Для измерения размеров стержня применяют штангенциркуль и линейку.

Порядок выполнения работы.

1. Измерить длину и размеры поперечного сечения стержня, записать в отчет о работе.
2. Установить стержень в зажимах специальной установки. В отчет записать характер крепления верхнего и нижнего концов стержня. (см. таблицу примера отчета)
3. При работе на специальной установке нагружение производят накладыванием гирь на рычаг. Во время нагружения следует внимательно наблюдать за величиной нагрузки и поведением стержня. После каждого нагружения следует слегка отклонить стержень от вертикального положения и проверить, возвращается ли он в исходное положение, устойчива ли прямолинейная форма равновесия. При достижении критической нагрузки стержень не возвращается к прямолинейной форме, так как эта форма перестала быть устойчивой.
4. Записать в отчет величину критической силы.
5. Вычислить гибкость стержня (чтобы убедиться в применимости формулы Эйлера) и критическую силу по этой формуле.
6. Сравнить величину критической силы, полученной опытным путем, с вычисленной по формуле Эйлера. Определить процент отклонения.
7. Составить отчет о работе (см. пример отчета)
8. Ответить на контрольные вопросы. (устно)

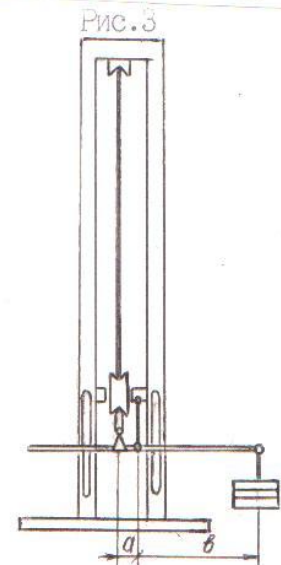
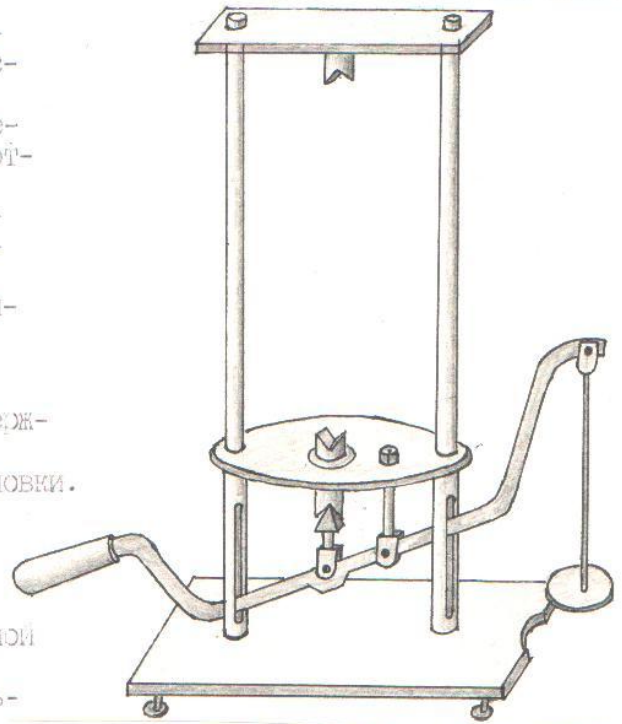


Рис. 4

Пример отчета о работе

Определение критической силы сжатого стержня

Цель работы – исследовать явление потери устойчивости прямолинейной формы равновесия при осевом сжатии, проверить опытным путем формулу Эйлера для определения критической силы.

Оборудование – установка для определения критической силы опытным путем (выполнить рис. 4 указаний в отчете); штангенциркуль.

Эскиз образца (выполнить эскиз образца)

Схема закрепления концов стержня (зарисовать схему закрепления рис. 2)

Данные о материале стержня: материал стержня – сталь.....; модуль продольной упругости $E = \dots\dots\dots$ МПа; предел пропорциональности $\sigma_{0,1} = \dots\dots$ МПа



Рис 2

5. Таблица записи результатов испытания

Параметр		Величина
Длина стержня, l мм		
Размеры поперечного сечения стержня, мм		ширина $b = \dots$ мм; высота $h = \dots$ мм
Наименьший момент инерции сечения, мм ⁴		$J_{min} = \dots$ мм ⁴
Гибкость стержня λ , вычисленная по формуле $\lambda = \frac{l}{i}$; $i = \sqrt{\frac{J_{min}}{A_0}}$		$\lambda = \dots$
Предельная гибкость, вычисленная по формуле $\lambda_{пред} = \sqrt{\frac{\sigma^2 E}{\sigma_{ли}}}$		$\lambda_{пред} = \dots$
Критическая сила, $P_{кр}, Н$	опытная	$P_{кр\ опыт} = \dots Н$
	вычисленная по формуле Эйлера	$P_{кр\ теор} = \dots Н$
Расхождение, %: $\frac{P_{кр\ теор} - P_{кр\ опыт}}{P_{кр\ опыт}}$		

6. Контрольные вопросы

1. Что такое продольный изгиб?
2. Какую величину сжимающей силы называют критической?
3. По какой формуле можно определять величину критической силы?
4. Укажите область применения формулы Эйлера.
5. Как влияет характер закрепления концов стержня на величину критической силы?
6. Дайте определение устойчивости.
7. Как при испытании сжатых стержней выяснить, устойчива ли его прямолинейная форма?
8. Укажите формулу для определения гибкости стержня.
9. Что называется предельной гибкостью стержня?
10. Какие характеристики материала необходимо знать для вычисления предельной гибкости?
11. Какое практическое значение имеет определение критической силы сжатых стержней?
12. примет ли прямолинейную форму стержень после разгрузки, гибкость которого больше предельной, если он был подвергнут испытанию нагрузкой, равной критической силе?
13. Зависит ли величина критической силы от упругих свойств материала стержня?
14. Во сколько раз изменится величина критической силы, если при испытании заменить шарнирные опоры стержня на опоры с жестким защемлением?

Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

Цель работы - ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора; определение основных параметров зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета.

Краткие теоретические сведения. Редуктором называют зубчатый, червячный или зубчато-червячный механизм, выполненный в закрытом корпусе и предназначенный для передачи вращательного движения с понижением угловой скорости, а следовательно повышением вращающего момента. На рис. 1

показаны: а) одноступенчатый вертикальный редуктор с цилиндрическими прямозубыми колесами;

б) одноступенчатый горизонтальный редуктор с шевронными колесами;

в) одноступенчатый редуктор с коническими колесами;

г) одноступенчатый конический редуктор с вертикальным ведомым валом;

д) двухступенчатый горизонтальный коническо-цилиндрический редуктор;

е) двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор с вертикальным тихоходным валом;

ж) червячный редуктор с верхним расположением червяка;

з) червячный редуктор с нижним расположением червяка

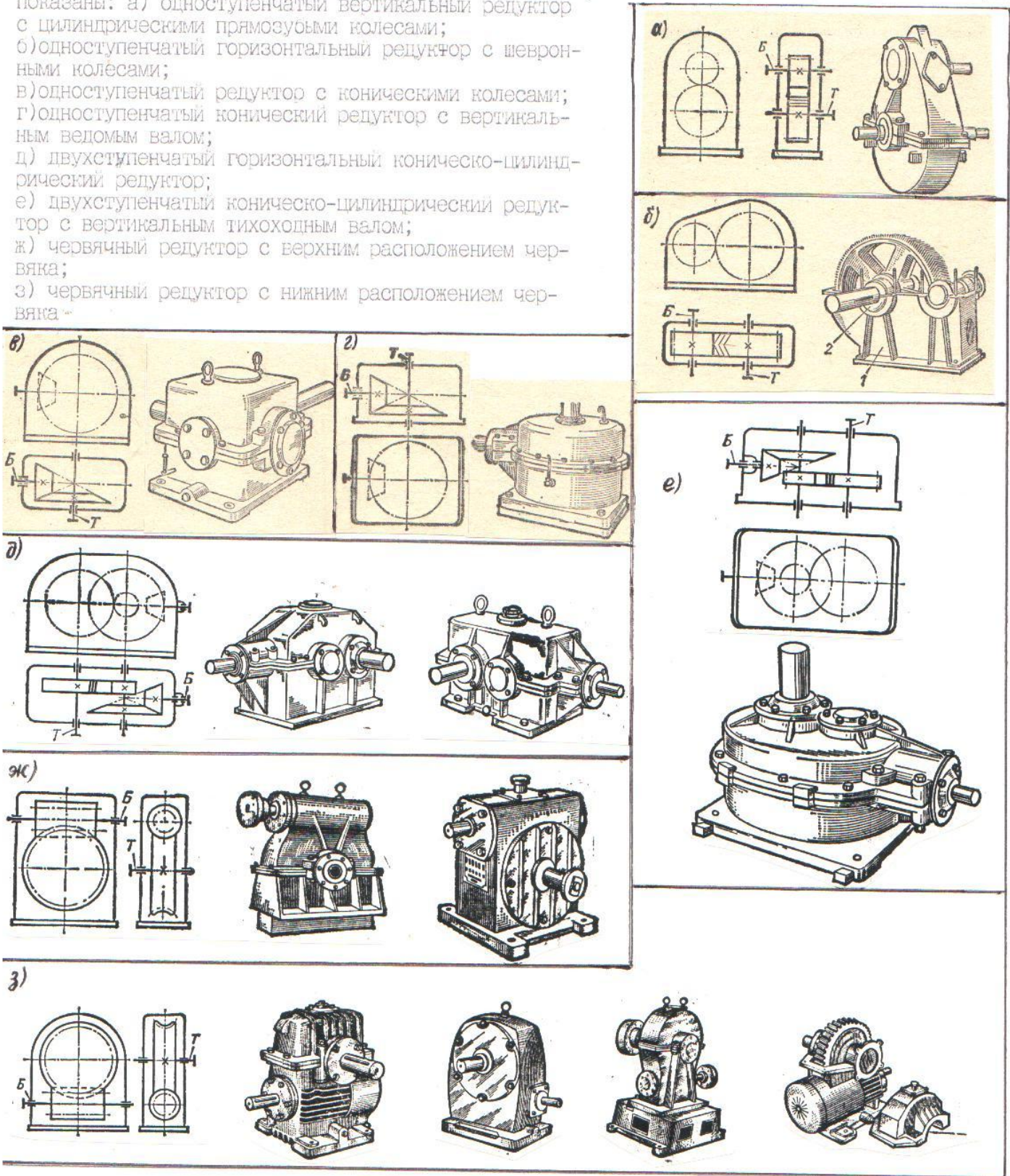


Рис. 1

Механизм, предназначенный для повышения угловой скорости (соответственно понижения вращающего момента называют мультипликатором (ускорителем))

Размещение опор валов (подшипников) редуктора в жестком чугунном или стальном корпусе обеспечивает высокую точность зацепления зубчатых и червячных передач.

Одноступенчатый косозубый цилиндрический редуктор (см. рис. 2) состоит из литого чугунного (СЧ 12-28 или СЧ 15-32) корпуса 3, в котором смонтированы подшипниковые узлы 1 и 2, служащие опорами для валов редуктора. Корпус закрыт крышкой 9. В верхней части крышки имеется закрываемое крышкой 11 отверстие, предназначенное для осмотра внутренней части редуктора и заливки масла. При сборке редуктора крышка прикрепляется к корпусу болтами. Зубчатое колесо 4 крепится на валу 5 при помощи шпонки, шестерня 15 выполнена заодно с ведущим валом. Для крепления крышки редуктора к корпусу используются болты 6, шайбы 7, гайки 8. Под крышку смотрового отверстия устанавливают прокладку 10 для уплотнения стыка. Рым-болты 12 служат для подъема крышки или собранного редуктора и транспортировки. В процессе сборки для облегчения совмещения всех отверстий применяют штифты 13. Для защиты подшипников от внешней среды применяют крышки глухие 1 и сквозные 14, для регулировки осевых и радиальных зазоров в подшипниках применяются металлические прокладки 19. Для контроля уровня масла служит маслоуказатель 16. Для слива отработанного масла служит маслоотпускное отверстие, закрываемое пробкой 17. Для предотвращения попадания излишних струй масла на подшипники применяют маслоотражательные кольца или шайбы 18. Для уплотнения отверстий в сквозных крышках подшипников применяют уплотнения различных конструкций.

