

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«ЧЕРЕМХОВСКИЙ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ
ИМ. М.И. ЩАДОВА»**

РАССМОТРЕНО

на заседании ЦК
«Горных дисциплин»

Протокол №5

«09» января 2024г.

Председатель: А.К.Кузьмина

Утверждаю:

Зам. директора по УР

О.В. Папанова

«22» февраля 2024 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по практическим занятиям студентов

учебной дисциплины

ОП.03 Техническая механика

21.02.15 Открытые горные работы

Разработал:

Юшина А.Х.

2024г.

СОДЕРЖАНИЕ

	СТР.
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	19
ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ, ВНЕСЕННЫХ В МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	20

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по практическим занятиям учебной дисциплины «Техническая механика» составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программы дисциплины по специальности **21.02.15 Открытые горные работы**

Цель проведения практических занятий: формирование практических умений, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Методические указания практических занятий являются частью учебно-методического комплекса по учебной дисциплине и содержат:

- тему занятия (согласно тематическому плану учебной дисциплины);
- цель;
- оборудование (материалы, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал и др.);
- методические указания (изучить краткий теоретический материал по теме практического занятия);
- ход выполнения;
- форму отчета.

В результате выполнения полного объема заданий практических занятий студент должен **уметь:**

БАЗОВАЯ ЧАСТЬ

В результате освоения дисциплины студент должен **уметь:**

- оформлять технологическую и техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой;
- приводить несистемные величины измерений в соответствие с действующими стандартами и международной системой единиц СИ;
- определять напряжения в конструкционных элементах;
- определять передаточное отношение;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- производить расчеты на сжатие, срез и смятие;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- читать кинематические схемы;

В результате освоения учебной дисциплины студент должен **знать:**

- основные понятия и определения метрологии, стандартизации, сертификации;
- терминологию и единицы измерения величин в соответствии с действующими стандартами и международной системой единиц СИ;
- виды движений и преобразующие движения механизмы;

- виды износа и деформаций деталей и узлов;
- виды передач; их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- кинематику механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;
- методику расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
- методику расчета на сжатие, срез и смятие;
- назначение и классификацию подшипников;
- характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
- основные типы смазочных устройств;
- типы, назначение, устройство редукторов;
- трение, его виды, роль трения в технике;
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ

В результате освоения учебной дисциплины студент должен **знать**:

- методику расчета конструкций на растяжение и сжатие, кручение и изгиб;

При проведении практических работ применяются следующие технологии и методы обучения:

ТЕХНОЛОГИИ	МЕТОДЫ
Обучение в сотрудничестве	Словесные
Проблемно-развивающее обучение	Наглядные
Развивающее обучение	Практические
Технология учебно-поисковой деятельности	

Оценка выполнения заданий практических (лабораторных) занятий

«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено высоко.

«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки.

«Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

В соответствии с учебным планом и рабочей программы дисциплины **«Техническая механика»** на практические занятия отводится **44 часов**.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Тема практических занятий	Кол-во часов
1.	№ 1 Перевод внесистемных единиц в международную систему единиц физических величин.	2
2.	№ 2. Определение усилий и подбор элементов плоской системы сходящихся сил	2
3.	№ 3. Определение скоростей и ускорений для поступательного движения.	2
4.	№ 4. Применение принципа Даламбера к решению задач на прямолинейное движение точки	2
5.	№ 5. Расчет прочности сжатых и растянутых элементов по предельному состоянию.	2
6.	№ 6. Расчет на контактную усталость и усталость при изгибе зубьев зубчатых колес	2

3 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие № 1

Тема: Перевод внесистемных единиц в международную систему единиц физических величин

Цель: овладеть навыками перевода внесистемных единиц измерения физических величин в единицы Международной системы (СИ). Ознакомиться с некоторыми национальными внесистемными единицами измерения, научиться пересчитывать внесистемные единицы в единицы СИ.

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Задача 1.

При заключении договора купли-продажи на поставку партии импортных товаров сторонами не было оговорено, в каких единицах измерения будет определен размер товарной партии. Каждая из договорных сторон имела в виду свои национальные единицы измерения. Рассчитайте возможные убытки одной из договаривающихся сторон. Дайте рекомендации по предотвращению убытков одной из сторон. Объясните возможные причины допущенных ошибок при заключении договора.

Таблица 1

Перечень товаров и единиц их измерения

№	Наименование товара	Единицы измерения	Размер партии		Цена за ед. измерения, у.е.
			импортера	экспортера	

1.	Масло сливочное	2000	Килограмм	торговый фунт	5
2.	Пшеница	600	Центнер	короткий центнер	15
3.		1000	центнер (англ)	короткий центнер	40
4.	Мясо	100	Тонна	Тонна англ.	1600
5.	Мука	200	Тонна англ.	Короткая тонна	200
6.	Медикаменты	10000шт.	2 аптекарских унции (масса 1-й упаковки)	2 торговых унции (масса 1-й упаковки)	1
7.	Нефть	200	сухой баррель	нефтяной баррель	200
8.	Пиво	10000	бушель англ.	бушель США	300
9.	Ткани х/б	100000	метр	ярд	2
10.	Ткани шерстяные	200000	метр	фут	15

Задача 2.

