

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)
«РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ В Г. МИРНОМ»
«СВЕТЛИНСКИЙ ФИЛИАЛ ЭНЕРГЕТИКИ, НЕФТИ И ГАЗА»**

**РАССМОТРЕНО И
РЕКОМЕНДОВАННО
К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
на заседании МО
Протокол № 3
от « 08» ноября 2021 г.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по выполнению практических работ
дисциплины ОП.05 «Техническая механика»
для студентов по специальности СПО
21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений**

**Составитель:
преподаватель общепрофессиональных дисциплин
Болхосоева Н.Ф.**

**Светлый
2021 год
Аннотация**

Методические указания по выполнению практических работ разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины «Техническая механика» на основе ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практических работ.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА		3
1.	Порядок выполнения практических работ	7
2.	Требование к оформлению отчетов	7
3.	Критерии оценки практических работ	8
4.	Практические работы	9
Заключение		37
Список литературы		38
Приложения		

Методические указания по дисциплине «Техническая механика» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим занятиям, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе вы должны выполнять в тетради для практических работ.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к экзамену по дисциплине, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки на уроке вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих целей:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины.

Предусмотрено проведение 15 контрольных практических работ для студентов 2 курса очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ - в совокупности практические работы по дисциплине «Техническая механика» охватывает весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе ОП 05. Техническая механика общепрофессионального цикла программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Выполнение практических работ направлено на формирование общих компетенций, предусмотренных во ФГОС СПО по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

В результате выполнения практических работ обучающийся должен **уметь:**

- 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.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий (консультаций) можно узнать у преподавателя или посмотреть в графике работы кабинета.

Желаем вам успехов!!!

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным по данной теме. Подготовка к практическим работам заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой.
2. Для эффективного выполнения заданий вы должны знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических заданий.
3. После выполнения работы студент представляет письменный отчет.
4. Отчет о проделанной работе следует выполнять в тетради для практических работ, оформив надлежащим образом.
5. Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с порядком ее выполнения и методическими рекомендациями.
6. Выполнить и сдать работу.
7. Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка.
8. Защита проводится путем индивидуальной беседы или сдачи выполненного задания. Работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.

2 Требования к оформлению отчетов.

1. Указывают номер и название работы.
2. Запись (расчетно-графическая работа) должна соответствовать критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.
3. Любая практическая работа должна заканчиваться выводом, содержащим личное мнение с опорой на авторитетный источник.

3 Критерии оценки практических работ.

Оценка «5» ставится, если: работа выполнена полностью, в решении задач не ошибок.

Оценка «4» ставится, если: работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны – допущена одна ошибка или 2-3 недочета при решении.

Оценка «3» ставится, если: допущены более одной ошибки или 2-3 недочетов при решении, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

Оценка «2» ставится, если: допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями по данной теме в полном объеме.

По результатам выполнения практических работ студент получает допуск к экзамену.

4 Практические работы

Раздел 1. Теоретическая механика

Тема 1.1 Статика

Практическое занятие №1

Плоская система сходящихся сил

Цель работы: научиться решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

Задание. Определить реакции стержней AC и AD (рис. 1).

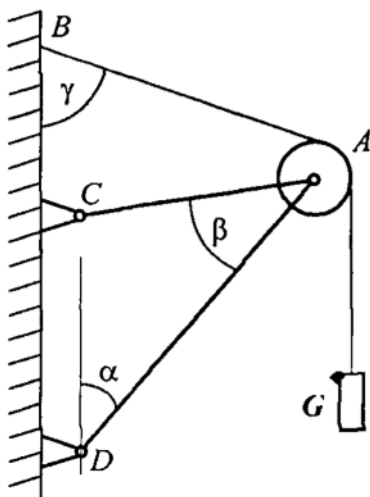


Рис. 1.

Таблица 1.

Вариант	Параметр			
	G, кН	, град	, град	, град
1	40	60	15	60
2	35	45	30	45
3	48	75	30	60
4	60	60	15	75
5	75	45	45	75

Содержание работы.

1. Определить вероятные направления реакций
2. Освобождаем рассматриваемую точку от связей.
3. Выбираем направление осей координат.
4. Записываем условия равновесия рассматриваемой точки.
5. Определяем реакции из составленных уравнений равновесия.

Время на выполнение: 2 часа.

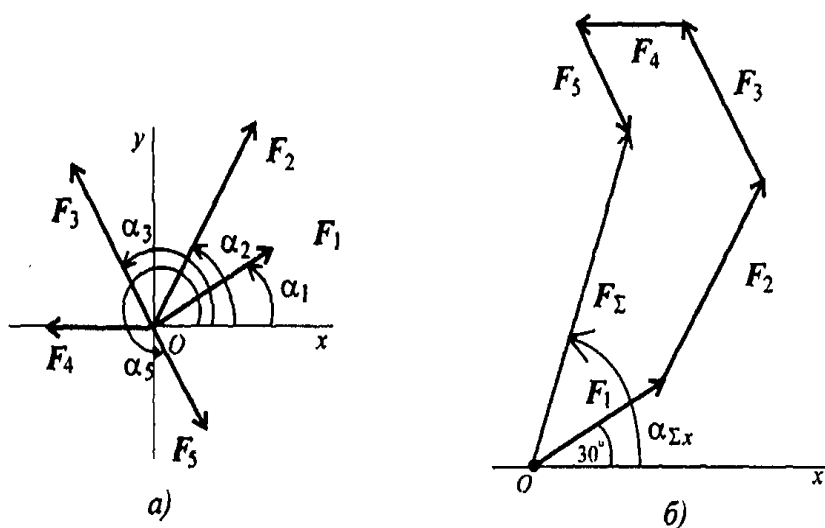
Контроль выполнения: проверка тетради.

Практическое занятие № 2

Определение равнодействующей системы сил

Цель работы: научиться определять равнодействующую системы сил, закрепить знания о способах сложения двух и более сил и разложении силы на составляющие, о геометрическом и аналитическом способах определения равнодействующей силы.

Задание. Используя схему рис 2, определить равнодействующую системы сил. Варианты



значений приводится в таблице 2.

Рис. 2

Таблица 2.

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
, кН	12	8	20	3	6

, кН	8	12	5	6	12
, кН	6	2	10	12	15
, кН	4	10	15	15	3
	10	6	10	9	18
, град	30	0	0	15	0
, град	45	45	60	45	15
, град	0	75	75	60	45
, град	60	30	150	120	150
, град	300	270	210	270	300

Содержание работы.

Для выполнения задания рекомендуется работа с учебниками, интернет-ресурсами.

1. Прочитайте внимательно задание,
2. Определить равнодействующую аналитическим способом.
3. Определить равнодействующую геометрическим способом.
4. Проверить результаты расчетов.

Время на выполнение: 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Практическое занятие № 3

Определение реакций опор балок

Цель работы: закрепить умение применения трех форм равновесия и научиться ими пользоваться при определении реакций в опорах балочных систем.

Задание. Определить величины реакций в опоре защемленной балки (рис. 3). Провести

проверку правильности решения. Варианты заданий приводится в таблице 3.

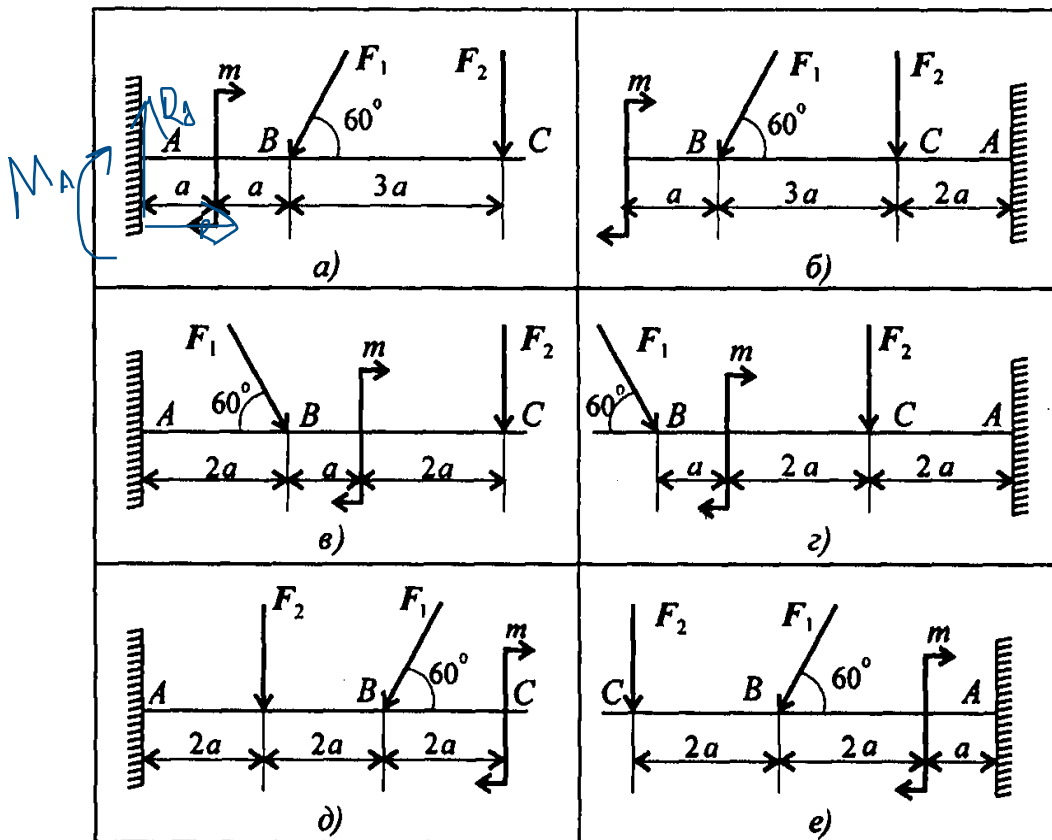


Рис. 3.

