

**Министерство образования и науки Челябинской области  
ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»**

**ОП.02 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**  
для студентов заочного отделения  
специальности среднего профессионального образования  
**23.02.03. Техническое обслуживание и ремонт автомобильного**  
**транспорта**  
базовой подготовки

Троицк 2016г.

Методические указания к контрольной работе составлены в соответствии рабочей программой по дисциплине ОП.02 Техническая механика для специальности среднего профессионального образования (далее СПО) 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

Разработчик:

Карачинцев А.М - преподаватель

**Рассмотрено:**

На заседании цикловой методической комиссии преподавателей по программам подготовки специалистов среднего звена технического профиля.

Протокол № \_\_\_\_ от «    » сентября г.

Руководитель ЦМК \_\_\_\_\_ Г.А.Абзалилова

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Пояснительная записка	4
2. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы	6
3. Содержание учебной дисциплины	7
4. Варианты и вопросы контрольной работы	25
5. Литература	28

## 1. Пояснительная записка

Дисциплина Техническая механика состоит из трех разделов:

1. теоретическая механика.
2. сопротивление материалов.
3. детали машин.

Знание этих разделов необходимо специалисту для правильной эксплуатации механического оборудования, обеспечения безаварийной работы машин и агрегатов. Методами технической механики ведутся практические расчеты и определяются необходимые надежные размеры деталей и машин и различных сооружений.

Изучение теоретического материала рекомендуется проводить в последовательности, указанной в тематическом плане.

Согласно специфике обучения студенты – заочники изучают курс самостоятельно по рекомендуемой литературе. Отдельные, наиболее трудные темы преподаватель излагает во время сессии.

Изучая программный материал, необходимо уделять особое внимание физической сущности явлений в конкретных условиях.

После изучения каждой темы по рекомендуемой литературе следует проверить степень усвоения учебного материала путем ответов на вопросы для самопроверки и решения типовых задач.

**Учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы состоящей из двух частей..**

При решении задач в контрольной работе необходимо написать формулу в буквенном выражении, дать объяснение значениям и провести необходимые вычисления.

Контрольную работу следует выполнять в тетради с обязательным соблюдением полей. Работу необходимо выполнять аккуратным почерком. Каждую задачу желательно начинать с новой страницы.

Тексты условий задач выполнять обязательно, рисунки к задачам выполнять четко в соответствии с правилами черчения..

За полным условием задачи необходимо дать краткое условие: «Дано» и что необходимо определить.

Решения задач должны поясняться аккуратно выполненными схемами (эскизами), подзаголовками с указанием что определяется и что рассматривается, ссылками на теоремы, законы, правила и методы.

Получив работу с оценкой и замечаниями преподавателя, студент должен доработать теоретический материал, внести исправления в решении задач. Если контрольная работа не зачтена, то при повторной сдаче необходимо представить и не зачтенную работу.

Без выполненной контрольной работы студент не может быть допущен к экзамену по предмету.

## 2 Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	264
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	18
в том числе:	
лабораторные занятия	
практические занятия	
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	244
в том числе:	
Решение задач	
Работа с учебной литературой	
Итоговая аттестация в форме экзамена	

## **Раздел 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Содержание темы:

Содержание теоретической механики, ее роль и значение в технике. Механическое движение. Равновесие. Основные части теоретической механики: статика, кинематика, динамика.

Методические указания.

При изучении темы студент должен усвоить значение технической механике в технике.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:**

1. Что изучает теоретическая механика, статика кинематика, динамика?
2. Какова роль механизации и автоматизации в усовершенствовании технологических процессов производства?

### **СТАТИКА.**

Содержание темы:

Материальная точка, абсолютно твердое тело. Сила, система сил, эквивалентные системы сил. равнодействующая и уравнивающая силы. Силы внешние и внутренние. Основные задачи статики. Аксиомы статики. Свободное и несвободное тело. Связи. Реакции идеальных связей и определение их направления.

Система сходящихся сил. Способы сложения двух сил. Разложение силы на две составляющие. Определение равнодействующей системы сил геометрическим способом. Силовой многоугольник. Условие равновесия в векторной форме.

Проекция силы на ось, правило знаков. Проекция силы на две взаимно перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей. Условие равновесия в аналитической форме. Рациональный выбор осей координат

Сложение двух параллельных сил. Пара сил и ее характеристики. Момент пары. Эквивалентность пар. Возможность переноса пары в плоскости ее действия. Сложение пар. Условие равновесия пар. Момент силы относительно точки

Приведение силы к данной точке, приведение плоской системы к данному центру. Главный вектор и главный момент плоской системы сил. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Частные случаи приведения плоской системы сил. Условия и уравнения равновесия и их различные формы.

Балочные системы. Классификация нагрузок: сосредоточенные силы, сосредоточенные пары сил, распределенные нагрузки. Выбор опор балочных систем.

Сила тяжести как равнодействующая вертикальных сил. Центр тяжести тела. Определение положения центра тяжести тонких пластинок и сечений, составленных из простых геометрических фигур и из стандартных профилей прокат.

Методические указания.

При изучении темы необходимо знать определение материальной точки, абсолютно твердого тела, силы, равнодействующей и уравновешивающих сил, аксиомы статики.

Изучить метод проекций, геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил.

Обратить внимание на определение момента сил относительно точки, момент силы относительно оси, иметь понятие о силе тяжести, центре тяжести и определении центра тяжести различных тел.

После изучения темы необходимо уметь:

1. Находить равнодействующую (числовое значение и направление):

- двух, трех и любого числа сходящихся сил, расположенных в плоскости (графически и аналитически);
- плоской системы параллельных сил.

2. Раскладывать силу на составляющие по двум направлениям в плоскости или по трем в пространстве
3. Используя необходимые уравнения равновесия, решать задачи, сводящиеся к:
  - уравновешенной плоской или пространственной системе сходящихся сил;
  - уравновешенной системе произвольно расположенных сил: задачи с балками, нагруженными в одной плоскости сосредоточенными, равномерно распределенными силами и моментами, а также несложные задачи с пространственно нагруженными телами.
4. Находить положение центра тяжести плоских сечений, составленных из простых геометрических фигур и профилей стандартного проката.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что такое материальная точка? Абсолютно твердое тело?
2. Что называется силой и каковы ее единицы?
3. Что называют системой сил? Какие системы называются эквивалентными?
4. Что называют равнодействующей и что уравновешивающей силой?
5. Как перенести силу по линии ее действия?
6. Как формируются аксиомы статики и следствия из них?
7. Как определяются реакции связей?
8. Что такое пара сил? Момент пары сил?
9. Что называется моментом силы относительно точки?

#### КИНЕМАТИКА

##### Содержание темы:

Покой и движение; относительность этих понятий. Кинематические параметры движения: траектория, путь, время, скорость, ускорение. Способы задания движения точки.



Средняя скорость и скорость в данный момент. Ускорение покое, нормальное и касательное. Частные случаи движения точки. Кинематические графики и связь между ними

Поступательное движение твердого тела и его свойства. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси Частные случаи вращательного движения точки. Линейные скорости и ускорение точек вращающегося тела.

Методические указания.

При изучении темы необходимо обратить внимание на основные понятия кинематики: траектория, расстояние, путь, время, скорость и ускорение. Рассмотреть способы задания движения тела, виды движения тела.

После изучения темы нужно:

- 1 уметь строить и читать кинематические графики для равномерного и равнопеременного движений.
- 2 решать задачи, в которых рассматривается:
  - движение точки по заданной траектории (определение расстояния, скорости, касательного и нормального ускорений);
  - вращательного движения тела (определение углового перемещения, угловой скорости, углового ускорения);
  - сложное движение точки;
  - плоскопараллельное движение тела.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Что изучает кинематика?
2. Какой смысл имеют в кинематике понятия «покой» и «движение»?
3. Дайте определение основных понятий кинематики: траектория, расстояние, путь и время.
4. Что называется скоростью равномерного движения точки?
5. Какое движение точки называется поступательным?

ДИНАМИКА

Содержание темы:

Предмет динамики; понятие о двух основных задачах динамики. Закон инерции. Основной закон динамики. Масса материальной точки и ее единицы. Закон независимости действия сил. Закон равенства действия и противодействующей.

Свободная и несвободная материальная точки. Силы инерции при прямолинейном и криволинейном движениях материальной точки. Принцип Даламбера; метод кинетостатики.

Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа равнодействующей силы. Работа переменной силы на криволинейном пути. Мощность. Понятие о механическом КПД. Работа мощность при вращательном движении тела. Работа при качении тела по негладкой поверхности; коэффициент трения качения, его размерность.

Импульс силы, количество движения. Теорема об изменении количества движения для точки. Теорема об изменении кинетической энергии для точки. Основы динамики системы материальных точек. Основное уравнение динамики для вращательного движения твердого тела. Момент инерции тела. Кинетическая энергия при поступательном и вращательном движениях. Теорема об изменении кинетической энергии для системы.

Методические указания

После изучения динамики студент должен уметь решать задачи. В которых рассматривается:

1. Работа и мощность при поступательном и вращательном движении тела.
2. Вращательное движение тела.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Что называют массой материальной точки?
2. Какова зависимость между силой тяжести тела и его массой?
3. Дайте определение силы инерции. Как она направлена?
4. Как определяется работа постоянной силы на прямолинейном пути?
5. Что называется мощностью и каковы ее единицы?
6. Чему равна работа силы тяжести?
7. Что называется вращающим моментом?

## **Раздел 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.**

Содержание темы:

Основные задачи сопротивления материалов; понятие о расчетах на прочность, жесткость и устойчивость. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Принцип начальных размеров и независимости действия сил.

Классификация нагрузок: поверхностные, объемные, статические, динамические и переменные.

Понятие о брусе, оболочке, пластике, массивном теле. Силы внешние и внутренние. Метод сечений, его назначение и сущность. Основные виды нагружения бруса; внутренние силовые факторы.

Напряжение полное, нормальное, касательные.

Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии. Продольные силы и их эпюры. Гипотеза плоских сечений. Напряжения в поперечных сечениях бруса, эпюры нормальных напряжений. Продольные поперечные деформации. Закон Гука. Модуль продольной упругости. Коэффициент Пуассона. Жесткость сечения и жесткость бруса. Определение осевых перемещений поперечных сечений бруса. Испытание материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали и ее характерные параметры: предел пропорциональности, упругости текучести, прочности. Характеристики пластических свойств: относительное остаточное удлинение при разрыве, относительное поперечное сужение. Закон нагрузки и разгрузки, повторное нагружение. Понятие об условном пределе текучести. Диаграммы растяжения хрупких материалов. Механические свойства пластичных и хрупких материалов. Механические свойства пластичных и хрупких

материалов при сжатии. Предельные напряжения. Коэффициент запаса прочности при статической нагрузке по пределу текучести и по пределу прочности. Основные факторы, влияющие на выбор требуемого (нормативного) коэффициента запаса прочности. Допускаемые напряжения. Расчеты на прочность при растяжении (сжатии): проверка прочности, определение допускаемой нагрузки (проверочные расчеты), определение требуемых размеров поперечного сечения бруса (проектные расчеты).

Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности.

Смятие, условности расчета, расчетные формулы, условие прочности. Допускаемые напряжения. Примеры расчетов.

Статические моменты сечений. Осевые (экваториальные), центробежный и полярный моменты инерции. Связь между осевыми и полярными моментами инерции. Связь между моментами инерции относительно параллельных осей. Главные оси и главные центральные моменты инерции простейших сечений: прямоугольника, круга, кольца. Полярные моменты инерции круга и кольца. Определение главных центральных моментов инерции составных сечений, имеющих ось симметрии.

Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящихся моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональные формы сечений. Сравнение прочности и жесткости при кручении брусьев круглого сплошного и кольцевого поперечного сечений. Рациональное расположение колос на валу.

Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба: прямой (чистый и поперечный). Внутренние силовые факторы при прямом изгибе – поперечная сила и изгибающий момент.

Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Жесткость сечения при изгибе. Нормальные направления, возникающие в поперечных сечениях при чистом изгибе. Осевые моменты сопротивления. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных и хрупких материалов. Особенности расчета балок из материалов, различно сопротивляющихся растяжению и сжатию. Касательные напряжения в поперечных и продольных сечениях брусков при прямом поперечном изгибе.

Напряженное состояние в точке упругого тела. Главные напряжения. Максимальные касательные напряжения, виды напряженного состояния. Упрощенное плоское напряженное состояние. Назначение гипотез прочности. Эквивалентные (равноопасные) напряженные состояния. Эквивалентное напряжение. Определение эквивалентных напряжений по различным гипотезам прочности; расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций.

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах упругого равновесия. Критическая сила. Связь между критической силой и допускаемой нагрузкой. Формула Эйлера для различных способов закрепления концов стержня. Критическое напряжение. Гибкость. Пределы применимости формулы Эйлера, предельная гибкость. Эмпирическая формула Ясинского для критических напряжений для низкоуглеродистой стали и функции от гибкости. Практические расчеты стержней на устойчивость по

коэффициентам продольного изгиба. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ,

При изучении данного раздела необходимо усвоить каковы основные задачи раздела, что понимается под деформацией и какие бывают виды деформаций.

Следует обратить внимание на понятие прочности и жесткости материала и сущность расчетов на прочность и жесткость. Нужно разобраться в методе сечений и применении этого метода в решении задач. Необходимо знать о допускаемых напряжениях при растяжении, сжатии, смятии среза. Какие внутренние связи существуют.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Классификация нагрузок.
2. Назовите основные гипотезы и допущения, применяемые в сопротивлении материалов.
3. Назовите что называют брусом, пластиной и оболочкой?
4. Что такое деформация?
5. Что называется прочностью, жесткостью и устойчивостью детали?
6. В чем сущность метода сечений?
7. Что называется эпюрой продольных сил бруса?
8. Как строится эпюра продольных сил?
9. Что называется эпюрой нормальных напряжений?
10. Какие поперечные сечения бруса называют опасными?

11. Что такое допускаемые напряжения?
12. Что называется поперечной силой в поперечном сечении бруса и чему она численно равна?
13. Что такое эпюра поперечных сил и как она строится?
14. Что называется изгибающим моментом в поперечном сечении бруса и чему он численно равен?

### **Раздел 3. ДЕТАЛИ МАШИН**

Содержание темы:

Цели и задачи курса «Детали машин». Механизм и машина. Машины энергетические и рабочие. Детали и узлы (сборочные единицы) машин, их классификация.

Современные направления в развитии машиностроения. Требования, предъявляемые к машинам и их детали. Контактная прочность деталей машин и контакты напряжения.

Критерии работоспособности и расчета деталей машин: прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость. Основные понятия о надежности машин и их деталей. Проектный и проверочный расчеты.

Вращательное движение и его роль в машинах и механизмах. Назначение передач в машинах. Принцип работы и классификация передач. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах. Расчет многоступенчатого привода.

Принцип работы и устройство фрикционных передач с нерегулируемым передаточным числом, их достоинства и недостатки, область применения. Цилиндрические передачи гладкими катками, определение требуемой силы их прижатия.

Способы прижатия и материалы катков. Виды разрушения рабочих поверхностей катков. Понятие о критериях работоспособности и расчете на прочность.

Передачи с плавным бесступенчатым регулированием передаточного числа (вариаторы). Кинематические схемы вариаторов и область их применения. Определение диапазона регулирования

Общие сведения о зубчатых передачах. Характеристика, классификация и области применения зубчатых передач.



Основы теории зубчатого зацепления (основная теорема зацепления, эвольвента окружность). Образование эвольвентного зацепления. Зацепление двух эвольвентных колес; основные элементы и характеристики зацепления, скольжение при взаимодействии зубьев. Зацепление эвольвентного зубчатого колеса с рейкой. Принципиальные основы нарезания зубьев методом обкатки. Делительная окружность. Исходный контур зубчатой рейки. Точность изготовления и КПД зубчатых передач. Виды разрушения зубьев и основные критерии работоспособности.

Методы расчета зубчатых передач. Материалы зубчатых колес и допускаемые напряжения.

Прямозубые цилиндрические передачи. Основные геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении. Расчет на контактную прочность и изгиб. Исходные положения для расчета, расчетная нагрузка, формулы проверочного и проектного расчетов. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Косозубые цилиндрические передачи. Основные геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении. Особенности расчета косозубых передач на контактную прочность и изгиб. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Шевронные цилиндрические зубчатые передачи. Конические прямозубые передачи. Основные геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении. Расчет конических передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов.

Винтовая передача, принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Передачи с трением скольжения и трением качения, их сравнительная оценка. КПД передачи. Виды разрушения передачи. Материалы вантовой пары. Проектный и проверочный расчеты передачи с трением скольжения. Допускаемые напряжения.

Общие сведения о червячных передачах; винтовая линия, винтовая поверхность и их образование; принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация передач. Червячные передачи с архимедовым червяком. Нарезание червяков и червячных колос. Основные геометрические соотношения. Скорость скольжения в червячной передаче. Передаточное число и КПД червячной передачи. Силы, действующие в зацеплении. Виды разрушения зубьев червячных колос. Материалы звеньев червячной пары. Допускаемые напряжения для материалов червячных колос. Расчет зубьев колоса на контактную прочность и изгиб. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Тепловой расчет передачи.

Общие сведения о ременных передачах; принцип работы, устройство, достоинства, область применения.

Детали ременных передач; приводные ремни, шкивы, натяжные устройства. Сравнительная характеристика передача плоскими, клиновыми и поликлиновыми ремнями, основные геометрические соотношения в передачах. Силы и напряжения в ветвях ремня. Силы и напряжения в ветвях ремня. Силы, действующие на валы и подшипники. Скольжение ремня на шкивах. КПД передачи. Передаточное число, расчет ременной передачи. Передаточное число. Расчет ременной передачи по тяговой способности. Выбор силовых параметров и расчетных коэффициентов.

Общие сведения о цепных передачах, принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Детали цепных передач (приводные цепи, звездочки и натяжные устройства) и смазка цепи. Основные геометрические соотношения в передаче. Передаточное число. Силы, действующие в цепной передаче. Проектный и проверочный расчеты передачи. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. КПД передачи.

Валы и оси, их назначение и классификация. Элементы конструкции (цапфы, посадочные поверхности, переходные участки). Материалы валов и осей. Выбор расчетных схем, проектный и проверочный расчеты валов. Конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости. Проектный и проверочный расчеты валов.

Общие сведения. Подшипники скольжения, их конструкции, достоинства и недостатки область применения, материалы и смазка, Виды разрушения и основные критерии работоспособности. КПД подшипники скольжения.

Подшипники качения, их устройство и сравнение с подшипниками скольжения, классификация, условные обозначения и основные типы. Особенности работы радикально-упорных шариковых и роликовых подшипников. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Смазка и уплотнения.

Муфты, их назначение и классификация. Устройство и принцип действия основных типов муфт.

Методика подбора стандартных и нормализованных муфт.

Шпоночные соединения, их назначение, достоинства и недостатки. Основные типы стандартных шпонок и их сравнительная характеристика. Проверочный расчет соединений призматическими и сегментными шпонками. Материалы и допускаемые напряжения.

Шлицевые соединения, их назначение, достоинства и недостатки. Классификация по характеру соединения, форме зубьев, способу центрирования ступицы относительно вала. Сравнительная характеристика шлицевых соединений, материал и допускаемые напряжения.

Классификация резьб и основные геометрические параметры резьбы. Силовые соотношения в винтовой паре, момент в резьбе и момент торцевого

трения. Самоторможения в винтовой паре, расчет одиночного болта (винта, шпильки) на прочность при постоянной нагрузке. Классы прочности и материалы резьбовых деталей.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Данный курс технической механики является завершающим и требует твердых знаний теоретической механики и сопротивления материалов, навыков решения задач по этим разделам.

Изучать механизмы и их детали нужно в такой последовательности:

- назначение, устройство, принцип работы;
- достоинства, недостатки и область применения;
- сведения о материалах;
- основные расчетные параметры, допускаемые напряжения, кинематические и геометрические соотношения;
- критерии работоспособности деталей и их расчеты на прочность, износостойкость и др.

После изучения теории раздела студенты должны знать и уметь производить следующие расчеты:

1. Для многоступенчатой передач:

- определять момент на ведущем валу и его угловую скорость через момент на ведомом валу и угловую скорость ведомого вала;
- передаточное отношение и КПД;
- выбирать типоразмеры электродвигателя по каталогу;

2. Выполнять геометрические и кинематические расчеты зубчатых передач. Определять силы в зацеплении по моменту на ведомом валу и геометрическим параметрам червячного колеса и червяка.

3. Выполнять геометрические и кинематические расчеты червячных передач. Определять силы в зацеплении по моменту на ведомом валу и геометрическим параметрам червячного колеса.

4. Выполнять геометрические и кинематические расчеты ременных передач.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

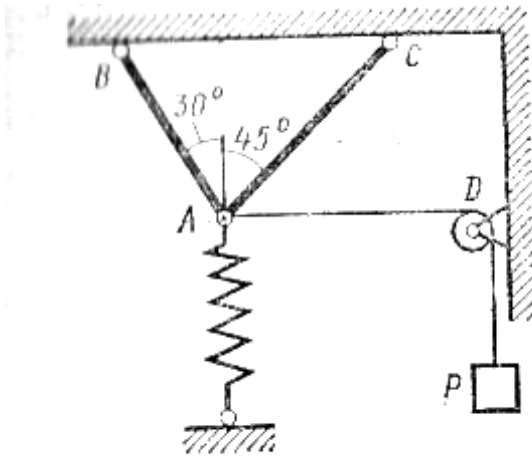
1. Что рассматривается в разделе курса «Детали машин»?
2. Какая разница между машиной и механизмом?
3. Как рассчитывают стыковые сварные швы?
4. Каковы преимущества сварных соединений?
5. Как классифицируют резьбы по геометрической форме и по назначению?
6. По каким признакам классифицируют механические передачи?
7. Какими достоинствами и недостатками обладают фрикционные передачи?
8. Что называют передаточным отношением?
9. Какие достоинства и недостатки зубчатых передач?
10. Как классифицируют зубчатые передачи?
11. Что такое модуль зубчатого зацепления?
12. Укажите области применения передачи винт – гайка.
13. Назовите достоинства и недостатки червячных передач.
14. Какими достоинствами и недостатками обладают ременные передачи?
15. Укажите достоинства и недостатки цепных передач и область их применения.

16. В чем заключается разница между валом и осью.
17. Какие различают основные типы подшипников качения.
18. Какие различают типы подшипников качения.
19. Какие различают типы муфт по назначению.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
для контрольной работы**

**ЗАДАЧА №1.**

Определить силы, нагружающие стержни АВ и АС кронштейна, удерживающие груз  $P=6$  кН, и растянутую пружину, сила упругости которой  $F_1=2$  кН. Весом частей конструкции, а так же трением на блоке пренебречь.