Три транснациональные компании предлагают услуги по морским перевозкам грузов. С какой фирмой выгоднее заключить договор на перевозку, если

цены на транспортные услуги у всех компаний одинаковы, но у первой компании стоимость перевозки груза указана за 1 км, у второй – за 1 милю сухопутную, у третьей – за 1 милю морскую. Рассчитайте стоимость транспортных услуг каждой компании, если груз нужно перевезти на расстояние 1000 км, а стоимость перевозки на единицу расстояния составляет 5 у.е. Проранжируйте стоимость транспортных услуг по шкале отношений в возрастающем порядке.

Задача 3.

При заключении контракта на поставку мороженого мяса в особых условиях было указано, что температура его хранения должна быть не выше – 10° F (градус Фаренгейта). Фактически мясо хранилось при – 6° C.

Может ли фирма-получатель предъявить претензии поставщику, если при хранении в течение сроков годности качество мяса ухудшилось, и оно признано непригодным для пищевых целей?

Пересчет температуры в град. Цельсия на град. Фаренгейта производится по формуле:

$$t_c = \frac{5}{9} (t_f - 32)$$

Контрольные вопросы:

1. Какие единицы измерения входят в Международную систему (СИ)?
2. Какие последствия могут быть при отсутствии или неправильном указании единиц измерения при заключении контрактов?
3. Что такое физическая величина?
4. Какие физические величины вам известны?
5. Какие свойства и характеристики определяют физические величины?

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

Практическое занятие № 2

Тема: Определение усилий и подбор элементов плоской системы сходящихся сил

Цель: уметь определять величины и направления действия уравновешивающих сил графическим и аналитическим способами.

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Задание:

1. Повторить тему «Плоская система сходящихся сил».
2. Выпишите данные для вашего варианта (согласно нумерации в журнале).

№ варианта	$F_{l, н}$	№ варианта	$F_{l, н}$	№ варианта	$F_{l, н}$
1	22	11	32	21	27
2	23	12	33	22	28
3	24	13	34	23	29
4	25	14	35	24	30
5	26	15	36	25	31
6	27	16	22	26	32
7	28	17	23	27	33
8	29	18	24	28	34
9	30	19	25	29	35
10	31	20	26	30	36

3. Рассмотрите пример решения.

Пример решения: найти величины и направления действия уравновешивающих сил F_2 и F_3 графическим и аналитическим способами, если заданы величина силы $F_1 = 20$ кН и линии действия сил F_2 и F_3 (рис. а).

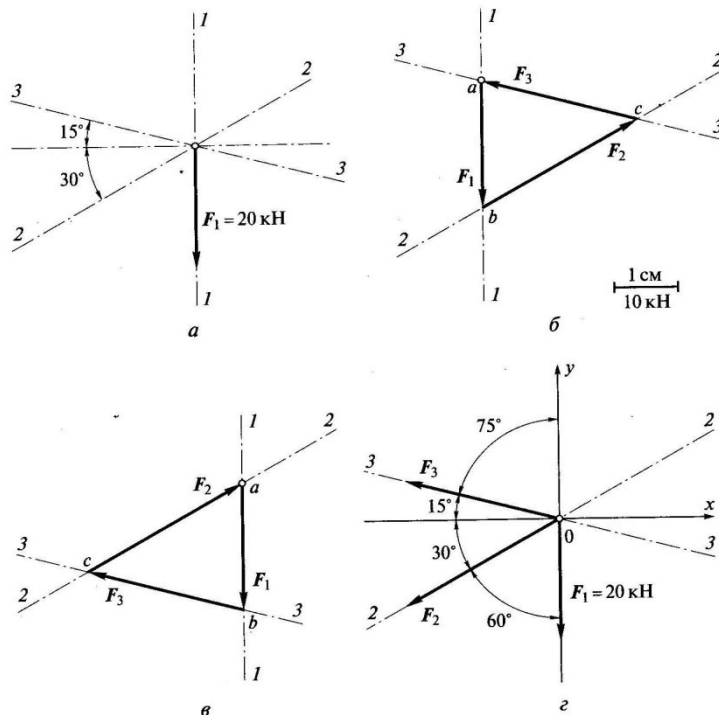
Решение графическим способом.

Принимаем масштаб сил: в 1 см – 10 кН.

Из произвольной точки а откладываем в масштабе известную силу F_1 , длина вектора которой равна длине отрезка $ab = 2$ см (рис. б).