Таблица 3

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема	а)	б)	в)	г)	д)	е)	а)	б)	в)	г)
F_1 , кН	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
F_2 , кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
m , кН	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
a , м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

Содержание работы.

1. Наносим на схему балки возможные направления реакций. ЗАМЕЧАНИЕ. Если направления выбраны неверно, при расчетах получим отрицательные значения реакций. В этом случае реакции на схеме следует направить в противоположную сторону, не повторяя расчета.
2. Выбираем систему уравнений, форму уравнений равновесия.

3. Проходим проверку правильности определения реакций.

Время на выполнение: 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Практическое занятие № 4

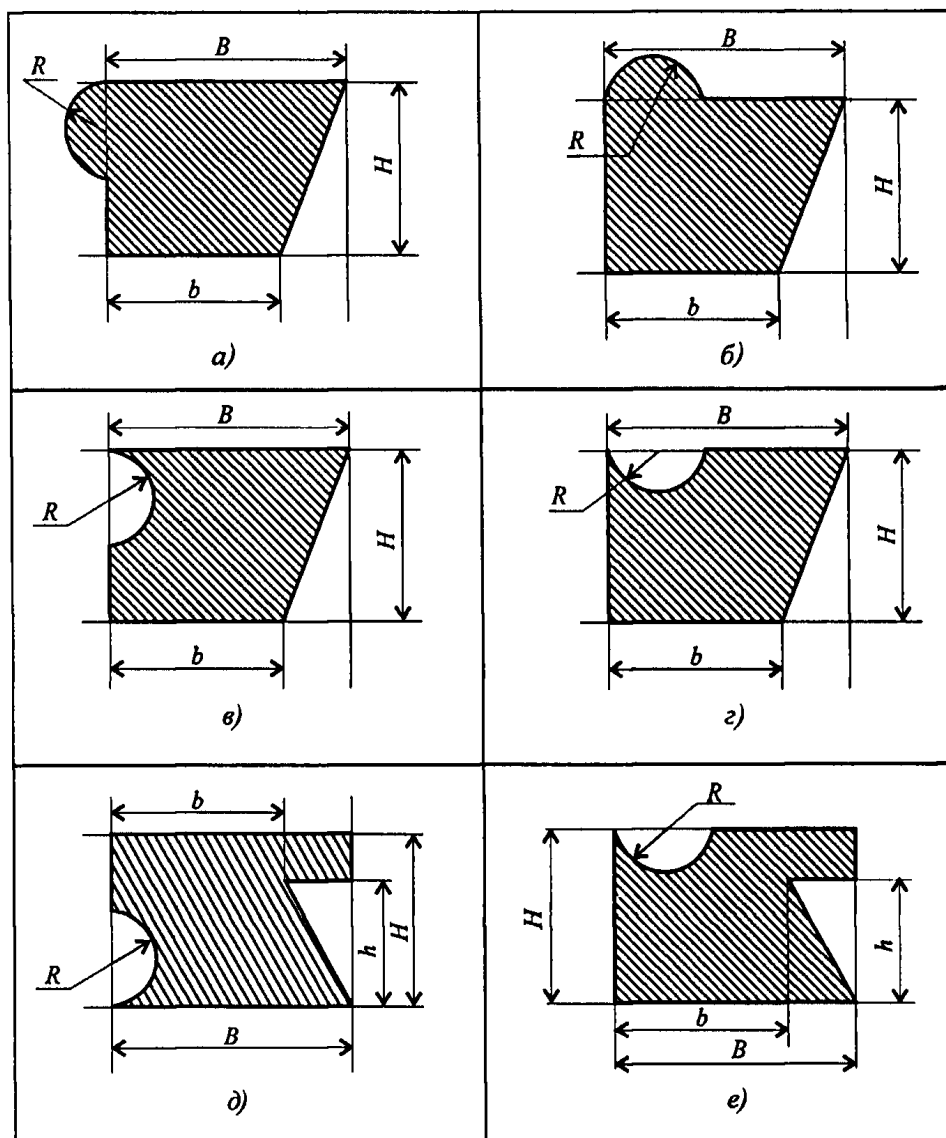
Определение положения центра тяжести плоского симметричного сечения

Цель работы: научиться использовать методы определения центра тяжести тела и плоских сечений, формулы для определения положения ЦТ плоских сечений.

Задание. Определить координаты центра тяжести заданного сечения (рис 4).

Рис. 4.

Таблица 4.



Вариант	Схема	Параметр
---------	-------	----------

		B, мм	b, мм	H, мм	h, мм	R, мм
1	а)	100	60	80	50	20
2	б)	110	70	90	60	25
3	в)	120	80	100	70	25
4	г)	130	90	110	80	30
5	д)	140	100	120	90	30
6	е)	150	110	130	100	40
7	а)	160	120	140	110	40
8	б)	170	130	150	120	50
9	в)	180	140	160	130	50
10	г)	190	150	170	140	60

Содержание работы.

1. Разбиваем заданную фигуру на части.
2. Определяем площади каждой фигуры и находим координаты центра тяжести каждой части.
3. Определяем центр тяжести всей фигуры.

Время на выполнение: 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Тема 1.3 Кинематика

Практическое занятие № 5

По заданным уравнениям движения точки и твердого тела определение их скорости и ускорения.

Цель работы: научиться определять кинематические параметры тел при поступательном движении, определять параметры любой точки тела.

Задание. Движение груза А задано уравнением $y=at^2+bt+c$, где $[y] = \text{м}$, $[t]=\text{с}$. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2 , а также скорость и ускорение точки В на ободе барабана лебедки (рис. 5). Варианты заданий приводятся в таблице 5.

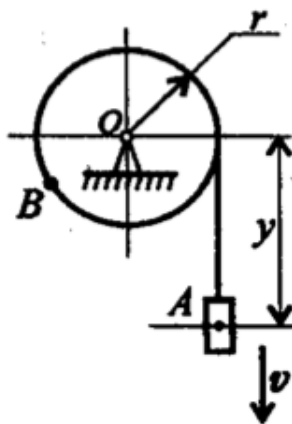


Рис. 5

Таблица 5.

Вариант	Параметр					
	a, м/с ²	b, м/с	c, м	t ₁ , с	t ₂ , с	r, м
1	2	0	3	1	3	0,2
2	0	3	4	2	4	0,4
3	3	4	0	1	3	0,6
4	0	2	5	2	4	0,8
5	3	0	2	1	3	0,5
6	3	4	0	2	4	0,4
7	2	0	4	1	3	0,3
8	0	3	2	2	4	0,2
9	4	4	0	1	3	0,8
10	0	2	3	2	4	0,6

Содержание работы.

1. Подставив заданные коэффициенты в общее уравнение движения, определить вид движения
2. Определить уравнения скорости и ускорения груза.

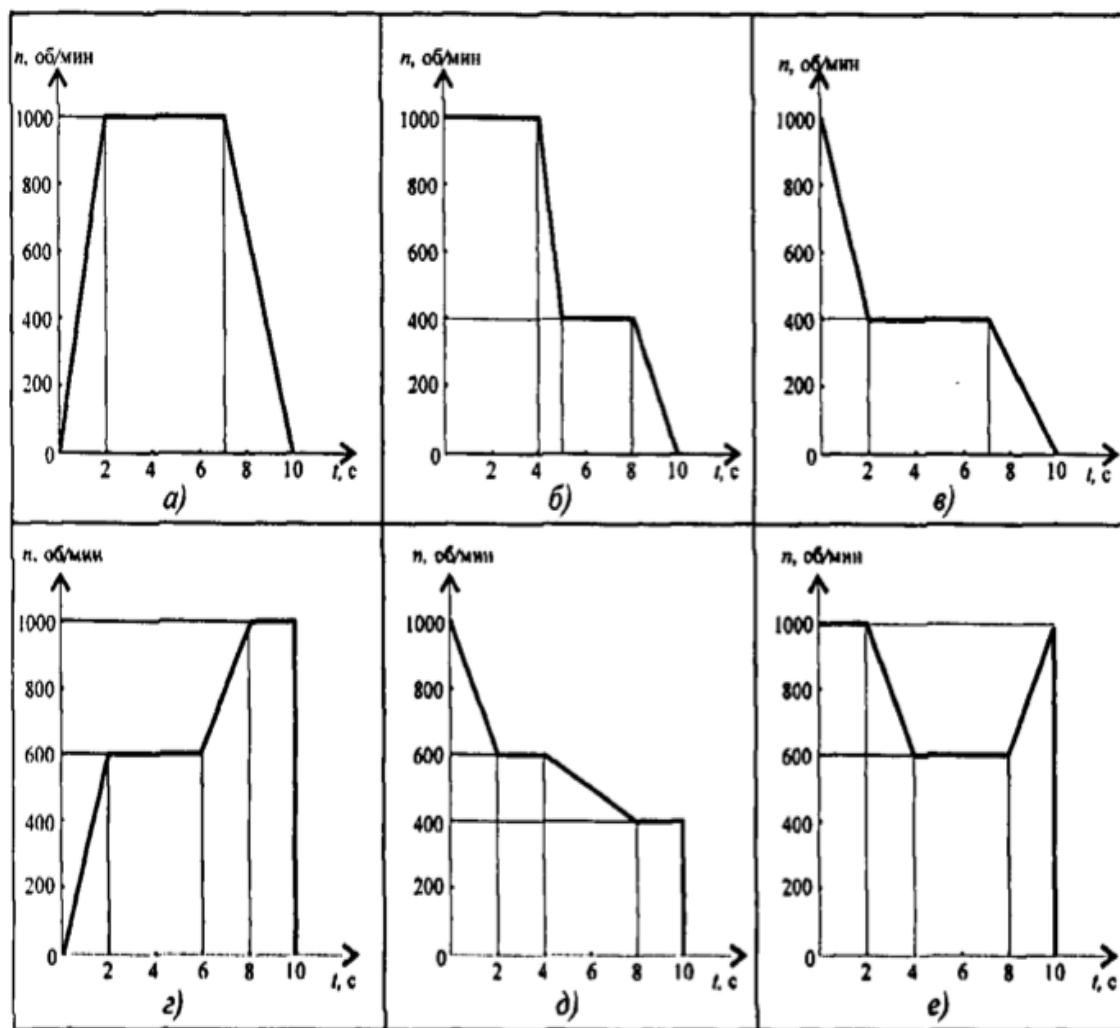
Время на выполнение 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.