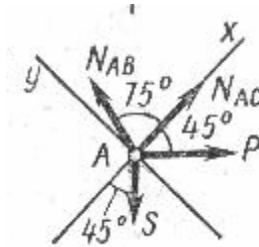
**Решение:**

**Задачу решаем аналитическим способом.**

- 1 Из данного устройства рассматриваем точку А, находящуюся в покое под действием сил.
- 2 Освобождаем точку А от связей и заменяем их действие реакциями связей.
- 3 Выбираем систему координат так, чтобы одна из осей совпала с

неизвестной силой.

4 Составляем уравнения равновесия и определим реакции стержней.



Для плоской системы сил составляем три уравнения равновесия:

$\sum X_i$  - алгебраическая сумма проекций всех сил на ось X.

$\sum Y_i$  - алгебраическая сумма проекций сил на ось Y.

Первое уравнение имеет вид:

$$\sum X_i=0; \quad N_{AC} + P * \cos 45^0 + N_{AB} * \cos 75^0 - S * \cos 45^0 = 0.$$

$$N_{AC} + 6 * 0,707 + N_{AB} * 0,259 - 2 * 0,707 = 0.$$

Второе уравнение:

$$\sum Y_i=0; \quad N_{AB} * \cos 15^0 - P * \cos 45^0 - S * \cos 45^0 = 0.$$

$$N_{AB} * 0,966 - 6 * 0,707 - 2 * 0,707 = 0.$$

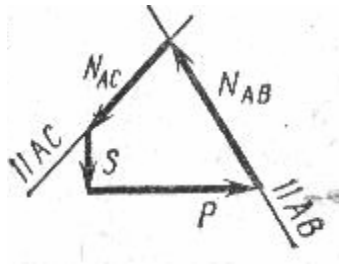
откуда  $N_{AB}=5,86$  кН и  $N_{AC}= -4,34$  кН.



1. Проверим правильность решения задачи, решив задачу графическим методом.

Назначаем масштаб.

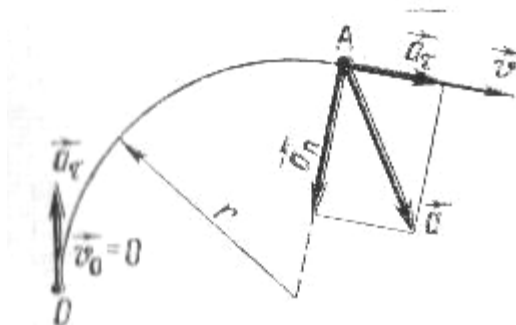
Начинаем построение силового многоугольника (треугольника) с векторов сил, известных по направлению и величине:



От произвольной точки откладываем вектор заданной силы  $S$ , от конца вектора  $S$  – вектор заданной силы  $P$ . Затем через начало вектора  $S$  и конец вектора  $P$  проводим известные направления искомых реакций стержней  $AB$  и  $AC$ . Направление сил в многоугольнике единое – против часовой стрелки. Измеряя искомые векторы, с учетом принятого масштаба получаем  $N_{AB}=5,9$  кН и  $N_{AC}=4,3$  кН.

### ЗАДАЧА №2.

Точка движется равноускоренно из состояния покоя и за время  $t=10$  с проходит путь  $s=300$  м. найти скорость и полное ускорение в конце 10-й секунды от начала движения, если движение происходит по дуге окружности радиуса  $r=400$  м.



Решение:

Из условия задачи следует, что мы имеем дело с частным случаем равноускоренного движения - движения без начальной скорости, т.е.  $v_0 = 0$ .

Для этого случая формулы пути и скорости упрощаются:

$$S = a_t * t^2 / 2 \quad \text{и} \quad v = a_t * t.$$

Выразив из формулы пути ускорения и подставив значение входящих величин, получим:

$$a_t = 2 * s / t^2 = 2 * 300 / 10^2 = 6 \text{ м/с}^2.$$

Задано, что движение равноускоренное, значит касательное ускорение постоянно и, следовательно, в конце 10-й секунды останется таким же.

Для вычисления нормального ускорения необходимо знать скорость точки и радиус кривизны траектории в данный момент времени.

Найдем скорость:

$$v = a_t * t = 6 * 10 = 60 \text{ м/с}.$$

Теперь можно вычислить нормальное ускорение:

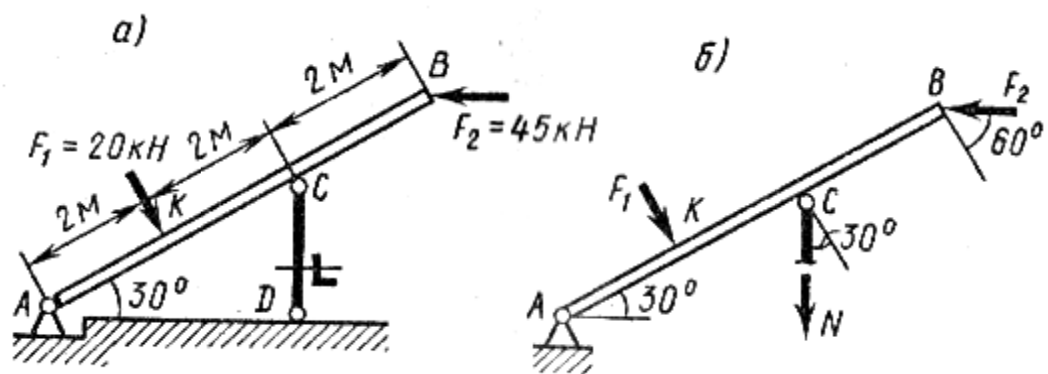
$$a_n = v^2 / r = 60^2 / 400 = 9 \text{ м/с}^2.$$

Полное ускорение найдем по формуле:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{6^2 + 9^2} = 10,8 \text{ м/с}^2.$$

### ЗАДАЧА №3.

Для стержня СД, удерживающего в равновесии жесткую балку АВ и выполненного из равнополочного уголка, подобрать размеры сечения и определить удлинение (укорочение) стержня для материала стержня (сталь Ст3) принять допускаемые напряжения при растяжении  $[Gp] = 160 \text{ Н/мм}^2$  и при сжатии  $[Gc] = 120 \text{ Н/мм}^2$  и модуль упругости  $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$ .



Решение:

1. Рассмотрим стержень, находящийся в равновесии.
2. Отбросим связи, заменяя их действия реакциями связи.
3. Применяем метод сечений.

В поперечных сечениях бруса возникает только один внутренний силовой фактор (ВСФ) – продольная сила  $N$ , то есть имеет место растяжение (сжатие стержня).

Проводя сечение, отбрасываем закрепленную часть стержня и к оставленной части прикладываем продольную силу  $N$ , предполагая, что стержень растянут.

Рассматриваем равновесие балки АВ. Применяя в качестве уравнения

равновесия сумму моментов сил относительно центра опорного шарнира А (чтобы исключить из уравнения не подлежащие определению реакции шарнира), находим продольную силу N:

$$\Sigma M_A=0; F_1 * AK + N * \cos 30^0 * AC - F_2 * \cos 60^0 * AB = 0;$$

$$20 * 2 + N * 0,866 * 4 - 45 * 0,5 * 6 = 0.$$

$$N = 27,3 \text{ кН.}$$

Знак плюс указывает на то, что стержень растянут.

Из условия прочности стержня при растяжении определяем размеры уголка:

$$G = \frac{N}{A} \leq [Gp]$$

$$G = \frac{27,3 * 10}{A} \leq 160,$$

Отсюда требуемая площадь  $A = 1,71 * 10^2 \text{ мм}^2 = 1,71 \text{ см}^2$ .

Продольная сила  $N = 27,3 \text{ кН} = 27,3 * 10^3 \text{ Н}$ .

По таблице прокатной стали выбираем равнополочный уголок №2,5, для которого  $A = 1,86 \text{ см}^2$ .

При выбранном размере уголка материал недогружен, однако незначительно (около 8%)

Определяем удлинение стержня СД, для чего применяем формулу Гука:

$$\Delta l = \frac{N \times l}{E \times A} = \frac{27,3 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{1,86 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5} = 1,47 \text{ мм.}$$

где длина стержня  $l = CD = AC \cdot \sin 30^\circ = 4 \cdot 0,5 = 2 \text{ м} = 2000 \text{ мм.}$

номер варианта (две последн ие цифры шифра)	Номера контрольных задач					
00	4	11	28	35	42	59
01	5	12	29	36	43	60
02	6	13	30	37	44	51
03	7	13	21	38	45	52
04	8	15	22	39	46	53
91	9	16	23	40	47	54
92	10	17	24	31	48	53
93	1	19	27	35	43	51
94	2	20	28	36	44	52
95	3	11	29	37	45	53
96	4	12	30	38	46	54
97	5	13	21	39	47	55
98	6	14	22	40	48	56
99	7	15	23	31	49	57
36	8	16	24	32	50	58
16	9	17	25	33	41	59
17	10	18	26	34	42	60
18	1	20	29	38	47	55
19	2	11	30	39	48	57
20	3	12	21	40	49	58
21	4	13	22	31	50	59
22	5	14	23	32	41	60
23	6	15	24	33	42	51
24	7	16	25	34	43	52
25	8	17	26	35	44	53
26	9	18	27	36	45	54
27	10	19	28	37	46	55
28	1	11	21	31	41	51
29	2	14	22	32	42	52

## ЗАДАЧИ

1. Однородная балка (рис. 15, а), сила тяжести которой  $G = 20 \text{ кН}$ , в точке А опирается на гладкую горизонтальную плоскость и в точке В закреплена с помощью стержня, имеющего шарнирное крепление на концах. Определить реакции опор и вес груза  $Q$ , если в положении равновесия балки трос между точкой С и блоком горизонтален. Трением на блоке пренебречь.

2. Невесомая балка АВ (рис. 15, б) шарнирно закреплена в точке А и удерживается

в горизонтальном положении вертикальным стержнем. Определить реакции опор, если к концу троса, перекинутого через блок, подвешен груз  $Q = 1,2$  кН. Трением на блоке пренебречь.

3. Невесомая балка АВ (рис. 15, в) прикреплена к стене шарниром А и удерживается в горизонтальном положении с помощью троса, перекинутого через блок. Определить реакцию шарнира А и вес груза  $Q$ , если действующая на балку сила  $F = 800$  Н.

4. Невесомая балка АВ (рис. 15, г) прикреплена к стене шарниром А и поддерживается в точке В вертикальным стержнем ВС. Определить реакции опор, если в точке D балка нагружена силой  $F=10$  кН.

5. Однородная балка (рис. 15, д), сила тяжести которой  $G = 4$  кН, шарнирно закреплена в точке А и опирается на ребро гладкой стены в точке С. Найти реакции опор, если трос на участке от точки В до блока горизонтален,  $BC=1/3$  АВ и  $Q = 2,8$  кН. Трением на блоке пренебречь.

6. Горизонтальная однородная балка АВ (рис. 15, е), сила тяжести которой  $G = 4$  кН, шарнирно прикреплена к стене и удерживается в горизонтальном положении с помощью троса, перекинутого через блок. Определить реакцию шарнира А и вес груза  $Q$ , если в положении равновесия балки трос составляет с горизонтом угол  $40^\circ$ . Трением на блоке пренебречь.

7. Невесомая балка АВ (рис. 15, ж) прикреплена к стене шарниром А и удерживается под углом  $30^\circ$  к горизонту с помощью стержня ВD. Определить реакции опор, если сила  $F = 6$  кН. В точках В и D считать крепление шарнирным;  $AC = BC$ .

8. Невесомая балка АВ (рис. 15, и) удерживается под углом  $50^\circ$  к горизонту с помощью шарнирно-неподвижной опоры А и шарнирно-подвижной опоры В. Определить реакции опор, если трос на участке от точки С до блока вертикален и на конце нагружен силой  $Q = 4$  кН;  $BC = 1/4$  АВ. Трением на блоке пренебречь.