Через начало и конец вектора силы F_1 , т.е. через точки а и b, проводим линии, параллельные линиям действия сил F_2 и F_3 , так, чтобы они пересекались в одной точке с. При этом силы F_2 и F_3 могут оказаться как справа от силы F_1 (см. рис. б), так и слева от нее (рис. в). Это не является ошибкой построения, поскольку оба полученных силовых треугольника являются двумя частями параллелограмма. Но, все же, правильнее, когда при обходе треугольника номера сил идут в нарастающем порядке, т.е. вариант $F_1 F_2 F_3$ предпочтительнее, чем второй вариант. Силы F_2 и F_3 являются уравновешивающими силу F_1 .

Измеряем отрезки bc и ca : $bc = 2,8$ см, $ca = 2,5$ см. Так как 1 см соответствует 10 кН, получаем $F_2 = 28$ кН, $F_3 = 25$ кН.



a – заданная схема действия сил; *б, в* – варианты построения силового треугольника; *г* – схема сил для аналитического решения

Расставляем стрелки на отрезках *bc* и *ca*. Из условия равновесия все стрелки должны быть направлены в одну сторону при обходе треугольника. Поскольку направление силы F_1 задано (вниз), остальные силы должны быть направлены так, как показано на рис. б, в, при этом конец вектора силы F_3 будет совпадать с началом вектора силы F_1 .

Ответ: $F_2 = 28$ кН, $F_3 = 25$ кН; направления этих сил показаны на силовом треугольнике.

Решение аналитическим способом.

Проводим оси координат Ox и Oy , традиционно направляя первую из них горизонтально, а вторую – вертикально. Силы направляем из начала координат по заданным линиям действия 3-3 и 2-2. Направление выбираем произвольно (допустим, влево – рис. г). Проставляем углы между направлениями всех сил и координатными осями.

Составляем уравнения:

$$-F_2 \cos 30^\circ - F_3 \cos 15^\circ = 0$$

$$-F_1 - F_2 \cos 60^\circ + F_3 \cos 75^\circ = 0$$

Из первого уравнения получаем выражение для F_2 :

$$F_2 = -F_3 \cos 15^\circ / \cos 30^\circ$$

Подставляем выражение для F_2 во второе уравнение:

$$-F_1 + F_3 \cos 15^\circ / \cos 30^\circ \times \cos 60^\circ + F_3 \cos 75^\circ = 0;$$

$$F_3 = F_1 / (\cos 15^\circ : \cos 30^\circ \times \cos 60^\circ + \cos 75^\circ) = 20 / (0,966 : 0,866 \times 0,5 + 0,259) = 24,48 \text{ кН}$$

Определив F_3 , находим F_2 :

$$F_2 = -F_3 \cos 15^\circ / \cos 30^\circ = 24,48 \times 0,966 : 0,866 = -27,31 \text{ кН}$$

Ответ: $F_2 = 27,31$ кН, эта сила направлена в сторону, противоположную показанной на рис, о чем говорит знак «минус» перед числовым значением; $F_3 = 24,48$ кН, сила направлена так же, как показано на рис. г, поскольку числовое значение получилось со знаком «плюс», который опущен.

4. Перечертите рисунок с соблюдением масштаба.

5. Решите задачу

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как найти равнодействующую трех сил?
2. Что можно сказать о действии сил, когда их равнодействующая равна нулю?
3. Опишите общий порядок решения задач о равновесии трех сил графическим способом.
4. Каков общий порядок решения тех же задач аналитическим способом?
5. Какой из указанных способов более точен?
6. Приведите примеры частных случаев трех сил.

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

Практическое занятие № 3

Тема: Определение скоростей и ускорений для поступательного движения.

Цель: обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Задание:

1. Повторить по учебнику тему «Кинематика точки».
2. Выпишите данные для вашего варианта (согласно нумерации в журнале).

№ варианта	S , км	v_A , км/ч	v_B , км/ч	№ варианта	S , км	v_A , км/ч	v_B , км/ч	№ варианта	S , км	v_A , км/ч	v_B , км/ч
1	110	30	20,4	11	130	34	24,8	21	110	30	20,4
2	120	32	22,6	12	140	36	26,2	22	120	32	22,6
3	130	34	24,8	13	110	30	20,4	23	130	34	24,8
4	140	36	26,2	14	120	32	22,6	24	140	36	26,2
5	110	30	20,4	15	130	34	24,8	25	110	30	20,4
6	120	32	22,6	16	140	36	26,2	26	120	32	22,6
7	130	34	24,8	17	110	30	20,4	27	130	34	24,8
8	140	36	26,2	18	120	32	22,6	28	140	36	26,2
9	110	30	20,4	19	130	34	24,8	29	110	30	20,4
10	120	32	22,6	20	140	36	26,2	30	120	32	22,6

3. Рассмотрите пример решения.

Из двух пунктов A и B прямолинейного шоссе, находящихся один от другого на расстоянии 100 км, одновременно выезжают навстречу друг другу два велосипедиста и движутся с постоянными скоростями. Велосипедист, выезжающий из A , имеет скорость v_A , а велосипедист, выезжающий из B , – скорость $v_B = 26,6$ км/ч. Определить, за какое время каждый из них проедет расстояние 100 км. Через сколько часов и где они встретятся?