Цель работы: научиться определять кинематические параметры тел при вращательном движении, определять параметры любой точки тела.

Задание. Частота вращения шкива диаметром d меняется согласно графику (рис. 6). Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорения точек обода колеса в моменты времени t_1 и t_2 . Варианты заданий



приводится в таблице 6.

Рис. 6

Таблица 6.

Параметр	Вариант
----------	---------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
График	а)	б)	в)	г)	д)	е)	а)	б)	в)	г)
Диаметр шкива	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,2	0,2	0,6	0,5	0,8
t_1, c	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
t_2, c	8	9	8	9	8	6	9	8	9	6

Содержание работы.

1. Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.
2. Записать законы движения шкива на каждом участке. Параметры движения в конце каждого участка являются начальными параметрами движения на каждом последующем.
3. Определить полный угол поворота шкива за время вращения к угловой скорости.
4. Определить полное число оборотов шкива .
5. Построить графики угловых перемещений и угловых ускорений.
6. Определить нормальное и касательное ускорение точки на ободе шкива в указанные моменты времени.

Время на выполнение: 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Тема 1.3 Динамика.

Практическое занятие № 7

Практическое применение общих теорем динамики.

Цель работы: научиться применять основные уравнения динамики при поступательном и вращательном движениях, научиться определять параметры движения с помощью теорем динамики.

Задание: шкив массой m тормозится за счет прижатия колодок силами Q (рис 7). Определить время торможения шкива, если в момент наложения колодок частота вращения шкива равна 450 об/мин. При расчете шкив принять за сплошной диск. Движение считать равнозамедленным.

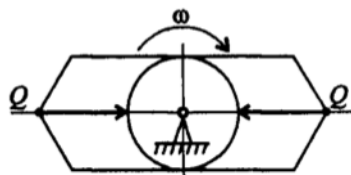


Рис. 7

Таблица 7.

Пара метр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d, м	0,45	0,45	0,55	0,45	0,36	0,35	0,28	0,30	0,32	0,34
m, кг	35					45				
f	0,35	0,42	0,42	0,35	0,45	0,44	0,43	0,36	0,37	0,38

Содержание работы.

1. По величине усилия прижатия колодок к диску и заданному коэффициенту трения определить момент трения колодок.
2. Определить момент инерции диска.
3. Используя основное уравнение динамики, определить угловое ускорение (замедление) при торможении.
4. Из уравнения скорости при равнопеременном движении определить время торможения.

Время на выполнение: 2 часа

Контроль выполнения: проверка тетради.

Раздел 2. Сопротивление материалов

Тема. 2.1 Растяжение и сжатие

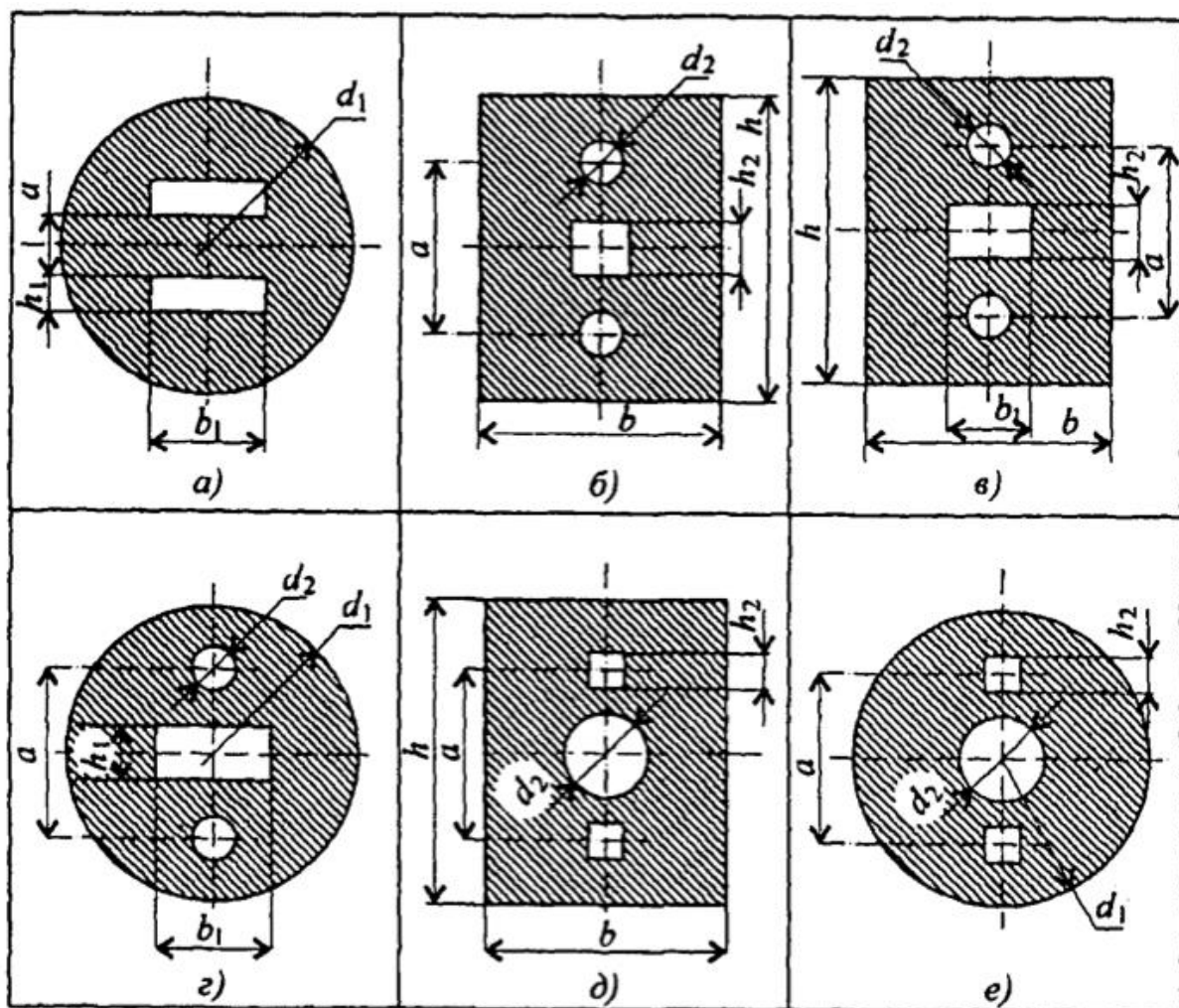
Практическое занятие № 8

Расчет моментов инерции и моментов сопротивления различных сечений.

Цель работы: научиться применять формулы моментов инерции простейших сечений, способы вычисления моментов инерции при параллельном переносе осей. Научиться определять полярные и главные центральные моменты инерции для сечений, имеющих ось симметрии.

Задание: вычислить главные центральные моменты инерции сечений, представленных на схемах (рис. 8). При расчетах воспользоваться данными таблицы 8, выбрав необходимые величины.

Рис.8.



Содержание занятия

1. Момент инерции сложной фигуры является суммой моментов инерции частей, на которые ее разбивают. Разбить заданную фигуру на простейшие части, для каждой определить главные центральные моменты инерции по известным формулам.
2. Момент инерции вырезов и отверстий можно представить отрицательными величинами.
3. Заданные сечения симметричны, главные центральные оси совпадают с осями симметрии составного сечения.
4. Моменты инерции частей, чьи главные центральные оси не совпадают с главными центральными осями сечения в целом, пересчитывают с помощью формулы для моментов инерции относительно параллельных осей. Расстояние между параллельными осями определить по чертежу.

