

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Югорский государственный университет» (ЮГУ)  
**НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ**  
**(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»)**

---

---



ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ЮГУ»

**НЕФТЯНОЙ  
ИНСТИТУТ**

**ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,  
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ**  
специальность 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых  
месторождений

**Методические указания к выполнению практических занятий  
для обучающихся 2 курса очной формы обучения  
образовательных учреждений  
среднего профессионального образования**

**Часть 1**

**Нижневартовск, 2023**

## **ББК 30.1**

**Т 38**

### **РАССМОТРЕНО**

На заседании ПЦК «ЭТД»  
Протокол № 02 от 17.03.2023 г.  
Председатель Тен М.Б.

### **УТВЕРЖДЕНО**

Председателем методического совета  
НефтИн (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ»  
Хайбулина Р.И.  
«29» марта 2023 г.

Методические указания к выполнению практических занятий для обучающихся 2 курса очной формы обучения образовательных учреждений среднего профессионального образования по ОП.05 Техническая механика специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО, НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ), часть 1, разработаны в соответствии с:

1. Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, утвержденный приказом Минобрнауки России от 9 декабря 2016 года №1580 (далее– ФГОС СПО).

2. Рабочей программой по дисциплине ОП.05 Техническая механика, утвержденной на методическом совете НефтИн (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ» протокол № 4 от 31.08.2022 года.

Разработчик:

Кульмасова Гульнара Зифовна, преподаватель Нефтяного Института (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

Рецензенты:

1. Тен М.Б., преподаватель высшей квалификационной категории Нефтяного Института (филиала) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

2. Куприянов С.Г. начальник БПО ООО «Катобьнефть».

Замечания, предложения и пожелания направлять в Нефтяной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет» по адресу: 628615, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению практических занятий по учебной дисциплине ОП.05 Техническая механика программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, в соответствии с рабочей программой учебной дисциплине ОП.05 Техническая механика.

Одной из форм текущего контроля успеваемости обучающихся на практических занятиях являются практические задания.

Цель практического задания – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практических заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний обучающихся при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

Основные задачи методических указаний: определение содержания, формы и порядка проведения практических занятий по учебной дисциплине ОП 05. Техническая механика, а также требований к результатам работы обучающихся.

### Критерии оценки практических занятий: Зачет/незачет

Оценка	Описание оценки
5	Отлично - «5» - содержание материала освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному. Зачет.
4	Хорошо - «4» - содержание материала освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Зачет
3	Удовлетворительно - «3» - содержание материала освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки. Зачет.

2	Условно неудовлетворительно - «2» - содержание материала освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий. Незачет.
---	---

## ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ темы	Номер и наименование занятия	Кол-во часов	Общие и профессиональные компетенции
Раздел 1. Теоретическая механика			
1.2	Практическое занятие №1. Плоская система сходящихся сил	2	ОК 02; ОК 08; ПК 2.3
	Практическое занятие №2. Определение равнодействующей ПССС геометрическим и аналитическим способами	2	ОК 09; ПК 2.5
1.4	Практическое занятие №3. Пара сил и момент силы относительно точки	2	ОК 04; ПК 2.4
1.5	Практическое занятие № 4. Определение реакций опор балки и усилия в стержне	2	ОК 05; ПК 3.1
1.6.	Практическое занятие № 5. Определение положения центра тяжести плоских фигур	2	ОК 01; ПК 3.2
1.9	Практическое занятие № 6. Кинематика точки	2	ОК 07; ПК 2.3
	Практическое занятие № 7. Простейшие движения твердого тела	2	ОК 06; ПК 2.2
1.11	Практическое занятие № 8. Движение материальной точки	2	ОК 03; ПК 3.3
	Практическое занятие № 9. Трение. Работа и мощность	2	ОК06; ПК 3.2
	Практическое занятие № 10. Определение основных кинематических и динамических характеристик барабанной лебедки	2	ОК 02; ОК 08; ПК 2.1

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

#### ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СХОДЯЩИХСЯ СИЛ

##### **Цель работы:**

- научиться определять проекции сил на оси координат;
- применять условия равновесия при решении задач статики;
- научиться определять равнодействующую ПССС;

к освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 2.3.

**общими компетенциями (ОК):** ОК02, ОК 08.

**Методическое руководство:**

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- выбрать задание согласно своему варианту;
- произвести расчет задач, оформив необходимые построения;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

**Оснащение:**

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники.

**Рекомендуемые информационные источники:**

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.
- методические указания по выполнению работы.

Краткие теоретические сведения: Система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости, и все пересекаются в одной точке, называется *плоской системой сходящихся сил*.

**Теорема.** Плоская система сходящихся сил в общем случае эквивалентна равнодействующей, которая равна векторной сумме этих сил; линия действия равнодействующей проходит через точку пересечения линий действия составляющих.

Пусть дана плоская система трех сил  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ , линии действия которых сходятся в точке  $A$ , равнодействующая  $R$  (рис.1, а):

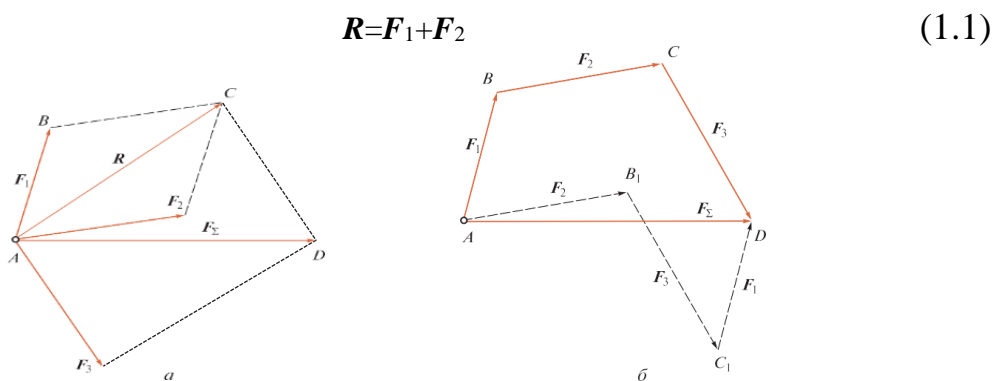


Рисунок 1.1 – Плоская система сил

Сложим равнодействующую  $R$  с силой  $F_3$ :

$$F_{\Sigma} = R + F_3 = F_1 + F_2 + F_3, \quad (1.2)$$

где  $F_{\Sigma}$  - равнодействующая данной системы трех сил.

Аналогичные действия можно провести для любого количества сходящихся сил, в результате чего получим

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n. \quad (1.3)$$

Сокращенно это равенство запишем так:

$$F_{\Sigma} = \sum F_i, \quad (1.4)$$

где  $i$  - все целые числа от 1 до  $n$

Многоугольник ABCD называется силовым многоугольником. Сторона AD, соединяющая начало первого с концом последнего вектора, называется замыкающей стороной.

Если определить равнодействующую из силового многоугольника, то такой способ будет называться *геометрическим*. Если сделать чертеж силового многоугольника в определенном масштабе, то равнодействующая определится простым измерением замыкающей стороны с последующим умножением на масштаб. Такой способ нахождения равнодействующей называется *графическим*.

При построении силового многоугольника возможен случай, когда конец последнего вектора совпадает с началом первого. В этом случае замыкающей стороны не будет, и такой силовой многоугольник называется *замкнутым*.

Равнодействующая  $F_{\Sigma}$  системы сходящихся сил, дающих замкнутый силовой многоугольник, равна нулю, и, следовательно, эта система эквивалентна нулю, т. е. *находится в равновесии*. Условие, при котором плоская система сходящихся сил будет находиться в равновесии:

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 + F_3 \dots + F_n = \sum F_i = 0 \quad (1.5)$$

и формулируется так: *для равновесия плоской системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы силовой многоугольник был замкнут*.

Условия равновесия, записанные в виде равенств, содержащих неизвестные величины, называются *уравнениями равновесия*.

Решение большинства задач статики проводят в три этапа:

1. Выбирают тело, равновесие которого будет рассматриваться;
2. Отбрасывают связи, заменяя их реакциями, и устанавливают, какая система сил действует на тело;
3. Пользуясь условиями равновесия, находят неизвестные величины.

При решении задач технической механики необходимо строго соблюдать правило: *размерности и единицы величин всех слагаемых и обеих частей равенства должны быть одинаковыми*.

В тех случаях, когда на тело действует более трех сил, а также когда неизвестны направления некоторых сил, удобнее при решении задач пользоваться не геометрическим, а *аналитическим* условием равновесия, которое основано на *методе проекций*.

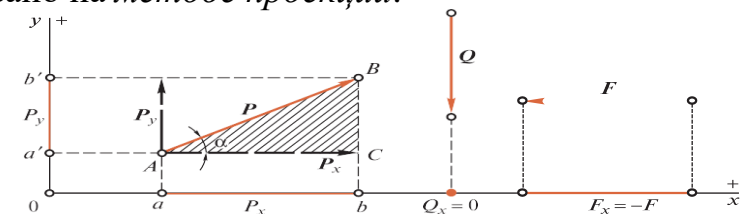


Рисунок 1.2 - Проекция силы на оси координат

*Проекцией силы на ось* называется отрезок оси, заключенный между двумя перпендикулярами, опущенными на ось из начала и конца вектора силы.

Пусть даны координатные оси  $x, y$ , сила  $P$ , приложенная в точке  $A$  и расположенная в плоскости координатных осей (рис.1.2).

Проекциями силы  $P$  на оси будут отрезки  $ab$  и  $a'b'$ . Обозначим эти проекции соответственно  $P_x$  и  $P_y$ . Тогда

$$P_x = P \cos \alpha; \quad P_y = P \sin \beta \quad (1.5)$$

Проекция силы на ось есть величина алгебраическая, которая может быть положительной или отрицательной, что устанавливается по направлению проекции. За *направление проекции* примем направление от проекции начала к проекции конца вектора силы.

Установим следующее правило знаков:

*если направление проекции силы на ось совпадает с положительным направлением оси, то эта проекция считается положительной, и наоборот.*

Если вектор силы параллелен оси, то он проецируется на эту ось в натуральную величину (см.рис.1.2, сила  $F$ ).

Если вектор силы перпендикулярен оси, то его проекция на эту ось равна нулю (см.рис.1.2, сила  $Q$ ).

Зная две проекции  $P_x$  и  $P_y$ , из треугольника  $ABC$  определяем модуль и направление вектора силы  $P$  по следующим формулам: модуль силы

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \quad (1.6)$$

Направляющий тангенс угла между вектором силы  $P$  и осью  $x$

$$\operatorname{Tg} \alpha = \frac{P_y}{P_x} \quad (1.7)$$

Силу  $P$  можно представить как равнодействующую двух составляющих сил  $P_x$  и  $P_y$ , параллельных осям координат (см. рис.1.2). Пусть дана плоская система  $n$  сходящихся сил

$$F_1, F_2, F_3, \dots, F_n.$$

Равнодействующая этой системы

$$F_{\Sigma} = \sum F_i,$$

В плоскости действия данной системы выберем ось координат и спроецируем данные силы и их равнодействующую на эту ось.