Решение.

1. Находим время, затраченное первым велосипедистом на проезд от точки A до B :

$$t_{AB} = S_{AB} / v_A = 100 / 40 = 2,5 \text{ ч}$$

2. Находим время, затраченное вторым велосипедистом на проезд от точки B до A :

$$t_{BA} = S_{BA} / v_B = 100 / 26,6 = 3,75 \text{ ч.}$$

3. Время и место встречи велосипедистов наиболее просто определить графически. Расстояние между пунктами A и B , равное 100 км, изобразим на оси ординат отрезком в 50 мм (рис.202), т.е. в масштабе $\mu_S = 2 \text{ км / мм}$ ($100 \text{ км} = \mu_S \cdot 50 \text{ мм}$ и ... $\mu_S = 100 \text{ км} / 50 \text{ мм} = 2 \text{ км / мм}$).

По оси абсцисс отложим время в масштабе $\mu_t = 0,1 \text{ ч / мм}$ (4 часа изображены отрезком 40 мм, поэтому $4 \text{ ч} = \mu_t \cdot 40 \text{ мм}$ и $\mu_t = 4 \text{ ч} / 40 \text{ мм} = 0,1 \text{ ч / мм}$)

Первый велосипедист расстояние от A до B проезжает за 2,5 ч. Его перемещение изображается на графике прямой OB_1 .

Второй велосипедист расстояние от B до A проезжает за 3,75 ч и его перемещение изображается на графике прямой B_0A_2

Точка C_{12} пересечения обоих графиков указывает место и время встречи.

Встреча происходит на расстоянии $S_A = 60 \text{ км}$ от пункта A (или на расстоянии.

$S_B = 40 \text{ км}$ от пункта B) через $\Delta t = 1,5 \text{ ч}$ после начала движения велосипедистов.

Если вместо графического решения применить аналитическое, то можно рассуждать таким образом.

Допустим, что место встречи происходит на расстоянии S от пункта A , а время до встречи Δt , считая от начала движения. Тогда уравнение движения первого велосипедиста примет вид

$S = v_A \cdot \Delta t$ и уравнение движения второго велосипедиста $S = S_0 - v_B \cdot \Delta t$ где $S_0 = 100 \text{ км}$ – расстояние от местонахождения второго велосипедиста до пункта A в момент начала отсчета (при $t = 0$).

Так как левые части уравнения (1) и (2) равны, то $v_A \cdot \Delta t = S_0 - v_B \cdot \Delta t$.

Отсюда

$$\Delta t = S_0 / (v_A + v_B) = 100 / (40 + 26,6) = 1,5 \text{ ч.}$$

Из уравнения (1) определяем S :

$$S = v_A \cdot \Delta t = 40 \cdot 1,5 = 60 \text{ км.}$$

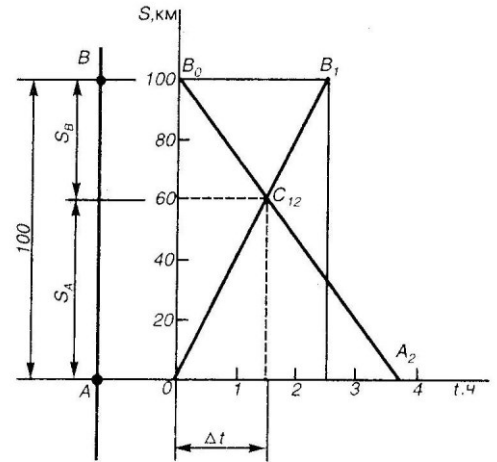
4. Решите свой вариант.

5. Ответьте на вопросы.

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение кинематики.
2. Что называют траекторией?
3. В каких единицах измеряется скорость?
4. Чему равен модуль средней скорости?



5. В каких единицах измеряется ускорение?

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

Практическое занятие №4.

Тема: Применение принципа Даламбера к решению задач на прямолинейное движение точки

Цель: уметь составлять уравнения равновесия для решения задач на прямолинейное движение точки.

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Задание:

1. Повторить по учебнику тему «Движение несвободной материальной точки».

2. Выпишите данные для вашего варианта (согласно нумерации в журнале).

№ варианта	G, кН	F, кН	S, м	№ варианта	G, кН	F, кН	S, м	№ варианта	G, кН	F, кН	S, м
1	100	20	2	11	150	25	3	21	205	30	2
2	105	25	3	12	155	30	4	22	210	35	3
3	110	30	4	13	160	35	5	23	215	40	4
4	115	35	5	14	165	40	6	24	220	45	5
5	120	40	6	15	170	45	7	25	225	50	6
6	125	45	7	16	175	50	8	26	230	55	7
7	130	50	8	17	180	55	4	27	235	60	8
8	135	55	4	18	185	60	5	28	240	65	4
9	140	60	5	19	190	65	6	29	245	70	5
10	145	65	6	20	195	70	7	30	250	75	6

3. Рассмотрите пример решения.