Время на выполнение: 2 часа

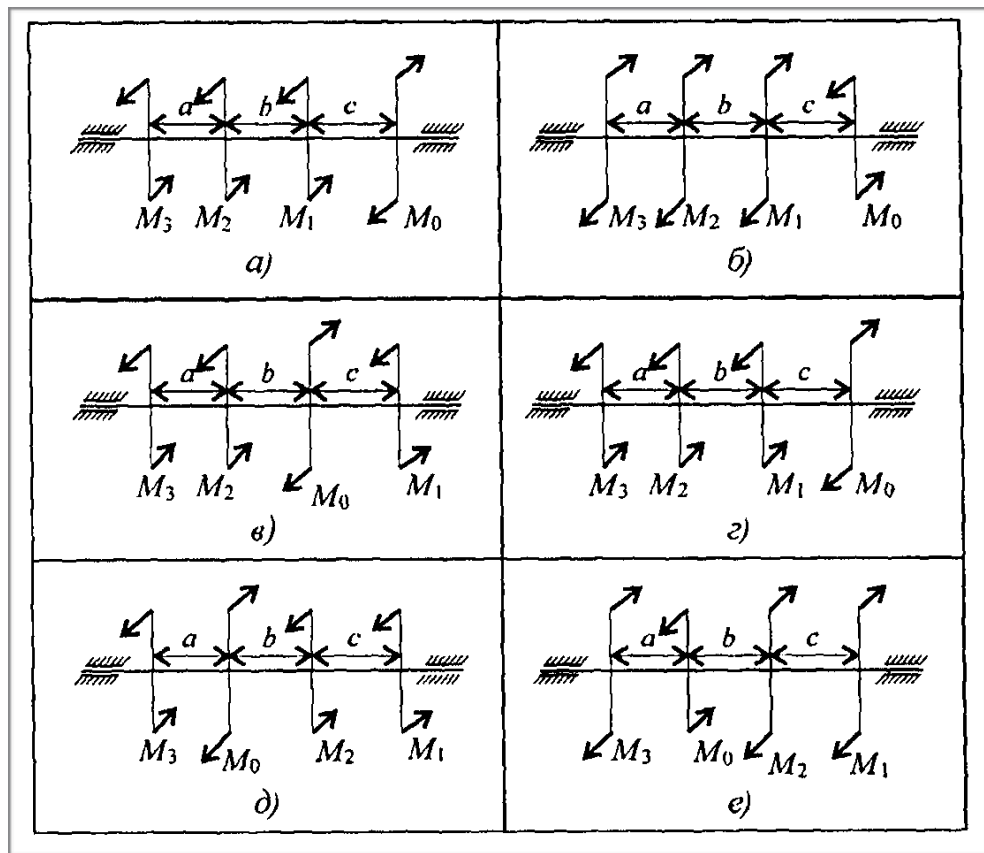
Контроль выполнения: проверка тетради.

Таблица 8.

Вариант	Параметры							
	d ₁ , мм	d ₂ , мм	h, мм	b, мм	a, мм	h ₁ , мм	b ₁ , мм	h ₂ , мм
1	72	12	72	36	48	16	32	6
2	80	14	80	42	52	18	36	8
3	88	16	88	48	56	20	40	10
4	96	18	96	54	60	22	44	6
5	98	10	98	60	58	24	48	8
6	72	12	72	36	48	16	32	10
7	76	14	76	42	48	18	36	6
8	88	16	88	48	56	20	40	8
9	96	18	96	4	60	22	44	10
10	104	20	104	60	64	24	48	6

Практическое занятие № 9

Оценка напряжения и деформации при сдвиге и кручении.



Цель работы: научиться выполнять проекторочные и проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем, проводить проверку на жесткость.

Задание: Для стального вала круглого поперечного сечения определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент (рис. 9).

Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

Рациональным расположением шкивов на валу добиться уменьшения значения максимального крутящего момента на валу.

Построить эпюру крутящих моментов для этого случая.

Дальнейшие расчеты вести для вала с рациональным расположением шкивов.

Определить диаметры вала по сечениям из расчетов на прочность и жесткость.

При расчете использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 25 рад/с; материал вала - сталь, допускаемое напряжение кручения 30 МПа, модуль упругости при сдвиге $8 \cdot 10^4$ МПа; допускаемый угол закручивания 0,02 рад/м.

Провести расчет для вала кольцевого сечения приняв $\nu=0,9$. Сделать выводы о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

Рис. 9.

Таблица 9.

Вариант	Параметр			
	a=b=c, м	P ₁ , кВт	P ₂ , кВт	P ₃ , кВт
1	1,1	2,1	2,6	3,1
2	1,2	2,2	2,7	3,2
3	1,3	2,3	2,8	3,3
4	1,4	2,4	2,9	3,4
5	1,5	2,5	3,0	3,5
6	1,6	2,6	3,1	3,6
7	1,7	2,7	3,2	3,7
8	1,8	2,8	3,3	3,8
9	1,9	2,9	3,4	3,9
10	2,0	3,0	3,5	4,0

Содержание работы.

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала для предложенной в задании схемы.
2. Выбрать рациональное расположение колес на валу и дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенными шкивами.
3. Определить требуемые диаметры вала круглого сечения из расчета на прочность и жесткость и выбрать наибольшее из полученных значений, округлив величину диаметра.
4. Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площадям поперечных сечений валов.
5. Площади валов рассчитать в наиболее нагруженном сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов).

Время на выполнение: 2 часа

Контроль выполнения: проверка тетрадей.

Тема 2. 3 Изгиб

Практическое занятие № 10

Расчет вала при изгибе с кручением.

Цель работы: научиться рассчитывать вал круглого поперечного сечения на прочность при сочетании основных деформаций.

Задание: для промежуточного вала редуктора, передающего мощность P при угловой скорости ω , определить вертикальную и горизонтальную составляющие реакций подшипников, построить эпюры крутящего момента и изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Определить диаметры вала по сечениям, приняв допустимое нормальное напряжение 60 МПа и полагая \dots . Расчет произвести по гипотезе максимальных касательных напряжений.

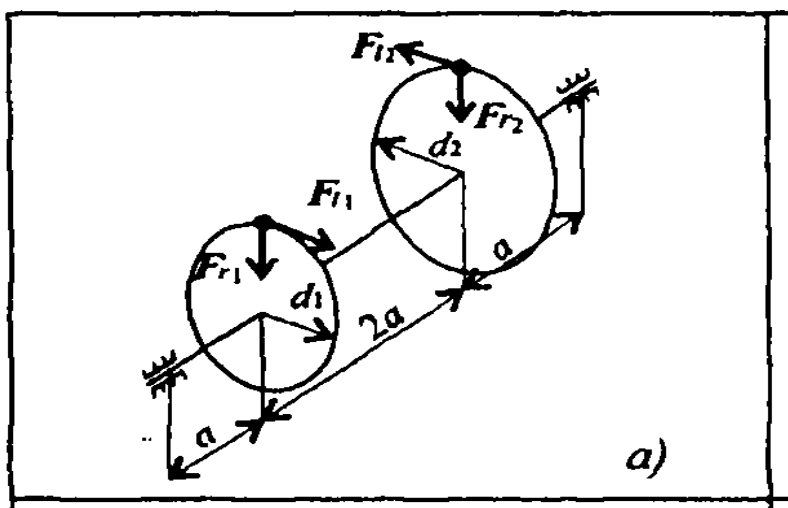


Рис. 10.

Таблица 10.

Вариант	Параметры				
	P, кВт	w, рад/с	a, мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм
1	40	70	60	60	250
2	38	65	70	70	240
3	36	62	80	80	230
4	34	58	90	90	220
5	32	54	100	100	210
6	30	50	60	110	200
7	28	46	70	120	190
8	26	42	80	130	180
9	24	38	90	140	170
10	22	34	100	150	160

Содержание работы.

1. Определить суммарный изгибающий момент в сечении.
2. Определить эквивалентный момент в сечении.
3. Из условия прочности определить требуемый момент сопротивления с сечения.
4. Определить требуемый диаметр вала круглого
5. Определить требуемые внешний и внутренний диаметры кольцевого сечения.
6. Сравнить полученные результаты по полученным площадям поперечных сечений.

Время на выполнение: 2 часа

Контроль выполнения: проверка тетради.

Раздел 3. Детали механизмов и машин.

Тема 3.2 Общие сведения о передачах

Практическое занятие № 11

Расчет геометрических параметров ременной передачи.

Цель работы: повторение пройденной темы.

Задание: Рассчитать клиноременную передачу по данным примера расчета привода, если известны: передаваемая мощность на ведущем шкиве P , равная мощности на валу электродвигателя $P = 2,48$ кВт; частота вращения ведущего шкива n_1 , равная частоте вращения вала электродвигателя $n_1=1410$ 1/мин; передаточное число временной передачи $u_p=2,855$. Варианты заданий приводится в таблице 11.

Содержание работы.

1. Выбрать по заданной мощности подходящий профиль ремня. Учитывая, что каждому значению передаваемой мощности соответствует два или даже три рекомендуемых профиля ремня, расчет передачи целесообразно вести в двух (или трех) вариантах. Окончательно следует принять вариант, дающий меньшие габариты и большую долговечность.
2. Определить передаточное число $u=w_1/w_2$.
3. Выбрать расчетный диаметр D_1 меньшего шкива и определить скорость ремня. При этом необходимо, чтобы $5 < v < 30$ м/с. Рекомендуется $v=15-25$ м/с.
4. Определить диаметр ведомого (большого) шкива. Расчетный диаметр D_2 следует округлить до стандартного: $D_2=D_1(1-e)i$.
5. Выбрать предварительно межосевое расстояние: $a_{\min}=0,55 (D_1+D_2)+h$.
6. Определить расчетную длину ремня L . По вычисленной длине L выбирают стандартную длину ремня L_0 .
7. Уточнить межосевое расстояние a_0 .
8. Проверить длину ремня на долговечность по числу пробегов в секунду. Если условие не удовлетворяется, следует увеличить a (и, следовательно, L).
9. Определить окружное усилие F .
10. Определить допускаемое полезное напряжение.
11. Определить число ремней. Число ремней z не должно превышать 8-12, в противном случае следует перейти на большее число сечения ремня.
12. Определить силу давления на вал от натяжения ремней Q .