Проекция равнодействующей на ось равна алгебраической сумме проекций составляющих сил на ту же ось, т.е.

$$F_{\Sigma x} = \sum F_{ix} \quad (1.8)$$

Правую часть этого равенства записываем упрощенно:

$$F_{\Sigma x} = \sum X \quad (1.9)$$

Для того чтобы определить равнодействующую любой плоской системы сходящихся сил, спроецируем их на оси координат  $x$  и  $y$ , алгебраически сложим проекции всех сил и найдем таким образом проекции равнодействующей:

$$F_{\Sigma x} = \sum X \quad F_{\Sigma y} = \sum Y$$

Зная проекции, определим модуль и направление равнодействующей:  
Модуль равнодействующей

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad (1.10)$$

Направляющий тангенс угла между вектором  $F_{\Sigma}$  и осью  $x$

$$\operatorname{tg}(F_{\Sigma}, x) = \frac{F_{\Sigma y}}{F_{\Sigma x}} \quad (1.11)$$

Если данная плоская система сходящихся сил находится в равновесии, то равнодействующая такой системы, а значит, и проекции равнодействующей на оси координат равны нулю:

$$F_{\Sigma} = 0; F_{\Sigma x} = 0; F_{\Sigma y} = 0 \quad (1.12)$$

Учитывая, что

$$F_{\Sigma x} = \sum X \quad F_{\Sigma y} = \sum Y$$

получаем равенства, выражающие аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил:

$$\sum X = 0; \sum Y = 0 \quad (1.13)$$

Формулируются эти условия следующим образом: для равновесия плоской системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраическая сумма проекций этих сил на каждую из двух координатных осей равнялась нулю.

Когда направление искомой силы неизвестно, ее можно разложить на две составляющие по заданным направлениям, обычно по направлениям координатных осей; по найденным двум взаимно-перпендикулярным составляющим легко определяется неизвестная сила.

Если при решении задач аналитическим способом искомая реакция получится отрицательной, то это значит, что действительное ее направление противоположно направлению, принятому на рисунке

**Пример 1.** К вертикальной гладкой стене на веревке, составляющей со стеной угол  $\alpha$ , подвешен однородный шар (рис.1.4). Определить натяжение веревки  $F$  и силу давления шара  $P$  на стену, если сила тяжести шара  $G$ .

Решение: рассмотрим равновесие шара. Применив принцип освобожденности, отбросим связи и заменим их реакциями. Реакция  $N$  гладкой стены перпендикулярна стене и проходит через центр шара. Так как шар однородный, то сила тяжести  $G$  приложена в его геометрическом центре. Реакция  $R$  направлена вдоль веревки и согласно теореме о



равновесии трех непараллельных сил линия действия также должна проходить через центр шара.

К системе трех сходящихся сил, приложенных к шару, применим геометрическое условие равновесия:

$$\sum F_i = 0; \quad G + N + R = 0.$$

Строим замкнутый силовой многоугольник, начиная с изображения в принятом масштабе вектора известной силы  $G$

Направление обхода треугольника (т.е. направление стрелок) определяется этой силой. Из треугольника получим соотношения:

$$N = G \operatorname{tg} \alpha; \quad R = \frac{G}{\cos \alpha}$$

Искомая сила давления  $P$  шара на стену, согласно аксиоме взаимодействия, по модулю равна реакции  $N$  стены, но направлена в противоположную сторону:

$$P = N = G \operatorname{tg} \alpha.$$

Натяжение  $F$  веревки по модулю равно ее реакции  $R$ :

$$F = R = \frac{G}{\cos \alpha}$$

Эту же задачу можно решить, разложив силу тяжести  $G$  по реальным направлениям (направлениям реакций) на составляющие  $P$  (сила давления шара на стену) и  $F$  (натяжение веревки), причем согласно аксиоме взаимодействия  $F = R$ ,  $P = N$ .

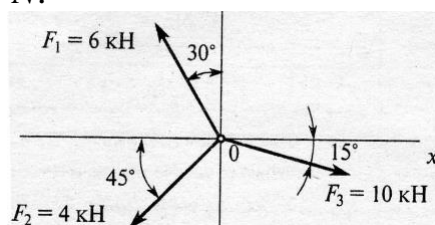


Рисунок 1.4 - Система сил

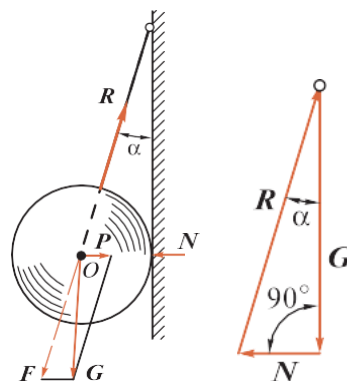


Рисунок 1.3 –  
Схема к примеру

### Расчетно-графическая работа:

#### Ход работы (задание):

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- переписать полностью условия задачи и данные согласно своему варианту и обосновать решение, при необходимости с применением расчетов и графиков;
- оформить выполненное задание в виде отчета;
- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы по контрольным вопросам.

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Дополнительное задание:** нарисовать произвольную схему, состоящую из трех сил и объяснить порядок определения проекций векторов сил на координатные оси.

1. Определить проекцию равнодействующей системы сил на оси  $x, y$

Таблица 1.1 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1, \text{кН}$	7	5	2	9	3	10	4	11	6	8
$F_2, \text{кН}$	8	10	5	2	9	3	6	4	7	11
$F_3, \text{кН}$	9	12	3	8	2	4	11	5	10	6
$\alpha, \text{гр}$	0	30	90	45	60	45	55	75	5	70
$\beta, \text{гр}$	30	60	75	10	15	35	45	90	0	30
$\gamma, \text{гр}$	45	90	0	10	30	60	75	20	70	90

2. Система сходящихся сил уравновешена. Определить величину  $F_4y$ , если известно, что  $\sum F_x=0$ .

Таблица 1.2 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{1y}, \text{кН}$	-15	42	32	9	31	-10	-4	11	61	-18
$F_{2y}, \text{кН}$	-8	-10	35	22	9	14	36	-34	7	11
$F_{3y}, \text{кН}$	19	12	-25	8	0	4	11	14	10	6

3. Определить величину равнодействующей силы, построить ПССС согласно своему варианту. Данные вариантов взять из задачи 1.

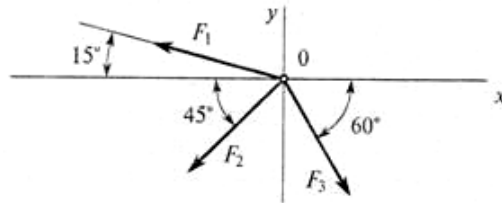


Рисунок 1.5 - Плоская система сходящихся сил

4. По известным проекциям на оси координат  $x$  и  $y$  определить угол наклона равнодействующей к оси  $Ox$

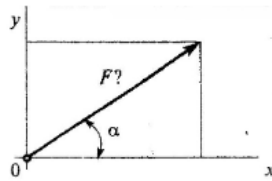


Рисунок 1.6 - Проекция силы  $F$  на оси координат

Таблица 1.3 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{\sum x}, \text{кН}$	15	9	6,3	4	12	11	4	8	6	8
$F_{\sum y}, \text{кН}$	8,66	7,5	8	6,2	5,0	9,1	6	4,5	7	9

5. Определить проекцию равнодействующей плоской системы 4 -х сходящихся сил на ось  $Ox$  аналитическим.

Таблица 1.4 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F1_x, \text{кН}$	-5	14	2,5	9	3	10	4	11	6	8
$F2_x, \text{кН}$	8	10	5	2	9	3	6	4	7	11
$F3_x, \text{кН}$	-11	12	8	8	2	4	11	5	10	6
$F4_x, \text{кН}$	0	16	12	13	8	-6	9	7	8	5
$\alpha$	0	100	15	45	180	15	90	75	25	60
$\beta$	30	120	75	150	0	150	230	15	50	45
$\gamma$	45	90	0	10	230	30	75	145	170	180
$\delta$	75	90	135	50	45	60	0	60	90	270

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение плоской системе сил?
2. Дать определение равнодействующей силе?
3. Что такое силовой многоугольник?
4. Способы определения равнодействующей.
5. Геометрическое условие равновесия плоской системы сил.
6. Аналитическое условие равновесия плоской системы сил.
7. В каком случае система сил будет сходящейся?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СХОДЯЩИХСЯ СИЛ

#### Цель работы:

- научиться построению строить силовых многоугольников;
- научиться применять условия равновесия при решении задач статики;

– научиться определять равнодействующую аналитическим и геометрическим способами;

к освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**профессиональными компетенциями (ПК):** ПК2.5.

**общими компетенциями (ОК):** ОК09.

#### Методическое руководство:

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями Практической работы №1;

- определить равнодействующую способами, указанными в примере;
- сделать необходимые построения;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

**Оснащение:** транспорир, линейка, калькулятор

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники.

**Рекомендуемые информационные источники:**

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.

Рассмотрим пример определения равнодействующей силы для трех сил, расположенных в координатах  $x$ - $x$  и  $y$ - $y$  под определенными углами относительно оси  $x$ - $x$ .

Дано:  $F_1=10\text{Н}$ ;  $F_2=6\text{Н}$ ;  $F_3=3\text{Н}$ ;  $\alpha_x=45^\circ$ ;  $\beta_x=0^\circ$ ;  $\gamma_x=90^\circ$ .

**Графический метод:**

Выбираем положение координатных осей: 1-я четверть (1-й квадрант).

Выбираем масштаб: в 1 см 2 ньютона (М 1:2). Строим силовой многоугольник: в начале координат откладываем величину угла  $\alpha_x$ , и под этим углом проводим прямую. На этой прямой откладываем значение силы  $F$ , в масштабе. В окончании этого отрезка ставим стрелочку и обозначение  $F_1$ . Из острия стрелочки  $F_1$  проводим горизонтальную линию — это ось  $x$ - $x$ . Относительно этой оси в точке острия стрелки вектора силы  $F_1$ , откладываем угол  $\beta_x$  и под этим углом проводим прямую линию, на которой в масштабе откладываем значение силы  $F_2$ .

Из острия стрелочки  $F$ , проводим горизонтальную линию — это ось  $x$ - $x$ . Под этим углом проводим прямую, на которой откладываем в масштабе величину вектора силы  $F_3$  и так далее до построения последнего вектора по заданию. Начало координатных осей  $x$ - $x$  и  $y$ - $y$  соединяем прямой с окончанием последнего вектора — это и есть равнодействующая сила. Измерив этот вектор мерной линейкой, в соответствии с масштабом сил переводим миллиметры в ньютоны. Полученное число записываем возле  $F_p$ .