Пример.

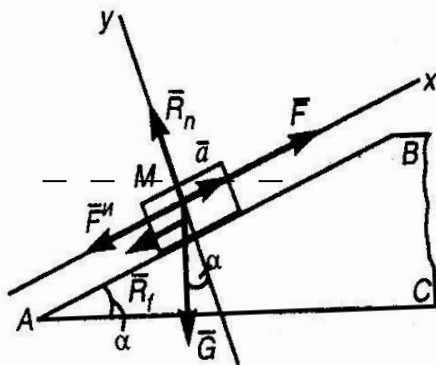
По наклонной плоскости АВ длиной 4 м и углом подъема $\alpha = 15^\circ$ равноускоренно поднимают груз М весом $G = 200$ кН, постоянной силой $F = 65$ кН, направленной параллельно наклонной плоскости. Определить, сколько времени потребуется, чтобы переместить груз на расстояние АВ, если коэффициент трения при движении груза по наклонной плоскости $f = 0,05$.

Решение.

1. Изобразим тело М на наклонной плоскости с приложенными к нему силами G и F , а также силой трения R_f и нормальной реакцией R_n наклонной плоскости.

Находясь под действием этих сил, тело движется по наклонной плоскости с постоянным ускорением a .

2. Груз перемещается равноускоренно, без начальной скорости. Время его движения можно определить из уравнения движения



$S = \frac{1}{2} a t^2$, откуда $t = \sqrt{2S/a}$, но предварительно необходимо определить ускорение a .

3. Так как груз движется с ускорением, то силы G и F , R_f и R_n , приложенные к нему, не образуют уравновешенной системы. Приложим к грузу M силу инерции $F_{и} = ma = Ga / g$, направив ее в сторону, противоположную ускорению a . Теперь система пяти сил G , F ,

R_f , R_n , $F_{и}$ является уравновешенной.

4. Выберем систему координат, как показано на рис, и спроецируем все силы на оси x и y . Тогда получим два уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0; F - G \sin \alpha - R_f - F_{и} = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0; R_n - G \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

5. Из уравнения (1)

$$F_{и} = F - G \sin \alpha - R_f, \text{ но сила трения } R_f = f R_n.$$

Нормальную реакцию R_n найдем из уравнения (2)

$$R_n = G \cos \alpha.$$

Поэтому

$$F_{и} = F - G \sin \alpha - f G \cos \alpha = F - G(\sin \alpha + f \cos \alpha).$$

Подставим в это уравнение числовые значения

$$F_{и} = 65 - 200 (\sin 15^\circ + 0,05 \cos 15^\circ) = 65 - 61,4 = 3,6 \text{ кН}$$

6. Из выражения $F_{и} = G/g \cdot a$ найдем ускорение a :

$$a = (F_{и} \cdot g) / G = (3,6 \cdot 9,81) / 200 = 0,18 \text{ м / с}^2$$

7. Подставив значение ускорения a в выражение $t = \sqrt{2S/a}$, найдем время перемещения груза M по всей длине наклонной плоскости:

$$t = \sqrt{2S/a} = \sqrt{2 \cdot 4 / 0,18} = 6,7 \text{ с.}$$

4. Решите свой вариант.

5. Ответьте на вопросы.

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что изучает динамика?
2. Какая система отсчета называется инерциальной?
3. В чем состоит принцип инерции?
4. В чем заключается основной закон динамики?
5. Чему равно значение силы тяжести тела?

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

Практическое занятие № 5

Тема: Расчет прочности сжатых и растянутых элементов по предельному состоянию

Цель (обучающая, развивающая, воспитательная): научиться применять условие прочности при решении задач.

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Указания к выполнению работы:

1. Повторить по учебнику тему «Растяжение и сжатие».
2. Выпишите данные для вашего варианта (согласно нумерации в журнале).

№ варианта	G, кН	F, кН	№ варианта	G, кН	F, кН	№ варианта	G, кН	F, кН
1	1,4	10	11	1,6	12	21	1,8	14
2	1,6	12	12	1,8	14	22	2,0	16
3	1,8	14	13	2,0	16	23	2,2	18
4	2,0	16	14	2,2	18	24	1,4	10
5	2,2	18	15	1,4	10	25	1,6	12
6	1,4	10	16	1,6	12	26	1,8	14
7	1,6	12	17	1,8	14	27	2,0	16
8	1,8	14	18	2,0	16	28	2,2	18
9	2,0	16	19	2,2	18	29	1,4	10
10	2,2	18	20	1,4	10	30	1,6	12

3. Рассмотрите пример решения.

Пример.

