



Министерство образования и науки Самарской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»
(ГБПОУ «СЭК»)

Г.А. Тюмченкова

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические рекомендации по самостоятельной работе,
задания для домашней контрольной работы
и методические указания к её выполнению
для студентов-заочников специальностей

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных,
строительных, дорожных машин и оборудования

13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

Самара 2017

Методические рекомендации по самостоятельной работе, задания для домашней контрольной работы и методические указания к её выполнению по дисциплине *Техническая механика* для студентов заочников специальностей 23.02.04 и 13.02.09 / авт. Тюмченкова Г.А. – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2017 – 31 с.

Издание содержит методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, требования к выполнению домашней контрольной работы по дисциплине *Техническая механика*. Составлено в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальностям 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования и 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 1 от 28.09.2017 г.)

Рецензент:

Тышковская И.А. – преподаватель Самарского колледжа строительства и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский МГСУ»

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте info@sam-ek.ru

© ГБПОУ «Самарский энергетический колледж», 2017 г.

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по учебной дисциплине *Техническая механика* (раздел *Теоретическая механика*) составлены в соответствии с примерной программой и предназначены для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников специальностей 23.02.04 *Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования* и 13.02.09 *Монтаж и эксплуатация линий электропередачи* среднего профессионального образования.

Учебная дисциплина *Техническая механика* включена в основную образовательную программу базового уровня, в блок ОП (обще профессиональные дисциплины) учебного плана.

Программа дисциплины предусматривает изучение общих законов движения и равновесия материальных тел, основы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. Программа базируется на знании студентами обще профессиональных дисциплин.

При изучении дисциплины следует внимательно прочитать методические указания по рассматриваемой теме, изучить материал по рекомендуемой литературе с составлением краткого конспекта, ответить на вопросы для самоконтроля. Переходить к изучению следующего раздела или темы следует только после изучения соответствующих тем, вопросы из которых включены в контрольную работу. Дисциплина включает три раздела: 1. Теоретическая механика. 2. Сопротивление материалов. 3. Детали машин.

В результате освоения программы дисциплины студент должен:
иметь представление:

- об общих законах движения и равновесия материальных тел;
- о видах деформаций и основных расчетах на прочность, жесткость и устойчивость.

знать:

- основные понятия, законы и методы механики деформируемого твердого тела;

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость;
- пользоваться государственными стандартами, строительными нормами и правилами (СНиП) и другой нормативной документацией.

При изложении материала соблюдается единство терминологии, обозначений, единиц измерения в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ и СНиП).

Для лучшего усвоения материала соблюдается использование технических, аудиовизуальных и программных средств обучения.

Самостоятельная работа студентов выполняется в виде расчетов, решения задач по индивидуальным заданиям. По учебному плану предусмотрена одна обязательная контрольная работа

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов	
	обзорные лекции	практические занятия
1	2	3
Введение		
Раздел 1. Теоретическая механика		
Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики	2	
Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил	2	
Тема 1.3 Пара сил и моменты силы относительно точки	2	
Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил	2	
Тема 1.5 Пространственные системы сил		
Тема 1.6 Центр тяжести	2	2
Тема 1.7 Устойчивость равновесия		
Раздел 2. Сопротивление материалов		
Тема 2.1. Основные положения сопротивления материалов	2	
Тема 2.2. Растяжение и сжатие		4
Тема 2.3 Геометрические характеристики плоских сечений	2	
Тема 2.4 Сдвиг и кручение. Практические расчеты на срез и смятие	2	
Тема 2.5 Изгиб		4
Тема 2.6 Устойчивость сжатых стержней	2	
Лабораторно-практическая работа		2
Раздел 3. Детали машин		
Тема 3.1 Основные положения	6	2
Тема 3.2 Общие сведения о плоских механизмах	4	4
Тема 3.3 Валы и оси	2	4
Итого	32	22

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Содержание теоретической механики, её роль и значение в научно-техническом прогрессе. Материя и движение. Механическое движение. Равновесие. Теоретическая механика и ее разделы: статика, кинематика, динамика.