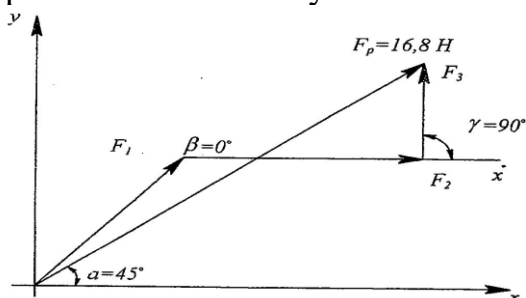


Рисунок 1.7 - Силовой многоугольник

**Аналитический метод:**

1. Проекция сил на ось  $x$ - $x$ :

$$F_{x1} = F_1 \cdot \cos\alpha = 10 \cdot \cos 45^\circ = 10 \cdot 0,7 = 7\text{Н};$$

$$F_{x2} = F_2 \cdot \cos\beta = 6 \cdot \cos 0^\circ = 6 \cdot 1 = 6\text{Н};$$

$$F_{x3} = F_3 \cdot \cos\gamma = 3 \cdot \cos 90^\circ = 0;$$

$$F_{x\Sigma} = \Sigma F_{xi} = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} = 7 + 6 + 0 = 13\text{Н}.$$

1. Проекция сил на ось  $y$ - $y$ :

$$F_{y1} = F_1 \cdot \sin \alpha = 10 \cdot \sin 45^\circ = 10 \cdot 0,7 = 7H;$$

$$F_{y2} = F_2 \cdot \sin \beta = 6 \cdot \sin 0^\circ = 0;$$

$$F_{y3} = F_3 \cdot \sin \gamma = 3 \cdot \sin 90^\circ = 3H;$$

$$F_{y\Sigma} = \Sigma F_{yn} = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} = 7 + 0 + 3 = 10H.$$

3.Равнодействующая сила:

$$F_p = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2} = \sqrt{13^2 + 10^2} = 16,4H$$

Погрешность:  $F_{Гр} - F_{Ан} = 16,8H - 16,4H = 0,4H$ , что является допустимым.

Отложение углов производится против хода стрелок механических часов каждый раз от горизонтальной линии. Вектор равнодействующей силы можно изобразить другим цветом.

### Расчетно-графическая работа:

Ход работы(задание):

- ознакомиться с примером расчета;
- выписать из таблицы 2.1. данные согласно своему варианту;
- произвести расчет равнодействующей аналитическим и графическим методом;

Таблица 2.1 - Исходные данные по вариантам

№/ №	F <sub>1</sub> , н	α, гр	F <sub>2</sub> , н	β, гр	F <sub>3</sub> , н	γ, гр	F <sub>4</sub> , н	δ, гр	F <sub>5</sub> , н	η, гр	F <sub>6</sub> , н	θ	F <sub>7</sub> , н	λ	F <sub>8</sub> , н	μ	F <sub>9</sub> , н	ν	F <sub>10</sub> , Н
1	1	0	5	240	3	90	11	360	2	0	4	25	6	180	7	85	10	60	4
2	3	45	2	270	6	120	6	10	3	10	9	30	4	25	2	30	2	30	9
3	1	30	4	300	3	135	4	15	4	15	11	45	5	15	3	100	3	90	2
4	4	60	9	30	5	150	7	25	5	75	3	60	3	35	3	110	11	180	12
5	8	90	5	360	9	180	4	175	1	60	1	90	2	45	5	10	6	360	3
6	2	120	10	0	6	210	6	115	7	45	6	15	1	75	9	50	7	0	1
7	9	150	9	30	7	225	9	0	8	15	8	110	7	90	10	110	8	45	6
8	10	180	8	45	4	240	7	35	6	90	5	175	8	120	8	115	10	330	7
9	5	210	11	60	3	270	6	45	2	75	7	180	9	30	6	60	9	270	9
10	1	0	4	10	5	30	7	30	1	95	3	75	10	90	8	30	3	10	5

- оформить необходимое построение на формате А4 с соблюдением масштаба;

- сравнить значения равнодействующей, полученные графическим и аналитическим методами. Расхождение не должно превышать 5 единиц;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

### Контрольные вопросы:

1. Аналитическое условие равновесия плоской системы сил.
2. Геометрическое условие равновесия плоской системы сил.
3. Свойства векторов равнодействующей силы и уравнивающей

силы.

4. Проекция силы на координатные оси.

5. Аксиомы статики

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

### ПАРА СИЛ И МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ

#### Цель работы:

- изучить определения и формулы для момента силы и момента пары сил относительно точки;

- изучить правило определения знаков для момента силы и момента пары сил;

- изучить основные свойства пары сил;

- научиться использовать теоретические сведения при решении задач;

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 2.4.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК05.

#### Методическое руководство:

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;

- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;

- подготовиться к защите практической работы.

#### Оснащение:

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники.

#### Рекомендуемые информационные источники:

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.

- методические указания по выполнению работы.

#### Краткие теоретические сведения:

*Моментом силы относительно точки называется произведение модуля силы на ее плечо (рис.3.1):*

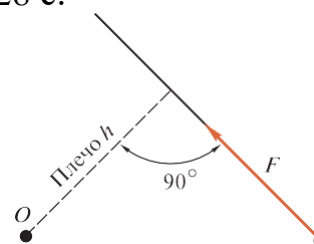


Рисунок 3.1 - Момент силы

$$M_0(F) = Fh. \quad (3.1)$$

Точка, относительно которой берется момент, называется *центром момента*. Кратчайшее расстояние от центра момента до линии действия силы называется *плечом силы* относительно точки.

Размерность момента силы

$$[M]=[F][h]=\text{сила} \times \text{длина}=\text{Ньютон} \times \text{метр}=\text{Нм}.$$

Условимся считать момент силы *положительным*, если сила *стремится вращать свое плечо вокруг центра момента против часовой стрелки*, и наоборот (рис.3.2).

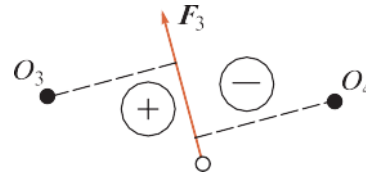


Рисунок 3.2 - Определение знака момента

Одна и та же сила относительно разных точек может давать и положительный, и отрицательный момент(рис.3.2).

Момент силы относительно точки, лежащей на линии действия этой силы, *равен нулю*, так как в этом случае плечо равно нулю.

Расстояние между линиями действия сил есть *плечо пары*. Эффект действия пары состоит в том, что она *стремится вращать тело, к которому приложена*. Ее вращательное действие определяется *моментом пары*.

*Моментом пары* называется произведение модуля одной из сил, составляющих пару, на плечо:

$$M(F_1, F_2)=F_1h=F_2h=m. \quad (3.2)$$

Пример 3.1. Определить момент пары сил (рис. 3.3), если  $P_1=P=15\text{Н}$ ,  $AB=0,6\text{ м}$  и  $\alpha=30^\circ$ .

**Решение:** При определении момента пары сил нужно прежде всего правильно определить плечо пары. При этом необходимо различать следующие понятия: плечо пары сил и расстояние между точками приложения сил пары.

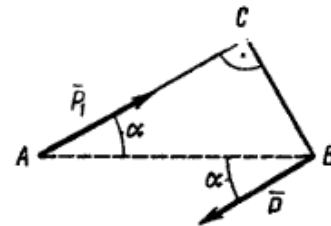


Рисунок 3.3 - Схема задачи

Так как в механике твердого тела сила – скользящий вектор, то действие силы не изменяется при переносе точки ее приложения вдоль линии ее действия. Значит расстояние между точками приложения сил, образующих пару, можно изменять неограниченно. Но плечо пары при этом переносе остается неизменным.

В частном случае расстояние между точками приложения сил, образующих пару, может быть равно плечу.

Чтобы определить плечо данной пары из точки приложения одной из сил, например из точки В, восставим перпендикуляр ВС к линии действия другой силы. Расстояние ВС и есть плечо данной пары сил. Расстояние между точками приложения сил, образующих пару,  $AB=0,5\text{ м}$ .

Легко видеть, что  $BC = AB \cdot \sin \alpha = 0,6 \cdot \sin 30^\circ = 0,3\text{ м}$ .

Найдем момент пары сил:  $M= -P \cdot BC= -15 \cdot 0,3= -4,5\text{ Н}\cdot\text{м}$ .

### Расчетно-графическая работа:

**Ход работы(задание):**

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- оформить задания согласно своему варианту, с необходимыми

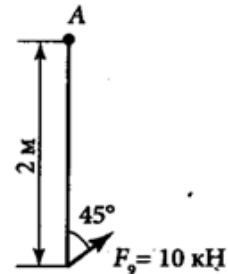
построениями, при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;

- оформить выполненное задание в виде отчета;
- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы.

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

1. Момент пары сил равен 75 Нм, плечо пары 0,6 м. Определить величину сил пары. Как изменится величина сил пары, если плечо увеличить в два раза при сохранении величины момента. Сделать необходимые построения.



2. Определить величину момента силы  $F_x$  относительно точки А.

Рисунок 3.4 - Схема к задаче

Таблица 3.1 - Исходные данные по вариантам

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	10	15	9	8	11	12	5	7	20	25
L, м	2	3	1,5	4	1	3	6	2	4	2,5
$\alpha$ , гр	45	60	30	15	75	25	90	0	45	60

3. Кулачковый механизм состоит из кулачка, равномерно вращающегося под действием момента  $M=800$  Нм, и горизонтально перемещающегося подпружиненного толкателя (рис. 3.5). Для данного положения механизма определить силу давления кулачка на толкатель, если плечо кулачка  $OA = 5$  см. Весом частей механизма, а также трением пренебречь.

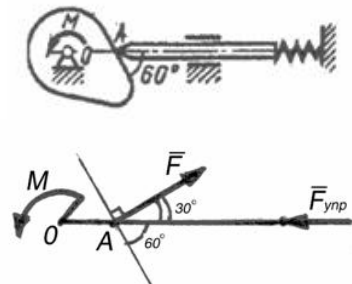


Рисунок 3.5 - Схема кулачкового механизм

Таблица 3.2 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M, Нм	1000	750	900	860	1100	520	550	770	290	850
OA, мм	50	45	65	40	30	34	60	25	40	25
$\alpha$ , гр	45	60	30	15	55	25	90	0	45	60
Схема	а	б	в	а	а	б	в	в	б	в

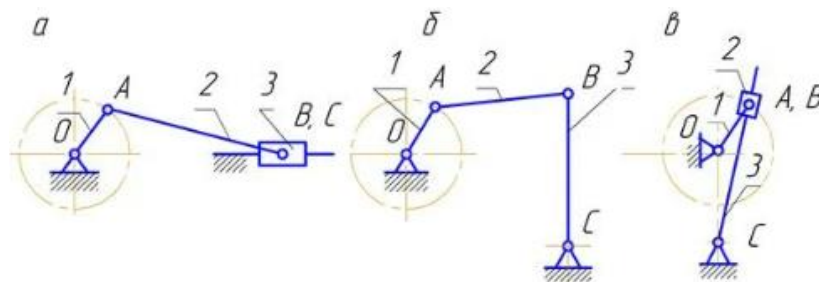


Рисунок 3.6



4. Сила, приложенная к концу рукоятки ручного рычажного пресса, равна  $F = 280 \text{ Н}$ . Приняв  $AC = 18 \text{ см}$  и  $AB = 6 \text{ см}$ , определить силу давления поршня на прессуемый материал (рис. 3.7). Крепление в точках  $A$  и  $B$  шарнирное. Весом частей механизма, а также трением пренебречь. Начертить расчетную схему. Данные для своего варианта взять из задачи 2.

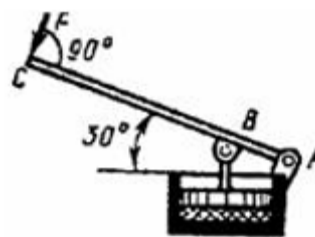


Рисунок 3.7

5. Тело находится в равновесии  $m_1=4 \text{ Нм}$ ,  $m_2=7 \text{ Нм}$ ,  $m_3 = 10 \text{ Нм}$ , причем  $m_1$  и  $m_2$  направлены по часовой стрелке,  $m_3$  направлено против хода часовой стрелки.