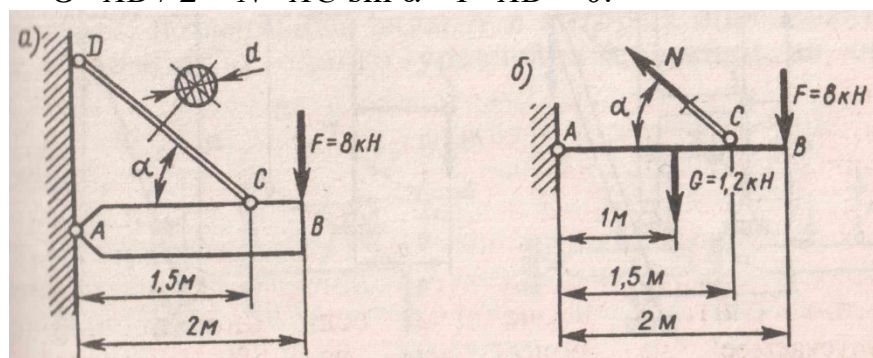
Однородная жесткая плита AB силой тяжести $G = 1,2$ кН нагружена силой $F = 8$ кН. Определить из условия прочности диаметр стержня CD , удерживающего плиту в горизонтальном положении; $\alpha = 45^\circ$, $[\sigma] = 150$ Н/мм².

Решение.

1. Применяя метод сечений, рассечем стержень CD . Отбросив верхнюю его часть вместе с шарниром D , заменим их действие на оставшуюся часть нормальной силой N . Сила тяжести плиты приложена посередине ее длины.

2. Для определения силы N составим уравнение моментов относительно точки A всех сил, действующих на плиту:

$$- G \cdot AB / 2 + N \cdot AC \sin \alpha - F \cdot AB = 0.$$



Отсюда

$$N = (G \cdot AB / 2 + F \cdot AB) / (AC \sin \alpha) = (1,2 \cdot 1 + 8 \cdot 2) / (1,5 \sin 45^\circ) = 16,2 \text{ кН}$$

3. Площадь поперечного сечения стержня, обеспечивающую его прочность, находим по расчетной формуле, имея в виду, что $N = 16,2 \cdot 10^3$ Н и $[\sigma] = 150$ Н/мм².

$$A \geq N / [\sigma] = 16,2 \cdot 10^3 / 150 = 108 \text{ мм}^2.$$

4. Из формулы площади круга находим диаметр стержня:

$$d = \sqrt{4A / \pi} = \sqrt{4 \cdot 108 / \pi} = 11,8 \text{ мм}.$$

Округляя до четного числа, принимаем значение диаметра $d = 12$ мм.

4. Решите свой вариант.

5. Ответьте на вопросы.

6. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как нужно нагрузить прямой брус, чтобы он работал только на растяжение (сжатие)?
2. Сформулируйте закон Гука. Каков физический смысл модуля продольной упругости?
3. Что такое «предельное напряжение» и что такое «расчетное напряжение»?
4. Что такое допускаемое напряжение и как оно выбирается в зависимости от свойств материалов?
5. Как можно данную статически неопределимую систему превратить в статически определимую?

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

Практическое занятие № 6.

Тема: Расчет на контактную усталость и усталость при изгибе зубьев зубчатых колес

Цель: Освоить методику расчёта на контактную прочность и изгиб передач.

- Научиться определять геометрические параметры передачи.

- Научиться определять расчётные контактные напряжения и расчётные напряжения на выносливость при изгибе.

Оборудование: раздаточный материал

Методические указания: изучить теоретический материал

Ход выполнения: выполнить задания.

Задание. Выбрать материал, назначить термическую обработку и определить допускаемые напряжения на контактную и изгибную прочность для пяти вариантов термической обработки.

Теоретическое обоснование

В зависимости от вида изделия, условий его эксплуатации и требований к габаритным размерам выбирают необходимую твердость колес и материалы для их изготовления. Для силовых передач чаще всего применяют стали. Передачи со стальными зубчатыми колесами имеют минимальную массу и габариты, причем чем меньше габариты, тем выше твердость рабочих поверхностей зубьев, которая, в свою очередь, зависит, как от марки стали, так и от вида термической обработки.

На практике в основном применяют следующие варианты термической обработки (т.о.):

1. Т.о. колеса- улучшение, твердость 235... 262 НВ;

т.о. шестерни- улучшение, твердость 269...302 НВ.

Марки сталей одинаковы для колеса и шестерни: 45, 40Х, 40ХН, 35ХМ и др. Для прямозубых колес твердость шестерни должна быть на 30-50 единиц Бринелля больше, чем твердость колеса. Для косозубых колес эта разность должна быть по возможности наибольшей. Зубья колес из улучшаемых сталей хорошо прирабатываются и не подвержены хрупкому разрушению, но имеют ограниченную нагрузочную способность. Применяют в слабонагруженных и средненагруженных передачах. Область применения улучшенных зубчатых колес сокращается.

2. Т.о. колеса- улучшение, твердость 269...302 НВ;

т.о. шестерни - улучшение и закалка ТВЧ, твердость поверхности в зависимости от марки стали 45...53 HRC. Твердость сердцевины зуба соответствует термообработке улучшение. Марки сталей одинаковы для колеса и шестерни: 40Х, 40ХН, 35ХМ и др.