Время на выполнение: 2 часа

Контроль выполнения: проверка тетради.

Таблица 11.

Вариант	Параметр		
	передаваемая мощность на ведущем шкиве Р	частота вращения ведущего шкива n_1	передаточное число временной передачи u_p
1	2,48	1410	2,98
2	2,5	1500	2,785
3	2,78	1425	2,855
4	2,48	1410	2,98
5	2,5	1500	2,785
6	2,78	1425	2,855
7	2,48	1410	2,98
8	2,5	1500	2,785
9	2,78	1425	2,855
10	2,48	1410	2,98

Тема 3.3 Детали механизмов

Практическое занятие № 12

Изучение конструкций подшипников качения

Цель работы: повторение пройденного материала.

Задание: Подобрать шариковые радиальные однорядные подшипники качения для тихоходного вала цилиндрического косозубого редуктора, если известны следующие параметры: диаметр вала в месте посадки подшипников $d_2=60$ мм; частота вращения вала $n_2=215,6$ 1/мин; заданный ресурс работы $L_{min}=10400$ ч; реакция в опоре А $R_A=5149,5$ Н; осевая сила $F_{a2}=884$ Н; реакция в опоре С $R_C=7521,5$ Н; осевая сила $F_{a2}=884$ Н. Варианты заданий приводятся в таблице 12.

Таблица 12

Вариант	Параметр				
	диаметр вала в месте посадки подшипников d_2	частота вращения вала n_2	заданный ресурс работы L_{min}	реакция в опоре А	осевая сила F_{a2}
1	60	215,6	10400	5149,5	884
2	65	210	10500	4980	900

3	64	220	11000	5000	880
4	60	215,6	10400	5149,5	884
5	65	210	10500	4980	900
6	64	220	11000	5000	880
7	60	215,6	10400	5149,5	884
8	65	210	10500	4980	900
9	64	220	11000	5000	880
10	60	215,6	10400	5149,5	884

Содержание работы.

1. Выбираем предварительно шариковые радиальные подшипники средней серии 312 (табл.1.1 приложения 1), для которых статическая грузоподъемность $C_0=48$ кН, динамическая грузоподъемность $C=81,9$ кН. Подшипник в опоре С более нагружен, поэтому расчет будем производить для него, причем предположим наихудший случай, когда осевую нагрузку F_{a2} воспринимает также подшипник опоры С.

2. Отношение

По таблице П7 находим значение коэффициента осевого нагружения $e: e=0,2$.

При вращении внутреннего кольца $V=1$.

3. По табл. 1.2 приложения 1 определяем значения коэффициентов радиальной X и осевой Y силы: $X=1; Y=0$.

4. Эквивалентная динамическая нагрузка

Коэффициент безопасности для редукторов ; температурный коэффициент $=1$ при температуре в редукторе не выше 100 , следовательно:

5. Расчет долговечности подшипника:

где a_1 – коэффициент надежности, $a_1 = 1$ при 90% надежности, $a_1=0,62$ при 95% надежности; a_2 – коэффициент, характеризующий совместное влияние на долговечность качества металла и условий эксплуатации, $a_2 = 0,7 \dots 0,8$ для роликовых конических подшипников; $a_2=0,5 \dots 0,6$ для роликовых радиальных подшипников; p – показатель степени, $p=3$ для шариковых подшипников, $p 3,33$ для роликовых подшипников.

Необходимая долговечность обеспечена. Подшипник в опоре А по технологическим соображениям выбираем такой же.

Время на выполнение: 2 часа.

Контроль выполнения: проверка тетради.

Практическое занятие № 13

Расчет зубчатых и червячных передач.

Цель работы: научиться рассчитывать параметры червячных передач.

Задание. Рассчитать привод цепного конвейера (рис. 20.2) с червячным редукторов. Исходные данные: окружное усилие на ведущем барабане конвейера $F=2500$ Н; скорость движения ленты конвейера $V=1,8$ м/с; число зубьев тяговой звездочки $z=12$; шаг цепи конвейера $P_{ц}=100$ мм; редуктор должен работать 8 часов в сутки ($t_{ц}=8$ ч), 260 дней в году ($g=260$ дней) в течении 5 лет ($L=5$); $t=5$ ч; отношение $T'/T=0,6$; $T_{пик}=2,2T$; передача неререверсивная. Варианты заданий приводится в таблице 13.

$$u_{общ1} = n_{эл.дв} / n_{вых} = 2020 / 123,5 = 16,36;$$

$$u_{общ2} = n_{эл.дв} / n_{вых} = 1410 / 123,5 = 11,42;$$

$$u_{общ3} = n_{эл.дв} / n_{вых} = 950 / 123,5 = 7,69;$$

$$u_{общ4} = n_{эл.дв} / n_{вых} = 709 / 123,5 = 5,74.$$

Далее по табл. 20.1 предварительно принимаем в соответствии с рекомендациями стандартное значение передаточного числа редуктора $u_{ред} = 4$ и вычисляем возможные значения передаточного числа ременной передачи:

$$u_{p1} = u_{общ1} / u_{ред} = 23,08 / 4 = 5,77;$$

$$u_{p2} = u_{общ2} / u_{ред} = 11,42 / 4 = 2,855;$$

Таблица 13.

Вариант	Параметр				
	Окружное усилие, F	Скорость движения ленты конвейера, V	Число зубьев тяговой звездочки, z	Шаг цепи конвейера, P _ц	Время работы, t _ц
1	2500	1,8	12	100	8
2	2450	2	16	114	12
3	2300	1,6	18	120	12
4	2500	1,8	12	100	8
5	2450	2	16	114	12
6	2300	1,6	18	120	12
7	2500	1,8	12	100	8
8	2450	2	16	114	12
9	2300	1,6	18	120	12
10	2500	1,8	12	100	8

Порядок выполнения работы

1. Частота вращения приводного вала, на котором установлен барабан конвейера:

Мощность на приводном валу конвейера

$$P_{номр} = FV / 1000 = 10502,1 / 1000 = 2,205 \text{ кВт}$$

Далее по таблице 2.3 (приложение 2) выбираются значения КПД отдельных передач, входящих в привод, и определяется общий КПД привода. Мощность на валу электродвигателя.

Выбираем по каталогу электродвигатели, удовлетворяющие условию по мощности, т.е. с мощностью ≈ 3 кВт (табл. 1.1 приложение 2): это электродвигатели АИР90L2, АИР100S4,

АИР112МА6 и АИР112МВ8, имеющие соответственно асинхронную частоту вращения 2850, 1410, 950 и 709 мин⁻¹.

Исходя из этого получаем четыре возможных варианта значения общего передаточного числа привода:

Далее по табл. 2.2 (приложение 2) предварительно принимаем в соответствии с рекомендациями стандартное значение передаточного числа редуктора и вычисляем возможные значения передаточного числа ременной передачи:

В соответствии с рекомендациями табл. 2.2 (приложение 2) оптимальное значение передаточного числа для ременных передач находится в пределах $u_p=2 \dots 4$, поэтому окончательно принимаем

Таким образом, в приводе конвейера используем электродвигатель АИР100S4 ТУ 16-525.564-84.

Частота вращения быстроходного вала редуктора

Так как он соединен с валом электродвигателя ременной передачей.

Частота вращения тихоходного вала редуктора

По суточному графику нагрузки привода (рис.20.3) рассчитывается эквивалентное число циклов нагружения зубьев колеса и шестерни в течение всего срока службы при расчете на контактную прочность:

Для шестерни

$$n_2[(T/T)^3t + (T'/T)^3t']gL =$$

$$123,47[5 + 0,9^3(8 - 5)]260 \cdot 5 =$$

$$0^7;$$

$$6,9 \cdot 10^7 \cdot 4 = 27,6 \cdot 10^7.$$

с рекомендациями формулы
 для шестерни сталь 40ХН, $\sigma_b =$
 твердость $H_1 = 265 \dots 295$ НВ
 в масло + отпуск 540 °С; для
 колеса сталь 40Х,
 твердость $H_2 = 230 \dots 257$ НВ,
 термообработка — закалка с 860 °С

Рис. 20.3 Суточный график нагрузки привода.

- По табл. 2.4 (приложение 2) в соответствии с рекомендациями формулы (20.17) выбираем: для изготовления шестерни сталь 40ХН, , твердость $H_1=265 \dots 295$ НВ, термообработка – закалка с 790 в масло + отпуск 540; для изготовления колеса сталь 40Х, , , твердость $H_2=230 \dots 257$ НВ, термообработка – закалка с 860 в масло + отпуск 600

Средняя твердость шестерни

Средняя твердость колеса

В соответствии с табл. 20.5 при средней твердости шестерни $=280$ НВ базовое число циклов

нагружения для нее $N_{HG1}=2,510^7$ циклов, для колеса с базовое число циклов $N_{HG2}=1,710^7$ циклов.