Найти  $m_4$ .

Таблица 3.1 - Исходные данные по вариантам

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_1, \text{ Нм}$	-	5 ↻	7 ↻	13 ↻	14 ↻	5 ↻	-	6 ↻	7 ↻	9 ↻
$m_2, \text{ Нм}$	4 ↻	-	9 ↻	22 ↻	7 ↻	-	6 ↻	-	9 ↻	7 ↻
$m_3, \text{ Нм}$	9 ↻	8 ↻	-	15 ↻	-	19 ↻	14 ↻	18 ↻	-	14 ↻
$m_4, \text{ Нм}$	8 ↻	12 ↻	10 ↻	-	9 ↻	17 ↻	9 ↻	23 ↻	12 ↻	-

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение пары сил.
2. Свойства пары сил.
3. Момент пары сил.
4. Плечо пары сил.
5. Момент пары сил относительно точки

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОПОР БАЛКИ И УСИЛИЯ В СТЕРЖНЕ

#### Цель работы:

- изучить виды опор и их реакции;
  - изучить алгоритм решения задач на определение реакций опор;
  - научиться применять уравнения статики при решении задач.
- К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по

специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК3.1.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК05.

**Методическое руководство:**

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- выписать данные своего варианта;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

**Оснащение:**

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, чертежный инструмент, калькулятор.

**рекомендуемые информационные источники:**

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.
- методические указания по выполнению работы.

**Краткие теоретические сведения:**

*Связями* называют ограничения, налагаемые на положения и скорости точек тела в пространстве. Сила, с которой тело действует на связь, называется *силой давления*; ответная сила называется *силой реакции* или просто *реакцией*.

Согласно аксиоме взаимодействия, эти силы по модулю равны и действуют по одной прямой в противоположные стороны. Силы реакций и давлений приложены к различным телам и поэтому не представляют собой систему сил.

Силы, действующие на тело, делятся на *активные* и *реактивные*. Активные силы стремятся перемещать тело, к которому они приложены, а реактивные препятствуют этому перемещению. Принципиальное отличие активных сил от реактивных заключается в том, что значение реактивных сил, вообще говоря, зависит от значения активных сил, но не наоборот. Активные силы часто называют *нагрузками*.

При решении большинства задач статики несвободное тело условно изображают как свободное с помощью *принципа освобожденности*: всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи, заменив их реакциями.

В результате применения этого принципа получаем тело, свободное от связей и находящееся под действием некоторой системы активных и реактивных сил.

Направление реакций определяется тем, в каком направлении данная связь препятствует перемещению тела. Правило для определения направления реакций: *направление реакции связи противоположно направлению перемещения, недопускаемого данной связью*.

**Пример.** Определить силы, нагружающие стержни АВ и АС кронштейна, удерживающего в равновесии груз  $F=6$  кН и растянутую

пружину, сила упругости которой  $F_1=2$  кН. Весом частей конструкции, а также трением на блоке пренебречь.

**Решение:** Задачу решаем аналитическим методом. Рассматриваем равновесие точки схода А. К ней приложены заданные активные силы- сила тяжести троса AD, равная весу груза F, и сила упругости пружины F1. Так как и трос, и пружина растянуты, то эти силы направлены от точки А. Рассматриваем точку как свободную. Отбрасываем связи (стержни АВ и АС), заменяя их действие реакциями  $R_{ав}$  и  $R_{ас}$ . Реакции стержней направляем от точки А, так как предварительно полагаем стержни растянутыми (действительные направления реакции стержней в начале решения неизвестны). Если наше предположение окажется неверным, то искомая реакция стержня получится в ответе со знаком «-»; это говорит о том, что стержень сжат и истинное направление реакции - к точке А.

Принимаем обычное вертикально-горизонтальное направление координатных осей. Для полученной плоской системы сходящихся сил составляем два уравнения равновесия:

$$1) \Sigma F_x = 0; F + R_{ас} \cdot \cos 45^\circ - R_{ав} \cdot \cos 60^\circ = 0;$$

$$6 + R_{ас} \cdot 0,707 - R_{ав} \cdot 0,5 = 0;$$

$$2) \Sigma F_y = 0; R_{ас} \cdot \cos 45^\circ + R_{ав} \cdot \cos 30^\circ - F_1 = 0;$$

$$R_{ас} \cdot 0,707 + R_{ав} \cdot 0,866 - 2 = 0.$$

Решая полученную систему уравнений, находим -  $R_{ав}=5,86$  кН и  $R_{ас}=-4,34$  кН. Искомые силы, нагружающие стержни, по модулю равны. В соответствии с изложенным правилом стержень АВ оказался растянутым, а стержень АС - сжатым. Каждое из полученных уравнений равновесия содержало оба неизвестных, чего можно было избежать, направив координатные оси по-другому, совместив одну из осей с неизвестной силой. При этом в уравнении равновесия для другой оси окажется лишь одно неизвестное:

$$1) \Sigma F_x = 0; R_{ас} + F \cdot \cos 45^\circ + R_{ав} \cdot \cos 75^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$R_{ас} + 6 \cdot 0,707 + R_{ав} \cdot 0,259 - 2 \cdot 0,707 = 0$$

$$2) \Sigma F_y = 0; R_{ав} \cdot \cos 15^\circ - F \cdot \cos 45^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$R_{ав} = 0,966 - 6 \cdot 0,707 - 2 \cdot 0,707 = 0; \rightarrow R_{ав} = 5,86 \text{ кН}; R_{ас} = -4,34 \text{ кН}$$

Для проверки правильности решения составляем проверочное уравнение равновесия - уравнение проекций сил на любую ось, кроме уже использованных в решении. Продолжая, к примеру первый вариант решения, возьмем в качестве такой оси направление  $R_{ас}$  (можно было и  $R_{ав}$ ) и обозначим эту ось  $X_1$ . Тогда получим:

$$3) \Sigma F_{x1} = R_{ас} + F \cdot \cos 45^\circ + R_{ав} \cdot \cos 75^\circ - F_1 \cdot \cos 45^\circ = - (4,34) + 6 \cdot 0,707 + 5,86 \cdot 0,259 - 2 \cdot 0,707 = 5,76 - 5,75 \approx 0.$$

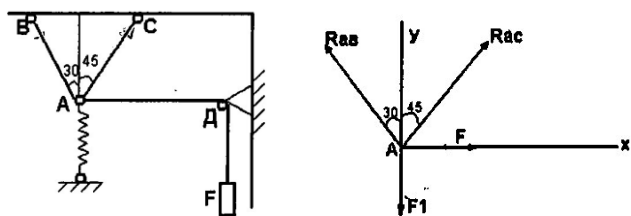


Рисунок 4.1- а- схема нагружения;  
б- схема нагружения с координатными осями

### Расчетно-графическая работа:

#### Ход работы(задание):

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- определить силы (реакции), нагружающие стержни кронштейна, удерживающего в равновесии груз  $F_1$  и растянутую пружину, сила упругости которой  $F_2$ . Весом частей конструкции, а также трением на блоке пренебречь. Данные взять из таблиц 4.1

Таблица 4.1 -Исходные данные по вариантам

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_1$ , кВт	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$F_2$ , кВт	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Рисунок	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к

- отбросить связи, заменяя их действие реакциями связей;
- рассмотреть равновесие точки схода активных сил и сил реакций связи;
- выбрать направление координатных осей;
- для полученной системы составить два уравнения равновесия;
- составить проверочное уравнение равновесия (уравнение проекций всех сил на любую из координатных осей, кроме уже использованных ранее);
- при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
- оформить выполненное задание виде отчета;
- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы.

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

#### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил.
2. Каково геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил (ПССС)?
3. Что такое уравнение равновесия?
4. Что такое силовой многоугольник?
5. Как формулируется правило знаков для проекции силы на ось?
6. Как формулируются аналитические условия равновесия ПССС?

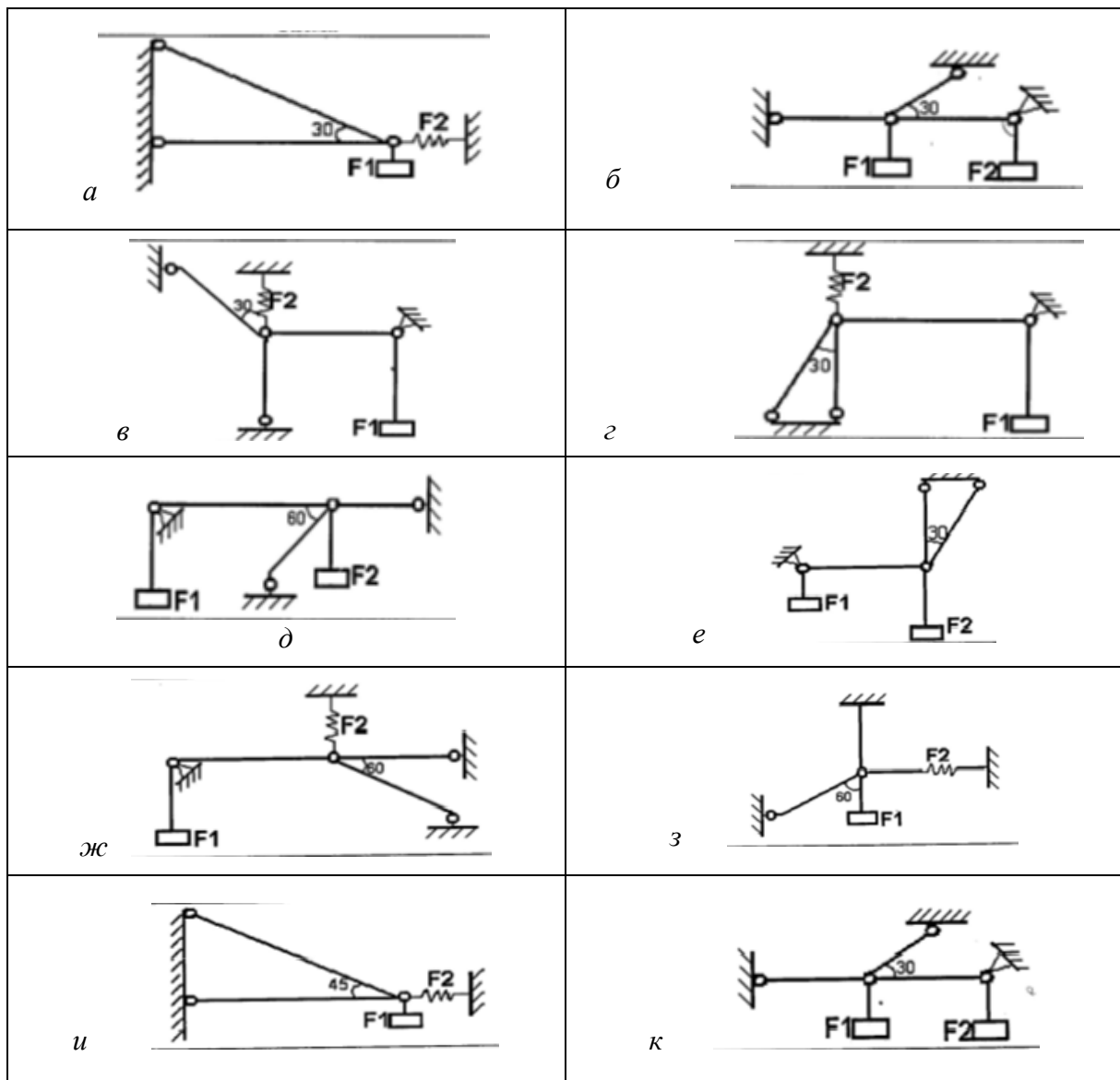


Рисунок 4.3 - Исходные схемы

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКИХ ФИГУР

#### Цель работы:

- изучить понятие центра тяжести;
- научиться определять положения центра тяжести;
- изучить методы определения центра тяжести;
- изучить основные формулы для определения центра тяжести;

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК3.2.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК01.