3. Т.о. колеса и шестерни одинаковая - улучшение и закалка ТВЧ,

твердость поверхности в зависимости от марки стали: 45...53 HRC. Марки сталей одинаковы для колеса и шестерни: 40Х, 40ХН, 35ХМ и др. Закалённые колёса не прирабатываются, поэтому разность твёрдости шестерни и колеса не нужна.

4. Т.о. колеса - улучшение и закалка ТВЧ, твердость поверхности в зависимости от марки стали 45...53 HRC;

т.о. шестерни - улучшение, цементация и закалка, твердость поверхности 56...63 HRC. Материал шестерни - стали марок 20Х, 20ХН2М, 18ГТ, 12ХНЗА и др.

5. Т.о. колеса и шестерни одинаковая - улучшение, цементация и закалка, твердость поверхности 56...63 HRC. Цементация (поверхностное насыщение углеродом) с последующей закалкой наряду с большой твердостью поверхностных слоев обеспечивает и высокую прочность зубьев на изгиб. Марки сталей одинаковы для колеса и шестерни: 20Х, 20ХН2М, 18ХГТ, 12ХНЗА, 25ХГМ и др.

Кроме цементации применяют также нитроцементацию (твердость поверхности 56...63 HRC, стали марок 25ХГМ, 30ХГТ) и азотирование (твердость поверхности 58...67 HRC, стали марок 38Х2МЮА, 40ХНМА).

При поверхностной термической или химико-термической обработке зубьев механические характеристики сердцевины зуба определяет предшествующая термическая обработка (улучшение).

Несущая способность зубчатых передач по контактной прочности тем выше, чем выше поверхностная твердость зубьев. Поэтому целесообразно применение поверхностного термического или химико-термического упрочнения. Эти виды упрочнения позволяют в несколько раз повысить нагрузочную способность передачи по сравнению с улучшаемыми сталями. Например, допускаемые контактные напряжения $[\sigma_H]$ зубчатых колес,

подвергнутых цементации, два раза превышают значения $[\sigma_H]$ колес, подвергнутых термическому улучшению, что позволяет уменьшить массу в четыре раза.

Однако при назначении твердости рабочих поверхностей зубьев следует иметь в виду, что большей твердости соответствует более сложная технология изготовления зубчатых колес и малые размеры передачи (что может привести к трудностям при конструктивной разработке узла).

Допускаемые контактные напряжения $[\sigma_{H1}]$ для шестерни и $[\sigma_{H2}]$ для колеса определяют по общей зависимости (но с подстановкой соответствующих параметров для шестерни и колеса). При выборе допускаемых контактных напряжений необходимо учитывать влияние на контактную прочность долговечности (ресурса работы), шероховатости сопрягаемых поверхностей зубьев и окружной скорости.

При проектном расчете:

$$[\sigma_H] = \sigma_{H\text{limb}} \times K_{HL} / [S_H],$$

где $\sigma_{H\text{limb}}$ - предел контактной выносливости при базовом числе циклов нагружения (определяется по таблице 18.1 в зависимости от термической обработки);

Таблица 18.1 - Предел контактной выносливости

Способ обработки зубьев	Средняя твердость поверхности зубьев	Сталь	$\sigma_{H\text{limb}}$, МПа
Нормализация или улучшение	HB<350	Углеродистая или легированная	2HB+70
Объемная закалка	HRC38...50	18HRC+150	
Поверхностная закалка	HRC40...50	17 HRC+200	
Цементация и нитроцементация	HRC>56	легированная	23HRC
Азотирование	HV 550-750	легированная	

N_{ho} - базовое число циклов нагружения;

N_{he} - эквивалентное число циклов нагружения.

При HB<200 $N_{HO}=10^7$.

При HB 200... 500 N_{HO} ↑ по линейному закону от 10^7 до 6×10^7 .

K_{hl} - коэффициент долговечности.

Если число циклов нагружения каждого зуба колеса больше базового, то $K_{hl}=1$ (обычно для курсовых проектов).

В других условиях, если $N_{HE} < N_{HO}$, то $K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}$.

Если при расчете колес из нормализованной стали $K_{HL} > 2,6$, то принимают $K_{HL} = 2,6$.

Для колёс из закаленной стали $K_{HL} \leq 1,8$.

$[S_H]$ - коэффициент безопасности.

$[S_H]= 1,2... 1,3$ при поверхностном упрочнении;

$[S_H] = 1,1 \dots 1,2$ для колёс из нормализованной и улучшенной стали, при объёмной закалке.