Поскольку и , то можно принять коэффициент долговечности

3. Допускаемые контактные напряжения (коэффициент безопасности при расчете на контактную прочность для нормализованных и улучшенных сталей принимается $S_H=1,1$):

Для колеса с учетом того, что

Для шестерни с учетом того, что

Для прямозубых передач за расчетное значение принимают меньшее из двух и , в данном случае

4. Мощность на валах редуктора:

На быстроходном валу

На тихоходном валу

Крутящий момент на валах редуктора:

На быстроходном валу

На тихоходном валу

5. Межосевое расстояние редуктора

Так как шестерня и колесо выполнены из стали, модуль упругости материала

По табл. 2.7 (приложение 2) для одноступенчатого редуктора с симметричным расположением колес относительно опор с твердостью рабочих поверхностей и соответствии со стандартным рядом выбираем , тогда

По табл. 2.6 (приложение 2) находим

Тогда

Принимаем стандартное значение межосевого расстояния $a=125$ мм.

6. Рабочая ширина:

Колеса

Шестерни

7. Модуль передачи

$m=(0,01 \dots 0,02)a=(0,01 \dots 0,02)125=1,25 \dots 2,5$ мм.

По табл. 2.8 (приложение 2) принимаем стандартное значение модуля $m_{ст}=2$ мм.

8. Суммарное число зубьев прямозубой передачи:

Число зубьев шестерни

Условие по удовлетворяет, так как для прямозубых колес

Число зубьев колеса

Действительное передаточное число

Отклонение от заданного передаточного числа нет.

9. Определяются геометрические размеры колес.

Диаметры делительных окружностей:

Шестерни

Колеса

Проверка значения межосевого расстояния

Что соответствует ранее определенному значению.

Диаметры окружностей вершин зубьев:

Шестерни

Колеса

Диаметры окружностей впадин зубьев:

Шестерни

Колеса

10. Силы в зацеплении:

Окружная

Радиальная

осевая

11. Проверочный расчет на контактную прочность проводится по формуле

Для параметров, входящих в данную формулу, принимаем следующие числовые значения.

Коэффициент расчетной нагрузки при расчете на контактную прочность

Значение было найдено при расчете межосевого расстояния, а значение выбираем по табл.

2.11 (приложение 2) в зависимости от окружной скорости и степени точности изготовления передачи.

При окружной скорости

По табл. 2.9 (приложение 2) рекомендуется 9-я степень точности. Тогда коэффициент и

Значение

Таким образом,

Отклонение от [] составляет

Условие контактной прочности соблюдается.

12. Проверка зубьев на изгиб.

По суточному графику нагрузки привода рассчитывается эквивалентное число циклов нагружения зубьев колес и шестерни в течение всего срока службы при расчете на изгибную

прочность:

Для колеса

Для шестерни

Таким образом, передача работает при постоянной нагрузке, так как и циклов.

Согласно рекомендациям, коэффициент режима работы ; коэффициент безопасности
коэффициент долговечности

Предел изгибной выносливости зубьев

Для шестерни

Для колеса

Таким образом, допускаемые напряжения изгиба:

Для шестерни

Для колеса .

Проверочный расчет на изгибную прочность проводится по формуле

Для параметров, входящих в данную формулу, принимаем следующие числовые значения.

Коэффициент формы зуба выбирается в зависимости от z .

По табл. 2.12 (приложение 2) выбираем для шестерни ; для колеса

Коэффициент расчетной нагрузки при расчете на изгиб

по табл. 20.13 определяем (при $H < 350$ НВ и), а по табл. 20.15 (интерполяцией) (при $V = 1,29$ м/с, $H < 350$ НВ и 9-й степени точности изготовления передачи).

Тогда

Расчет на изгиб производится для шестерни или колеса в зависимости от отношения :

Для шестерни

Для колеса

Так как для колеса это отношение меньше, то расчет проведем по колесу:

Что меньше

Таким образом, условие прочности на изгиб соблюдается.

13. Кратковременные (пусковые) перегрузки по контактным напряжениям

Где отношение $= 2,2$ – из задания;

;

По напряжениям изгиба

$= 175,8$ МПа,

Что меньше

Таким образом, условия прочности по контактным напряжениям и по напряжениям изгиба соблюдается.

Время на выполнение: 2 часа

Контроль выполнения. Проверка тетради.

Тема 3.4 Соединение деталей и узлов машин.

Практическое занятие № 14

Выполнение проверочных расчетов сварных, клепаных соединений.

Цель работы. Повторение пройденной темы.

Задание. Выполнить проверку на прочность сварных и клепаных соединений.

Содержание работы.

Задача 1. Проверить прочность сварного соединения угловыми швами с накладкой. Действующая нагрузка 60 кН, допускаемое напряжение металла шва на сдвиг 80 МПа.

Задача 2. Сварное соединение выполнено угловыми швами с накладкой. $S=10$ мм; $b=120$ мм. Рассчитать суммарную площадь среза сварных швов при передаче силы F .

Задача 3. Проверить на прочность заклепочного соединения на срез, если $F=80$ кН; допускаемое касательное напряжение на срез 100 МПа; допускаемое нормальное напряжение на смятие 240 МПа; $d=17$ мм; $b=50$ мм; $z=3$.

Задача 4. Проверить прочность сварного соединения угловыми швами с накладкой. Действующая нагрузка 95 кН, допускаемое напряжение металла шва на сдвиг 86 МПа.

Задача 5. Сварное соединение выполнено угловыми швами с накладкой. $S=14$ мм; $b=100$ мм. Рассчитать суммарную площадь среза сварных швов при передаче силы F .

Задача 6. Проверить на прочность заклепочного соединения на срез, если $F=180$ кН; допускаемое касательное напряжение на срез 250 МПа; допускаемое нормальное напряжение на смятие 360 МПа; $d=23$ мм; $b=40$ мм; $z=5$.

Время на выполнение 2 часа.

Контроль выполнения. Проверка тетради.

Практическое занятие № 15

Расчеты одиночного болта при постоянной нагрузке.

Цель работы. Повторение ранее изученного материала.

Задание 1. Определить диаметр болта потолочной проушины для груза весом P (рис. 11). Резьба метрическая с крупным шагом, затяжка контролируемая. Значения P и материал болта приведены в таблице 14.

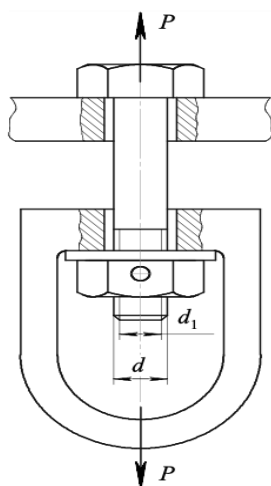


Рис. 11.

Таблица 14.

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вес груза P , кН	5	7	12	14	20	32	46	56	68	89
Материал болта	Ст 3			Сталь 35			Сталь 45			

Задание 2. Винтовая стяжка (рис. 12) имеет правую и левую метрическую резьбы по СТ СЭВ 182-75. Рассчитать винты стяжки при действии на нее силы F . Нагрузка статическая, затяжка неконтролируемая. Материал винтов и значение силы F приведены в таблице 15.

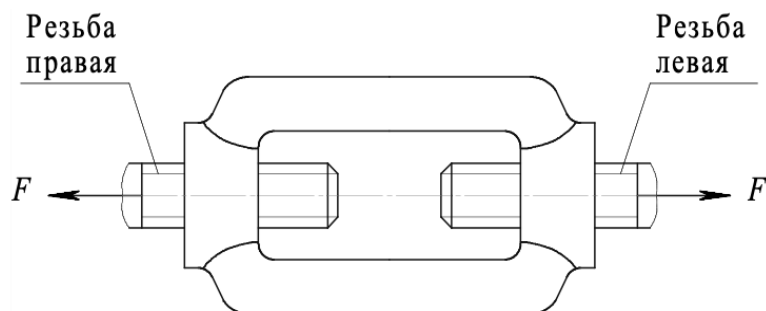


Рис. 12

Таблица 15.

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	4	8	15	18	22	26	30	46	75	98

Материал винта	Ст 3	Ст 5	Сталь 35
-------------------	------	------	----------

Задание 3. Рассчитать болт, соединяющий крышку с цилиндрическим сосудом для сжатого воздуха (рис. 13) при следующих данных: давление сжатого воздуха в цилиндре P , внутренний диаметр прокладки цилиндра D_1 , число болтов z и их материал приведены в таблице 16.

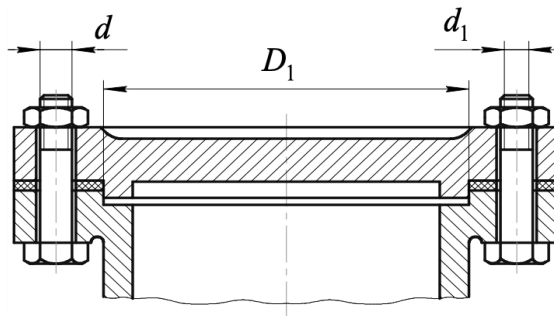


Рис. 13.

Таблица 16.

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кН	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	0,75	0,45
D_1 , мм	280	320	410	500	590	680	770	310	420	650
z	8	10	14	18	22	26	30	12	8	16
Материал болта	Ст 3			Ст 5			Сталь 35			

Содержание работы.