**Оснащение:**

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники. Чертежный инструмент, калькулятор

**Рекомендуемые информационные источники:**

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.

- методические указания по выполнению работы.

**Краткие теоретические сведения:**

Сила, с которой тело притягивается к Земле, называется *силой тяжести*.

Элементарной частицей тела называется такая малая частица, положение которой в пространстве определяется координатами одной точки. Силы тяжести каждой частицы, направленные к центру Земли, образуют систему сходящихся сил, но для тел, размеры которых малы по сравнению с размерами Земли, с достаточной степенью точности можно считать эти силы *системой параллельных сил*.

*Центром тяжести* тела называется центр параллельных сил тяжести всех элементарных частиц тела.

Центр тяжести есть геометрическая точка, которая может лежать вне тела (например, кольцо, цилиндр с отверстием). Центр тяжести будем обозначать точкой *C*.

Координаты центра тяжести тела находят по тем же формулам, что и координаты центра параллельных сил:

$$x_c = \frac{\sum G_i x_i}{\sum G_i}; y_c = \frac{\sum G_i y_i}{\sum G_i}; z_c = \frac{\sum G_i z_i}{\sum G_i}; \quad (5.1)$$

где  $G_i$  - сила тяжести каждой элементарной частицы тела;  
 $x_i, y_i, z_i$  - координаты частицы;  
 $\sum G_i$  - ила тяжести всего тела.

**Ход работы (задание):**

1. Повторить теоретический материал по определению центра тяжести.
2. Вычертить схему своего варианта, обозначив размеры в см.
3. «Привязать» фигуру к координатам х-х, у-у.
4. «Разбить» фигуру на простые геометрические фигуры.
5. Обозначить центры тяжести.
6. Вычислить площади этих фигур.
7. Вычислить координаты центров тяжести простых геометрических фигур.
8. По формулам определить координаты центра тяжести всей фигуры:

$$X_c = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i}; Y_c = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} .$$

9. По значениям  $X_c, Y_c$  на схеме показать положение центра тяжести

всей фигуры.

10. Подготовиться к защите работы по контрольным вопросам.

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Контрольные вопросы:**

1. Способы определения центра тяжести.
2. Какие другие параметры можно применить в расчетных формулах по определению центра тяжести кроме площади (A)?
3. Значение центра тяжести.
4. Какие сечения, кроме геометрических фигур, имеют известное положение центра тяжести фигур?
5. Привести примеры положения центра тяжести геометрических тел (цилиндр, шар, призма, конус и т.д.).
6. Какие сечения имеют табличные значения центра тяжести?

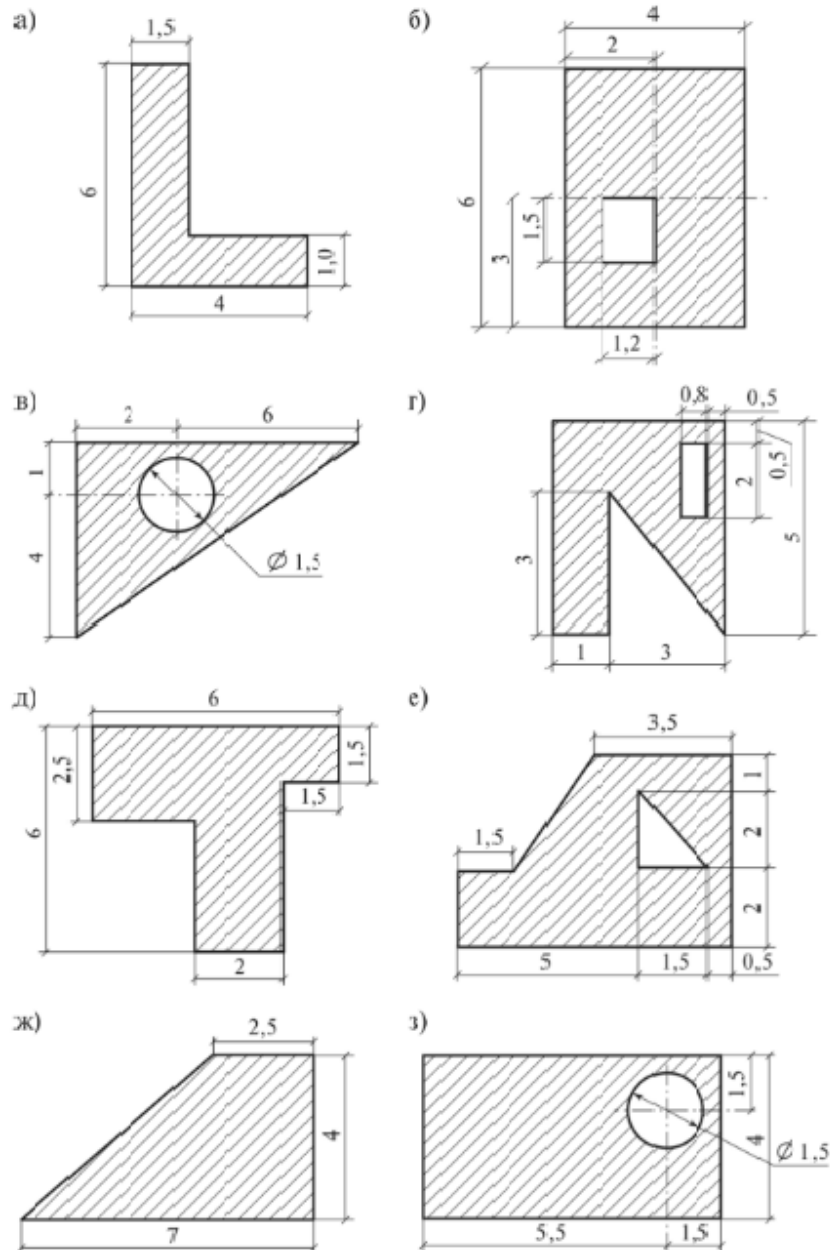


Рисунок 5.1 - Плоские фигуры

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

### КИНЕМАТИКА ТОЧКИ

#### Цель работы:

- иметь представление о пространстве, времени, траектории, пути, скорости и ускорении;
- знать способы задания движения точки;
- уметь составлять уравнения движения точки и уравнение траектории;
- знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории.

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК2.3.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК07.

#### Методическое руководство:

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- найти решение предложенных задач;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

#### Оснащение:

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники. Чертежный инструмент, калькулятор

#### Рекомендуемые информационные источники:

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.
- методические указания по выполнению работы.

#### Краткие теоретические сведения.

*Скорость* есть кинематическая мера движения точки, характеризующая быстроту изменения ее положения.

При равномерном движении скорость измеряется длиной пути, пройденного за единицу времени:

$$V = \frac{s}{t} = \text{const}$$

*Скорость* - векторная величина. При прямолинейном движении скорость постоянная и по модулю и по направлению, а вектор ее совпадает с траекторией. При криволинейном движении скорость точки по направлению меняется. Скорость в каждый момент времени направлено по касательной к траектории в сторону движения.

*Ускорение* - величина скалярная. При прямолинейном движении точки вектор скорости всегда совпадает с траекторией и поэтому вектор изменения скорости также совпадает с траекторией.



$$a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

учитывая, что  $v = \frac{ds}{dt}$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$$

*Истинное ускорение в прямолинейном движении равно первой производной скорости или второй производной координаты (расстояния от начала отсчета перемещения) по времени.*

### Расчетно-графическая работа:

#### Ход работы (задание):

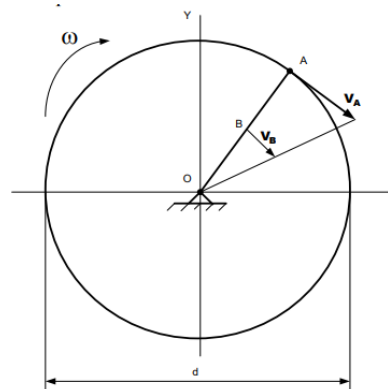
- Выписать значения своего варианта;
- Решить письменно в виде обоснования решения, при необходимости с применением расчетов и графиков.

**Дополнительное задание:** Нарисовать схему и объяснить порядок определения полного ускорения при криволинейном движении.

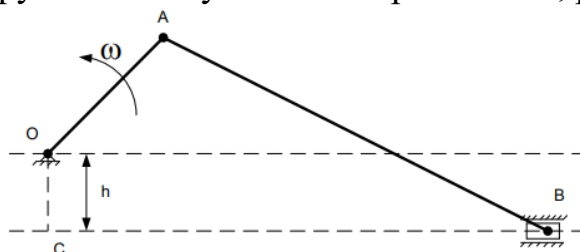
- При выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
- Оформить выполненное задание в виде отчета;
- Сделать выводы;
- Подготовиться к защите практической работы.

1. Движение точки задано уравнениями:  
 $x = 3t$ ,  $y = \frac{3}{t}$ . Определить в моменты времени 1 и 2 скорость точки, ускорение точки, касательное и нормальное ускорение. Определить и построить траекторию точки.

2. Точка А шкива, лежащая на его ободе, движется со скоростью  $v_A$ , а некоторая точка В, взятая на одном радиусе с точкой А, движется со скоростью  $v_B$ ; расстояние АВ. Определить угловую скорость  $\omega$  и диаметр шкива.



3. Найти скорость ползуна В нецентрального кривошипного механизма при двух горизонтальных и двух вертикальных положениях кривошипа, вращающегося вокруг вала О с угловой скоростью  $\omega$ , рад/с.



**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятия «Кинематика».

2. Естественный способ задания движения точки.
3. Что называется касательным ускорением?
4. Уравнение вращательного движения точки.
5. Как определить угловую скорость?
6. Формула равномерного вращательного движения.
7. Что называется поступательным движением?
8. Формула равнопеременного вращательного движения.

Таблица 6.1 - Исходные данные

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1, \text{с}$	1	2	1	2	1	3	3	2	1	1
$t_2, \text{с}$	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2
$v_A, \text{см/с}$	50	40	30	20	60	15	25	35	45	55
$v_B, \text{см/с}$	10	15	20	15	5	10	25	10	10	15
AB, см	20	15	10	25	5	10	15	20	15	5
$\omega, \text{рад/с}$	1,5	2	1,6	1,7	1,4	1,8	2	1,9	1,3	1,2

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

### ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

#### Цель работы:

- Изучить простейшие движения твердого тела, понятие мгновенного центра скоростей;
- Изучить формулы для нахождения угловых скоростей, угловых ускорений при вращательном движении;
- Изучить частные случаи вращательного движения, способы разложения плоского движения на вращательное и поступательное;

#### Формировать умения:

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 2.2.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК06.