9. Невесомая балка АВ (рис. 15, к) прикреплена к стене шарниром А и удерживается в горизонтальном положении с помощью троса, перекинутого через блок С. Определить реакцию опоры А и силу тяжести  $Q$  груза, если ветвь ВС блока образует с горизонтом угол  $40^\circ$ , а действующая на балку вертикальная сила

$F = 200$  кН;  $AD = 1/3$  АВ. Трением на блоке пренебречь.

10. Невесомая балка АВ (рис. 15, л) удерживается в горизонтальном положении с помощью шарнирно-неподвижной опоры А и троса, ветвь CD которого образует угол  $60^\circ$  с горизонтом. Определить реакцию опоры А и вес груза  $Q$ , подвешенного к концу троса, перекинутого через блок D. Считать, что трос прикреплен к балке в ее середине. Трением на блоке пренебречь;  $F=40$ кН.

**11—20.** Определить реакции опор балки, нагруженной, как показано на рис. 16. Данные для решения своего варианта задачи выбрать из табл. 2.

**21—30.** Определить координаты центра тяжести плоского сечения (рис. 17). Данные для решения своего варианта задачи взять из табл. 3.

31. Поезд движется равноускоренно по дуге окружности радиуса  $r = 800$  м

и проходит путь  $s = 1500$  м, имея начальную скорость  $v_0 = 36$  км/ч и конечную  $v = 108$  км/ч. Определить полное ускорение в начале и конце пути, а также время движения по этой дуге.

32. Точка движется из состояния покоя и за время  $t = 20$  с ее скорость увеличивается до  $v = 30$  м/с. Определить пройденный точкой путь и полное ускорение в конце 10-й секунды, считая движение равноускоренным по дуге окружности радиуса  $r = 500$  м.

33. Поезд движется по дуге окружности радиуса  $r = 500$  м со скоростью  $v_0 = 108$  км/ч. Завидев опасность, машинист начинает тормозить поезд, и на пути  $s = 700$  м поезд останавливается. Найти время торможения и полное ускорение в начале торможения.

34. При отходе от станции скорость поезда возрастает равномерно и за время  $t = 1,5$  мин после отхода становится равной 54 км/ч. Определить касательное, нормальное и полное ускорения поезда через 3 мин после отхода, а также пройденный за это время путь. Поезд движется по дуге окружности радиуса  $r = 400$  м.

35. Поезд, имея начальную скорость 72 км/ч, прошел путь  $s = 1600$  м в первые 40 с. Считая движение поезда равнопеременным, определить скорость и полное ускорение в конце 40-й секунды, если движение поезда происходит по дуге окружности радиуса  $r = 1200$  м.

36. Точка движется равноускоренно из состояния покоя с касательным ускорением  $a_t = 2$  м/с<sup>2</sup>. Найти, за какое время точка пройдет путь  $s = 1000$  м, а также какое полное ускорение точка будет иметь в конце пути, если она движется по дуге окружности радиуса  $r = 800$  м.

37. Скорость точки уменьшается равномерно, и за время  $t = 20$  с, пройдя путь  $s = 700$  м, она останавливается. Найти скорость и полное ускорение в начале движения, если точка движется по дуге окружности радиуса  $r = 1000$  м.

38. Точка, имея начальную скорость  $v_0 = 108$  км/ч, проходит за 20 с путь  $s = 750$  м. Найти скорость и полное ускорение точки в конце 30-й секунды, считая, что движение происходит на закруглении радиуса  $r = 1200$  м.

39. На пути  $s = 600$  м скорость точки уменьшилась с 30 до 10 м/с. Определить время этого движения, а также полное ускорение в начале и конце пути, если точка двигалась по дуге окружности радиуса  $r = 400$  м. Движение считать равнозамедленным.

40. Найти, с какой начальной скоростью двигалась точка, если, пройдя путь  $s = 2000$  м за время  $t = 40$  с, она стала двигаться со скоростью  $v = 20$  м/с. Найти полное ускорение в начале и конце пути, если точка движется по дуге окружности радиуса  $r = 1000$  м.

41. Определить, с какой максимальной силой мотоциклист массой 80 кг давит на сиденье мотоцикла, проезжая по легкому мостику со скоростью 54 км/ч, если мостик прогибается, образуя дугу радиуса  $r = 100$  м.

42. Определить, с каким ускорением должна подниматься вертикально вверх платформа с телом, если при подъеме тело массой 40 кг давит на платформу с

силой 600 Н.

43. С какой максимальной угловой скоростью может вращаться в вертикальной плоскости шарик массой  $m=5\text{ кг}$ , привязанный к нити длиной  $l=0,5\text{ м}$ , если нить выдерживает максимальное натяжение 500 Н? Массой нити пренебречь.

44. Груз массой  $m=500\text{ кг}$  поднимается вертикально вверх с ускорением  $a_t=8\text{ м/с}^2$  с помощью троса, перекинутого через блок. Определить натяжение троса (массой его пренебречь).

45. Автомобиль, масса которого 1500 кг, движется по мосту с постоянной скоростью  $v=72\text{ км/ч}$ . Определить максимальную силу давления на мост, если радиус кривизны его  $r=400\text{ м}$ .

46. Определить радиус кривизны выпуклого моста в его верхней точке, если сила давления автомобиля при его движении по мосту с постоянной скоростью, равной 108 км/ч, составляет 10 кН. Масса автомобиля 1500 кг.

47. Шарик массой  $m=10\text{ кг}$ , привязанный к невесомой нити, вращается в вертикальной плоскости с частотой  $n=100\text{ об/мин}$ . Найти, какой максимальной длины должна быть взята нить, чтобы она выдержала натяжение 250 Н.

48. Определить, с какой минимальной скоростью должен проехать мотоциклист по выпуклому настилу, радиус кривизны которого равен  $r=300\text{ м}$ , если масса мотоциклиста вместе с мотоциклом  $m=300\text{ кг}$ , а максимально допустимая сила давления на настил  $F=2000\text{ Н}$ .

49. Груз массой  $m=1000\text{ кг}$ , подвешенный на тросе, опускается вертикально вниз с ускорением  $a_t=3\text{ м/с}^2$ . Найти натяжение троса, пренебрегая его собственной массой.

50. Определить, с какой максимальной силой прижимает летчика массой  $m=70\text{ кг}$  к креслу самолета, совершающего мертвую петлю, если радиус петли 100 м, а скорость самолета 240 км/ч.

51. Какую силу нужно приложить к покоящемуся телу массой  $m=400\text{ кг}$ , для того чтобы за время  $t=5\text{ с}$  его скорость стала равной 25 м/с? Какой путь пройдет тело за это время? Движение происходит по гладкой горизонтальной плоскости.

52. Сколько времени должна действовать сила  $F=300\text{ Н}$ , приложенная к покоящемуся телу массой  $m=120\text{ кг}$ , если она сообщит телу скорость  $v=20\text{ м/с}$ ? Какой путь пройдет тело под действием силы, если оно перемещается по гладкой горизонтальной плоскости?

53. Какую силу нужно приложить к автомобилю массой  $m=1500\text{ кг}$ , движущемуся по прямолинейному горизонтальному пути со скоростью  $v=72\text{ км/ч}$ , для того чтобы за время  $t=10\text{ с}$  его скорость уменьшилась до 18 км/ч? Какой путь пройдет при этом автомобиль?

54. Определить, какую силу надо приложить к телу массой  $m=300\text{ кг}$ , движущемуся прямолинейно, чтобы на пути  $s=200\text{ м}$  его скорость уменьшилась с 20 до 10 м/с. Найти время движения тела до полной остановки, пренебрегая силой трения, если величина действующей силы не изменится.

55. К покоящемуся телу приложили силу  $F=600\text{ Н}$ , после чего на пути  $S=100\text{ м}$  его скорость возросла до 20 м/с. Найти массу и время движения тела, считая, что тело под действием силы совершает прямолинейное движение по гладкой



горизонтальной плоскости.

56. Самолет массой 3000 кг для взлета должен иметь скорость 180 км/ч. На разгон самолета тратится время  $t=25$  с. Определить среднюю величину силы тяги самолета (силой сопротивления движению самолета пренебречь).

57. Определить, на какую максимальную высоту поднимется тело, брошенное вертикально вверх, если в начальный момент его скорость была равна 40 м/с. Определить также время подъема тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

58. Определить необходимую силу торможения и тормозной путь, если тело массой  $m=1500$  кг, двигавшееся прямолинейно со скоростью  $v_0=108$  км/ч, было остановлено в течение времени  $t=15$  с. Силой трения пренебречь.

59. Определить время разгона тела массой  $m=500$  кг при действии на него силы  $F=800$  Н, если начальная скорость его прямолинейного движения была  $v_0=10$  м/с, а конечная —  $v=30$  м/с. Найти, пренебрегая силой трения, путь, пройденный телом за это время.

60. Определить величину силы, которую надо приложить к телу массой  $m=1200$  кг, движущемуся прямолинейно со скоростью  $v_0=180$  км/ч, для того чтобы затормозить его на пути  $s=400$  м. Найти время торможения (силу трения не учитывать).

61.

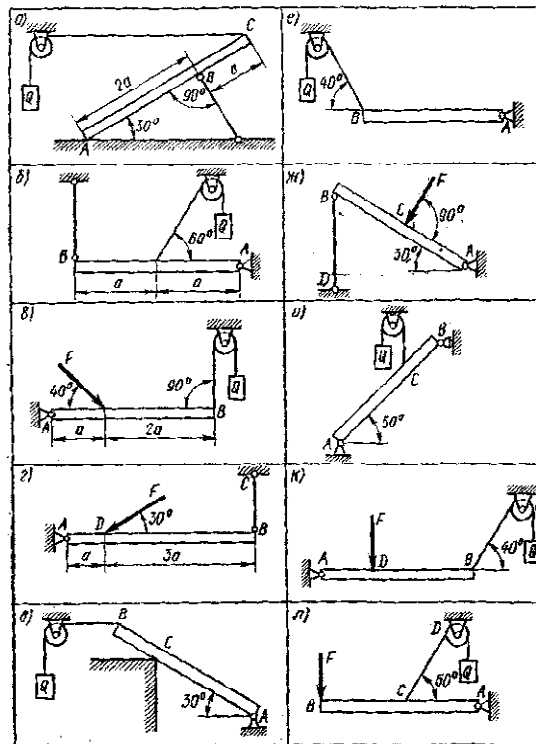


Рис. 15

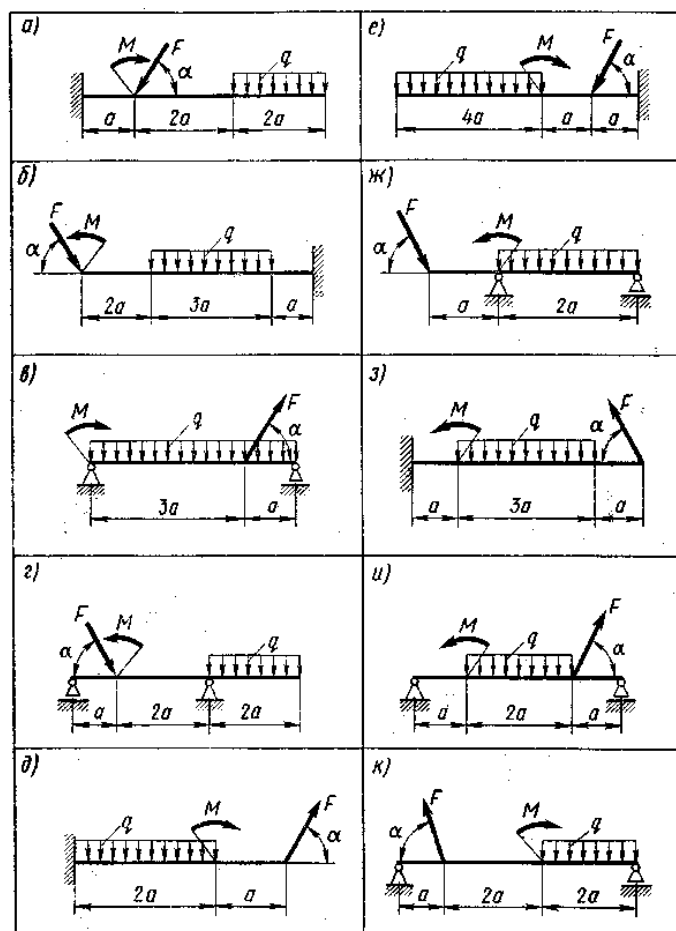


Рис. 16

№ задачи	F, кН	q, кН/м	M, кНм	α, град	a, м	Схема по рис.16
11	6	0,8	10	30	0,4	а
12	8	0,6	14	45	0,2	б
13	4	0,6	8	60	0,06	в
14	12	0,8	10	45	0,4	г
15	14	0,2	12	60	0,6	д
16	10	0,6	8	45	0,4	е
17	4	0,8	3	60	0,2	ж
18	5	0,4	6	30	0,4	з
19	6	0,2	10	60	0,2	и
20	14	1,2	12	45	0,4	к