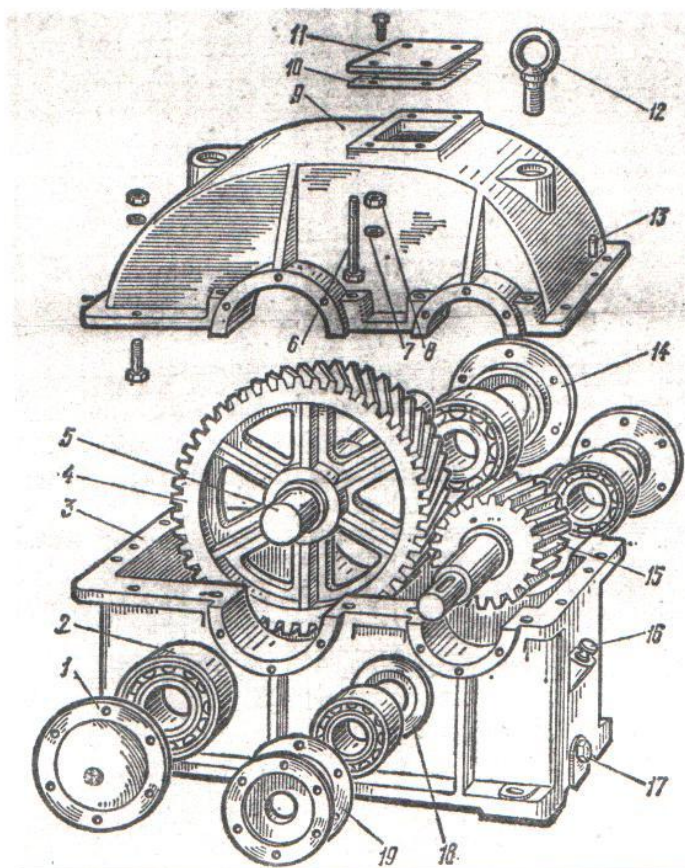


Рис. 2

Оборудование и принадлежности. Для проведения работы имеется цилиндрический двухступенчатый редуктор с косозубыми колесами, набор гаечных ключей, отвертки, молоток, масштабная линейка, штангенциркуль, угломер универсальный, транспортир, копировальная бумага, чертеж, бланк спецификации.

Порядок выполнения работы.

1. Произвести внешний осмотр редуктора, сверить соответствие редуктора и чертежа, изучить конструкцию корпуса, наметить план разборки редуктора.
2. Разборку редуктора произвести в следующем порядке:
 - а) отвинтив соединительные болты, снять крышку редуктора и крышки подшипниковых узлов.
 - б) ознакомиться с внутренним устройством редуктора; обратить внимание на способ смазки зацепления и подшипников;
 - в) Снять входной, промежуточный, выходной валы редуктора с деталями и подшипниками, установленными на них.

3. Заполнить спецификацию, записывая названия и количество деталей редуктора. Сначала записать детали, затем все стандартные изделия. (см. пример отчета)
4. Путем замеров и расчетов определить параметры зубчатого зацепления, заполнить таблицу отчета.
5. Произвести замер угла наклона зубьев непосредственно по диаметру выступов с помощью универсального угломера или по отпечаткам зубьев на бумаге, предварительно прокатив зубчатое колесо по копировальной бумаге. (см. рис.3)
6. После выполнения всех замеров, необходимых для заполнения таблицы отчета и уяснения внутренней конструкции редуктора уложить валы в корпус и составить кинематическую схему редуктора
7. Собрать редуктор до установки крышки корпуса, проверить качество (плавность) зацепления колес, установить крышку и закрепить её болтами.
8. Составить отчет о работе. Кинематическую схему выполнить в масштабе в соответствии с требованиями ГОСТ 2.402 -68.
9. В выводах о проделанной работе составить характеристику редуктора, сравнительную оценку данной конструкции с другими однотипными конструкциями.
10. Ответить на контрольные вопросы.

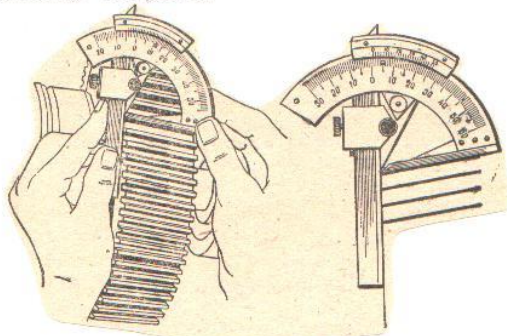


Рис. 3

Пример отчета о работе

Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

Цель работы - ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора; определение основных параметров зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета.

1. Оборудование и инструменты. Цилиндрический двухступенчатый косозубый редуктор, набор ключей, молоток, штангенциркуль, угломер универсальный.

2. Кинематическая схема (выполнить схему в масштабе в соответствии с ГОСТ 2.402-68)

3. Основные геометрические и кинематические параметры редуктора (заполнить таблицу)

Наименование параметра и его единица	Обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений	
			быстроходная ступень	тихоходная ступень
Число зубьев шестерни	z_1	Сосчитать		
Число зубьев колеса	z_2	»		
Передаточное число ступени	u_1	$u_1 = z_2/z_1$		
Общее передаточное число редуктора	$u_{общ}$	$u_2 = z_4/z_3$ $u_{общ} = u_1 \cdot u_2$		
Межосевое расстояние	a_w	Измерить		
Угол наклона зуба по вершинам, град	β_a	См. рис. 3.6		
Угол наклона зуба по делительному диаметру, град	β	$\beta = \arctg \frac{z_1}{z_1 + 2} \cdot \text{tg } \beta_a$		
Модуль нормальный, мм	m_n	$m_n = \frac{2 a_w}{(z_1 + z_2)} \cos \beta$		
Модуль торцовый, мм	m_t	$m_t = m_n / \cos \beta$		
Делительный диаметр, мм	d_1	$d_1 = m_t z_1$		
	d_2	$d_2 = m_t z_2$		
Диаметры вершин зубьев, мм	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2m$		
	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2m$		
Ширина венцов колес, мм	b_1	Измерить		
	b_2			

СПИСОК
ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рубашкин А.Г. и Чернилевский Д.В. Лабораторно-практические работы по технической механике.-М., Высшая школа, 1975г.
2. Рубашкин А.Г. Лабораторные работы по сопротивлению материалов для техникумов.-М., Высшая школа, 1961.
3. Цурпал И.А., Варабан Н.П., Швайко В.М. Сопротивление материалов Лабораторные работы.-Киев, Вища школа, 1978.
4. Рубашкин А.Г., Чернилевский Д.В. Руководство по проведению лабораторных работ по технической механике.-М., Высшая школа, 1984.

Ирбитский мотоциклетный техникум

Техническая механика

Ф О Р М Ы О Т Ч Е Т О В

по практическим и лабораторным работам

Разработчик преподаватель Абзалова Т. А.

Рассмотрено и рекомендовано в качестве учебного пособия для выполнения практических и лабораторных работ по учебным дисциплинам "Техническая механика"

Председатель комиссии общепрофессиональных дисциплин

Абз Т. А. Абзалова

Протокол N 5 " 25 " февраль 2001 г.

Пособие разработано с целью интенсификации учебного процесса. Заполнение готовых форм отчётов, включающих формулировку заданий, целей, таблиц позволяет экономить время для непосредственного выполнения лабораторных и практических работ.

Пособие предназначено для студентов специальностей
1201 "Технология машиностроения",
1205 "Автомобиле- и тракторостроение "

Ирбитский мотоциклетный техникум

ОТЧЕТ

к практическим и лабораторным работам по предмету
“Техническая механика”

Выполнил студент группы
Приняла

Абзалова Т. А.

Содержание

с

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	ЛИТЕР	Лист	Листов
Разраб.						2	
Проб.					ИМТ		
Н. КОНТР.							
УТВ.							

Определение главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил

Цель работы: Произвести графическое и аналитическое приведение (упрощение) плоской системы произвольно расположенных сил. Определить графически и аналитически главный вектор и главный момент системы. Построить равнодействующую силу системы.

Ход работы

1. Данные к построению системы сил.

$P_1=$, $P_2=$, $P_3=$ $X_1=$ $Y_1=$
 $\alpha_1=$, $\alpha_2=$, $\alpha_3=$ $X_2=$ $Y_2=$
 $X_3=$ $Y_3=$

2. Масштаб построения сил: 1Н-

3. Строим систему сил. (см. рис 1)

4. Переносим силы параллельно линий действия в начало координат, прибавляя при этом пары сил, строим силовой многоугольник, определяем главный вектор графически, как геометрическую сумму всех сил системы.

5. Измеряем главный вектор на чертеже, пользуясь выбранным масштабом построения сил, определяем модуль главного вектора системы.

$P_{г\text{л. гр}}=$

6. Определяем модуль главного вектора аналитически по формуле

$$P_{г\text{л. ан}} = (\sum P_{кx})^2 + (\sum P_{ky})^2$$

Где $P_{г\text{л. ан}}$ – модуль главного вектора, Н;

$\sum P_{кx}$ - сумма проекций всех сил системы на ось x, н;

$\sum P_{ky}$ - сумма проекций всех сил системы на ось y, н;

$P_{г\text{л. ан}}=$

7. Определяем величину главного момента системы по формуле

$$M_{г\text{л}} = \sum M(P_k)_0$$

где $M_{г\text{л}}$ – главный момент системы, Н мм;

$\sum M(P_k)_0$ – сумма моментов всех сил системы относительно точки приведения, Н мм.

$M_{г\text{л}}=$

8. Определяем плечо равнодействующей силы по формуле

$$l = M_{г\text{л}} / P_{г\text{л}}$$

где l – плечо равнодействующей силы, мм;

$M_{г\text{л}}$ – главный момент системы, Н мм;

$P_{г\text{л}}$ – главный вектор системы, Н.

$l=$

9. Строим равнодействующую силу системы (см. рис 2)

Проверка полученных результатов.

Данная система приводится к одной силе-равнодействующей, модуль которой равен модулю главного вектора $P_{г\text{л}} =$, удалена от центра 0 на расстоянии $l =$

						Лист
		Абзалова Т.А.				
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		

Определение положения центра тяжести составных сечений

Цель работы: определить положение центра тяжести составного сечения аналитически и опытным путем.

Ход работы

1. Вычерчиваем сложное сечение, проставляем размеры. (см рис 3)

2. Делим сечения на простые части, определим положение центра тяжести в каждой простой части, площадь простых частей, проводим оси координат, вычисляем координаты центров тяжести простых частей относительно проведенных осей координат, результаты заносим в таблицу

Таблица 1

№ простой части	Вид фигуры	Площадь A_k см ²	Координаты центра	
			X_k см ²	Y_k см ²
1				
2				
3				
4				
5				

3. Вычисляем координату центра тяжести всего сечения по формуле

$$X_c = \frac{\sum(A_k X_k)}{\sum A_k},$$

где X_c – координата центра тяжести составного сечения сил, см;

A_k – площадь каждой простой части, см;

X_k – координата центра тяжести каждой простой части, см.

$$X_c = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} = \dots =$$

4. Вычисляем координату центра тяжести всего сечения по формуле

$$Y_c = \frac{\sum(A_k Y_k)}{\sum A_k},$$

где Y_c – координата центра тяжести составного сечения, см;

A_k – площадь каждой простой части, см;

Y_k – координата центра тяжести каждой простой части, см.

$$Y_c = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \dots =$$

5. По вычисленным координатам наносим центр тяжести на чертеже.

6. Подвешивая фигуру за две разные точки на установке, определяем положение центра тяжести опытным путем и сравниваем положения центра на чертеже и фигуре.

Вывод:

						Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		

Составление и анализ кинематических схем простейших механизмов

Цель работы: Исследовать принцип действия и кинематику простейших механизмов, ознакомиться с условными изображениями звеньев на кинематических схемах, составить кинематическую схему механизма.

Ход работы

1. Ознакомится с моделью механизма, привести в движение ведущее звено и проследить за действием остальных звеньев, определить назначение механизма.

2. Составляем кинематическую схему механизма. (см рис 4)

Рис. 4

3. По результатам анализа механизма заполняем таблицу 2.

Таблица 2

Название и назначение механизма				
Название и характеристика звеньев механизма				
№ звена	Название	Вид движения	Входное, выходное, промежуточное ведущее, ведомое	Размеры звена, число зубьев, диаметры шкивов
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

										Лист
		Абзалова Т.А.								5
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата						

Испытание стального образца на растяжение

Цель работы: изучить стали при растяжении вплоть до разрушения, получить диаграмму растяжения, определить основные механические характеристики прочности и пластичности стали.

Ход работы.

1. Оборудование для испытания: испытательная машина ИМ – 4Р.

2. Эскиз и размеры образца.

Таблица 4

До испытания	После испытания
Эскиз образца	Эскиз образца
Диаметр образца $d_0 = \dots$ мм	Диаметр шейки $d_{ш} = \dots$ мм
Расчетная длина $l_0 = \dots$ мм	Длина образца $l_k = \dots$ мм
Площадь сечения $A_0 = \dots$ мм ²	Площадь сечения $A_k = \dots$ мм ²

3. Диаграмма растяжения стали (вклеивается в отчет).

4. Данные испытания и его результаты

Таблица 5

Нагрузка	Соответствующая пределу пропорциональности	$N_{пл} =$	Н
	Соответствующая пределу прочности	$N_{max} =$	Н
	Соответствующая истинному сопротивлению разрыву	$N_K =$	Н
Характеристики прочности	Предел пропорциональности	$\sigma_{пл} =$	МПа
	Предел прочности	$\sigma_B =$	МПа
	Истинное сопротивление разрыву	$\sigma_{ви} =$	МПа
Характеристики пластичности	Относительное остаточное удлинение	$\delta =$	%
	Относительное остаточное сужение	$\psi =$	%

5. Выбор марки стали, соответствующей полученным значениям механических характеристик.

Вывод: сталь в соответствии с ГОСТ _____

6. Механические свойства стали

Таблица 6

Марка металла	$\sigma_{пл}$	σ_B	δ	ψ
Сталь _____		МПа	%	%

Испытание хрупких материалов на сжатие

Цель работы: ознакомиться с методами испытаний материалов на сжатие, получить диаграмму сжатия и определить предел прочности материалов на сжатие.

Ход работы.