#### Методическое руководство:

- Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- переписать задания и найти решение;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

#### Оснащение:

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники, чертежный инструмент калькулятор/

**рекомендуемые информационные источники:**

– Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.

– Методические указания по выполнению работы.

### Краткие теоретические сведения.

К простейшим видам движения твердого тела относятся поступательное и вращательное.

*Поступательное движение* – это такое движение тела, когда его точки имеют одинаковые скорости и ускорения (замедления), а их траектории-идентичные, т.е. одинаковые по форме и при их наложении друг на друга точно совпадают (рис .7.1.)

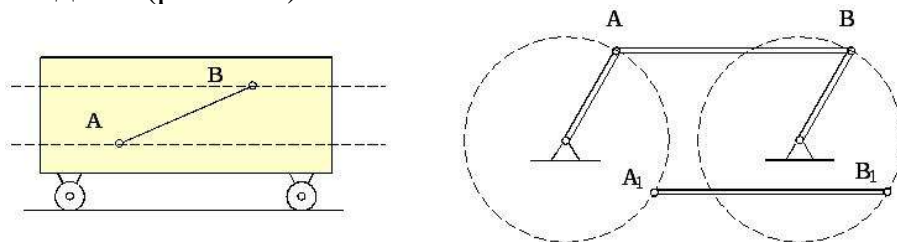


Рисунок 7.1 - Поступательное движение твердого тела

*Вращательное движение* - движение тела, при котором точки оси вращения неподвижны, а все остальные точки описывают окружности (рис.7.2.).

Угол поворота определяется законом вращательного движения  $\varphi=f(t)$ -угол поворота есть функция от времени t.

Общее уравнение вращательного движения:

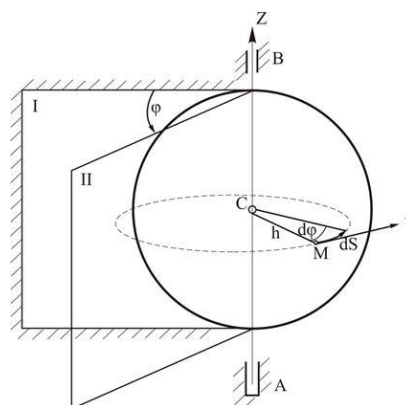


Рисунок 7.2 - Вращательное движение твердого тела

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad (7.1)$$

- где  $\varphi$  - угол поворота (градусы или радианы);  
 $\varphi_0$  - начальный угол поворота;  
 $\omega_0$  - начальная угловая скорость (рад/с);  
 $\varepsilon$  - угловое ускорение или замедление (рад/с<sup>2</sup>);  
t - время (с).

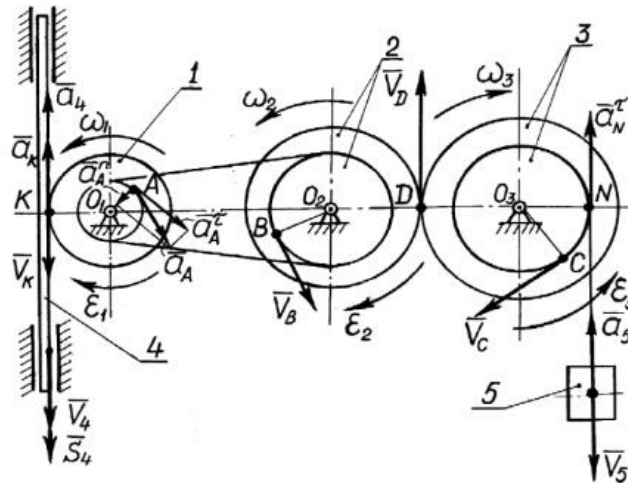
Угловая скорость  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ , общее уравнение угловой скорости  $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ .

Угловое ускорение  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ .

Пример. Механизм состоит из ступенчатых колес 1 и 2, связанных между собой ременной передачей, колеса 2 и 3 находятся в зацеплении, колесо 1 находится в зацеплении с зубчатой рейкой 4, груз 5 находится на

конце нити, намотанной на шкив 3 радиуса  $r_3$ .

Определить скорости точек В и С, ускорение груза 5, ускорение точки А и угловое ускорение колеса 2 в момент времени  $t = 2$  с, если заданы закон движения рейки  $s_4 = 4(7t - t^2)$  и размеры  $R_1 = 4$  см,  $r_1 = 2$  см,  $R_2 = 8$  см,  $r_2 = 6$  см,  $R_3 = 16$  см,  $r_3 = 12$  см.



Решение: Определим скорость движения рейки  $V_4 = 28 - 8t$ .

При  $t_1 = 2$  с,  $V_4 = 12$  м/с

Ускорение рейки найдем из выражения  $a_4 = \frac{dV_4}{dt} = -8$  м/с<sup>2</sup>.

Знак ускорения не совпадает со знаком скорости, следовательно, рейка движется замедленно.

Точка К, лежащая на ободу колеса  $R_1$ , движется со скоростью, равной скорости рейки, находящейся в зацеплении с колесом, то есть

$$V_k = 28 - 8t$$

Учитывая, что  $V_k = \omega_1 R_1$ , определим угловую скорость колеса 1:

$$\omega_1 = \frac{V_k}{R_1} = \frac{28 - 8t}{R_1}$$

При  $t_1 = 2$  с  $\omega_1 = 3$  рад/с<sup>2</sup>.

Определим угловое ускорение колеса 1:  $\epsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = -\frac{8}{R_1} = -2$  рад/с<sup>2</sup>

Ускорение точки А ступенчатого колеса 1 найдем из выражения:  $\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau$

$$\text{где } \vec{a}_A^n = \omega_1^2 r_1 = 18 \text{ см/с}^2 ; \vec{a}_A^\tau = \epsilon_1 r_1 = 4 \text{ см/с}^2$$

$$\text{Тогда } a_A = \sqrt{(a_A^n)^2 + (a_A^\tau)^2} = 18,4 \text{ см/с}^2.$$

Колеса радиусов  $r_1$  и  $r_2$  связаны бесконечным ремнем. При отсутствии проскальзывания скорости всех точек ремня одинаковы, то есть  $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$ , а угловые скорости и угловые ускорения валов 1 и 2 обратно пропорциональны радиусам колес:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1}{r_2} = 1 \text{ рад/с}^2; \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1 r_1}{r_2} = 0,67 \text{ рад/с}^2$$

Скорость точки В, расположенной на колесе 2, рассчитываем по формуле

$$V_B = \omega_2 R_2 = 8 \text{ см/с.}$$

Колеса радиусов  $R_2$  и  $R_3$  находятся в зацеплении друг с другом, поэтому угловую скорость и угловое ускорение колеса 3 найдем из соотношений

$$\omega_3 = \frac{\omega_2 R_2}{R_3} = 0,5 \text{ рад/с}^2; \varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_2 R_2}{R_3} = 0,33 \text{ рад/с}^2.$$

Скорость точки С, расположенной на колесе 3, находим по формуле

$$V_C = \omega_3 r_3 = 6 \text{ см/с.}$$

Ускорение груза 5 равно касательному ускорению точки N колеса 3:

$$a_5 = a_n^T = \varepsilon_3 r_3 = 4 \text{ см/с}^2$$

### Расчетно- графическая работа:

#### Ход работы(задание):

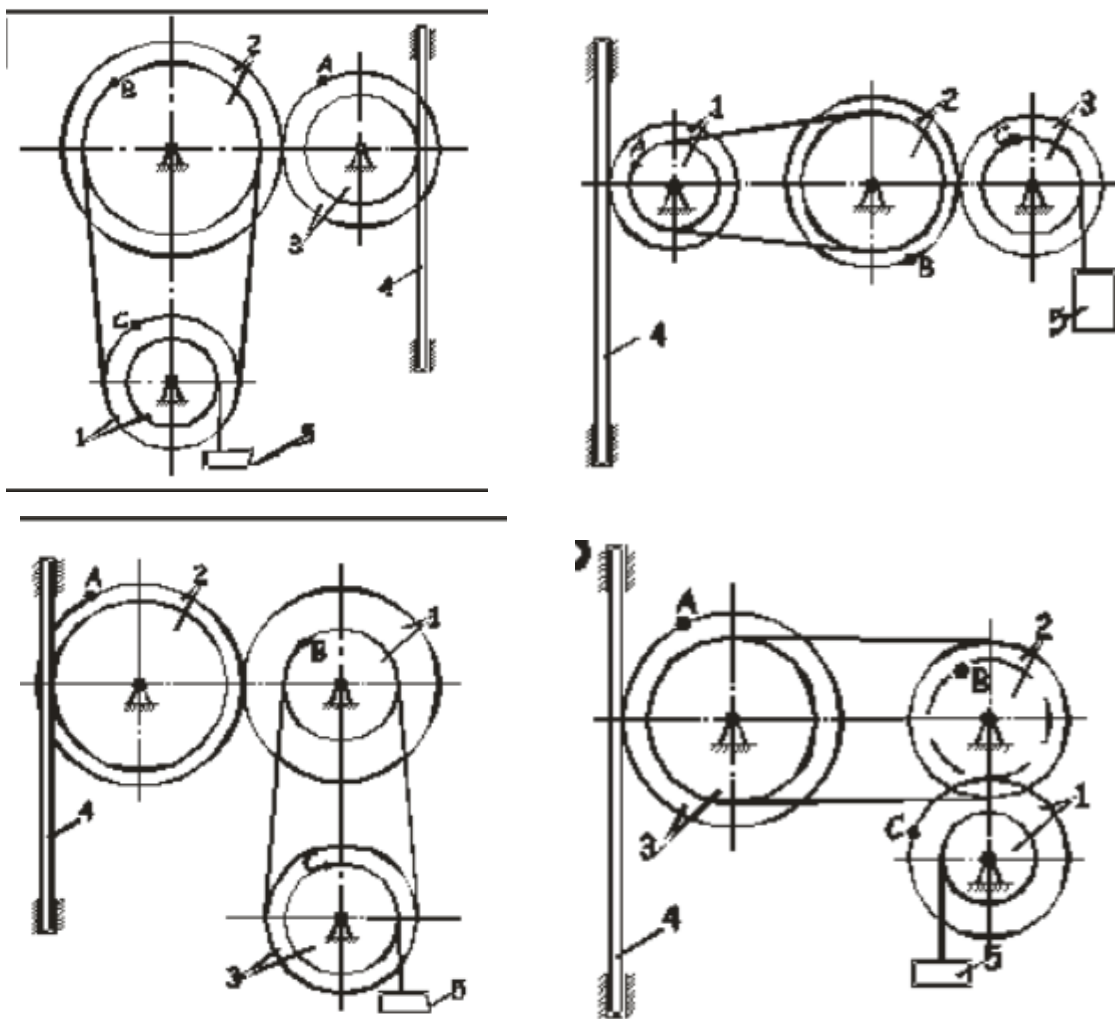
- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- ознакомиться с исходными данными по вариантам, таблица 7.1.
- Механизм состоит из ступенчатых колес 1, 2, 3, находящихся в зацеплении или связанных между собой ременной передачей, с зубчатой рейкой 4, груз 5 находится на конце нити, намотанной на один из шкивов.
- Для момента времени  $t = 1 \text{ с}$  определить и изобразить на рисунке (без масштаба) скорости и ускорения точек А, В, С механизма, а также скорости и ускорения рейки 4 и груза 5.
  - при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
  - оформить выполненное задание виде отчета;
  - сделать выводы;
  - подготовиться к защите практической работы.