1. Во первом задании болт нагружен осевой растягивающей силой; предварительная и последующая затяжка его отсутствует (соединение ненапряженное) (рис. 14).

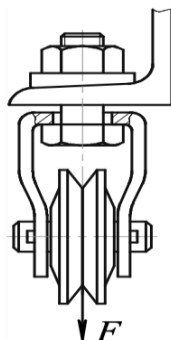


Рисунок 14. Схема расчета резьбового соединения (случай 1)

К болтам этой категории обычно относятся те из них, которые находятся под действием сил тяжести (например, резьбовой конец грузового крюка грузоподъемной машины).

Условие прочности проверочного расчета болта в этом случае:

$$\sigma < [\sigma]$$

где σ – расчетное напряжение растяжения в поперечном сечении нарезаной части болта, МПа;

F – сила, растягивающая болт, Н;

d_1 – внутренний диаметр резьбы болта, мм (приложение А, таблица А.4);

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение на растяжение для болта, МПа.

Напряжение $[\sigma]$ рассчитывается по формуле:

где σ_s – предел текучести материала болта, МПа (приложение А, таблица А.1);

$[S]$ – допускаемый коэффициент запаса прочности (приложение А, таблица А.2), для болтов из углеродистых сталей при статической нагрузке принимают $[S] = 1,3 \dots 2,5$.

Проектировочный расчет этого случая нагружения выполняется по уравнению:

2. Во втором задании болт испытывает растяжение и кручение, обусловленное его затяжкой.

Болт, одновременно работающий на растяжение и кручение, рассчитывают только на растяжение (задание 1) по допускаемому напряжению на растяжение, уменьшенному в 1,3 раза или по расчётной силе, увеличенной по сравнению с силой, растягивающей болт, в 1,3 раза.

Проектный расчет болта в этом случае производится по формуле:

Это решение применимо для болтов, нагруженных растягивающими силами и испытывающих кручение от подтягивания гаек под нагрузкой, например, в винтовых стяжках.

3. Третий случай. Предварительно затянутый болт дополнительно нагружен внешней осевой растягивающей силой (рис. 15).

Этот случай – самый распространённый, обеспечивающий плотность соединения и отсутствие смещений деталей стыка (болты фланцев, крышек, фундаментов и т. п.)

После
затяжки болта он
стыка сжимаются.

предварительной
растягивается, а детали

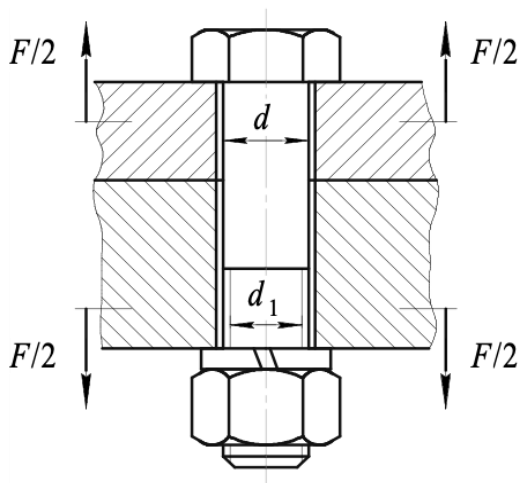


Рисунок 15. Схема расчета резьбового соединения (случай 3)

При действии на соединение внешней силы F только часть ее F дополнительно нагружает болт, а остальная часть (1 случай) F разгружает детали стыка от сжатия.

Коэффициент, учитывающий долю внешней нагрузки на болт, – коэффициент внешней (основной) нагрузки. При отсутствии упругих прокладок $= 0,2...0,3$.

Условие не раскрытия стыка определяется формулой:

где $F_з$ – усилие затяжки болта, Н;

k – коэффициент затяжки болта. При постоянной, внешней нагрузке без упругих прокладок в стыке $k = 1,25...2$; при переменной – $k = 2...4$.

Таким образом, осевая растягивающая болт сила F_0 , действующая на него после предварительной затяжки и приложения к соединению внешней силы F будет равна:

Проектный расчет с учетом последующей затяжки в этом случае:

Время на выполнение 1 час.

Контроль выполнения. Проверка тетради.

Заключение

Методические указания предлагается использовать в качестве основной литературы для специалистов среднего звена очной формы обучения. В методических указаниях присутствуют занятия, полностью обеспечивающие формирование требуемых компетенций,

знаний и умений, предусмотренных в рабочей программе дисциплины ОП. 04 «Техническая механика».

Дидактический аппарат, используемый в методических указаниях, состоит из задач и расчетно-графических работ. Способствует развитию у студентов профессиональных и общих компетенций.

Список литературы

Основные источники:

1. 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
2. Гулиа Н.В., Клоков В.Г., Юрков С.А. Детали машин. учебник – СПб.: Издательство «Лань», 2010.
3. Аркуша А.И. Техническая механика: Теоретическая механика и сопротивление материалов. – М.: Ленанд, 2016.
4. Беляев Н.М., Мельников Б.Е., Паршин Л.К. Сборник задач по сопротивлению материалов. – М.: Лань, 2017.
5. Горшков А.Г., Трошин В.Н., Шалашилин В.И. Сопротивление материалов, - М.: МАИ, 2005.
6. Куликова Л.Е., Сорокина И.И. Решение задач для проверки остаточных знаний по теории механизмов и механике машин. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
7. Яблонский А.А. и др. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. – 18 изд., стер. - М: КНОРУС, 2011.
8. Мовнин М.С., Израелит А.Б., Рубашкин А.Г. Основы технической механики: учебник для технологических немашиностроительных специальностей техникумов и колледжей, под ред. П.И. Бегуна. - 5-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2011.
9. Олофинская В.П. - Техническая механика: Сборник тестовых заданий. 2-е изд., испр. и доп.– М.: Форум, 2011.

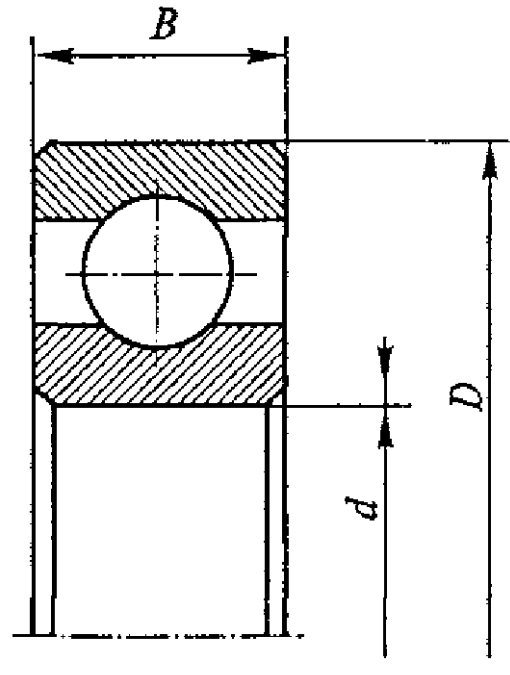
Дополнительные источники:

1. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1988.
2. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа. Академия, 2001.

Приложение 1.

Таблица 1.1.

Подшипники шариковые радиальные однорядные.



The technical drawing shows a cross-section of a ball bearing. Dimension B is the width of the bearing. Dimension d is the diameter of the inner ring. Dimension D is the diameter of the outer ring. The bearing is shown with a central ball and a cross-section of the outer ring.

Обозначение подшипника	d , мм	D , мм	B , мм	C , кН	C_0 , кН	n_{\max} , мин ⁻¹
Легкая серия						
204	20	47	14	12,7	6,2	18000
205	25	52	15	14,0	6,95	15000
206	30	62	16	19,5	10,0	13000
207	35	72	17	25,5	13,7	11000
208	40	80	18	32,0	17,8	10000
209	45	85	19	33,2	18,6	9000
210	50	90	20	35,1	19,8	8500
211	55	100	21	43,6	25,5	7500
212	60	110	22	52,0	31,0	7000
213	65	120	23	56,0	34,0	6300
214	70	125	24	61,8	37,5	6000
215	75	130	25	66,3	41,0	5600
216	80	140	26	70,2	45,0	5300
217	85	150	28	83,2	53,0	5000
218	90	160	30	95,6	62,0	4500

Окончание табл. 1.1

Обозначение подшипника	d , мм	D , мм	B , мм	C , кН	C_0 , кН	n_{\max} , мин ⁻¹
Средняя серия						
304	20	52	15	15,9	7,8	16000
305	25	62	17	22,5	11,4	14000
306	30	72	19	28,1	14,6	11000
307	35	80	21	33,2	18,0	10000

308	40	90	23	41,0	22,4	9000
309	45	100	25	52,7	30,0	8000
310	50	110	27	61,8	36,0	7500
311	55	120	29	71,6	41,5	6700
312	60	130	31	81,9	48,0	6000
313	65	140	33	92,3	56,0	5600
314	70	150	35	104,0	63,0	5300
315	75	160	37	112,0	72,5	5000
316	80	170	39	124,0	80,0	4500
317	85	180	41	133,0	90,0	4000
318	90	190	43	143,0	99,0	3000
Тяжелая серия						
405	25	80	21	36,4	20,4	11000
406	30	90	23	47,0	26,7	10000
407	35	100	25	55,3	31,0	8500
408	40	110	27	63,7	36,5	8000
409	45	120	29	76,1	45,5	7000
410	50	130	31	87,1	52,0	6300
411	55	140	33	100,0	63,0	6000
412	60	150	35	108,0	70,0	5600
413	65	160	37	119,0	78,1	5300
414	70	180	42	143,0	105,0	4500
415	75	200	48	163,0	125,0	4000
416	80	210	52	174,0	135,0	3800