Методические указания

Статика является частью теоретической механики, изучающей условия, при которых тело находится под действием заданной системы сил. Успешное овладение методами статики – необходимое условие для изучения всех последующих тем и разделов дисциплины *Техническая механика*.

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает техническая механика?
2. Что такое материя?

3. Что такое движение материи, какие формы движения вы знаете, что такое механическое движение?
4. Что понимается под равновесием?
5. Что изучается в теоретической механике и её разделах: статике, кинематике, динамике?

Раздел 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. СТАТИКА

Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики

Материальная точка, абсолютно твердое тело. Сила, система сил, эквивалентные системы сил, уравновешенная система сил. Равнодействующая и уравновешивающая силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей.

Методические указания

Следует глубоко вникнуть в физический смысл аксиом статики. Изучая связи и их реакции, нужно иметь в виду, что реакция связи является силой противодействия и направлена всегда противоположно силе действия рассматриваемого тела на связь (опору).

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое сила и какова единица её измерения?
2. Какими тремя факторами определяется сила, действующая на твердое тело?
3. Что такое аксиомы статики и как они формулируются?
4. Что называется реакцией связи, как направлены реакции наиболее распространенных типов связей?

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Система сходящихся сил. Определение равнодействующей системы сил геометрическим способом. Силовой многоугольник. Геометрическое условие равновесия Вопросы для самоконтроля.

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

Методические указания

При изучении темы следует иметь в виду, что эта система эквивалентна одной силе (равнодействующей) и стремится придать телу (в случае, если точка схождения сил совпадает с центром тяжести тела) прямолинейное движение. Равновесие тела будет иметь место в случае равенства равнодействующей нулю. Геометрическим условием равновесия является замкнутость многоугольника, построенного на силах системы, аналитическим условием – равенство нулю алгебраических сумм проекций сил системы на любые две взаимно перпендикулярные оси. Следует получить навыки в решении задач на равновесие тел, обратив особое внимание на рациональный выбор направления координатных осей

Вопросы для самоконтроля

1. Какие силы называются сходящимися?
2. Как геометрически определяется равнодействующая плоской системы сходящихся сил, влияет ли порядок сложения сил на величину и направление равнодействующей?
3. Что называется проекцией силы на ось, как определяется знак проекции?
4. Как формулируются аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил?

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки

Пара сил. Вращающее действие пары на тело. Момент пары, плечо пары. Обозначение момента пары, правило знаков момента, размерность. Момент силы относительно точки. Свойства пар. Условие равновесия пар на плоскости.

Методические указания

При изучении темы следует знать, что система пар сил эквивалентна одной паре (равнодействующей) и стремится придать телу вращательное движение. Равновесие тела будет иметь место в случае равенства нулю момента равнодействующей пары. Аналитическим условием равновесия являются равенства нулю алгебраической суммы моментов пар системы. Следует обратить особое внимание на определение момента силы относительно точки.

Необходимо помнить, что момент силы относительно точки равен нулю лишь в случае, если точка лежит на линии действия силы

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется парой сил, какое движение совершает твердое тело под действием пары сил?
2. Что называется моментом пары и как определить знак момента? Какова единица измерения момента?
3. Какие пары сил называются эквивалентными?
4. В чем состоит условия равновесия пар, лежащих в одной плоскости?
5. Что называется моментом силы относительно точки? Как выбирается знак момента? Что такое плечо силы?

Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил

Приведение силы к данной точке. Приведение плоской системы произвольно расположенных сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Свойства главного вектора и главного момента.

Равнодействующая плоской системы произвольных сил. Теорема Вариньона. Различные случаи приведения системы. Равновесие системы Три вида. уравнений равновесия. Балочные системы.

Классификация нагрузок: сосредоточенная сила, сосредоточенный момент, распределенная нагрузка. Виды опор. Решение задач на определение опорных реакций.