Таблица 7.1 - Исходные данные по вариантам

№№	1	2	3	4	5
$R_1, \text{ м}$	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
$r_1, \text{ м}$	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4
$R_2, \text{ м}$	0,4	0,5	0,3	0,2	0,1
$r_2, \text{ м}$	0,1	0,3	0,2	0,4	0,5
$R_3, \text{ м}$	0,5	0,3	0,1	0,4	0,2
$r_3, \text{ м}$	0,2	0,4	0,5	0,3	0,1
Закон движения тела	$\varphi = 8t - 2t^2$	$\varphi = t + 3t^2$	$\varphi = t + 4t^2$	$\varphi = t^2 + t$	$\varphi = 4t^3 - 3t^2$
Схема	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>б</i>

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**



### Контрольные вопросы:

1. Назовите виды простейших движений.
2. Что такое вращательное движение?
3. Частные случаи вращательного движения.
4. Примеры плоского движения.
5. Какова формула связи между линейной и угловой скоростью?
6. Что такое мгновенный центр скоростей? Способы нахождения МЦС.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

### ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

#### Цель работы:

- Изучить основные законы динамики;
- Изучить метод кинестатики, научиться применять при решении задач;

#### Формировать умения:

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых

месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 3.3.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК03.

Методическое руководство:

- Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- переписать задания и найти решение;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

**Оснащение:**

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники, чертежный инструмент калькулятор.

**рекомендуемые информационные источники:**

– Эрдеи А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.

– Методические указания по выполнению работы.

Краткие теоретические сведения. Если к действующей на тело активной силе и реакции связи приложить дополнительную силу инерции, то тело будет находиться в равновесии (сумма всех сил, действующих в системе, дополненная главным вектором инерции, равна нулю).

**Принцип Даламбера** — это один из основных принципов динамики, согласно которому, если к заданным силам, действующим на точки механической системы, и реакциям наложенных связей присоединить силы инерции, то получится уравновешенная система сил.

Рассмотрим материальную точку  $M$ , которая движется и на которую действуют заданная сила  $F$  и реакция связи  $N$  (рис.8.1). Равнодействующая  $R$  сил  $F$  и  $N$  изобразится диагональю параллелограмма и, в соответствии с основным законом динамики, ускорение точки  $a$  будет совпадать по направлению с  $R$ , следовательно:

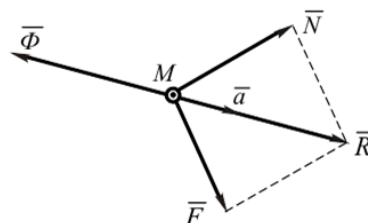


Рисунок 8.1

$$R=ma$$

Добавим к силам  $F$  и  $N$  еще одну силу, которая имеет такой же модуль, что и  $R$ , то есть  $ma$ , но направлена противоположно  $a$ :

$$\Phi=ma \quad (8.1)$$

*Сила, которая по модулю равна произведению массы точки на модуль ее ускорения и направлена противоположно ускорению, называется силой инерции.*

Совокупность сил  $R$  и  $\Phi$  равна нулю, потому что они равны по модулю и противоположны по направлению:

$$\vec{R}+\vec{\Phi}=0, \text{ или } \vec{N}+\vec{F} + \vec{\Phi}=0 \quad (8.2)$$

*Следовательно, при движении материальной точки в каждый данный*

момент времени совокупность заданной силы или  $\vec{F}$ , реакции связи или  $\vec{N}$  и силы инерции или  $\vec{\Phi}$  удовлетворяет условиям равновесия системы сходящихся си.

В этом состоит **принцип Даламбера** для материальной точки, значение которого состоит в том, что при его применении к задачам динамики уравнения движения состоят в форме уравнений равновесия.

### Расчетно- графическая работа:

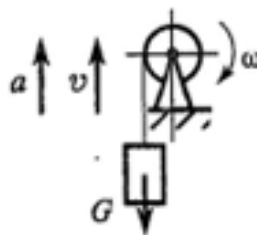
#### Ход работы(задание):

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- ознакомиться с исходными данными по вариантам, таблица 8.1.
- при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
- оформить выполненное задание виде отчета;
- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы.

1. К двум материальным точкам  $m_1$  и  $m_2$  приложены одинаковые силы. Сравнить величины ускорений, с которыми будут двигаться эти точки.

2. Свободная материальная точка, масса которой  $m_1$  (значение взять из задачи 1) движется прямолинейно согласно уравнению  $s=v(t)$ . Определить силу, действующую на точку.

3. Определить силу натяжения троса барабанной лебедки, перемещающего вверх груз массой  $m_2$  (значение из зад 1) с ускорением  $a$ .



4. Определить силу давления человека на пол кабины лифта, в случае если лифт поднимается (опускается) с ускорением,  $a$  (значение взять из задачи 3). Масса человека 80 кг.

5. Определить натяжение тягового каната скрепера А весом  $G$  (Н), перемещающегося с ускорением  $a$  ( $m/c^2$ ) (значение из задачи 3). Коэффициент трения между поверхностями  $f = 0,25$ .

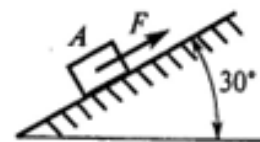


Таблица 8.1 - Исходные данные по вариантам

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m_1$ , кг	2	5	6	1	2	5	3	2	4	8
$m_2$ , кг	8	10	3	4	7	9	6	2	8	12
$s$ , м	$2,5 t^2$	$6t^2$	$7,6t^2$	$8t^2+1$	$3t^2+t$	$t-9t^2$	$2t^2-5t$	$4t^2$	$10t^2-3t$	$11t^2$
$a$ , $m/c^2$	10	8	7	1,5	5	12	2,5	6	10	4
$G$ , Н	30	45	40	25	50	20	35	20	15	65

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Контрольные работы:**

1. Что такое динамика?



2. Как формулируется аксиома инерции?
3. Как формулируется аксиома взаимодействия?
4. Как формулируется второй закон динамики?
5. Что такое сила инерции?
6. Что такое вес тела?
8. Как определить силу инерции?
9. Поясните применения принципа кинетостатики при решении задач.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9**

### **ТРЕНИЕ. РАБОТА И МОЩНОСТЬ**

#### **Цель работы:**

- трение как сопротивление движению;
- изучить силу трения и коэффициент трения, факторы, влияющие на величину коэффициента трения;
- работа силы и мощности;
- механический коэффициент полезного действия.

#### **Формировать умения:**

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений **и овладению:**

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 3.2.

**Общими компетенциями (ОК):** ОК06.

#### **Методическое руководство:**

- Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- переписать задания и найти решение;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

#### **Оснащение:**

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники, чертежный инструмент калькулятор.

#### **рекомендуемые информационные источники:**

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018.– 528 с.
- Методические указания по выполнению работы.

Краткие теоретические сведения. **Трение** — сопротивление, возникающее при движении одного шероховатого тела по поверхности другого. При скольжении тел возникает трение скольжения, при качении — трение качения. Природа сопротивлений движению в разных случаях различна.

**Сила трения всегда направлена в сторону, обратную направлению движения.**

Сила трения скольжения прямо пропорциональна силе нормального давления:

$$F_{\text{тр}} = f N \quad (9.1),$$

где  $f$  - коэффициент трения;  
 $N$  - сила нормального давления, направлена перпендикулярно опорной поверхности.

*Работой силы* называют меру действия силы при превращении механического движения в другую форму движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы  $F$  на прямолинейном перемещении  $s$  ее точки приложения равна

$$A = Fs = F_s \cos \alpha \quad (9.2)$$

- Если угол  $\alpha$  острый, то работа силы положительна, если тупой – отрицательна.

- Если направления силы и перемещения совпадают ( $\alpha=0$ ), то  $A = Fs$ ;

- Если направление силы перпендикулярно направлению перемещения ( $\alpha=90^\circ$ ), то  $A = 0$ ;

- Если направление силы противоположно направлению перемещения ( $\alpha=180^\circ$ ), то  $A = -Fs$ .

Мощностью силы называется изменение ее работы за единицу времени

$$N = \frac{dA}{dt} \quad (9.3)$$

Мощность силы в момент  $t$  равна отношению элементарной работы  $dA$  силы за бесконечно малый промежуток времени  $dt$ , начинающийся в момент  $t$  к величине  $dt$  этого промежутка времени.

$$N = \frac{F ds \cos(Fv)}{dt} = Fv \quad (9.4)$$

Мощность силы в данный момент равна произведению модуля касательной составляющей силы на модуль скорости ее точки приложения.

### **Расчетно- графическая работа:**

#### **Ход работы(задание):**

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- ознакомиться с исходными данными по вариантам, таблица 9.1.
- при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
- оформить выполненное задание виде отчета;
- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы.

1. Поезд весом  $P$ , кН идет со скоростью  $v$ , км/ч. Сила сопротивления движению составляет 0,005 веса поезда. Определить полезную мощность тепловоза. Движение прямолинейное по горизонтальному пути.

2. Лебедкой поднимается груз массой  $m$ , кг со скоростью  $v$ , м/с (значения из задачи 1). Мощность двигателя лебедки  $N$ , кВт. Определить общий КПД механизма.



3. Определить работу пары сил, приводящей в движение барабан лебедки при повороте его на  $\varphi$ , град. Момент пары сил  $M$ , Нм. (См. рисунок из задачи 1)

4. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить работу силы тяжести при планировании самолета массой  $m_1$ , кг на расстояние  $s$ , км. Высота, на которой летит самолет  $h$ , км.

5. Вычислить вращающий момент на выходном валу электродвигателя. Мощность электродвигателя  $N$ , кВт. Частота вращения вала  $n$ , об/мин.

Таблица 9.1 - Исходные данные по вариантам

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , кН	3000	4000	2500	100	1500	3500	3100	200	450	800
$v$ , км/ч	36	30	28	20	22	25	35	29	27	31
$m$ , кг	162	145	150	80	95	123	140	130	98	112
$N$ , кВт	1	0,8	0,7	1,5	1,8	1,2	2,5	0,6	1,9	0,4
$\varphi$ , град	360	300	180	340	360	180	90	270	360	300
$M$ , Нм	150	140	200	180	90	120	115	60	110	95
$m_1$ , кг	1200	2000	3500	1800	2500	3300	1900	4500	4200	3900
$s$ , км	2800	3000	1000	1500	4500	4000	2500	900	950	1900
$h$ , км	10	11	15	9	13	10,5	9,8	12	13	10
$n$ , об/мин	750	680	740	730	800	550	650	700	790	810

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Контрольные работы:**

1. Дайте определение понятия «Работа».
2. Что такое мощность?
3. Какая существует связь между понятиями работа мощность.
4. Назовите формулу определения работы.
5. Какие существуют виды трения?
6. Как определяется сила трения?
7. Что такое трение скольжения?
8. Что такое коэффициент трения и от каких факторов он зависит?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАРАБАННОЙ ЛЕБЕДКИ

#### Цель работы:

- трение как сопротивление движению;
- изучить силу трения и коэффициент трения, факторы, влияющие на величину коэффициента трения;
- работа силы и мощности;
- механический коэффициент полезного действия.