Таблица 1.2

Коэффициенты X , Y и e для шариковых радиальных однорядных подшипников.

					e
	X	Y	X	Y	
0,014	1	0	0,56	2,30	0,19
0,028				1,99	0,22
0,056				1,71	0,26
0,084				1,55	0,28
0,11				1,45	0,30
0,17				1,31	0,34
0,28				1,15	0,38

0,42				1,04	0,42
0,56				1,00	0,44

Технические данные электродвигателей серии АИР

Мощность Р, кВт	Синхронная частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹											
	3000			1500			1000			750		
	типоразмер	Асинхронная частота вращения, мин ⁻¹		типоразмер	Асинхронная частота вращения, мин ⁻¹		типоразмер	Асинхронная частота вращения, мин ⁻¹		типоразмер	Асинхронная частота вращения, мин ⁻¹	
0,75	71A2	2820	2,2	71B4	1350	2,2	80A6	920	2,2	90LA8	705	2,2
1,1	71B2	2805	2,2	80A4	1395	2,2	80B6	920	2,2	90LB8	715	2,2
1,5	80A2	2850	2,2	80B4	1395	2,2	90L6	925	2,2	100L8	702	2,2
2,2	80B2	2850	2,2	90L4	1395	2,2	100L6	945	2,2	112MA8	709	2,2
3	90L2	2850	2,2	100S4	1410	2,2	112MA6	950	2,2	112MB8	709	2,2
4	100S2	2850	2,2	100L4	1410	2,2	112MB6	950	2,2	132S8	716	2,2
5,5	100L2	2850	2,2	112M4	1432	2,2	132S6	960	2,2	132M8	712	2,2
7,5	112M2	2895	2,2	132S4	1440	2,2	132M6	960	2,2	160S8	727	2,4
11	132M2	2910	2,2	132M4	1447	2,2	160S6	970	2,5	160M8	727	2,4
15	160S2	2910	2,7	160S4	1455	2,9	160M6	970	2,6	180M8	731	2,2
18,5	160M2	2910	2,7	160M4	1455	2,9	180M6	980	2,4	-	-	-
22	180S2	2919	2,7	180S4	1462	2,4	-	-	-	-	-	-
30	180M2	2925	2,7	180M4	1470	2,7	-	-	-	-	-	-

Примечание. Пример условного обозначения двигателя: «Двигатель АИР1001.2 ТУ 16-525.564-84».

Таблица 2.2

Передаточные числа одноступенчатых механических передач

Вид передачи	Передаточное число u	Максимальное передаточное число u_{\max}
Зубчатая цилиндрическая закрытая (редуктор)	3 ... 6	8
Зубчатая коническая закрытая (редуктор)	2 ... 5	6,3
Червячная закрытая (редуктор)	10 ... 50	80
Ременная	2 ... 4	6
Цепная	2 ... 5	8
Примечания:		
1. Стандартные значения передаточных чисел: 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8 ...		
2. Допускаемые отклонения значений		

Таблица 2.3

Значения КПД для различных элементов привода

Вид элементов привода	Значения КПД
Зубчатая цилиндрическая закрытая передача	0,96 ... 0,98
Зубчатая коническая закрытая передача	0,95 ... 0,97
Червячная закрытая передача при числе заходов червяка: $Z_1=1$ $Z_1=2$ $Z_1=3$ $Z_1=4$	0,70 ... 0,75 0,75 ... 0,80 0,80 ... 0,85 0,85 ... 0,90
Ременная передача	0,94 ... 0,96
Цепная передача	0,90 ... 0,95
Муфта соединительная	0,98 ... 0,99
Подшипники качения (одна пара)	0,99

Таблица 2.4

Механические характеристики и термообработка некоторых марок сталей, используемых при изготовлении прирабатывающихся зубчатых колес и других деталей машин.

Марка стали			Твердость рабочих поверхностей зубьев, НВ	Термообработка
35	500 ... 600	250	140 ... 170	Нормализация
	700 ... 800	400	194 ... 222	Закалка 860, вода + отпуск 600
	800 ... 900	550	223 ... 250	Закалка 860, вода + отпуск 500
35Л	500 ... 600	270	163 ... 207	Нормализация
40	500 ... 600	280	152 ... 207	Нормализация
	700 ... 800	400	192 ... 228	Закалка 860, вода + отпуск 550
40Л	530	300	153 ... 196	Закалка 870, вода + отпуск 600
45	600 ... 700	320	167 ... 194	Закалка 860, вода + отпуск 600
	700 ... 800	400	194 ... 222	Закалка 860, вода + отпуск 400
	800 ... 900	550	223 ... 250	Нормализация
45Л	500 ... 600	270	160 ... 212	Нормализация

	600 ... 700	410	207 ... 235	Закалка 860, вода + отпуск 600
50	640	350	179 ... 228	Закалка 840, вода + отпуск 600
	700 ... 900	530	228 ... 255	Закалка 860, вода+отпуск 400
35X	700 ... 750	490	220 ... 260	Закалка 860, масло +отпуск 600
35XM	700 ... 800	670	235 ... 262	Закалка 860, вода + отпуск 600
	900 ... 950	790	269 ... 302	Закалка 860, вода + отпуск 500
35XГСА	970	810	280	Закалка 880, вода + отпуск 600
	1100	1000	320	Закалка 880, вода + отпуск 500
40X	700 ... 800	400	200 ... 230	Закалка 860, масло + отпуск 650
	800 ... 900	550	230 ... 257	Закалка 860, масло + отпуск 600
	900 ... 1000	700	257 ... 287	Закалка 860, масло + отпуск 500
45X	800 ... 900	650	240 ... 280	Закалка 850, масло + отпуск 500
40XH	800 ... 900	550	215 ... 243	Нормализация
	900 ... 1000	700	265 ... 295	Закалка 790, масло + отпуск 540

Таблица 2.5

Значения базового числа циклов нагружения в зависимости от твердости рабочих поверхностей зубьев

Твердость рабочих поверхностей зубьев	HB	<200	250	300	350	-	-	-	-
	HRC	-	27	33	38	40	45	50	55
циклов		1,0	1,7	2,5	3,6	4,4	6,0	8,0	10

Таблица 2.6

Значение коэффициента при твердости рабочих поверхностей шестерни и колеса $H < 350$ HB

Расположение передач относительно опор	Значения при					
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Симметричное	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,08
Несимметричное	1,03	1,05	1,07	1,12	1,15	1,19
Консольное	1,06	1,12	1,19	1,27	-	-

Примечание. Промежуточные значения определяют интерполированием.

Таблица 2.7

Значение коэффициента

Расположение колес относительно опор	Твердость рабочих поверхностей зубьев	
	H ₁ H ₂	H ₂
Симметричное (цилиндрические одноступенчатые передачи): Прямозубые и косозубые Шевронные передачи	0,3 ... 0,5	0,25 ... 0,3
	0,4 ... 0,63	0,3 ... 0,5
	0,25 ... 0,4	0,2 ... 0,25
Несимметричное	0,25 ... 0,4	0,2 ... 0,25
Консольное (конические передачи)	0,2 ... 0,25	0,15 ... 0,20

Таблица 2.8

Стандартные значения модуля

Ряды	Модуль, мм
1-й	1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10
2-й	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9

Таблица 2.9

Выбор степени точности изготовления зубчатых передач в зависимости от окружной скорости.

Степень точности изготовления передачи	Окружная скорость V , м/с, не более			
	Прямозубые		Непрямозубые	
	Цилиндрические	Конические	Цилиндрические	Конические
6-я (высокоточные)	20	12	30	20
7-я (точные)	12	8	20	10
8-я (средней точности)	6	4	10	7
9-я (пониженной точности)	2	1,5	4	3

Таблица 2.10

Значение коэффициента

Окружная скорость V , м/с	Степень точности изготовления передачи	
До 5	7	1,03
	8	1,08
	9	1,13
5 ... 10	7	1,07
	8	1,13
10 ... 15	7	1,09
	8	1,16

Таблица 2.11

Значение коэффициента при твердости рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса H

Степень точности изготовления передачи	Окружная скорость V , м/с				
	1	3	5	8	10
7-я					
8-я					
9-я					

Примечание. В числителе указана значение для прямозубых колес, а в знаменателе – для косозубых.

Таблица 2.12

Зависимость коэффициента Y_{FS} от числа зубьев колес

Z или Z_v	17	20	25	30	40	50	60	80	
Y_{FS}	4,28	4,09	3,9	3,8	3,7	3,66	3,62	3,61	3,1

Примечание. Промежуточные значения находят интерполированием.

Таблица 20.13

Значение коэффициента при $H_2 \leq 350$ НВ

	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
	1,0	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,17	1,2

Таблица 20.14

Значение коэффициента при $H_2 > 350$ НВ

	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
	1,0	1,02	1,06	1,11	1,17	1,23	1,31	1,4

Таблица 20.15

Значение коэффициента

Степень точности изготовления передачи	Твердость рабочих поверхностей зубьев колеса, НВ	Окружная скорость V , м/с				
		1	3	5	8	10
6-я						
7-я						
8-я						
9-я						

Примечание. В числителе приведены значения для прямозубых, в знаменателе – для косозубых зубчатых колес.