Таблица 2

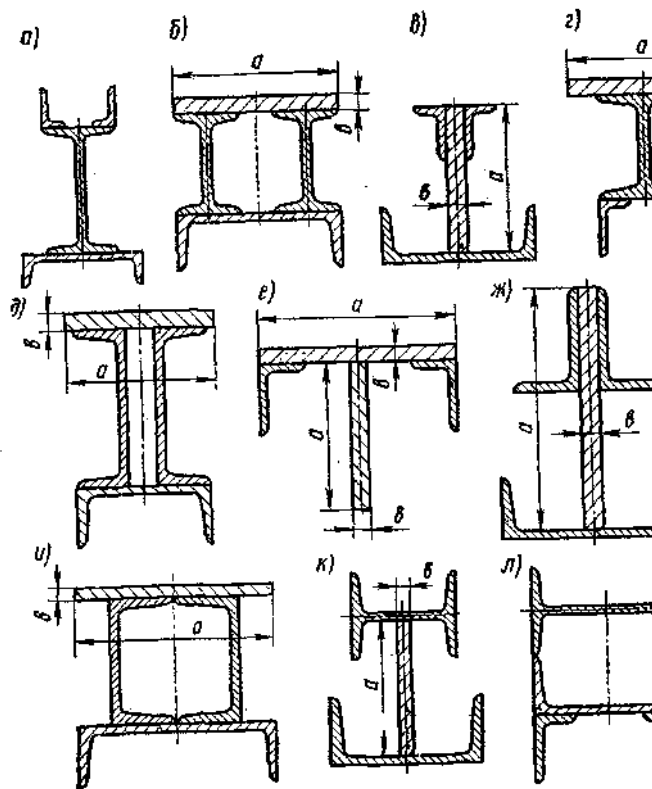


Рис. 17

2

№ задачи	двутавр	швеллер	уголок	a	b	Схема по рис.17
				мм		
21	22	18	50*32*4	-	-	а
22	20	30	-	400	20	б
23	-	22	75*50*8	300	20	в
24	30	-	80*50*5	280	10	г
25	-	18	-	220	20	д
26	-	-	100*63*10	300	20	е
27	-	24	80*50*6	300	20	ж
28	-	24	-	240	20	и
29	22	30	-	300	20	к
30	30	30	90*56*6	-	-	л

таблица 3

## Сопротивление материалов

### ЗАДАЧА № 1

Для двухступенчатого бруса определить и построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Определить удлинение (укорочение) бруса, модуль упругости  $E=2 \times 10^5$  МПа.

Решение:

1. Разобьем брус на участки, начиная от свободного конца. Границами участков являются сечения, в которых приложены влияние силы или изменяется площадь поперечного сечения. Получили три участка.

2. По методу сечения определяем продольную силу  $N$  для каждого участка и строим эпюру. Мысленно рассечем брус пределах первого участка и отбросим верхнюю часть бруса. Вместо отброшенной верхней части приложим внутреннюю силу  $N_I$ , которая уравнивается силой  $F_1$ .

При составлении уравнений равновесия используем правило знаков: проекция силы положительна, если её направления совпадает с положительным направлением оси:

$$N_I = F_1 = 40 \text{ кН} = 40 \times 10^3 \text{ Н}$$

Аналогично, в пределах II участка отбросим верхнюю часть бруса и рассмотрим оставленную часть с действующей силой  $F_1$ , которая уравнивается продольной силой  $N_{II}$ :

$$N_{II} = F_1 = 40 \text{ кН} = 40 \times 10^3 \text{ Н}$$

Продольная сила на III участке уравнивается в сечении с силами  $F_1$  и  $F_2$  и равна их алгебраической сумме:

$$N_{III} = F_1 - F_2 = 40 - 50 = -10 \text{ кН} = -10 \times 10^3 \text{ Н}$$

Проводим параллельно от бруса базовую линию эпюры. Влево от неё откладываем отрицательные значения  $N$ , вправо - положительные в произвольном масштабе. Через эти значения проводим линии, проставляем знаки и заштриховываем эпюру перпендикулярно базовой линии.

3. Определяем напряжение в поперечных сечениях по участкам и строим эпюру.

Для определения напряжений  $\delta$  необходимо значения продольных сил разделить на площади сечений.

$$\delta = \frac{N}{A}$$

Площадь поперечного сечения:

$$A_I = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,02^2}{4} = 0,000314 \text{ м}^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Площадь поперечного сечения на участках II и III:

$$A_{II} = A_{III} \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,04^2}{4} = 12,56 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\delta_I = \frac{N_I}{A_I} = \frac{40 \times 10^3}{3,14 \times 10^{-4}} = 127388535 \text{ Па} = 127,4 \text{ МПа}$$

$$\delta_{II} = \frac{N_{II}}{A_{II}} = \frac{40 \times 10^3}{12,56 \times 10^{-4}} = 31847133 \text{ Па} = 31,8 \text{ МПа}$$

$$\delta_{III} = \frac{-N_{III}}{A_{III}} = \frac{-10 \times 10^3}{12,56 \times 10^{-4}} = 7961783 \text{ Па} = -7,96 \text{ Па}$$

По найденным значениям напряжений строим эпюру. В пределах каждого участка напряжения постоянны, т.е. эпюра участка прямой, параллельной оси бруса.

4. Определяем перемещение свободного конца бруса (удлинение бруса).

Полное удлинение бруса равно алгебраической сумме удлинений его участков:

$$\lambda = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3$$

$$\Delta l_1 = \frac{N_I \times l_I}{E \times A_I} = \frac{40 \times 10^3 \times 1,2}{2 \times 10^5 \times 10^6 \times 3,14 \times 10^{-4}} = \frac{48 \times 10^3}{62,8 \times 10^6} = 0,00076 \text{ м}$$

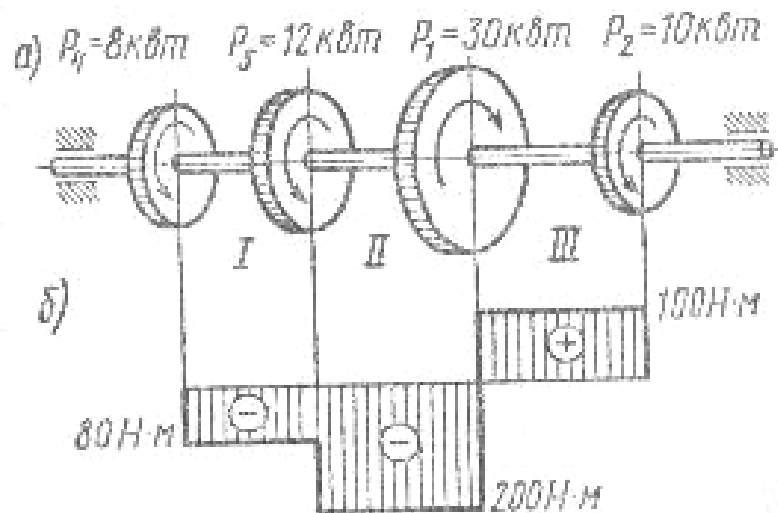
$$\Delta l_2 = \frac{N_{II} \times l_2}{E \times A_{II}} = \frac{40 \times 10^3 \times 0,6}{2 \times 10^5 \times 10^6 \times 12,56 \times 10^{-4}} = 0,09 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_{III} \times l_3}{E \times A_{III}} = \frac{-10 \times 10^3 \times 1}{2 \times 10^5 \times 10^6 \times 12,56 \times 10^{-4}} = 0,04 \text{ мм}$$

$$\lambda = 0,76 + 0,09 - 0,04 = 0,81$$

## ЗАДАЧА № 2.

Для стального вала определить из условия прочности требуемые диаметры каждого участка и углы закручивания этих участков. Угловую скорость вала применять  $\omega = 100$  рад/с, допускаемое напряжение  $[\tau] = 30$  МПа, модуль упругости сдвига  $G = 0,8 \cdot 10^5$  МПа.



Решение:

Вал вращается с постоянной угловой скоростью, следовательно, система вращающихся моментов уравновешена. Мощность, подводимая к валу, равна сумме мощностей, снимаемых с вала:

$$P_1 = P_2 + P_3 + P_4 = 10 + 12 + 8 = 30 \text{ кВт.}$$

Определяем вращающие моменты на шкивах:

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega} = \frac{30 \times 10^3}{100} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = \frac{P_2}{w} = \frac{10 \times 10^3}{100} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = \frac{P_3}{w} = \frac{12 \times 10^3}{100} = 120 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_4 = \frac{P_4}{w} = \frac{8 \times 10^3}{100} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Вал имеет три участка, в которых приложены внешние моменты. В пределах каждого участка значение крутящего момента остается постоянным.