#### Формировать умения:

К освоению учебной дисциплины ОП.05 Техническая механика по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и овладению:

**Профессиональными компетенциями (ПК):** ПК 2.1

**Общими компетенциями (ОК):** ОК08.

#### Методическое руководство:

- Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- переписать задания и найти решение;
- составить отчет о проделанной работе и сделать заключение;
- подготовиться к защите практической работы.

#### Оснащение:

**Оборудование, материалы:** интернет-ресурсы, учебники, чертежный инструмент калькулятор

#### рекомендуемые информационные источники:

- Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, М.: Академия, 2018. – 528 с.
- Методические указания по выполнению работы.

**Краткие теоретические сведения.** При решении задач необходимо учитывать, что для поступательного движения тела применимы все **формулы** кинематики точки.

При решении задачи необходимо использовать следующие зависимости:

$$S = f(t); v = (S)' = (f(t))'; a_{\tau} = (S)'' = (f(t))'' = (f(v))'; a_n = v^2/R$$

$$\varphi = f(t); \omega = (\varphi)' = (f(t))'; \varepsilon = (\omega)' = (f(t))'';$$

В случае равномерного движения действующая на тело система сил является уравновешенной, в случае неравномерного – неуравновешенной. В данном случае применяется метод кинетостатики: добавляется к данной системе сила инерции:

$F = -m \cdot a$  и рассматривается условное равновесие тела:

$$\Sigma \bar{F} + \bar{R} + \bar{F}_u = 0$$

### Ход работы:

1. Определяем угловые кинематические характеристики движения барабана.
2. Определяем линейные кинематические характеристики движения барабана.
3. Рассматриваем равновесие данной системы сил согласно принципу кинетостатики
4. Определяем мощность на тросе по формуле  $P = F \cdot v$
5. С учетом КПД находим потребляемую мощность

**Пример:** При перемещении груза применяется барабанная лебедка, привод который состоит из электродвигателя, редуктора. Барабан служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Диаметр барабана  $d = 0,2\text{ м}$ , а уравнение вращения  $\varphi = 30t + 6t^2$ . Для момента времени  $t = 0,5\text{ с}$  определить все кинематические характеристики движения барабана, точки на его ободе, а также груза. Направление движения груза вверх. Определить массу перемещаемого груза, если потребляемая мощность двигателя в этот момент времени  $P = 16,1\text{ кВт}$ ,  $\text{К.П.Д.} = 0,75$ . При расчете ускорение свободного падения принять равным  $10\text{ м/с}^2$ .

**Решение:** 1. Определяем угловые кинематические характеристики барабана:

Угол поворота барабана за время  $t = 0,5\text{ с}$

$$\varphi = 30 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,5^2 = 16,5\text{ рад}$$

угловая скорость барабана

$$\omega = (\varphi)' = (30t + 6t^2)' = 30 + 12t = 30 + 12 \cdot 0,5 = 36\text{ рад/с}$$

Угловое ускорение барабана

$$\varepsilon = (\omega)' = (30 + 12t)' = 12\text{ рад/с}^2$$

2. Определяем линейные кинематические характеристики на ободе барабана

$$\text{Расстояние, пройденное точкой: } S = \varphi R = 16,5 \cdot 0,1 = 1,65\text{ м}$$

$$\text{Скорость точки } V = \omega \cdot R = 36 \cdot 0,1 = 3,6\text{ м/с}$$

$$\text{Касательное ускорение } a_t = \varepsilon \cdot R = 12 \cdot 0,1 = 1,2\text{ м/с}^2$$

Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(3,6)^2}{0,1}$$

Кинематические характеристики движения груза равны соответствующим характеристикам любой точки тягового троса, а значит и точке А, лежащей на ободе барабана.

3. На груз действует система сил: сила тяги троса  $F$ , сила тяжести груза  $G = m \cdot g$ . Заметим, что векторы силы  $F$  всегда направлены в сторону барабана, в какую бы сторону не перемещался груз. Согласно принципу

Даламбера система сил, действующих на тело, движущееся неравномерно, будет считаться уравновешенной, если к ней прибавить силу инерции  $F = m \cdot a$   
Составим систему условного равновесия для груза.

$$\sum F_y = 0 \quad F - G - F_{и} = F - m \cdot g - m \cdot a = 0 \quad F = m(10 + 1.2) = 11.2m.$$

4. Мощность на тросе является полезной и при поступательном движении вычисляется по формуле:  $P = F \cdot U = 11.2 m \cdot 3.6 = 40.3m$

5. Из формулы К.П.Д. =  $P_{пол} / P_{затр}$ .  $P_{пол} = P_{затр} \cdot \text{К.П.Д.}$

Масса груза  $m = P_{пол} / 40.3 = (16.1 \cdot 0.75 \cdot 1000) / 40.3 = 300 \text{ кг}$ ,

Где 1000 - переводной коэффициент кВт в Вт.

**Задание.** Вертикальное перемещение груза массой  $m$  осуществляется лебедкой, состоящей из двигателя, редуктора и барабана. Задано управление движением барабана. Определить потребляемую мощность двигателя в момент времени  $t$ .

Таблица 10.1 - Исходные данные по вариантам

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уравнение движения	$\varphi = 15t + 5t^2$	$\varphi = 35t + 3t^2$	$\varphi = 15t + 7t^2$	$\varphi = 29t + 5t^2$	$\varphi = 5t + 0.7t^2$	$\varphi = 7t - 0.9t^2$	$\varphi = 3t + 1.5t^2$	$\varphi = 9t - 1.1t^2$	$\varphi = 19t + 3t^2$	$\varphi = 23t - 3t^2$
Направление	вверх	вниз	вниз	вверх	вверх	вниз	вниз	вверх	вниз	вниз
Диаметр, м	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Масса, кг	120	0,8	0,7	1,5	1,8	1,2	2,5	0,6	1,9	0,4
$\varphi$ , град	360	300	180	340	360	180	90	270	360	300
$M$ , Нм	150	140	200	180	90	120	115	60	110	95
$m_1$ , кг	1200	2000	3500	1800	2500	3300	1900	4500	4200	3900
$s$ , км	2800	3000	1000	1500	4500	4000	2500	900	950	1900
$h$ , км	10	11	15	9	13	10,5	9,8	12	13	10
$n$ , об/мин	750	680	740	730	800	550	650	700	790	810

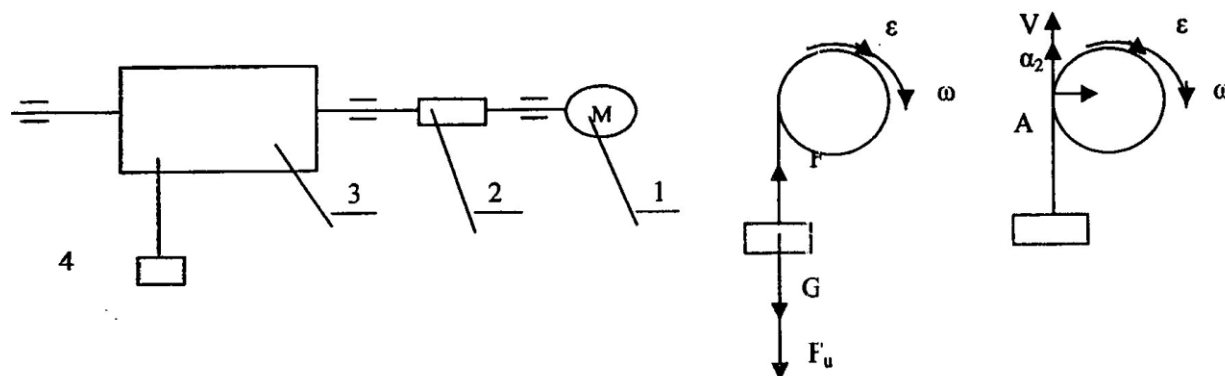


Рисунок 10.1 - Схема лебёдки: 1. Двигатель 2. Редуктор 3. Барабан 4. Груз

Расчетно- графическая работа:

**Ход работы** (задание):

- ознакомиться с краткими теоретическими сведениями;
- ознакомиться с исходными данными по вариантам, таблица 10.1.
- при выполнении работы пользоваться чертежными инструментами;
- оформить выполненное задание виде отчета;

- сделать выводы;
- подготовиться к защите практической работы.

**Результат деятельности:** Выводы. Отчет.

**Защита - (устная):**

**Контрольные работы:**

1. Дайте определение скорости точки.
2. Что называется касательным ускорением?
3. Что такое нормальное ускорение?
4. Формула равномерного прямолинейного движения.
5. Сформулируйте второй закон динамики.
6. Что такое масса тела?
7. Что изучает динамика?
8. Способы задания движения материальной точки.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основной:

1. Ахметзянов, М. Х. Техническая механика (сопротивление материалов): учебник для СПО / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 297 с. — (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]
2. Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф образования, М.: Академия, 2018. – 528 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.academia-moscow.ru>]
3. Вереина Л. И. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф образования, М.: Академия, 2018. – 352 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.academia-moscow.ru>]

Электронные учебные издания **дополнительной литературы:**

1. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие для СПО / С. Н. Кривошапко, В. А. Копнов. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 353 с. — (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]
2. Зиомковский, В. М. Техническая механика: учебное пособие для СПО / В. М. Зиомковский, И. В. Троицкий; под науч. ред. В. И. Вешкурцева. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 288 с. — (Серия : Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]
3. Техническая механика: учебник для СПО / В. В. Джамай, Е. А. Самойлов, А. И. Станкевич, Т. Ю. Чуркина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 507 с. — (Серия : Профессиональное образование)

образование). [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

4. Гребенкин, В. З. Техническая механика: учебник и практикум для СПО / В. З. Гребенкин, Р. П. Заднепровский, В. А. Летягин ; под ред. В. З. Гребенкина, Р. П. Заднепровского. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 390 с. — (Серия : Профессиональное образование). [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

5. Журавлев, Е. А. Техническая механика: теоретическая механика : учебное пособие для СПО / Е. А. Журавлев. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 140 с. — (Серия : Профессиональное образование). [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ</b> .....	4
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1. ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СХОДЯЩИХСЯ СИЛ</b> .....	4
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПССС ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ И АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБАМИ</b> .....	11
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3. ПАРА СИЛ И МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ</b> .....	14
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОПОР БАЛКИ И УСИЛИЯ В СТЕРЖНЕ</b> .....	17
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКИХ ФИГУР</b> .....	21
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ</b> .....	24
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7. ПРОСТЕЙШИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА</b> .....	26
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8. ДВИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ</b> .....	30
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9. ТРЕНИЕ. РАБОТА И МОЩНОСТЬ</b> .....	33
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАРАБАННОЙ ЛЕБЕДКИ</b> .....	36
<b>ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	39



# **ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,  
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ**  
специальность 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых  
месторождений

**Методические указания к выполнению практических занятий  
для обучающихся 2 курса очной формы обучения  
образовательных учреждений  
среднего профессионального образования**

## **Часть 1**

Методические указания  
разработал преподаватель: Кульмасова Гульнара Зифовна

Подписано к печати 29.03.2023 г.

Формат 60x84/16

Тираж

Объем 2,5 п.л.

Заказ

1 экз.

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Югорский государственный университет» (ЮГУ)  
**НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ**  
(ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
628615 Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ,  
г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.