1. Оборудование для испытания: испытательная машина ИМ-4Р

2. Сжатие образца из чугуна

2.1 Эскиз образца и размеры

Таблица 7

До испытания	После испытания
Площадь поперечного сечения образца $A_0 = \dots \dots \dots \text{мм}^2$	

2.2 Диаграмма сжатия образца (вклеивается в отчет)

2.3 Нагрузка соответствующая пределу прочности

$P_{\max} = \dots \dots \dots \text{Н}$

2.4 Предел прочности чугуна на сжатие определяем по формуле

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{N_{\max}}{A_0},$$

Где $\sigma_{\text{в}}$ - предел прочности чугуна на сжатие, МПа;
 N_{\max} - продольная сила в поперечном сечении образца, Н;
 A_0 - площадь поперечного сечения, мм².

$\sigma_{\text{в}} = \dots \dots \dots = \dots \dots \dots \text{МПа.}$

2.6 Характер разрушения

Трещина прошла под углом $\dots \dots \dots$, что объясняется $\dots \dots \dots$

По ГОСТ $\dots \dots \dots$ определим, что это

Испытание на сжатие образцов из древесины вдоль и поперек волокон

Цель работы: получить диаграммы сжатия древесины вдоль и поперек волокон, определить предел прочности древесины на сжатие.

Ход работы.

1. Оборудование для испытания: испытательная машина ИМ-4Р
2. Сжатие древесины вдоль волокон.
- 2.1 Эскиз образца и размеры.

Таблица 8

До испытания	После испытания
Площадь поперечного сечения образца $A_0 = \dots \text{ мм}^2$	

2.2 Диаграмма сжатия образца (вклеивается в отчет)

2.3 Нагрузка соответствующая пределу прочности

$$P_{\max} = \dots \text{ Н}$$

2.4 Предел прочности древесины вдоль волокон определяем по формуле

$$\sigma_v = \frac{N_{\max}}{A_0},$$

Где σ_v - предел прочности вдоль волокон, МПа;

N_{\max} - продольная сила в поперечном сечении образца, Н;

A_0 - площадь поперечного сечения, мм^2 .

$$\sigma_v = \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ МПа.}$$

3. Сжатие древесины поперек волокон.

3.1 Эскиз образца и размеры.

Таблица 9

До испытания	После испытания

3.2 Диаграмма состояния образца (вклеивается в отчет)

3.3 Нагрузка, соответствующая пределу прочности

$$P_{\max} = \dots \text{ Н}$$

3.4 Предел прочности древесины поперек волокон.

$$\sigma_p = \frac{\dots}{\dots} = \dots \text{ МПа.}$$

Вывод: предел прочности древесины на сжатие вдоль волокон чем предел прочности древесины на сжатие поперек волокон, поскольку древесина является

Испытание металлических образцов на срез

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

Ход работы:

1. Оборудование для испытания: испытательная машина ИМ-4Р

2. Эскиз образца и размеры поперечного сечения

Таблица 10

До испытания	После испытания
Диаметр сечения $d = \dots$ мм Площадь сечения $A = \dots$ мм ²	

3. Эскиз установки образца в приспособлении для среза. (см. рис 6)

Рис. 6

4. Разрушающая нагрузка

$P = \dots$ Н

5. Предел прочности материала на срез

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{A_{ср} \cdot k \cdot i},$$

Где Q – поперечная сила в сечении образца, Н;

$\tau_{ср}$ – предел прочности материала на срез, Мпа;

$A_{ср}$ – площадь среза, мм²;

k – количество образцов в соединении;

i – количество срезов.

$$\tau_{ср} = \dots = \dots$$

						Лист
		Абзалова Т.А.				
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		

Определение осадки цилиндрической винтовой пружины

Цель работы: определить опытным путем характеристику пружины, т.е зависимость между осадкой пружины и осевой нагрузкой. Составить полученные значения осадки пружины с вычисленными теоретически

- 1. Испытание винтовой пружины
- 1.1 Схема для испытания пружины (см. рис 7)

Рис. 7

1.2 Образцы, измерительные приборы – цилиндрическая винтовая пружина, стрелочный индикатор, штангенциркуль, набор грузов.

1.3 Эскиз пружины (см. рис 8)

Рис. 8

Количество рабочих витков $i = \underline{\hspace{2cm}}$
Материал пружины – сталь, модуль сдвига $G = \underline{\hspace{2cm}}$ МПа

2. Таблица записи результатов испытаний

Таблица 11

N отсчетов	Осевая нагрузка $P, Н$	Приращение нагрузки $\Delta P, Н$	Показание индикатора $\lambda,$ (осадка) мм	Приращение осадки $\Delta \lambda, мм$
1		—		—
2				
3				
4				

3. Определение осадки пружины:

Среднее приращение нагрузки $\Delta P_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}$ Н
Осадка пружины, определенная опытным путем $\Delta \lambda_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Л1
		Абзалова Т.А.			

4. Вычисление осадки пружины теоретическим путем и построение ее характеристики
 Осадку пружины вычисляем по формуле

Где P – осевая сила, Н;
 D – средний диаметр витков пружины, мм;
 i – количество рабочих витков;
 G – модуль сдвига материала, МПа;
 D – диаметр проволоки, мм.

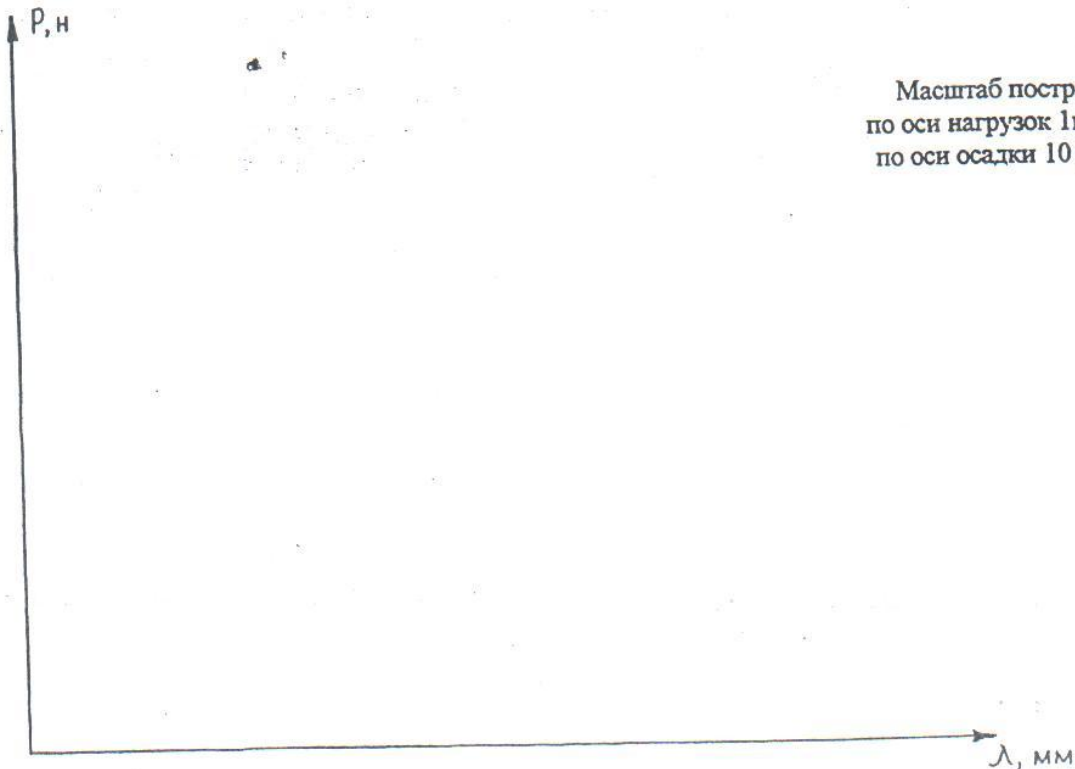
По результатам вычислений заполняем таблицу

Осадка пружины теоретическая		Таблица 12
Осевая нагрузка, Н	Осадка пружины, мм	λ теор
$P_1 =$	$\lambda_{1 \text{ теор}} =$	
$P_2 =$	$\lambda_{2 \text{ теор}} =$	
$P_3 =$	$\lambda_{3 \text{ теор}} =$	
$P_4 =$	$\lambda_{4 \text{ теор}} =$	
$\Delta P_{\text{ср}} =$	$\Delta \lambda_{\text{теор ср}} =$	

По данным таблицы 12 строим характеристику пружины, (см рис 9)

5. Сравнение теоретических и опытных данных

Расхождение в величине осадки, вычисленной по теоретической формуле и полученной опытным путем, составляет: _____ %



Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Л
		Абзалова Т.А.			

Определение модуля сдвига при кручении

Цель работы: установить зависимость крутящего момента и угла поворота сечений при кручении и определить модуль сдвига для стального образца

Ход работы:

1. Испытательная машина и измерительные приборы

- 1.1. Испытательная машина ГЗИП. Длина маятника $L = 72,3$ см; сила тяжести грузов $P = 80$ Н.
 1.2. Угломер С.В. Бояршинова. Цена деления угломера

$$C = \frac{Ц}{R},$$

где C – цена деления угломера, рад/деление;

$Ц$ – цена деления индикатора, мм/деление;

R – радиус поворота планки, мм.

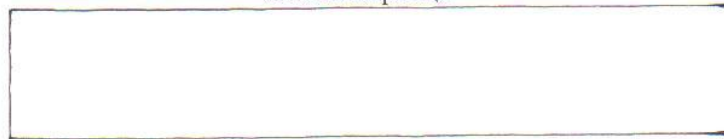
$Ц = \dots\dots$ мм, $R = \dots\dots$ мм.

$$C = \text{—————} = \dots\dots \text{ рад / деление}$$

База угломера (расстояние между сечениями) $l = \dots\dots$ см

2. Данные об образце

Эскиз образца



Материал образца

Диаметр образца $d_0 = \dots\dots$ мм

Длина образца $l_0 = \dots\dots$ мм

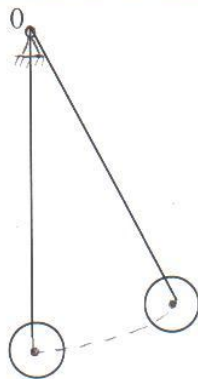
Полярный момент инерции сечения $I_p = \text{—————} = \dots\dots$ мм⁴

3. Определение крутящего момента в сечении образца

Крутящий момент в сечении образца M_k внешнему моменту m , приложенному к образцу. Внешний момент m создается грузов P , его величину вычисляем по формуле.

$m = \dots\dots$ н.м., внешний момент зависит

от



$m = \dots\dots$

4. Результаты испытания (заполняем таблицу)

№ п/п	Угол поворота маятника φ_m , градус	Крутящий момент M_k , н.м.	Приращение крутящего момента ΔM_k	Отсчёт в делениях угломера n	Приращение отсчётов, Δn
1			—		—
2					
3					
4					

5. Определение величины модуля сдвига

5.1. Среднее приращение крутящего момента $\Delta M_{k_{cp}} = \dots\dots\dots$, н.м.

5.2. Среднее приращение отсчётов $\Delta n_{cp} = \dots\dots\dots$

5.3. Среднее значение угла закручивания

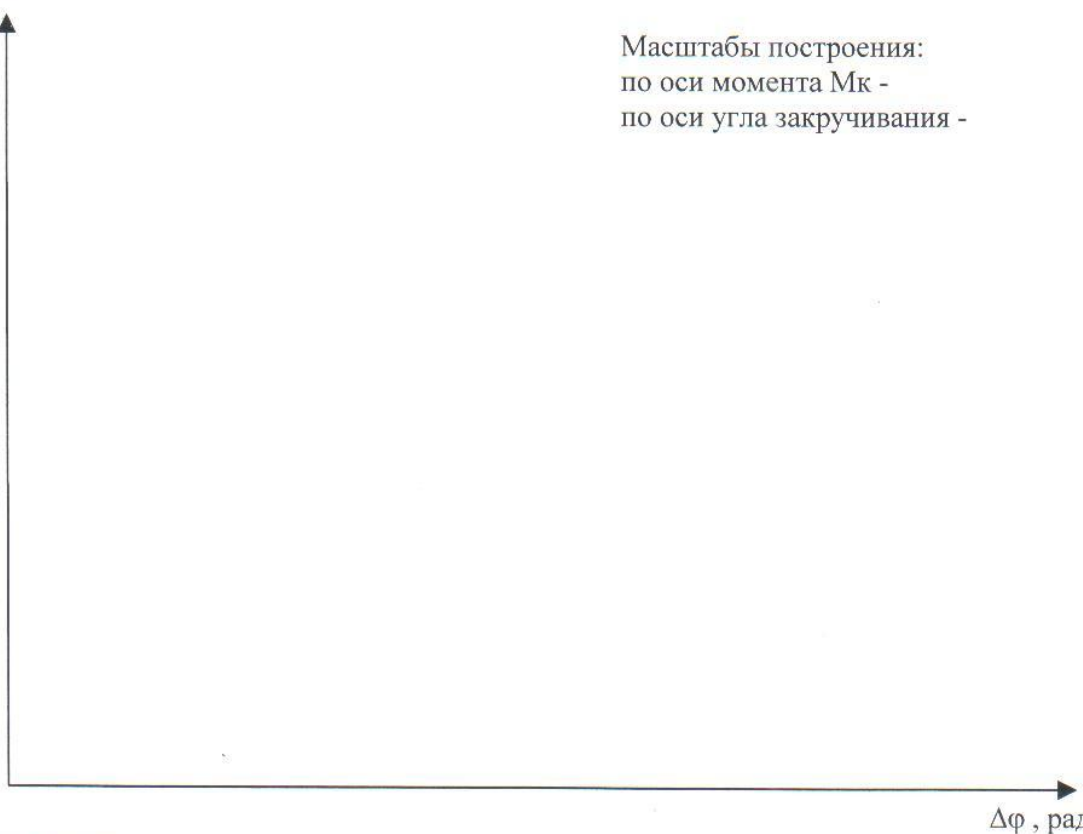
$$\Delta \varphi_{cp} = \Delta n_{cp} \cdot C = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ рад}$$

модуль сдвига вычисляем по формуле

$$G = \frac{\Delta M_{k_{cp}} \cdot l}{I_p \cdot \Delta \varphi_{cp}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ МПа}$$

6. График зависимости крутящего момента и угла закручивания

ΔM_k ,
н·м



7. Вывод

7.1. Модуль сдвига, определённый экспериментально $G_{экс} = \dots\dots\dots$ МПа, табличное значение модуля сдвига для стали $G = \dots\dots\dots$ МПа.