При вычислении крутящих моментов необходимо установить правило знаков: рассматривая любую из оставленных частей вала со стороны сечения, внешние моменты, действующие по ходу часовой стрелки, считать положительными, действующие против хода часовой стрелки - отрицательными.

$$M_z^I = -M_4 = -80 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_z^{II} = -M_4 - M_3 = -80 - 120 = -200 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_z^{III} = M_2 = -M_4 - M_3 + M_1 = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Из условия прочности диаметр вала на первом участке определяем по формуле:

$$\tau = \frac{M_z}{w_p} = \frac{16 * M_z}{\pi d^3} \leq [\tau],$$

откуда

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16M_z^I}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 80 * 10^3}{3,14 * 30}} = 25 \text{ мм.}$$

На втором участке:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16M_{\kappa}^{II}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 200 * 10^3}{3,14 * 30}} = 35 \text{ мм.}$$

На третьем участке:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16M_{\kappa}^{III}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 100 * 10^3}{3,14 * 30}} = 28 \text{ мм.}$$

Вычисляем полярные моменты инерции сечений вала:

$$I_{pI} = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1 * 25^4 = 3,9 * 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$I_{pII} = 0,1 * 35^4 = 15 * 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$I_{pIII} = 0,1 * 28^4 = 6,2 * 10^4 \text{ мм}^4.$$

Из условия жесткости вала при кручении определяем углы закручивания соответствующих участков вала:

$$\varphi_I = -\frac{M_z^I l \times 180}{\pi \times G \times J_{pI}} = \frac{-80 * 11 * 10^2 * 180}{3,14 * 0,8 * 10^5 * 3,9 * 10^4} = -0,16^\circ;$$

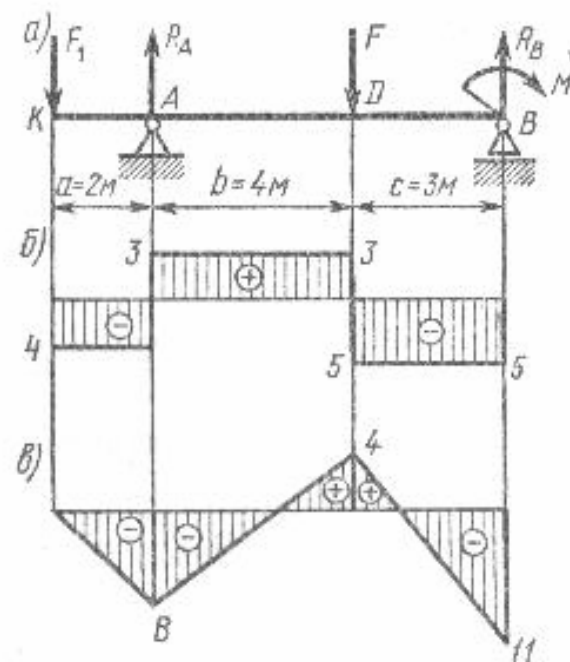


$$\varphi_2 = -\frac{M_z^{II} * l * 180}{\pi * G * J_{pII}} = \frac{-200 * 10 * 10^2 * 180}{3,14 * 0,8 * 10^5 * 15 * 10^4} = -0,38^\circ;$$

$$\varphi_3 = -\frac{M_z^{III} * l * 180}{\pi * G * J_{pIII}} = \frac{-100 * 0,8 * 10^2 * 180}{3,14 * 0,8 * 10^5 * 6,2 * 10^4} = 0,29^\circ.$$

### ЗАДАЧА №3.

Для балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если сосредоточенные силы  $F_1=4$  кН и  $F=8$  кН, момент  $M=11$  кН\*м, расстояние  $a=2$  м,  $b=4$  м,  $c=3$  м.



Решение:

Определим опорные реакции:

$$\sum M_A=0; -F_1 * a + F * b + M - R_B * (b + c) = 0,$$

откуда

$$R_B = \frac{-F_1 * a + F * b + M}{b + c} = \frac{-8 + 32 + 11}{7} = 5 \text{ кН.}$$

$$\sum M_B=0; -F_1 * (a + b + c) + R_A * (b + c) - F * c + M = 0,$$

откуда

$$R_A = \frac{F_1 * (a + b + c) + F * c - M}{b + c} = \frac{36 + 24 - 11}{7} = 7 \text{ кН.}$$

Для проверки составляем сумму проекций всех сил на вертикальную ось у:

$$\sum Y=0; -F_1 - F + R_A + R_B = -4 - 8 + 7 + 5 = 0.$$

Строим эпюру поперечных сил.

В сечении К:  $Q_{yK} = -F_1 = -4 \text{ кН.}$

В сечении А:  $Q_{yA \text{ лев}} = -F_1 = -4 \text{ кН.}$

$$Q_{yA \text{ прав}} = -F_1 + R_A = -4 + 7 = 3 \text{ кН.}$$

В сечении А: на эпюре  $Q_y$  получается скачок на величину реакции  $R_A$ .

В сечении D:  $Q_{yD \text{ лев}} = -F_1 + R_A = -4 + 7 = 3 \text{ кН}$ .

$$Q_{yD \text{ прав}} = -F_1 + R_A - F = -4 + 7 - 8 = -5 \text{ кН}.$$

В сечении B:  $Q_{yB} = -R_B = -5 \text{ кН}$ .

Строим эпюру изгибающих моментов по характерным сечениям K, A, D, B.

В сечении K:  $M_{xK} = 0$ .

В сечении A левая часть:  $M_{xA} = -F_1 * a = -4 * 2 = -8 \text{ кН*м}$ .

В сечении B:  $M_{xB} = -M = -11 \text{ кН*м}$ .

В сечении D правая часть:  $M_{xD} = R_{BC} - M = 5 * 3 - 11 = 4 \text{ кН*м}$ .

Соединяем полученные точки эпюры наклонными прямыми.

#### ЗАДАЧА №4.

В предлагаемых задачах требуется определить кинематические ( $\omega$ ) и силовые ( $P$ ,  $M$ ) параметры для всех валов многоступенчатой передачи привода. Приступая к решению задачи, следует ознакомиться с ГОСТ 2.770—68 и 2.703—68 на условные обозначения элементов и правила выполнения кинематических схем. Валы и звенья нумеруются по направлению силового потока (направлению передачи движения) — от входного вала (вал двигателя) к выходному (рабочему) валу. Индекс в обозначениях параметров валов  $\omega$ ,  $P$  и  $M$  соответствует номеру вала, а в обозначениях  $d$  и  $z$  — номеру насаженного на вал звена (колеса, шкива, звездочки и т. п.). Для общих параметров передачи — КПД  $\eta$  и передаточного отношения (числа)  $u$  — принята двойная индексация, соответствующая номерам валов передачи. Параметры любого последующего пала определяют через заданные параметры входного вала

при условии, что известны КПД и передаточные отношения отдельных передач привода. Напоминаем, что при последовательном соединении общее передаточное отношение равно произведению передаточных отношений отдельных передач, то же — для КПД.

В настоящем пособии для передаточного отношения  $\omega_1/\omega_2$  и передаточного числа  $z_1/z_2$  принято единое обозначение  $u$  (во многих учебниках передаточное отношение обозначено  $i$ ). Следует помнить, что для зубчатых передач  $u = \omega_1/\omega_2 = d_1/d_2 = z_1/z_2$ , для червячных и цепных  $u = \omega_1/\omega_2 = d_1/d_2$  и для ременных  $u = \omega_1/\omega_2 = d_1/d_2$ , где индекс 1 вносится к ведущему, а индекс 2 — к ведомому звену передачи.

Приводим таблицу средних значений КПД некоторых передач (с учетом потерь в подшипниках):

Тип передачи	Закрытая	Открытая
Зубчатая цилиндрическая	0,97	0,95
Зубчатая коническая	0,96	0,95
Цепная		0,92
Клиноременная		0,95

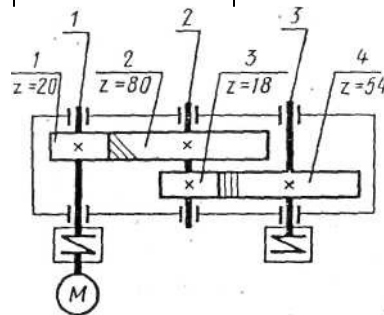


Рис. 84

**Пример** (рис. 84). Привод состоит из электродвигателя мощностью  $P_{дв} = 17$  кВт с угловой скоростью вала  $\omega_{дв} = 144$  рад/с и многоступенчатой передачи. Требуется определить: а) общие КПД и передаточное отношение передачи, б) мощности, вращающие моменты и угловые скорости для всех валов.

**Решение.** 1. Кинематическая и конструктивная характеристики привода: передача двухступенчатая (1—2—первая ступень, 2—3 — вторая ступень), понижающая (т. е. уменьшающая угловую скорость, так как в каждой ступени диаметр выходного звена больше, чем входного). Первая ступень передачи — цилиндрическая косозубая, вторая — цилиндрическая прямозубая. Передача закрытая, т. е. в корпусе. Передача называется *редуктором* (так как понижающая закрытая). Для подсоединения к входному и выходному валам редуктора предусмотрены упругие муфты.

2. КПД отдельных передач:  $\eta_{1-2} = 0,97$ ;  $\eta_{2-3} = 0,97$  (см. рекомендации).

Общий КПД передачи  $\eta = \eta_{1-2} \eta_{2-3} = 0,97 * 0,97 = 0,94$ .

3. Мощности на валах:  $P_1 = P_{дв} = 17$  кВт;  $P_2 = P_1 - 17 * 0,97 = 16,5$  кВт;  $P_3 = P_2 * \eta_{2-3} = 16,5 * 0,97 = 16$  кВт. Мощность на третьем (выходном) валу можно было определить и иначе:  $P_3 = P_1 * \eta_{1-3} = P_1 * \eta = 17 * 0,94 = 16$  кВт.

4. Передаточные числа отдельных передач:  $u_{1-2} = Z_2/Z_1 = 80/20 = 4$ ;  $u_{2-3} = Z_4/Z_3 = 54/18 = 3$ . Передаточные отношения равны передаточным числам. Общее передаточное отношение передачи  $u = u_{1-2} * u_{2-3} = 4 * 3 = 12$ .

5. Угловые скорости валов:  $\omega_1 = \omega_{дв} = 144$  рад/с;  $u_{1-2} = \omega_1 / \omega_2$ , отсюда  $\omega_2 = \omega_1 / u_{1-2} = 144/4 = 36$  рад/с. Угловую скорость третьего (выходного) вала можно было определить и иначе:  $u = u_{1-3} = \omega_1 / \omega_3$ , отсюда  $\omega_3 = \omega_1 / u = 144/12 = 12$  рад/с.

6. Вращающие моменты на валах:  $M_1 = P_1 / \omega_1 = 17 * 10^3 / 144 = 118$  Н\*м;  $M_2 = P_2 / \omega_2 = 16,5 * 10^3 / 36 = 458$  Н\*м;  $M_3 = P_3 / \omega_3 = 16 * 10^3 / 12 = 1330$  Н\*м. Здесь мощность взята, в ваттах, например  $P_1 = 17$  кВт =  $17 * 10^3$  Вт.

В понижающих передачах понижение угловых скоростей валов сопровождается соответствующим повышением вращающих моментов. Мощности на валах снижаются незначительно вследствие потерь на трение в подшипниках и при взаимодействии звеньев.

## Задача 5

К решению этих задач следует приступать после изучения темы «Механизмы передачи вращательного движения», уяснения методических указаний к теме и разбора примеров.

В предлагаемых задачах требуется выполнить геометрический расчет (определить основные геометрические размеры) зубчатой цилиндрической или червячной передачи. Этот расчет, как известно, базируется на заданном (т. е. найденном из силового расчета на контактную усталость зубьев) межосевом расстоянии  $a$ . При расчете учащиеся должны применять наименования и обозначения расчетных параметров только в соответствии с действующими ГОСТами (как это сделано в настоящем пособии и учебной литературе издания последних лет).

Методика геометрического расчета зубчатых цилиндрических передач. Исходные данные: передаточное число  $u$ , межосевое расстояние  $a$  и относительная ширина колеса (коэффициент ширины венца колеса)  $\psi$ .

1. Выбираем модуль  $m$  по рекомендации:  $m = (0,01 \dots 0,02)a$ , принимая стандартное значение (мм) из ряда: 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20.

2. Определяем число зубьев шестерни  $Z_1$  из формулы  $a = (d_1 + d_2) / 2 = m z_1 (u + 1) / (2 \cos \beta)$ , где  $\beta$  — угол наклона линии зуба. Для прямозубых передач  $\beta = 0^\circ$  и  $\cos \beta = 1$ , для косозубых передач  $\beta = 8 \dots 15^\circ$ . Полученное значение  $z_1$  округляем до ближайшего целого числа, но не менее 17.

3. Из формулы  $u = z_1 / z_2$  определяем число зубьев колеса  $z_2$ , округляя полученное значение до ближайшего целого числа. Уточняем значение передаточного числа  $u$ .