Методические указания

При изучении темы следует иметь в виду, что эта система эквивалентна

одной силе (называемой главным вектором) и самой паре (момент, который называют главным моментом) и стремится придать телу в общем случае прямолинейное и вращательное движение одновременно. Изученные ранее системы сходящихся сил и система пар сил – частные случаи произвольной системы сил. Равновесие тела будет иметь место в случае равенства нулю и главного вектора, и главного момента системы. Аналитическим условием равновесия является равенство нулю алгебраических сумм проекций сил системы на любые две взаимно перпендикулярные оси относительно любой точки. Следует получить навыки в решении задач на равновесие тел, в том числе на определение опорных реакций балок и сил, нагружающих стержни, обратив особое внимание на рациональный выбор координатных осей и положения центра моментов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как привести силу к данному центру?
2. Что называется главным вектором и главным моментом плоской системы, произвольно расположенной системы сил (три вида).
3. Каковы условия равновесия системы сил?
4. Напишите уравнение равновесия плоской системы произвольно расположенной системы сил (три вида).
5. Какие основные виды опор и как направлены в них опорные реакции?

Тема 1.5 Пространственные системы сил

Разложение силы по трем осям координат. Пространственная система сходящихся сил, ее равновесие. Момент силы относительно оси. Пространственная система произвольно расположенных сил, её равновесие.

Методические указания

При изучении темы следует научиться находить проекции силы на три взаимно перпендикулярные оси, определять момент силы относительно оси, уметь составлять уравнения равновесия пространственной системы сходящихся сил и системы сил, произвольно расположенных в пространстве. Следует получить навыки в решении задач на равновесии тел под действием пространственной системы сил, определять опорные реакции балок и валов, обратив внимание на рациональный выбор координатных осей и положение центра моментов.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая система сил называется пространственной?
2. Как определяют проекции сил на координатные оси и плоскости?
3. Напишите уравнение равновесия системы сил, произвольно расположенных в пространстве

Тема 1.6 Центр тяжести

Равнодействующая двух параллельных сил. Центр двух параллельных сил. Равнодействующая системы параллельных сил. Центр системы параллельных сил. Сила тяжести как равнодействующая вертикальных сил.

Центр тяжести тела. Центр тяжести объёма, площади, линии. Центр тяжести простых геометрических фигур. Методы нахождения центра тяжести. Центр тяжести сортамента прокатной стали.

Определение положения центра тяжести плоской фигуры и фигуры, составленной из стандартных профилей проката. Устойчивое и неустойчивое безразличное равновесие.

Практическая работа

Определение центра тяжести плоских фигур и составных сечений, составленных из стандартных профилей проката.

Методические указания

Тема относительно проста для усвоения, однако крайне важна при изучении раздела сопротивления материалов. Главное внимание здесь необходимо обратить на решение задач как с плоскими геометрическими фигурами, так и со стандартными прокатными профилями, таблицы ГОСТ для которых приведены в приложениях.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение центра параллельных сил и укажите его свойства.
2. Что называется центром тяжести тела?
3. Как определяется положение центра тяжести плоской фигуры сложной формы?
4. Как определяется центр тяжести сечений, составленных из стандартных профилей проката?

Тема 1.7 Устойчивость равновесия

Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие твердого тела. Условие равновесия твердого тела, имеющего неподвижную точку или ось вращения. Условие равновесия тела, имеющего опорную плоскость. Момент опрокидывающий и момент устойчивости. Коэффициент устойчивости.

Раздел 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.1 Основные положения сопротивления материалов

Основные положения. Цели и задачи «Сопротивления материалов» и его связь с другими разделами технической механики. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Силы внешние и внутренние. Метод сечений. Напряжение полное, нормальное, касательное.

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Продольные силы. Нормальное напряжение в поперечных сечениях бруса. Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.

Продольная и поперечная деформации при растяжении (сжатии). Закон Гука. Модуль продольной упругости. Коэффициент Пуассона. Механические испытания материалов. Диаграмма растяжения пластичных и хрупких материалов. Допускаемое напряжение. Коэффициент запаса прочности

Расчёты на прочность: проверочный, проектный, определение допускаемой нагрузки. Статически неопределимые системы. Температурные напряжения в статически неопределимых системах

Тема 2.3 Геометрические характеристики плоских сечений

Геометрические характеристики плоских сечений. Понятие о геометрических характеристиках плоских поперечных сечений бруса. Моменты инерции: осевой, полярный и центробежный. Осевые моменты инерции простейших сечений: прямоугольного, треугольного, кругового и кольцевого. Главные оси и главные центральные моменты инерции.