7.2. Угол закручивания бруса в пределах упругих деформаций.....
..... крутящему моменту. Закон Гука соблюдается до напряжений,
которые называются

Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

Цель работы: ознакомиться с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора; определение основных параметров зубчатых пар путем их замера и расчета.

1. Оборудование и инструменты. Цилиндрический двухступенчатый косозубый редуктор, набор ключей, молоток, штангенциркуль, угломер универсальный.

2. Кинематическая схема (см. рис 10)

3. Основные геометрические и кинематические параметры редуктора.

Таблица 12

Наименование параметра и его единица	обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений	
			Быстроходная ступень	Тихоходная ступень
Число зубьев шестерни	Z_1	Сосчитать		
Число зубьев колеса	Z_2	Сосчитать		
Передаточное число ступени	U	$U = Z_2 / Z_1$		
Общее передаточное число редуктора	$U_{общ}$	$U_{общ} = U_1 \cdot U_2$		
Межосевое расстояние	a_w	Измерить		
Угол наклона зуба по вершинам, град.	β_a	« - »		
Угол наклона зуба по делительному диаметру, град	β	$\beta = \arctg \frac{Z_1}{Z_1 + 2} \cdot \tg \beta_a$		
Модуль нормальный, мм	m_n	$m_n = \frac{2 a_w}{(Z_1 + Z_2)} \cdot \cos \beta$		
Модуль торцовый, мм	m_t	$m_t = m_n / \cos \beta$		
Делительный диаметр, мм	d_1	$d_1 = m_t Z_1$		
	d_2	$d_2 = m_t Z_2$		
Диаметры величин зубьев, мм	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2 m_t$		
	d_{a2}	$d_{a2} = d_2 + 2 m_t$		
Ширина венцов колес, мм	b_1	Измерить		
	b_2	Измерить		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ГОУ СПО « Ирбитский мотоциклетный техникум»

Учебная дисциплина « Техническая механика»

Методическое сопровождение лабораторных и практических работ

Сборник заданий в тестовой форме

Сборник заданий в тестовой форме. Разработчик – Абзалова Т.А., преподаватель технической механики Ирбитского мотоциклетного техникума. 2004

Одобрено в качестве средства контроля знаний студентов
Комиссией общепрофессиональных дисциплин

«26» апреля 2005₂

Председатель комиссии Шеховцова О.И. Шеховцова

Сборник заданий в тестовой форме предназначен для организации контроля знаний и умений студентов при проведении лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Техническая механика», специальности 1201 Технология машиностроения, 1205 Автомобиле-и тракторостроение. Предложенные варианты тестовых заданий охватывают основной спектр вопросов тематики лабораторных и практических работ по разделам «Теоретическая механика», «Сопrotивление материалов». Сборник может использоваться в качестве заданий для входного контроля знаний и в качестве зачетных заданий для проверки качества знаний и умений студентов по завершению лабораторной и практической работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Задания в тестовой форме к лабораторным и практическим работам:	
<i>Определение главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил.....</i>	<i>4</i>
<i>Определение центра тяжести плоских сечений.....</i>	<i>5</i>
<i>Составление кинематических схем механизмов.....</i>	<i>.....</i>
<i>Испытание стального образца на растяжение.....</i>	<i>.....</i>
<i>Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов.....</i>	<i>.....</i>
<i>Испытание металлических образцов на срез.....</i>	<i>.....</i>
<i>Определение модуля сдвига при кручении.....</i>	<i>.....</i>
<i>Определение осадки цилиндрической винтовой пружины.....</i>	<i>.....</i>
<i>Изучение конструкции цилиндрической винтовой пружины.....</i>	<i>.....</i>

ВВЕДЕНИЕ

Сборник заданий в тестовой форме является одной из составляющих системы контроля уровня знаний и умений студентов по учебной дисциплине «Техническая механика» специальностей 1201 Технология машиностроения, 1205 Автомобиле-и тракторостроение. Основными целями разработки заданий являются:

- *обеспечение сплошного контроля уровня достижения промежуточных целей образовательного процесса по дисциплине;*
- *повышение эффективности проведения лабораторных и практических работ.*

Рабочей программой дисциплины «Техническая механика» предусмотрено выполнение лабораторных и практических работ в следующем объеме:

- специальность 1201 Технология машиностроения- 28 часов (14 работ);
- специальность 1205 Автомобиле-и тракторостроение – 20 часов (10 работ).

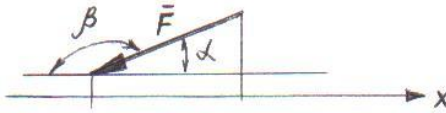
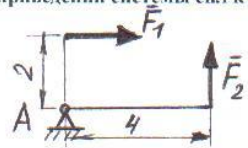
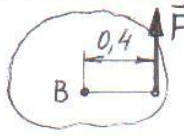
В настоящий сборник включены задания в тестовой форме по восьми лабораторным и практическим работам разделов «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов». Контроль уровня знаний по практическим работам расчетного характера раздела «Детали машин» проводится путем устного собеседования. Задания многовариантные, содержание заданий обеспечивает не только контроль уровня подготовленности студентов на конкретном этапе изучения дисциплины, но и позволяет студентам систематизировать накопленные знания, совершенствовать сформированные умения, поскольку многие задания имеют практический характер.

Исходя из дидактических целей занятия, уровня подготовленности студентов, задания могут применяться преподавателем как в начале занятия, в качестве средства актуализации знаний, так и в конце занятия, при получении студентом зачета по выполненной работе. Применение заданий в тестовой форме на практических и лабораторных работах по технической механике позволяет провести опрос студентов быстро, качественно, большую часть времени отвести на непосредственное выполнение работы и достижение поставленных образовательных целей.

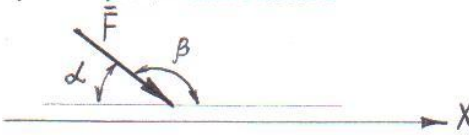
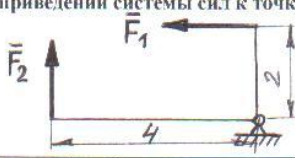
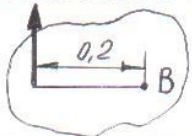
Теоретическая механика.

Определение главного вектора и главного момента плоской системы произвольно расположенных сил

Вариант № 1

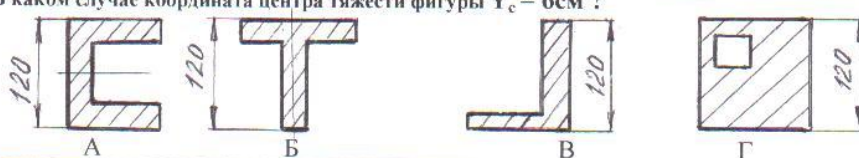


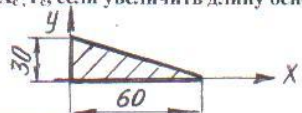

№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	Выбрать выражение для расчета проекции силы F на ось X 	$F \sin \alpha$	1
		$- F \sin \alpha$	2
		$F \cos \alpha$	3
		$- F \cos \alpha$	4
		$F \sin \beta$	5
2	Определить главный вектор при приведении системы сил к точке A $F_1 = 4\text{Н}$; $F_2 = 3\text{Н}$ 	7	1
		1	2
		5	3
		6	4
		8	5
3	Чем отличается главный вектор от равнодействующей системы сил а) Модулем; б) Направлением; в) Модулем и направлением; г) Точкой приложения	а	1
		в	2
		г	3
		д	4
4	Найти момент присоединенной пары при переносе силы F в точку B $F = 20\text{кН}$ 	4 кНм	1
		-4 кНм	2
		-8 кНм	3
		8 кНм	4
		2 кНм	5
5	Найти главный момент системы, центр приведения - точка A (рисунок - задание 2)	4 кНм	1
		7 кНм	2
		-4 кНм	3
		20 кНм	4

Вариант №2

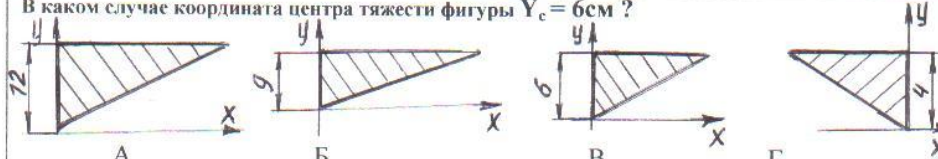




№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	Выбрать выражение для расчета проекции силы F на ось X 	$F \sin \alpha$	1
		$F \cos \alpha$	2
		$- F \sin \beta$	3
		$- F \cos \alpha$	4
		$F \operatorname{tg} \alpha$	5
2	Определить главный вектор при приведении системы сил к точке A $F_1 = 6\text{Н}$; $F_2 = 8\text{Н}$ 	14	1
		2	2
		12	3
		10	4
		16	5
3	Тело движется равномерно и прямолинейно. Чему равны главный вектор и главный момент? а) $F_{\text{гл}} = 0$ $M_{\text{гл}} \neq 0$ б) $F_{\text{гл}} \neq 0$ $M_{\text{гл}} = 0$ в) $F_{\text{гл}} = 0$ $M_{\text{гл}} \neq 0$ г) $F_{\text{гл}} = 0$ $M_{\text{гл}} = 0$	а	1
		б	2
		в	3
		г	4
4	Найти момент присоединенной пары при переносе силы F в точку B $F = 10\text{кН}$ 	-1 кНм	1
		-2 кНм	2
		2 кНм	3
		1 кНм	4
		0	5
5	Найти главный момент системы, центр приведения - точка A (рисунок - задание 2)	8 кНм	1
		-20 кНм	2
		-8 кНм	3
		20 кНм	4

Теоретическая механика.
 Определение центра тяжести плоских сечений

Вариант №1

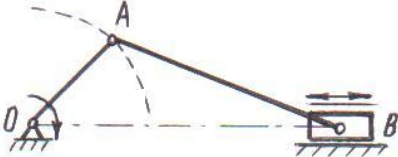
№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	В каком случае координата центра тяжести фигуры $Y_c = 6\text{см}$? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
2	В каком случае для определения центра тяжести достаточно определить одну координату расчетным путем? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
3	В каком случае при определении центра тяжести сечение можно разбить на две части? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
4	Что произойдет с координатами X_c, Y_c , если увеличить длину основания треугольника до 90 мм? 	Не изменятся	1
		Изменится X_c	2
		Изменится Y_c	3
		Изменятся X_c, Y_c	4
5	Определить координату центра тяжести сечения 2 относительно оси X 	10	1
		40	2
		30	3
		45	4

Вариант №2

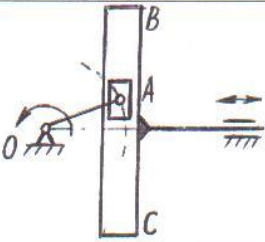
№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	В каком случае координата центра тяжести фигуры $Y_c = 6\text{см}$? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
2	В каком случае для определения центра тяжести достаточно определить одну координату расчетным путем? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
		5	
3	В каком случае при определении центра тяжести достаточно определить две координаты центра тяжести по стандарту? 	A	1
		B	2
		B	3
		Г	4
4	Определить координаты центра тяжести для фигуры 2. 	5; 1	1
		1; 3	2
		5; 7	3
		1; 6	4
5	Что произойдет с координатами X_c, Y_c , если увеличить высоту треугольника в 2 раза? 	Не изменятся	1
		Изменится X_c	2
		Изменится Y_c	3
		Изменятся X_c, Y_c	4

**Теоретическая механика.
Составление кинематических схем механизмов**

Вариант № 1

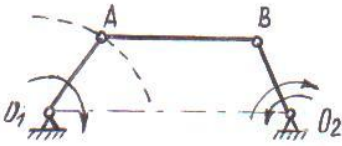
№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	<p>Дайте название механизма</p> 	Кривошипно-ползунный	1
		Кривошипно-коромысловый	2
		Кулисный	3
		Кулачковый	4
2	Сколько звеньев образуют механизм?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
3	Как называется звено OA ?	Кривошип	1
		Стойка	2
		Кулиса	3
		Коромысло	4
4	Сколько кинематических пар образуют звенья механизма ?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
5	Охарактеризуйте назначение механизма.		