Для прямозубой передачи

$$[\sigma_H] = [\sigma_{Hmin}].$$

Для косозубых и шевронных колёс

$$[\sigma_H] = 0,45 ([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}]).$$

Затем проверяется выполнение условия

$$[\sigma_H] \leq 1,23 [\sigma_{Hmin}].$$

Если это неравенство не выполняется, то принимают

$$[\sigma_H] = 1,23 [\sigma_{Hmin}].$$

ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ИЗГИБА

Допускаемые напряжения изгиба определяются отдельно для шестерни и колеса по формуле

$$[\sigma_F] = \sigma_{Flimb} [S_F],$$

где σ_{Flimb} - значение предела выносливости при отнулевом цикле изгиба, зависит от термической обработки, определяется по табл. 18.2.

Таблица 18.2. - Предел выносливости при изгибе

ТО (ХТО)	σ_{Flimb} , МПа	$[S_F]'$
Нормализация, улучшение	1,8НВ	1,75
Объёмная закалка	500-550	1,8
Поверхностная закалка		1,75
Цементация		1,55
Азотирование		1,75

Коэффициент безопасности $[S_F] = [S_F]' \times [S_F]''$

$[S_F]'$ - учитывает нестабильность свойств материала (таблица 18.2)

$[S_F]''$ - учитывает способ получения заготовок:

для поковок и штамповок $[S_F]'' = 1$;

для проката $[S_F]'' = 1,25$;

для литья $[S_F]'' = 1,3$.

Для реверсируемых передач $[\sigma_F]$ снижают на 25%.

Твёрдость материала выбирается в зависимости от марки стали и термической обработки по табл. 18.3.

Таблица 18.3. - Твёрдость материала

Марка стали	Размер сечения s, мм, не более	Твёрдость поверхности	Термообработка
		192...228НВ	Улучшение
		170...217НВ 192...240НВ 241...285НВ	Нормализация Улучшение «
		179...228НВ 228...255НВ	Нормализация Улучшение

40X		230...260HB 260...280 HB 50...59HRC	« « Азотирование аа Азотирование
45X	100 ...300 300 ...500	230...280 HB 163...269 HB 163...269 HB 230...300 HB	Улучшение « « «
30XГС		250...260 HB	Улучшение
40ХН	130...300	230 - 300 HB ≥ 241HB 48...54HRC	« « Закалка Закалка
35ХМ		241 HB 269 HB 45...53HRC	Улучшение « Закалка
40ХНМА		≥ 302HB ≥ 217HB	Улучшение «
35ХГСА		235 HB 270 HB 310HB 46...53HRC	« « « Закалка
20X		56...63HRC	Цементация
12ХН3А		56...63HRC	«
25ХГТ	-	58...63HRC	«
38ХМЮА	-	57...67HRC	Азотирование

Таблица 18.4 -Варианты заданий для практической работы

Номер варианта	улучшение	закалка	цементация	азотирование	число циклов нагружения	тип передачи
1	40ХН	40ХН		40X	2×10^5	реверсируемая
2	35ХМ	35ХМ	20X		3×10^5	реверсируемая
3	35ХГСА	35ХГСА	12ХН3А		4×10^5	реверсируемая
4	40ХН	40ХН	25ХГТ		5×10^5	реверсируемая
5	35ХМ	35ХМ		38ХМЮА	6×10^5	не реверсируемая
6	35ХГСА	35ХГСА	20X		7×10^5	не реверсируемая
7	40ХН	40ХН	20X		8×10^5	не реверсируемая
8	35ХГСА	35ХГСА		40X	9×10^5	не реверсируемая
9	40ХН	40ХН	12ХН3А		2×10^5	реверсируемая
10	35ХМ	35ХМ	12ХН3А		3×10^5	реверсируемая

Примечание. При расчетах практической работы № 1 необходимо учесть, что в вариантах 1...5 заготовка выполнена штамповкой, в вариантах 6...10 - прокаткой.

Форма отчета: конспект с выполненными заданиями.

4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

4.1 Основные электронные издания:

О-1. Кузьмина, Н. А. Техническая механика : учебное пособие / Н. А. Кузьмина. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2020. — 205 с. — ISBN 978-5-222-28638-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148821> (дата обращения: 18.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

О-2. Эрдеди, А.А. Техническая механика: учебное издание / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. — Москва : Академия, 2023. — 528 с. (Специальности среднего профессионального образования). - URL: <https://academia-library.ru> - Режим доступа: Электронная библиотека «Academia-library». - Текст: электронный

4.2 Дополнительные источники:

Д-1. Аркуша, А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: учеб. пособие для средних проф. учеб. Заведений. – 4-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2000. – 336 с.: ил.

Д-2. Брадис, В.М. Четырехзначные математические таблицы: Для сред. шк. – 57-е изд. – М.: Просвещение, 1990. – 95 с.

Д-3. Олофинская, В.П. Техническая механика.: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учебное пособие / В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: «ФОРУМ», 2012. – 352 с.: ил. – (Профессиональное образование).

Д-4. Сетков, В.И. Сборник задач по технической механике: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.И. Сетков. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 224 с.

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ, ВНЕСЕННЫХ В
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

№ изменения, дата внесения, № страницы с изменением	
Было	Стало
Основание:	
Подпись лица, внесшего изменения	