Тема 2.4 Сдвиг и кручение. Практические расчеты на срез и смятие

Сдвиг и кручение. Понятие о чистом сдвиге. Деформация сдвига. Модуль сдвига. Закон Гука для сдвига. Кручение прямого бруса, круглого поперечного сечения. Крутящий момент, построение эпюр. Напряжение в поперечном сечении круглого бруса, угол закручивания. Полярный момент сопротивления для кругового и кольцевого сечений.

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

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

Тема 2.5 Изгиб

Изгиб. Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе.

Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределения нагрузки.

Условие прочности при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений балок. Понятие о касательных напряжениях при изгибе. Линейные и угловые перемещения при изгибе, их определение. Расчеты на жесткость.

Тема 2.6 Устойчивость сжатых стержней

Понятие об устойчивости. Критическая сила. Связь между критической силой и допускаемой нагрузкой. Предельная гибкость. Расчеты сжатых стержней.

Самостоятельная работа обучающихся по разделу *Сопротивление материалов*

Изучение конспектов занятий, учебной литературы и других источников информации (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий).

Подготовка к практическим занятиям с использованием методических рекомендаций преподавателя,

Примерная тематика внеаудиторной самостоятельной работы:
Расчет на прочность по допускаемым напряжениям.

Раздел 3. ДЕТАЛИ МАШИН

Тема 3.1 Основные положения

Цель и задачи раздела *Детали машин*. Механизм и машина. Классификация машин. Детали и узлы, их классификация. Классификация элементов конструкций, расчетные схемы.

Требования, предъявляемые к машинам и деталям. Критерии работоспособности деталей машин. Контактная прочность деталей машин. Проектные и проверочные расчеты.

Вращательное движение, его роль в механизмах и машинах. Назначение передач.

Классификация передач по принципу действия и принципу передачи движения от ведущего звена к ведомому. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах.

Фрикционные передачи

Фрикционные передачи, их назначение и классификация. Достоинства и недостатки фрикционных передач, область их применения. Материалы катков. Виды разрушения рабочих поверхностей фрикционных катков. Цилиндрическая фрикционная передача.

Понятие о вариаторах. Расчет на прочность фрикционных передач.

Зубчатые передачи

Общие сведения о зубчатых передачах. Классификация зубчатых передач, достоинства и недостатки, область применения. Основы теории зубчатого зацепления, краткие сведения.

Основные сведения об изготовлении зубчатых колес. Понятие о коррегировании. Точность зубчатых передач. Материалы зубчатых колес. Виды разрушения зубьев.

Цилиндрическая прямозубая передача

Основные геометрические соотношения, силы в зацеплении. Расчет на контактную прочность и изгиб.

Передача винт-гайка. Винтовая передача; достоинства и недостатки, область применения. Разновидности винтов передачи.

Материалы винта и гайки. Расчет винта на износостойкость, проверка винта на прочность и устойчивость.

Червячные передачи

Общие сведения о червячных передачах. Достоинства и недостатки, область применения, классификация червячных передач. Нарезание червяков и червячных колес. Основные геометрические соотношения в червячной передаче.

Расчет червячных передач. Силы в зацеплении. Материалы червячной пары. Виды разрушения зубьев червячных колес. Расчет на прочность.

Ременные передачи

Общие сведения о ременных передачах. Классификация, достоинства и недос-

татки, область применения. Основные геометрические соотношения ременных передач.

Расчет ременных передач. Силы и напряжения ременных передач. Силы и напряжения в ветвях ремня. Детали ременных передач: типы ремней, шкивы, натяжные устройства. Общие сведения о зубчато-ременных передачах.

Тема 3.2 Общие сведения о плоских механизмах

Понятие о теории машин и механизмов. Звено, кинематическая пара, кинематическая цепь. Основные плоские механизмы с низшими парами и высшими парами.

Понятие о промышленных роботах, их назначении и применении.