Вариант № 2

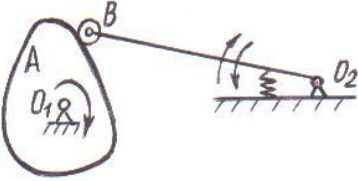
№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	<p>Дайте название механизма</p> 	Кривошипно-ползунный	1
		Кривошипно-коромысловый	2
		Кулисный	3
		Кулачковый	4
2	Сколько звеньев образуют механизм?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
3	Как называется звено BC ?	Кривошип	1
		Стойка	2
		Кулиса	3
		Коромысло	4
4	Сколько кинематических пар образуют звенья механизма ?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
5	Охарактеризуйте назначение механизма.		

Теоретическая механика.
Составление кинематических схем механизмов

Вариант № 3

№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	<p>Дайте название механизма</p> 	Кривошипно-ползунный	1
		Кривошипно-коромысловый	2
		Кулисный	3
		Кулачковый	4
2	Сколько звеньев образуют механизм?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
3	Как называется звено BO_2 ?	Кривошип	1
		Стойка	2
		Кулиса	3
		Коромысло	4
4	Сколько кинематических пар образуют звенья механизма ?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
5	Охарактеризуйте назначение механизма.		

Вариант № 4

№п/п	Вопросы	Ответы	Код
1	<p>Дайте название механизма</p> 	Кривошипно-ползунный	1
		Кривошипно-коромысловый	2
		Кулисный	3
		Кулачковый	4
2	Сколько звеньев образуют механизм?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
3	Как называется звено A ?	Кривошип	1
		Стойка	2
		Кулиса	3
		Коромысло	4
4	Сколько кинематических пар образуют звенья механизма ?	2	1
		3	2
		4	3
		5	4
5	Охарактеризуйте назначение механизма.		

**Сопrotивление материалов.
Испытание стального образца на растяжение**

Вариант № 1

Вопросы		Ответы	Код	
<p>На рисунке представлена диаграмма растяжения стали</p>	№ 1	ОА	1	
	Назовите участок пластических деформаций	АВ	2	
		ВС	3	
		СД	4	
		А	1	
	№ 2	Назовите точку, соответствующую пределу прочности	В	2
			С	3
			Д	4
			До $\sigma_{\text{пц}}$	1
	№ 3	До какого из напряжений материал сопротивляется нагрузке согласно зависимости: $\sigma = E \epsilon$	До σ_y	2
			До σ_T	3
			До σ_T	3
До σ_T			4	

Вариант № 2

Вопросы		Ответы	Код	
<p>На рисунке представлена диаграмма растяжения стали</p>	№ 1	$\sigma_{\text{пц}}$ - предел прочности	1	
	Как называется и обозначается наибольшее напряжение, до которого выполняется закон Гука?	σ_y - предел упругости	2	
		σ_T - предел текучести	3	
		$\sigma_{\text{пц}}$ - предел пропорциональности	4	
		№ 2	Назовите участок упругих деформаций	ОА
	АВ	2		
	ВС	3		
	СД	4		
	№ 3	До какого из напряжений материал способен сопротивляться нагрузке без разрушения?	До $\sigma_{\text{пц}}$	1
			До σ_y	2
			До σ_T	3
			До σ_B	4

**Соппротивление материалов.
Испытание стального образца на растяжение**

Вариант № 3

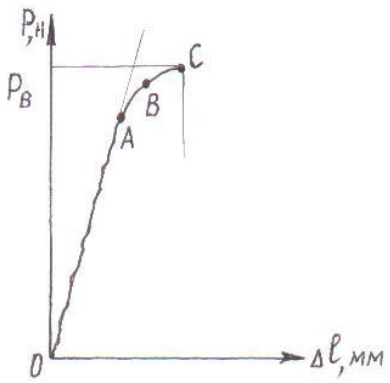
Вопросы		Ответы	Код
<p>На рисунке представлена диаграмма растяжения стали</p>	№ 1	$\sigma_{\text{пл}}$	1
	<p>Какие напряжения для стали являются предельными?</p>	σ_y	2
		σ_T	3
		σ_B	4
		№ 2	Λ
	<p>Назовите точку, соответствующую пределу текучести</p>	B	2
		C	3
		D	4
		№ 3	$\sigma_{\text{пл}}, \sigma_B$
	<p>Выбрать основные характеристики пластичности материала</p>	ψ, δ	2
		$\sigma_T, \sigma_{\text{пл}}$	3
		σ_B, σ_T	4

Вариант № 4

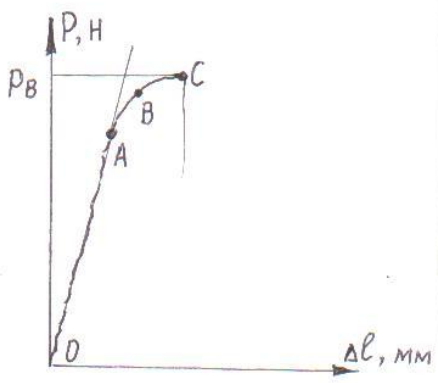
Вопросы		Ответы	Код
<p>На рисунке представлена диаграмма растяжения стали</p>	№ 1	$\sigma_{\text{пл}}$ — предел прочности	1
	<p>Как называется и обозначается напряжение, при котором деформации растут при постоянной нагрузке?</p>	σ_y — предел упругости	2
		σ_T — предел текучести	3
		$\sigma_{\text{пл}}$ — предел пропорциональности	4
		№ 2	OA
	<p>Назовите участок упругих деформаций</p>	AB	2
		BC	3
		CD	4
		№ 3	$\sigma_{\text{пл}}, \sigma_B$
	<p>Выбрать основные характеристики прочности материала</p>	ψ, δ	2
		$\sigma_T, \sigma_{\text{пл}}$	3
		σ_B, σ_T	4

**Сопротивление материалов.
Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов**

Вариант № 1

Вопросы		Ответы	Код
<p>На рисунке представлена диаграмма сжатия чугуна</p> 	<p>№ 1</p> <p>Какие напряжения для чугуна являются предельными?</p>	$\sigma_{\text{пл}}$	1
		σ_y	2
		σ_T	3
		σ_B	4
	<p>№ 2</p> <p>Назовите точку, соответствующую пределу прочности</p>	A	1
		B	2
		C	3
		Д	4
	<p>№ 3</p> <p>Основной характеристикой прочности для чугуна является</p>	σ_B	1
		δ	2
		$\sigma_{\text{пл}}$	3
		σ_T	4

Вариант № 2
N

Вопросы		Ответы	Код
<p>На рисунке представлена диаграмма сжатия чугуна</p> 	<p>№ 1</p> <p>Как называется и обозначается напряжение, при котором деформации увеличиваются согласно закону Гука?</p>	$\sigma_{\text{пл}}$ - предел прочности	1
		σ_y - предел упругости	2
		σ_T - предел текучести	3
		$\sigma_{\text{пл}}$ - предел пропорциональности	4
	<p>№ 2</p> <p>Назовите участок упругих деформаций</p>	OA	1
		AB	2
		BC	3
		CD	4
	<p>№ 3</p> <p>Выбрать Зависимость, по которой определяется предел прочности</p>	N_{max} / A_0	1
		$N_{\text{пл}} / A_0$	2
		N_T / A_0	3
		N_y / A_0	4

**Сопротивление материалов.
Определение основных механических характеристик при сжатии различных материалов**

Вариант № 3

Вопросы		Ответы	Код	
<p>На рисунке представлена диаграмма сжатия чугуна</p>	№ 1	30°	1	
	Трещина на образце проходит под углом	45°	2	
		60°	3	
		90°	4	
		Λ	1	
	№ 2	В	2	
	Назовите точку, соответствующую пределу пропорциональности	С	3	
		Д	4	
		№ 3	$\sigma_{вр} < \sigma_{всж}$	1
		Для хрупких материалов существует зависимость	$\sigma_{вр} > \sigma_{всж}$	2
	$\sigma_{пцр} < \sigma_{всж}$		3	
	$\sigma_{тр} < \sigma_{тсж}$		4	

**Вариант № 4
N**

Вопросы		Ответы	Код
<p>На рисунке представлена диаграмма сжатия чугуна</p>	№ 1	$\sigma_{пц}$ - предел прочности	1
	Как называется и обозначается напряжение, при котором происходит разрушение образца?	σ_y - предел упругости	2
		σ_t - предел текучести	3
		$\sigma_{пц}$ - предел пропорциональности	4
		№ 2	сдвига
	Разрушение образца происходит в результате деформации	сжатия	2
		изгиба	3
		№ 3	$\sigma_{пц}$ - предел прочности
	Невозможно при сжатии хрупких материалов определить	σ_y - предел упругости	2
		σ_t - предел текучести	3
		$\sigma_{пц}$ - предел пропорциональности	4

**Сопротивление материалов.
Испытание металлических образцов на срез**

Вариант № 1

Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>Сдвиг – это вид деформации, при котором в поперечном сечении элемента конструкции возникает</p>	Продольная сила	1
	Поперечная сила	2
	Крутящий момент	3
	Изгибающий момент	4
<p align="center">№ 2</p> <p>На каком рисунке изображены напряжения, возникающие при сдвиге?</p> <p align="center">А Б В Г</p>	А	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Предел прочности материала на срез от площади сечения образца</p>	Не зависит	1
	Зависит	2

Вариант № 2

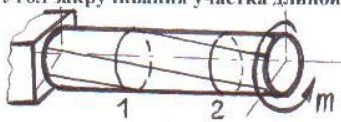
Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>Срез – это вид разрушения в результате</p>	Сдвига	1
	Изгиба	2
	Действия внешних сил, направленных вдоль оси	3
	Смятия	4
<p align="center">№ 2</p> <p>На каком рисунке изображены нагрузки, вызывающие сдвиг?</p> <p align="center">А Б В Г</p>	А	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Предел прочности материала на срез от количества образцов в соединении</p>	Не зависит	1
	Зависит	2

Вариант №3

Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>При смятии в местах соединения деталей возникают напряжения</p>	Нормальные	1
	Касательные	2
	И нормальные и касательные напряжения	3
	Напряжений не возникает	4
<p align="center">№ 2</p> <p>На каком рисунке изображены детали, вызывающие сдвиг?</p> <p align="center">А Б В Г</p>	А	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Предел прочности материала на срез от количества срезов в соединении</p>	Не зависит	1
	Зависит	2

**Сопротивление материалов.
Определение модуля сдвига при кручении**

Вариант № 1

Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>Модуль сдвига является характеристикой свойства материала</p>	Прочности	1
	Твердости	2
	Пластичности	3
	Жесткости	4
<p align="center">№ 2</p> <p>Угол закручивания участка длиной l - это</p> 	Угол поворота крайнего сечения бруса относительно заделки	1
	Угол поворота сечения 1 относительно заделки	2
	Угол поворота сечения 2 относительно заделки	3
	Угол взаимного поворота сечений 1 и 2	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Зависимость между углом закручивания и крутящим моментом в пределах упругих деформаций</p>	Линейная	1
	Нелинейная	2

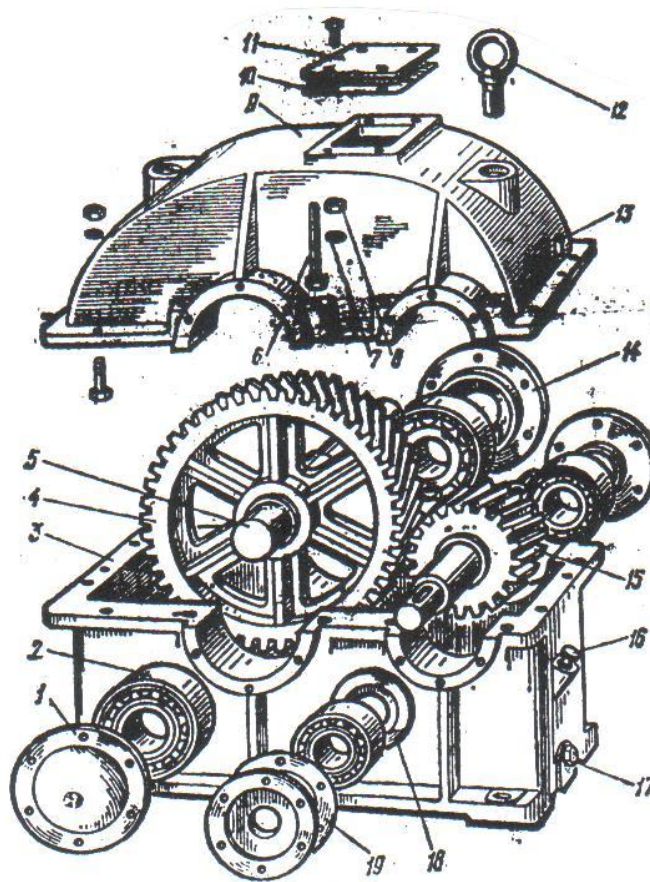
Вариант № 2

Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>Крутящий момент в сечении образца зависит от</p>	Силы тяжести груза маятника	1
	Силы тяжести груза и длины маятника	2
	Силы тяжести груза маятника и длины образца	3
	Силы тяжести груза, длины маятника, угла поворота маятника	4
<p align="center">№ 2</p> <p>Выбрать зависимость для расчета полярного момента инерции сечения образца</p> <p> $J_p = \pi d^2/4$ $J_p = \pi d^3/32$ $J_p = \pi d^4/32$ $J_p = \pi d^3/16$ </p> <p> А Б В Г </p>	А	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Во сколько раз изменится величина угла закручивания, если диаметр образца уменьшить в два раза?</p>	8	1
	16	2