4. Определяем основные геометрические параметры зацепления:

а) шаг  $p = \pi m$ ;

б) высота головки зуба  $h_a = m$ , высота ножки зуба  $h_f = 1,25m$ .

5. Определяем основные геометрические размеры колес:

а) делительные диаметры  $d_1 = mz/\cos\beta$  и  $d_2 = mz_2/\cos\beta$ ;

б) диаметры вершин зубьев  $d_{a1} = d_1 + 2h_a$  и  $d_{a2} = d_2 + 2h_a$ ;

в) диаметры впадин  $d_{f1} = d_1 - 2h_f$  и  $d_{f2} = d_2 - 2h_f$ ;

г) уточненное межосевое расстояние  $a = (d_1 + d_2)/2$ ;

д) из формулы  $\psi = b/a$  находим ширину зубчатого венца  $b$ .

В п. 4 и 5 вычисления следует вести с точностью до второго знака после запятой, за исключением размера  $b$ , который округляют до ближайшего целого числа.

Поясним изложенное на примере. Исходные данные: передача цилиндрическая косозубая,  $a = 340$  мм,  $u = 4,5$ ,  $\psi = 0,4$ .

Решение. I.  $m = (0,01...0,02)340 = 3,4...6,8$  мм, принимаем  $m = 5$  мм.

2. Принимаем  $\beta = 10^\circ$ ,  $\cos \beta = 0,985$ ,  $z_1 = 2*340*0,985/(5(4,5 + 1)) = 24,4$ , принимаем  $z_1 = 24$ . 3.  $z_2 = 24*4,5 = 108$ . 4.  $p = 3,14*5 = 15,7$  мм;  $h_a = 5$  мм;  $h_f = 1,25*5 = 6,25$  мм. 5.  $d_1 = 5*24/0,985 = 121,83$  мм;  $d_2 = 5*108/0,985 = 548,22$  мм;  $d_{a1} = 121,83 + 2*5 = 131,83$  мм;  $d_{a2} = 548,22 + 2*5 = 558,22$  мм;  $d_{f1} = 121,83 - 2*6,25 = 109,33$  мм;  $d_{f2} = 548,22 - 2*6,25 = 535,72$  мм;  $a = (121,83 + 548,22)/2 = 335,03$  мм;  $b = 0,4*335,03 = 134$  мм.

### Методика геометрического расчета червячных передач.

Исходные данные: передаточное число  $u$ , межосевое расстояние  $a$ .

1. Число витков (заходов) червяка  $z_1$  определяем в зависимости от  $u$  по рекомендации:

$u \dots 8 \dots 16$	$16 \dots 32$	$32 \dots 80$
$z_1 \dots \dots 4$	$2$	$1$

2. Из формулы  $u = z_1/z_2$  определяем число зубьев червячного колеса  $z_2$ , округляя полученное значение до ближайшего целого числа. Уточняем значение передаточного числа  $u$ .

3. Выбираем коэффициент диаметра червяка  $q$  по рекомендации:  $q = 0,25z_2$ , принимая ближайшее целое число из ряда 8...20.

4. Определяем модуль  $m$  из формулы  $a = (d_1 + d_2)/2 = m\{q + z_2\}/2$ . Принимаем для модуля стандартное значение (мм) из ряда: 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20.

5. Определяем основные геометрические параметры зацепления; а) осевой шаг червяка и окружной шаг колеса  $p = \pi m$ ; б) высота головки витка червяка и зуба колеса  $h_a = m$ ; в) высота ножки витка червяка и зуба колеса;  $h_f = 1,2m$ .

6. Определяем основные геометрические размеры червяка: а) делительный диаметр  $d_1 = mq$ ; б) диаметр вершин в...итков  $d_{a1} = d_1 + 2 h_a$ ; в) диаметр впадин;  $d_{f1} = d_1 - 2h_f$

г) угол подъема линии витка  $\text{tg } \gamma = z_1/q$ ; д) длина нарезанной части

червяка  $b_1 = m(11+0.06 z_2)$ .

7. Определяем основные геометрические размеры червячного колеса: а) делительный диаметр  $d_2 = mz_2$ ; б) диаметр вершин зубьев  $d_{a2} = d_2 + 2h_a$ ; в) диаметр впадин  $d_{f2} = d_2 -$

$2 h_f$ ; г) наружный диаметр колеса  $d_{ae2} = d_{a2} + 6m/(z_1 + 2)$ ; д) -ширина зубчатого венца колеса  $b_2 = 0,75d_{a1}$ .

8. Уточняем межосевое расстояние:  $a = (d_1 + d_2)/2$ .

В п. 5, 6, 7 и 8 вычисления следует вести с точностью до второго знака после запятой, за исключением размеров  $b_1$ ,  $b_2$  и  $d_{ae2}$ , которые округляют до ближайшего целого числа.

Поясним изложенное на примере. Исходные данные:  $a = 220$  мм,  $u = 30$ .

Решение. 1.  $Z_1 = 2$ . 2.  $z_2 = 2*30 = 60$ . 3.  $q = 0,25*60 = 15$ . 4.  $m = 2*220/(15 + 60) = 5,87$  мм, принимаем  $m = 6,3$  мм. 5.  $p = 3,14*6,3 = 19,78$  мм;  $h_a = 6,3$  мм;  $h_f = 1,2*6,3 = 7,56$  мм. 6.  $d_1 = 6,3*15 = 94,5$  мм;  $d_{a1} = 94,5 + 2*6,3 = 107,1$  мм;  $d_{f1} = 94,5 -$

$2*7,56 = 79,38$  мм;  $\operatorname{tg} \gamma = 2/15 = 0,133$ , отсюда  $\gamma = 7^\circ 35' 41''$ ;  $b_1 = 6,3(11 + 0,06*60) = 91,98$  мм, принимаем  $b_1 = 92$  мм. 7.  $d_2 = 6,3*60 = 378$  мм;  $d_{a2} = 378 + 2*6,3 = 390,6$  мм;  $d_{f2} = 378 - 2*7,56 = 362,88$  мм;  $d_{ae2} = 390,6 + 6*6,3/(2 + 2) = 400,05$  мм, принимаем  $d_{ae2} = 400$  мм;  $b_2 = 0,75*107,1 = 80,3$  мм, принимаем  $b_2 = 80$  мм. 8.  $a = (94,5 + 378)/2 = 236,25$  мм.

Номер варианта последней цифры (два значия)	Номера контрол ьных					
00	4	11	28	35	4	59
01	5	12	29	36	4	60
02	6	13	30	37	4	51
03	7	13	21	38	4	52
04	8	15	22	39	4	53
36	9	16	23	40	4	54
91	10	17	24	31	4	53
92	1	19	27	35	4	51
93	2	20	28	36	4	52
94	3	11	29	37	4	53
95	4	12	30	38	4	54
96	5	13	21	39	4	55
97	6	14	22	40	4	56
98	7	15	23	31	4	57
99	8	16	24	32	5	58
16	9	17	25	33	4	59
17	10	18	26	34	4	60
18	1	20	29	38	4	55
19	2	11	30	39	4	57
20	3	12	21	40	4	58
21	4	13	22	31	£	59
22	5	14	23	32	4	60
23	6	15	24	33	4	51
24	7	16	25	34	4	52
25	8	17	26	35	4	53
26	9	18	27	36	4	54
27	10	19	28	37	4	£5
28	1	11	21	31	4	51
29	2	14	22	32	4	52

### Задачи

**1-10.** Для ступенчатого чугунного бруса (рис.32) найти из условия прочности площадь поперечного сечения, если  $[\sigma_p] = 60$  МПа и  $[\sigma_c] = 100$  МПа. Данные, необходимые для решения своего варианта задачи, выбрать из табл. 1.

11. Стальной вал сплошного сечения передает мощность  $P=20$  кВт. Найти предельно допускаемую частоту вращения вала из условия его прочности и жесткости, если диаметр вала  $d = 60$  мм,  $[\tau] = 40$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,3$  град/м.

12. Определить диаметр стального вала сплошного сечения для передачи мощности  $P= 12$  кВт при частоте вращения  $n = 200$  об/мин из условия прочности и жесткости, приняв  $[\tau] = 40$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,25$  град/м.

13. Найти максимальную мощность, которую может передать стальной вал



сплошного сечения диаметром  $d = 40$  мм, из условия его прочности и жесткости, если  $[\tau] = 40$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,3$  град/м,  $n = 220$  об/мин.

14. Стальной вал передает мощность  $P = 15$  кВт. Найти угол закручивания вала на длине  $l = 5d$ , предварительно определив его диаметр  $d$  из условия прочности, приняв  $[\tau] = 30$  МПа. Частота вращения вала  $n = 250$  об/мин.

15. Стальной вал сплошного сечения решено заменить на равнопрочный вал кольцевого сечения с отношением диаметров  $c = d_0/d = 0,7$ . Определить размеры и сравнить массы валов сплошного и кольцевого сечений, если они рассчитаны на передачу мощности  $P = 30$  кВт при угловой скорости вращения  $\omega = 30$  рад/с и максимальные напряжения не должны превышать  $[\tau] = 30$  МПа.

16. Определить из расчета на прочность и жесткость требуемый диаметр сплошного вала, передающего мощность  $P = 30$  кВт при  $n = 200$  об/мин, приняв  $[\tau] = 100$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,2$  град/м.

17. Найти минимально допускаемую скорость вращения стального вала кольцевого сечения ( $c = d_0/d = 0,6$ ), рассчитанного на передачу мощности  $P = 20$  кВт. Наружный диаметр вала  $d = 50$  мм,  $[\tau] = 30$  МПа,  $[\varphi_0] = 0,30$  град/м.

18. Определить максимальную мощность, которую может передать стальной вал диаметром  $d = 50$  мм, вращающийся с частотой  $n = 250$  об/мин. Максимальные напряжения кручения не должны превышать  $[\tau] = 30$  МПа, а относительный угол закручивания должен быть не более  $[\varphi_0] = 0,3$  град/м.

19. Определить из расчета на прочность и жесткость требуемый диаметр стального вала  $d$ , если вал передает мощность  $P = 20$  кВт, частота его вращения  $n = 200$  об/мин, максимальные касательные напряжения не должны быть выше  $[\tau] = 30$  МПа, а угол закручивания на длине  $l = 5d$  не должен превышать  $[\varphi] = 0,2^\circ$ .

20. Найти относительный угол закручивания стального вала, передающего мощность  $P = 20$  кВт и вращающегося с частотой  $n = 300$  об/мин. Диаметр вала найден из условия прочности на кручение, причем  $[\tau] = 30$  МПа.

**21-30.** Для заданной двухопорной балки (рис.33) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать из условия прочности размеры круглого поперечного сечения, приняв  $[\sigma] = 150$  МПа. Схему балки для решения своего варианта задачи выбрать из табл. 2.