Тема 3.3 Валы и оси

Понятие о валах и осях. Конструктивные элементы валов и осей. Материалы валов и осей. Выбор расчетных схем. Расчет валов и осей на прочность и жесткость.

Самостоятельная работа обучающихся
по разделу *Детали механизмов и машин*:

Изучение конспектов занятий, учебной литературы и других источников информации (по вопросам к параграфам, главам учебных пособий). Подготовка к практическим занятиям с использованием методических рекомендаций преподавателя, оформление отчетов и подготовка к их защите. Выполнение расчетно-графических заданий. Примерная тематика внеаудиторной самостоятельной работы: 1. Расчеты механических передач 2. Чтение кинематических схем.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению домашней контрольной работы 1

Дисциплина *Техническая механика* включает в себя три раздела:

- Теоретическая механика,
- Сопротивление материалов
- Детали машин.

Материал программы соответственно разделен на три задания. Всего по предмету студент выполняет одну контрольную работу.

Варианты задания на контрольную работу определяются по последним двум цифрам шифра студента. Например, студент, имеющий шифр 46221 выполняет вариант 1 схема 2, 46212 – вариант 2 схема 1, 46563 – вариант 3 схема 6 и т. д. Последняя цифра № варианта, предпоследняя № схемы.

При выполнении контрольных работ следует соблюдать следующие требования:

1. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради (в клетку).
2. На обложке тетради пишется фамилия, имя, отчество, шифр, наименование предмета, номер контрольной работы, домашний почтовый адрес студента.

3. Работы выполняются чернилами разборчивым почерком. Для пометок преподавателя следует оставлять поля не менее 40 мм и чистые страницы в конце работы для рецензии.
4. Тексты условий задач переписываются обязательно.
5. Решениям задач необходимо давать объяснения и ссылки на теоремы, законы, правила. Рекомендуются решать задачу в общем виде, а затем, подставляя численные значения, вычислить результат.
6. Схемы к решениям задач должны выполняться на миллиметровой бумаге в соответствии с правилами черчения и соблюдением масштаба.
7. Если возможно, проверить правильность решения.

Выполненную контрольную работу студент должен выслать на проверку в колледж в сроки, предусмотренные учебным графиком.

После получения зачетной контрольной работы студенту необходимо внимательно изучить рецензию и замечания преподавателя и исправить допущенные ошибки.

Не зачетная работа переделывается частично или выполняется по другому варианту по указанию преподавателя.

ЗАДАНИЕ НА ДОМАШНЮЮ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задача 1. Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из простых геометрических фигур (таблица 1 , рисунок 1).

Задача 2. Определить опорные реакции балки, лежащей на двух опорах (таблица 2 , рисунок 2).

Таблица 1

Графа	I	II	III	IV	V	VI
Вариант	№ схемы	a, см	b, см	h ₁ , см	h ₂ , см	h ₃ , см
I	1	30	18	45	21	30
II	2	40	20	21	15	24
III	3	60	45	20	26	15
IV	4	20	24	10	20	12
V	5	24	16	15	21	10
VI	6	16	8	20	21	15
VII	7	18	14	40	24	10
VIII	8	10	15	16	30	12
IX	9	45	30	24	30	16
X	10	16	10	24	20	15

Таблица 2

Графа	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вариант	№ схемы	F, кН	q, кН/м	V, кН*м	A ₁ , м	A ₂ , м	A ₃ , м
I	1	15	6	50	3	0,8	1,2
II	2	40	25	20	4	0,5	1,5
III	3	20	15	40	2,8	0,6	1
IV	4	20	10	30	5	1,5	1,5

V	5	26	12	10	2	1,4	0,8
VI	6	30	20	16	2,5	1	1,4
VII	7	10	18	12	3,2	1,3	0,6
VIII	8	24	8	14	3,6	1,6	1,6
IX	9	18	5	24	1,6	2	3
X	10	16	16	28	1,4	3	2

Пример 1. Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из простых геометрических фигур ($a=6$ см, $b=4$ см, $h_1=6$ см, $h_2=10$ см, $h_3=2$ см).