Вариант №3

Вопросы	Ответы	Код
<p align="center">№ 1</p> <p>Модуль сдвига материала при кручении зависит от</p>	Величины внешнего момента	1
	Длины бруса	2
	Диаметра бруса	3
	Свойств материала	4
<p align="center">№ 2</p> <p>Линейную зависимость крутящего момента и угла закручивания можно определить только в пределах возникновения в образце напряжений, не превышающих</p>	Предела упругости	1
	Предела текучести	2
	Предела пропорциональности	3
	Предела прочности	4
<p align="center">№ 3</p> <p>Расстояние между сечениями на угол закручивания участка между сечениями</p>	Не влияет	1
	Влияет	2

Детали машин.
Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора



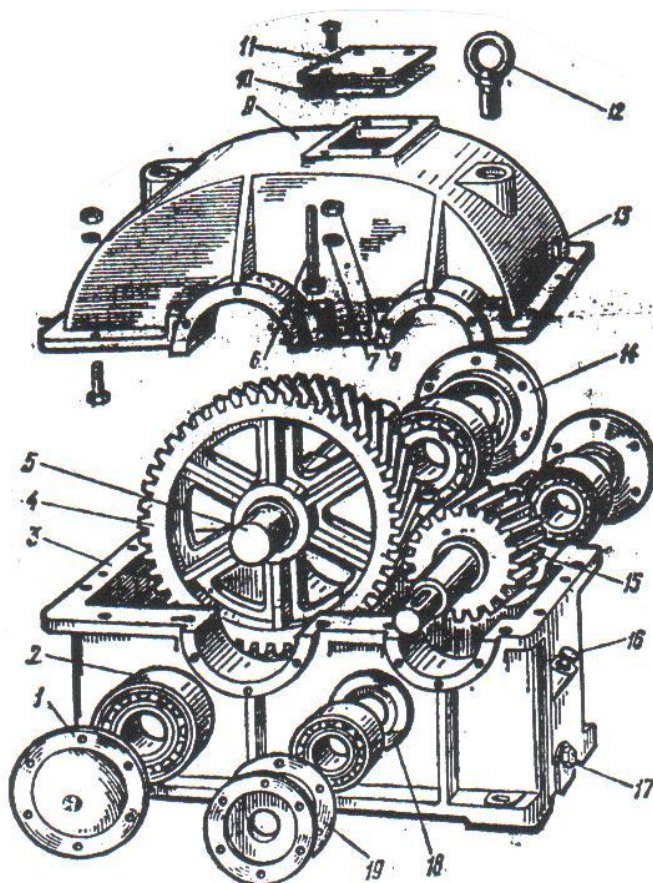
Вариант № 1
Задание 1
Заполните таблицу

№ детали по рисунку	Наименование детали	Назначение детали
1		
3		
5		
7		
9		
11		
13		
15		
17		
19		

Задание 2
Продолжите предложение, вставьте недостающее

1. Редуктор предназначен для и скоростей
2. Направление линии зуба шестерни на рисунке.....
3. Для определения передаточного числа реального редуктора достаточно.....
4. Главным геометрическим параметром зубчатой пары редуктора является.....
5. Для вычисления делительного диаметра шестерни необходимо.....
6. У стандартного зубчатого колеса толщина зуба ширине впадины
7. У пары зацепляющихся колес модули зубьев.....
8. У стандартного зубчатого колеса высота головки зуба равна.....
9. Передача называется цилиндрической, если.....
10. Основными конструктивными элементами зубчатого колеса являются.....

Детали машин.
Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора



Вариант № 2
Задание 1
Заполните таблицу

№ детали по рисунку	Наименование детали	Назначение детали
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
19		

Задание 2
Продолжите предложение, вставьте недостающее

11. Редуктором называется.....
12. Направление линии зуба колеса на рисунке.....
13. Для определения межосевого расстояния реального редуктора необходимо.....
14. Главным геометрическим параметром редуктора является.....
15. Для вычисления диаметра окружности вершин зубьев необходимо.....
16. У стандартной зубчатой передачи делительные окружности колес.....
17. У пары зацепляющихся колес угол наклона зубьев шестерни и колеса должны быть.....
18. У стандартного зубчатого колеса высота ножки зуба равна.....
19. Передача называется конической, если.....
20. Часть зубчатого колеса, содержащая зубья, называется.....

**Экспертное заключение
на учебно-программную документацию,
методические разработки**

Код специальности 1201, 1205

Наименование специальности **Технология машиностроения, Автомобиле- и тракторостроение**

Индекс дисциплины	Наименование дисциплины	Наименование учебно-программной документации	Авторы, составители	Назначение учебно-программной документации
	Техническая механика	Задания к тестовой форме к лабораторным и практическим работам	Абзалова Т.А.	Организация проведения лабораторно-практических работ

Рецензионная группа в составе: Милькова Е.В., Яковлева Т.Г. Яковлев А.Г.

проанализировала учебно-программную продукцию по следующим направлениям:

1. Выполнение требований к оформлению **Соответствует**
(соответствует, не соответствует)
2. Реализацию ГОС СПО по специальности: **Обеспечивает**
(обеспечивает, не обеспечивает)
3. Соответствие работы критериям педагогической ценности:
 - 3.1. Соответствие содержания целям и задачам образования **Обеспечивает**
(да, нет, какую составляющую модели выпускника данной специальности обеспечивает)
 - 3.2. Соответствие современным тенденциям развития профессионального образования

Сборник заданий предназначен для организации контроля знаний и умений студентов при проведении данных работ. Во введении, предворяющем данную методическую работу, сформулированы основные цели разработки заданий: обеспечение сплошного контроля уровня достижения промежуточных целей образовательного процесса по дисциплине и повышение эффективности проведения лабораторных и практических работ. Дается краткая характеристика содержания заданий, прописана методика их применения.

В сборник включены задания по восьми лабораторным и практическим работам разделов «Теоретическая механика» и «Сопrotивление материалов», контроль уровня знаний по практическим работам расчетного характера раздела «Детали машин» проводится путем устного собеседования. Задания многовариантные, их содержание позволяет систематизировать знания, совершенствовать умения, так как многие задания имеют практический характер.

4. Потребность в данной учебно-программной документации, востребованность для образовательного процесса

Данный сборник необходим для качественной организации и проведения лабораторно-практических работ по предмету «Техническая механика»

Решение рецензионной группы: Рассмотренная методическая разработка признана соответствующей Государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальностям 1201, 1205 и рекомендуется для тиражирования и оплаты.

Рекомендации: нет

Члены группы:



Е. В. Милькова

Т. Г. Яковлева

А. Г. Яковлев

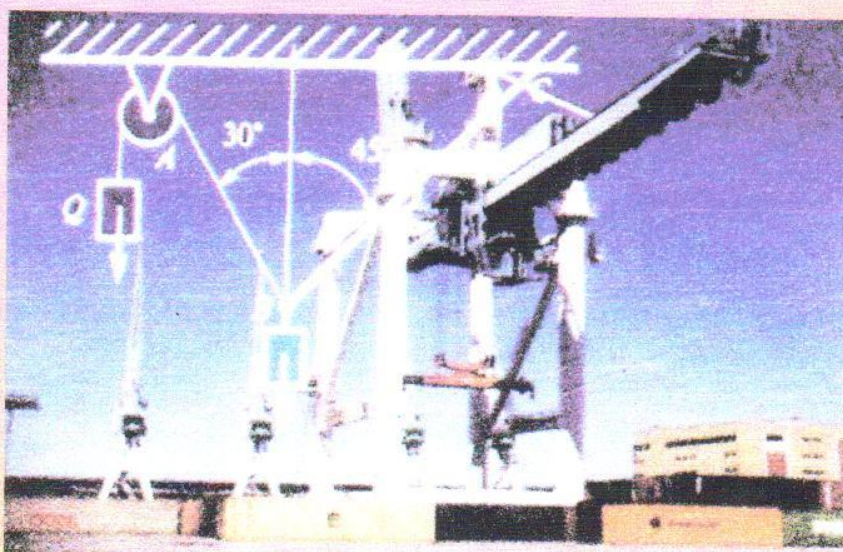
«13» января 2006

ГОУ СПО "Ирбитский мотоциклетный техникум"

**Учебная дисциплина
Техническая механика**

**Организация внеаудиторной
работы студентов**

**Сборник заданий
на расчетно-графические работы**



2007

Расчетно-графическая работа № 1
СТАТИКА

Задача 1. Тема Плоская система сходящихся сил

Определить реакции в стержнях конструкции. Схема нагружения представлена на рисунке 1, числовые данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Варианты	Схема на рис. 1	P_1 , кН	P_2 , кН
1, 11, 21	1	10	100
2, 12, 22	2	20	90
3, 13, 23	3	30	80
4, 14, 24	4	40	70
5, 15, 25	5	50	60
6, 16, 26	6	60	50
7, 17, 27	7	70	40
8, 18, 28	8	80	30
9, 19, 29	9	90	20
10, 20, 30	10	100	10

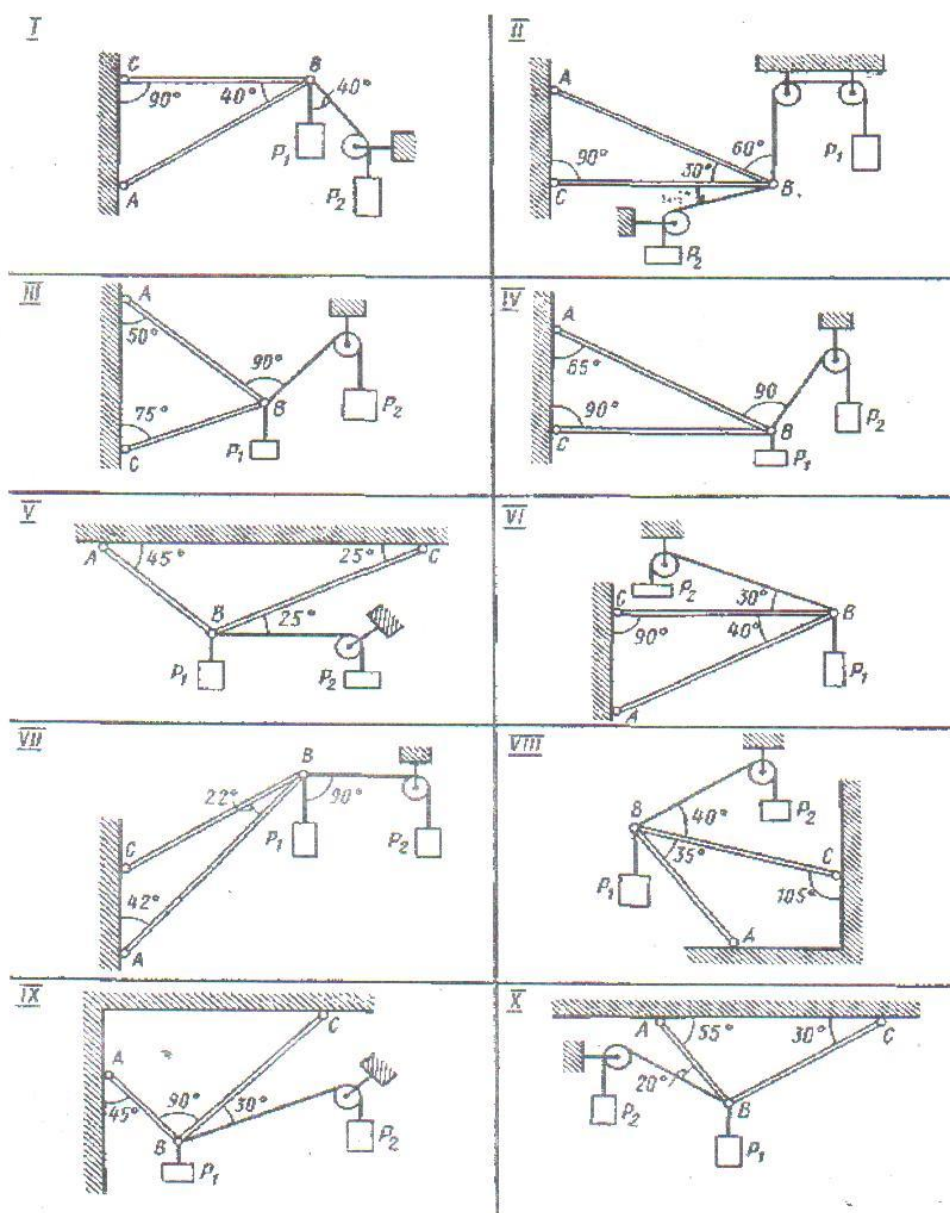


Рис. 1

Задача 2. Тема Плоская система произвольно расположенных сил

Определить реакции в опорах балки. Схема нагружения представлена на рисунке 2, числовые данные приведены в таблице 2.