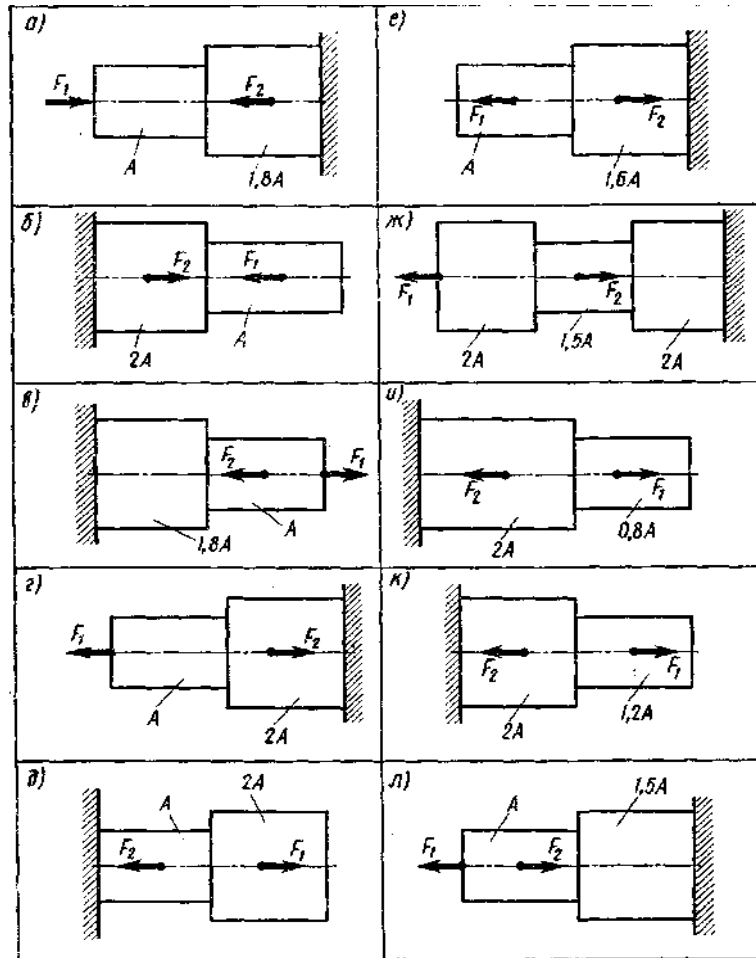


Рис. 32

№ задачи	$F_1$	$F_2$	Схема по рис.32	№ задачи	$F_1$	$F_2$	Схема по рис.32
	кН				кН		
1	12	26	а	6	16	50	е
2	14	34	б	7	32	74	ж
3	20	70	в	8	18	50	и
4	30	90	г	9	30	94	к
5	25	75	д	10	22	64	л

Таблица 1

Номера задач	$F_1$	$F_2$	М кН*м
	кН		
21	25	20	20
22	40	25	20
23	30	50	20
24	15	45	30
25	50	60	10
26	65	10	35
27	40	50	30
28	55	15	25

29	60	20	15
30	55	20	15

Таблица 2

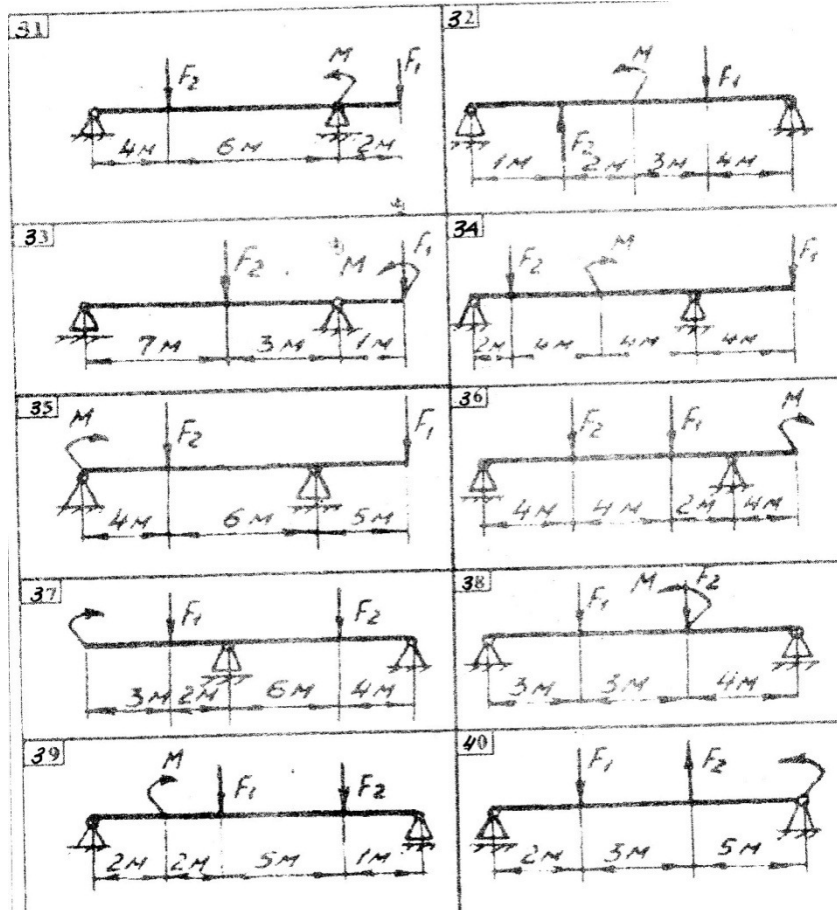


рисунок 33

### Задачи № 31...40

Привод состоит из электродвигателя мощностью  $P_{дв}$  с частотой вращения вала  $n_{дв}$ , и двухступенчатой передачи, включающей редуктор и открытую передачу, характеристики звеньев которой ( $d$  или  $z$ ) заданы. Требуется определить: а) общие КПД и передаточное отношение привода; б) мощности, угловые скорости и вращающие моменты для всех валов. Кроме этого, следует дать характеристику привода и его отдельных передач (рис 34, табл.3)..

№ задачи	$P_{дв}$	$n_{дв}$	$u_{ред}$	$d_1$	$d_2$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	Схема
	кВт	об/мин	мм							
31	3	1435	3,15	120	360	-	-	-	-	А
32	2,2	950	4	-	-	20	50	-	-	Б
33	4	1430	2,5	-	-	18	36	-	-	В
34	1,5	935	5	-	-	-	-	20	60	Г
35	4	950	3,15	-	-	-	-	16	40	Д
36	5,5	1445	4	120	360	-	-	-	-	Е
37	4	1430	2,5	-	-	-	-	21	63	Ж
38	7,5	1455	20	-	-	-	-	18	54	И
39	4	950	22	80	160	-	-	-	-	К
40	5,5	950	18	-	-	20	60	-	-	Л

Таблица 3

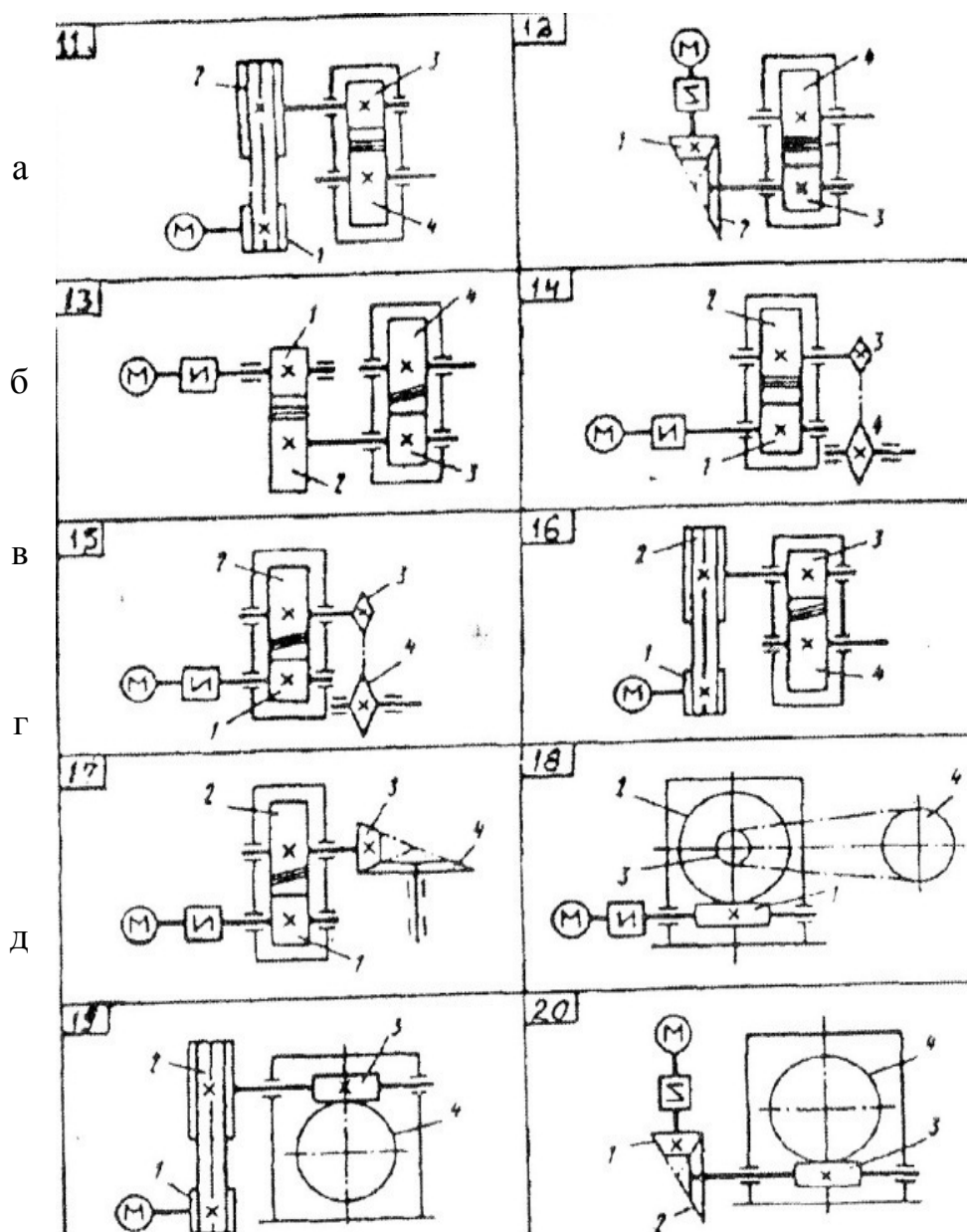


Рис. 34  
Задачи № 41...50

Выполнить геометрический расчет передачи редуктора. Тип передачи (червячная, цилиндрическая прямо-или косозубая) и ее передаточное число  $u$  взять из предыдущей (31...40) задачи, а межосевое расстояние  $a$  — из таблицы 4. При расчете цилиндрических передач принять следующие значения относительной ширины колеса  $\psi$ : 0,4 для прямозубой передачи и 0,5 для косозубой.



Таблица 5  
таблица 5

рад/с										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

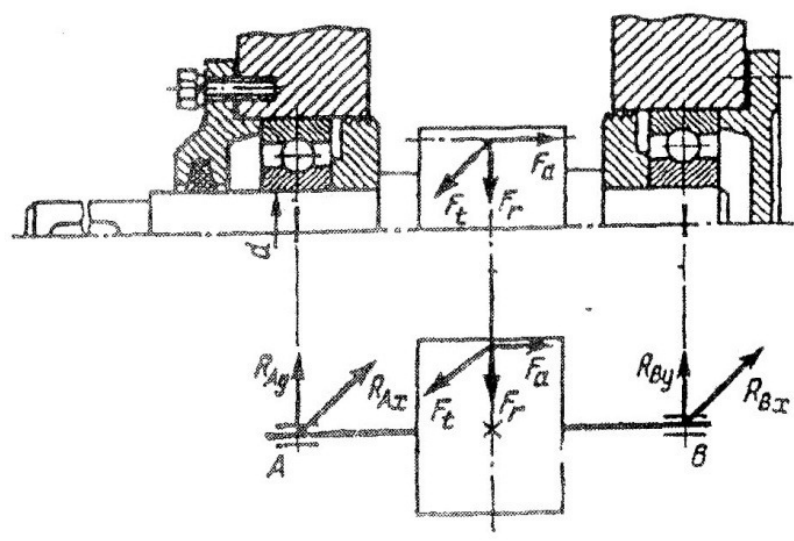


Рис.35