Следует учесть, что, если фигура имеет ось симметрии, то центр тяжести лежит на оси симметрии.

Поэтому возьмем ось Y вдоль оси симметрии и тогда одна из координат центра тяжести $X_c=0$.

Ось X проводим перпендикулярно оси Y через основание фигуры.

Следует определить только Y_c .

Разбиваем сечение на элементарные площади, положение центра тяжести которых известны.

Получаем прямоугольник с центром тяжести C_1 , два прямоугольника с центрами тяжести C_2 и C'_2 и прямоугольник с центром тяжести C_3 .

Вычислим необходимые данные для определения центра тяжести сечения.

$Y_c = \frac{S_x}{A}$, где $A = A_1 + 2A_2 + A_3$ – площадь сечения всей фигуры.

$S_x = S_{x1} + 2S_{x2} + S_{x3} = A_1 * Y_1 + 2A_2 * Y_2 + A_3 * Y_3$ – статический момент

всего сечения.

$$Y_c = \frac{A_1 * Y_1 + 2A_2 * Y_2 + A_3 * Y_3}{A_1 + 2A_2 + A_3};$$

$$A_1 = b * (h_1 + h_2) = 4 * (6 + 10) = 64 \text{ см}^2;$$

$$Y_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} = 8 \text{ см};$$

$$A_2 = b * \frac{h_1}{2} = \frac{4 * 6}{2} = 12 \text{ см}^2;$$

$$Y_2 = \frac{1}{3}h_1 = \frac{1}{3} * 6 = 2 \text{ см};$$

$$A_3 = (2a + b) * h_3 = (2 * 6 + 4) * 2 = 38 \text{ см}^2;$$

$$Y_3 = h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} = 17 \text{ см};$$