Варианты	Схема на рис. 2	F_1 , кН	F_2 , кН	M , кН м
1, 11, 21	1	10	20	12
2, 12, 22	2	12	8	20
3, 13, 23	3	10	15	30
4, 14, 24	4	30	20	40
5, 15, 25	5	18	22	26
6, 16, 26	6	16	24	36
7, 17, 27	7	14	26	38
8, 18, 28	8	10	14	8
9, 19, 29	9	4	20	12
10 20 30	10	10	8	20

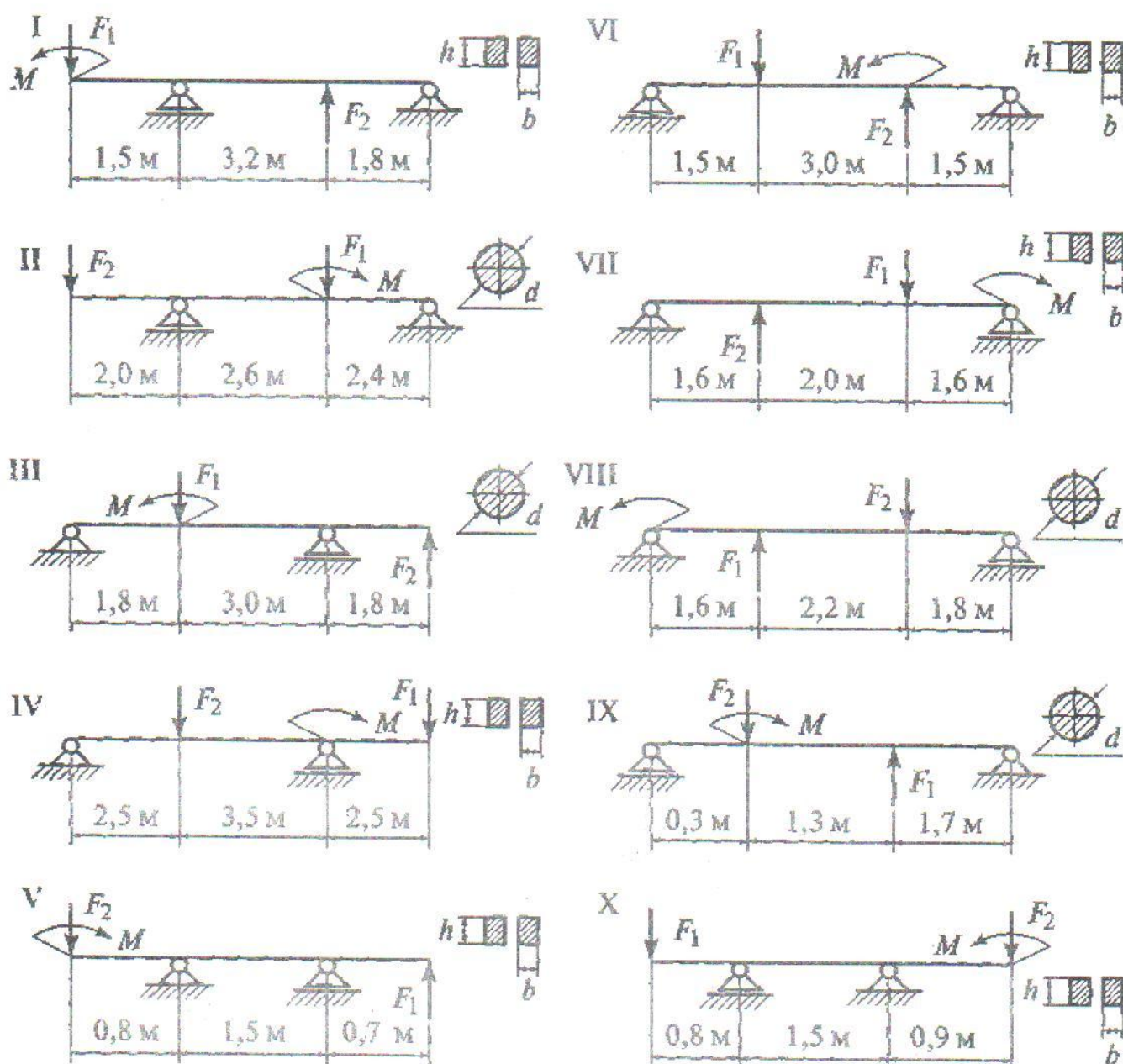


Рис.2

Задача 3. Тема Плоская система произвольно расположенных сил

Определить реакции в заделке консоли. Схема нагружения представлена на рисунке 3, числовые данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

Варианты	Схема на рис. 3	F_1 , кН	F_2 , кН	M , кН м
1, 11, 21	1	10	20	12
2, 12, 22	2	12	8	20
3, 13, 23	3	10	15	30
4, 14, 24	4	30	20	40
5, 15, 25	5	18	22	26
6, 16, 26	6	16	24	36
7, 17, 27	7	14	26	38
8, 18, 28	8	10	14	8
9, 19, 29	9	4	20	12
10, 20, 30	10	10	8	20

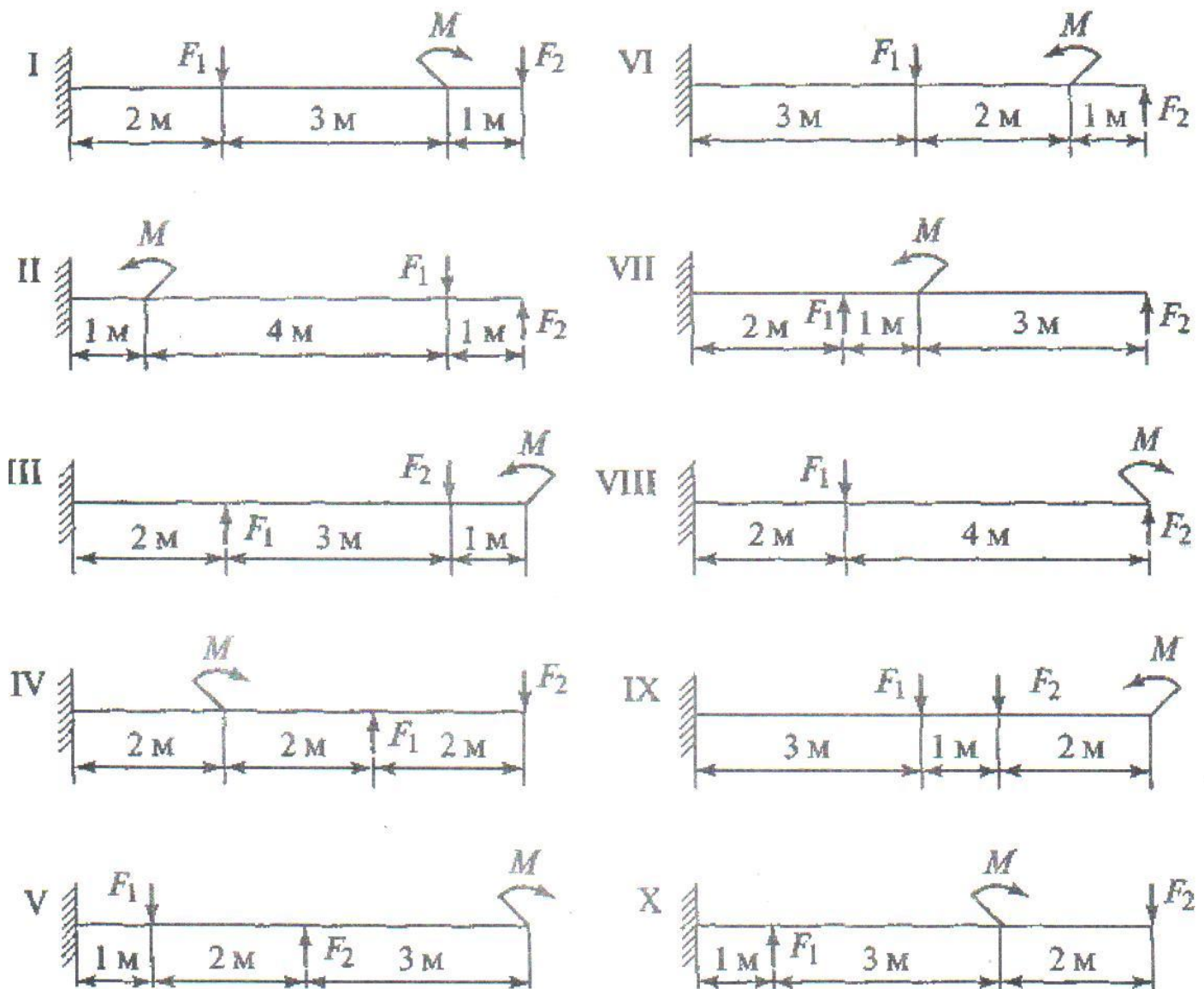


Рис.3

Задача 4. Тема Пространственная система произвольно расположенных сил

Определить вращающий момент M (Н м) и реакции в подшипниках вала. Схема нагружения представлена на рисунке 4, числовые данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Варианты	Схема на рис. 4	F_r, H	F_t, H
1, 11, 21	1	50	200
2, 12, 22	2	20	800
3, 13, 23	3	60	240
4, 14, 24	4	80	320
5, 15, 25	5	100	400
6, 16, 26	6	30	120
7, 17, 27	7	40	160
8, 18, 28	8	70	280
9, 19, 29	9	120	480
10, 20, 30	10	80	320

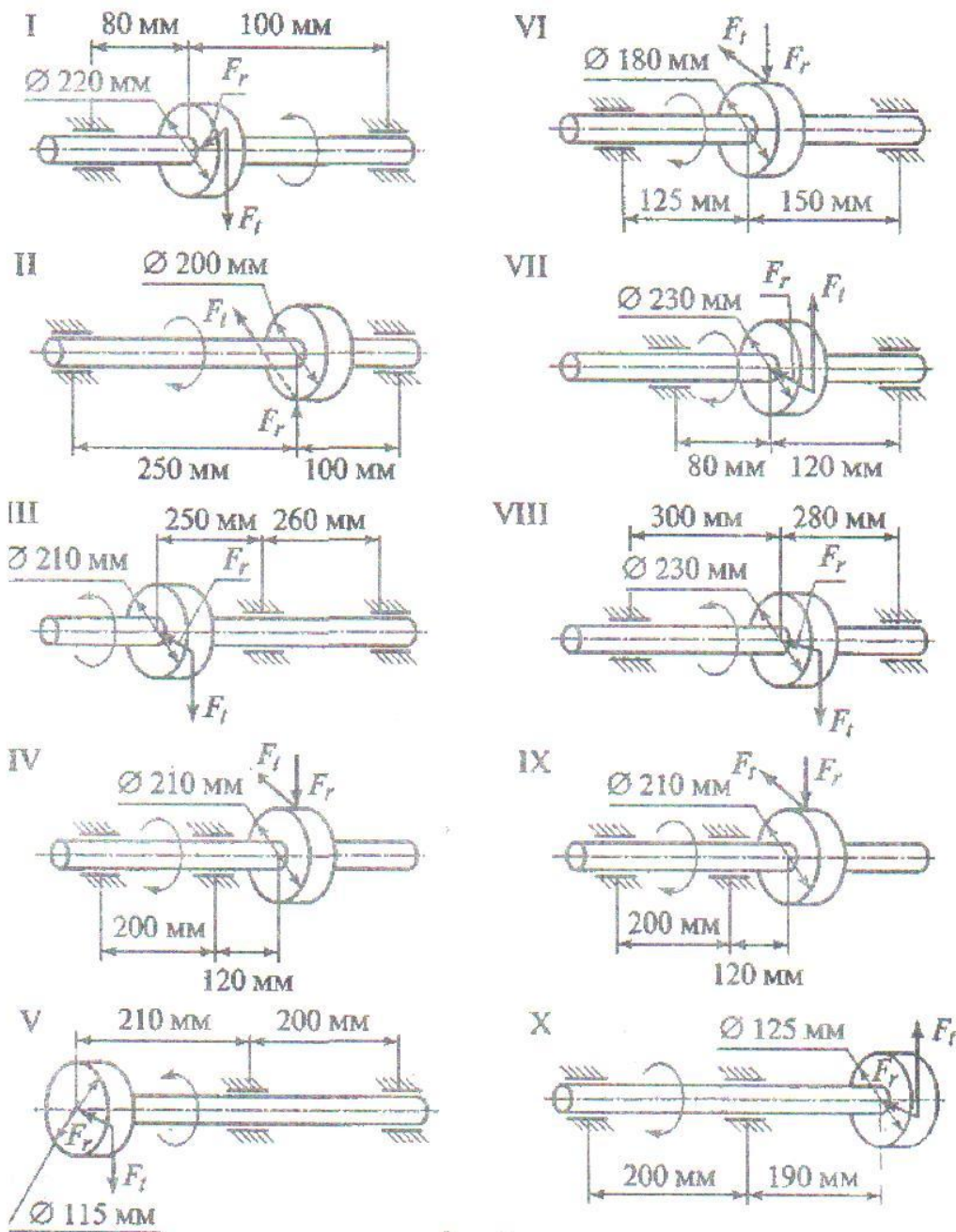


Рис.4

Расчетно-графическая работа № 2

КИНЕМАТИКА

Задача 1. Способы задания движения точки

Точка А движется из положения 0 по траектории 0123 согласно уравнению $S = kt^m$, где S - в м, t - в с, k, m - постоянные коэффициенты. Определить и изобразить в масштабе векторы скорости и полного ускорения точки А в указанном в таблице 5 положении. (Данные для решения см. рис. 5, таблица 5)