$$Y_c = \frac{64 * 8 + 2 * 12 * 2 + 32 * 17}{64 + 2 * 12 + 32} = 9,2;$$

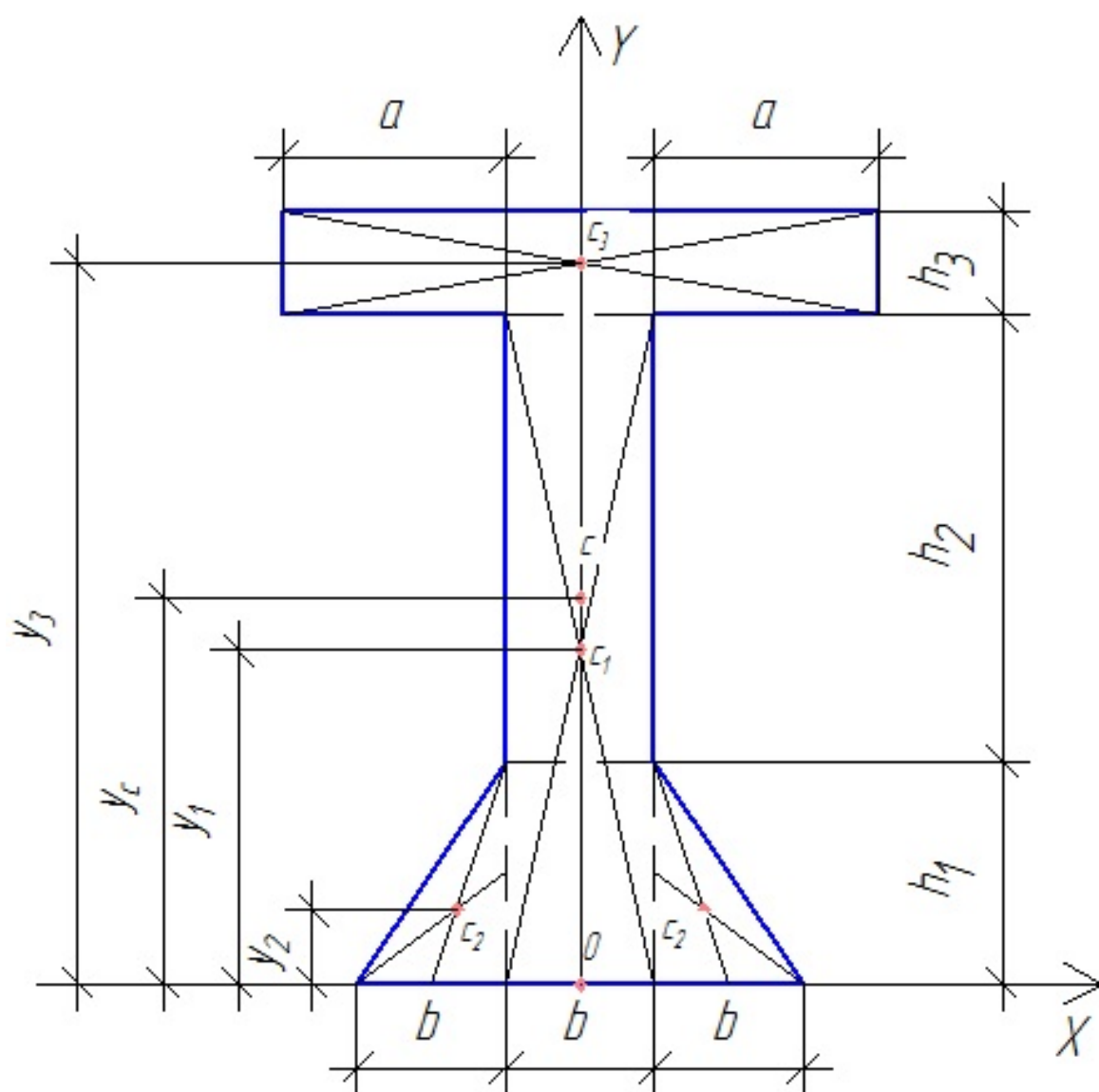


Рисунок к примеру 1.