Таблица 5

Вариант	Схема на рисунке 5	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$r_1, \text{ м}$	$r_2, \text{ м}$	k	m	Положение точки А на рис.5
1	1	3	8	0,8	0,9	0,8	2	1
2	2	6	6	0,3	0,4	0,9	3	2
3	3	3	4	0,6	0,6	0,6	4	3
4	4	2	2	0,5	0,7	0,5	4	1
5	5	4	3	0,4	0,8	0,4	3	2
6	6	5	5	0,6	0,9	0,6	3	3
7	7	4	7	0,3	0,6	0,8	4	1
8	8	3	9	0,4	0,5	0,4	2	2
9	9	5	2	0,2	0,4	0,6	2	3
10	10	2	4	0,4	0,6	0,7	4	1
11	1	4	6	0,4	0,8	0,8	3	2
12	2	5	8	0,3	0,4	0,9	2	3
13	3	7	9	0,5	0,6	0,6	3	1
14	4	8	7	0,5	0,7	0,5	4	2
15	5	4	5	0,4	0,8	0,4	4	3
16	6	6	3	0,6	0,9	0,6	3	1
17	7	3	4	0,3	0,6	0,8	2	2
18	8	5	2	0,4	0,5	0,4	2	3
19	9	2	5	0,2	0,4	0,6	3	1
20	10	4	7	0,4	0,6	0,7	4	2
21	1	3	8	0,2	0,3	0,8	2	3
22	2	5	4	0,3	0,4	0,9	3	1
23	3	7	5	0,5	0,6	0,6	4	2
24	4	6	6	0,5	0,7	0,5	4	3
25	5	2	8	0,4	0,8	0,4	3	1
26	6	4	3	0,6	0,9	0,6	2	2
27	7	6	5	0,3	0,6	0,8	2	3
28	8	8	7	0,4	0,8	0,4	3	1
29	9	7	3	0,6	0,9	0,6	4	2
30	10	9	2	0,7	0,8	0,7	2	3

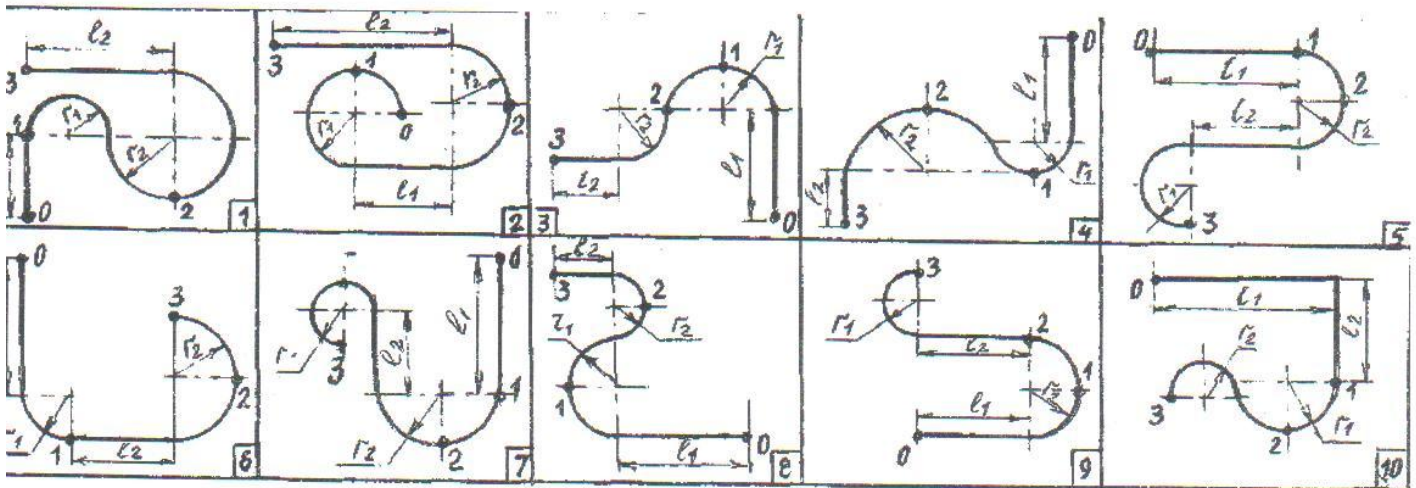


Рис. 5

Задача 2. Кинематические графики

По заданному графику скорости точки А, движущейся прямолинейно, построить график ускорений и перемещений. Ответить на вопросы письменно:

- Какой путь прошла точка?
 - На каком наибольшем расстоянии от исходного положения она находилась в процессе движения?
 - На каком расстоянии от исходного положения она находится в конце движения?
- (Данные для решения см. рис. 6)

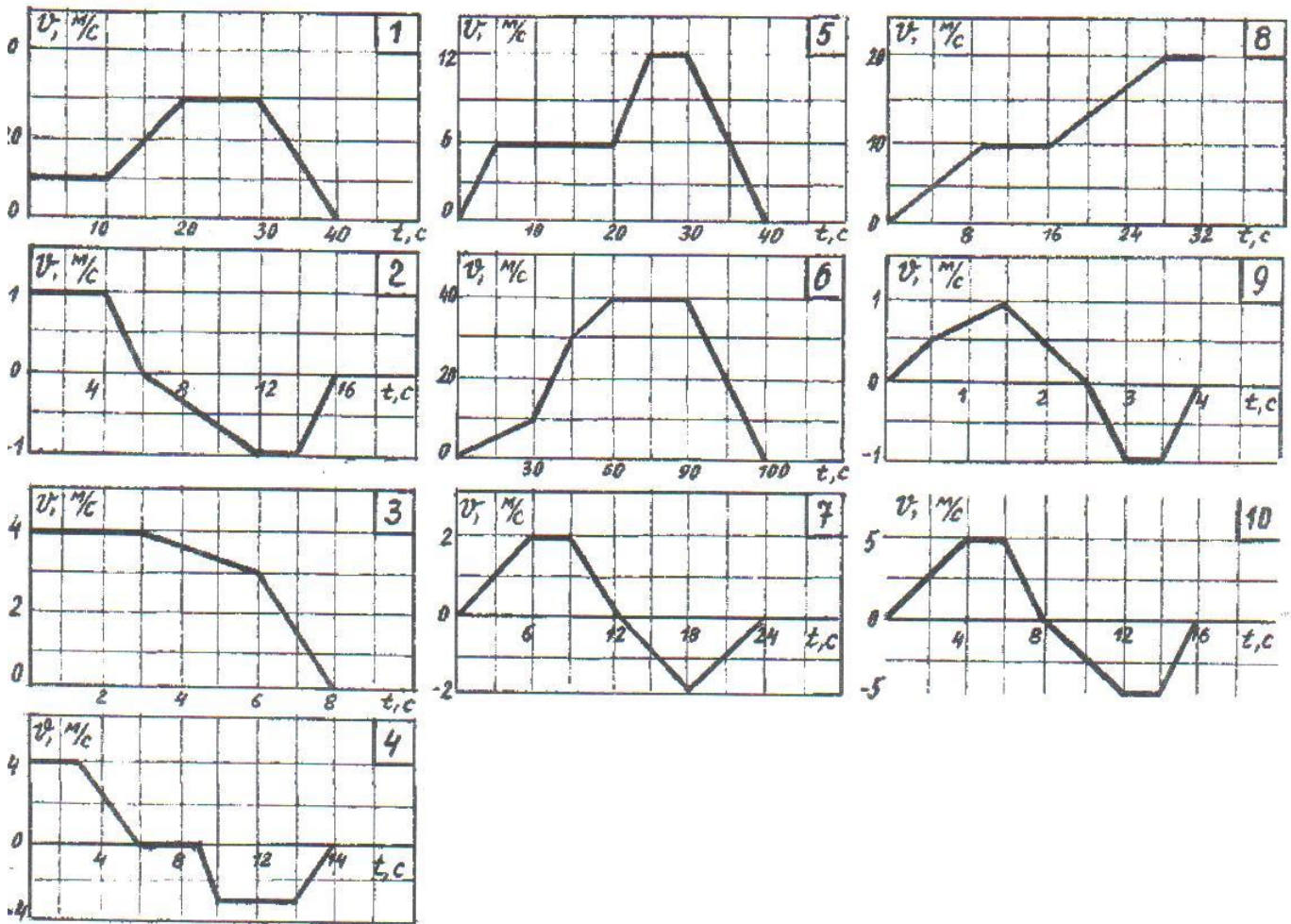


Рис. 6

Задача 3. Поступательное и вращательное движения твердого тела

По заданному уравнению прямолинейного поступательного движения груза 3 определить модули и изобразить векторы линейных скорости, касательного, нормального и полного ускорения точки М механизма в момент времени $t = 1$ с. Груз 3 движется вдоль оси X. (Данные для решения см. рис. 7, таблица 6)

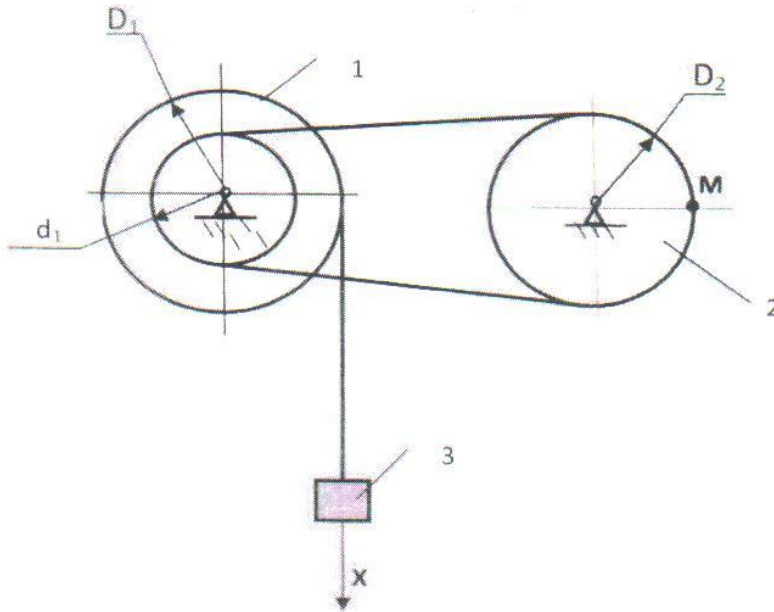


Рис.7

Таблица 6

Вариант	Диаметры звеньев, см			Уравнение движения груза 1 $X = f(t)$, X – см, t – с
	D_1	d_1	D_2	
1	60	45	56	$10+100 t^2$
2	80	40	60	$80 t^2$
3	100	60	75	$18+70 t^2$
4	145	35	105	$7+90 t^2$
5	35	10	10	$4+30 t^2$
6	60	30	45	$3+80 t^2$
7	80	20	40	$60 t^2$
8	55	10	45	$6+20 t^2$
9	75	10	35	$8+40 t^2$
10	45	10	20	$5+80 t^2$
11	55	15	40	$50 t^2$
12	40	10	30	$4+90 t^2$
13	70	20	60	$2+50 t^2$
14	42	16	32	$5+60 t^2$
15	50	18	40	$6+30 t^2$
16	78	45	60	$50 t^2$
17	90	60	85	$8+40 t^2$
18	100	60	90	$5+60 t^2$
19	55	35	40	$70 t^2$
20	60	25	50	$5+40 t^2$
21	40	15	30	$2+50 t^2$
22	50	15	45	$3+40 t^2$
23	45	10	20	$80 t^2$
24	40	15	30	$4+20 t^2$
25	40	20	35	$10+40 t^2$
26	40	30	30	$7+40 t^2$
27	50	15	40	$90 t^2$
28	50	20	40	$50 t^2$
29	65	20	50	$3+30 t^2$
30	30	15	20	$5+60 t^2$

Задача 4. Плоскопараллельное движение твердого тела

Определить линейную скорость точки А кривошипа ОА, линейную скорость точки В ползуна. Кривошип вращается с угловой скоростью ω , с^{-1} . Изобразить кинематическую схему механизма в масштабе, соблюдая заданные значения углов α и β . (Данные для решения см. рис. 8, таблица 7)

Таблица 7

Вариант	ОА, см	ω , с^{-1}	α , град	β , град
1	30	8	45	30
2	35	6	60	45
3	40	4	45	30
4	45	2	60	45
5	30	3	45	30
6	35	5	60	45
7	30	7	45	30
8	35	9	60	45
9	40	2	45	30
10	45	4	60	45
11	40	6	45	30
12	50	8	60	45
13	45	9	45	30
14	35	7	60	45
15	20	5	45	30
16	30	3	60	45
17	35	4	45	30
18	40	2	60	45
19	45	5	45	30
20	50	7	60	45
21	45	8	45	30
22	30	4	60	45
23	35	5	45	30
24	45	6	60	45
25	55	8	45	30
26	35	3	60	45
27	40	5	45	30
28	45	7	60	45
29	30	3	45	30
30	35	2	60	45

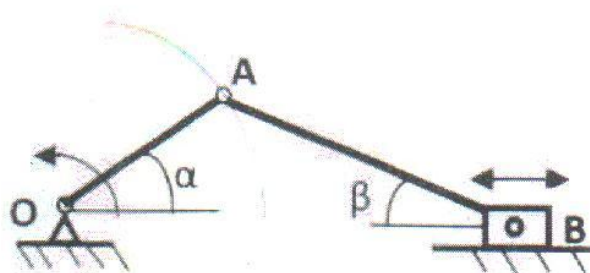


Рис. 8