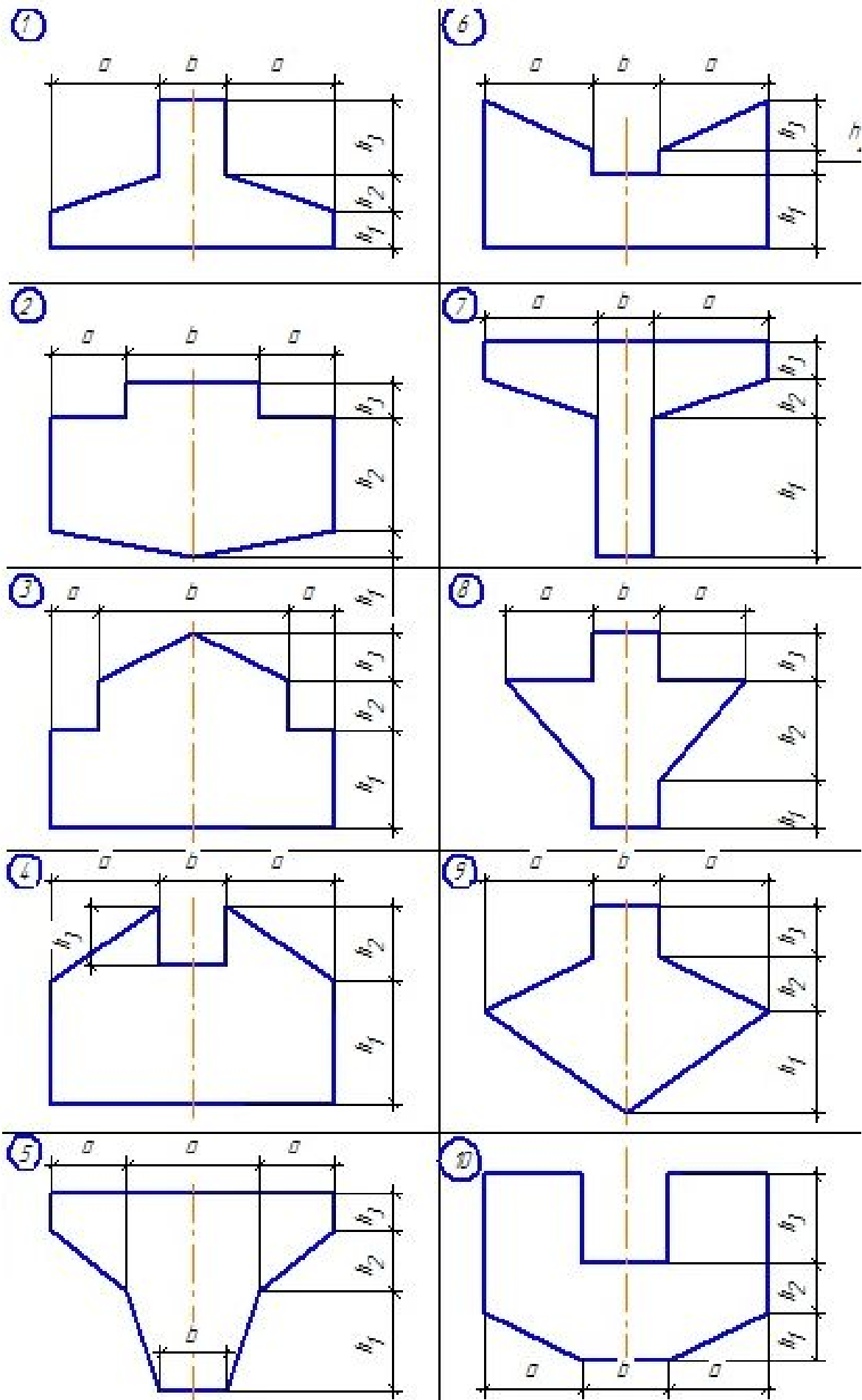


Рис. 1

Пример 2. Определить опорные реакции балки, лежащей на двух опорах.

$$F = 14 \text{ кН}$$

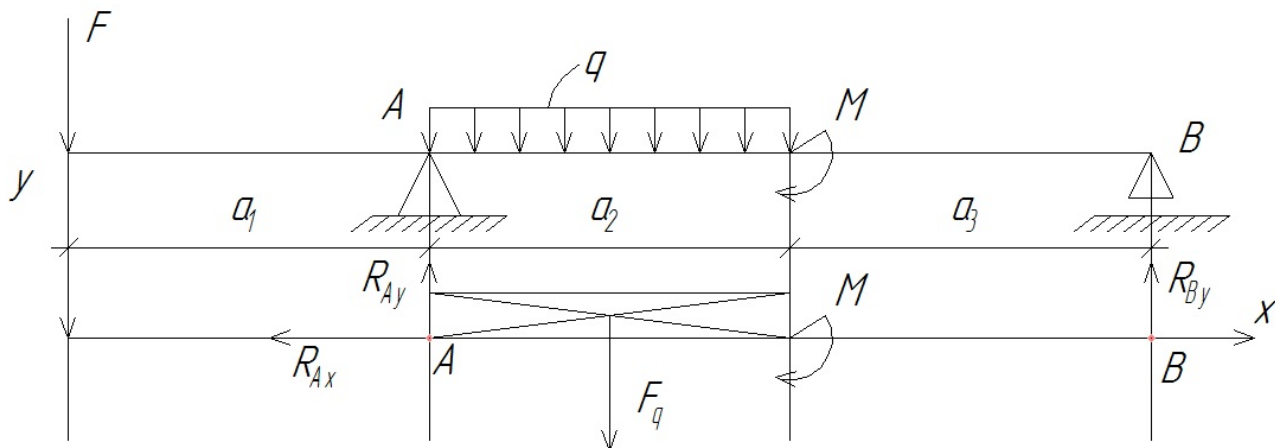
$$M = 10 \text{ кН*м}$$

$$q = 5 \text{ кН/м}$$

$$a_1 = 3 \text{ м}$$

$$a_2 = 4 \text{ м}$$

$$a_3 = 2 \text{ м}$$



Освобождаем балку от связей, заменив их действия реакциями связей. В точке В опора шарнирно-подвижная препятствует лишь поступательному перемещению тела в направлении, перпендикулярно к опорной поверхности, и характеризуется одной реакцией, перпендикулярной опорной поверхности R_{By} . В точке А опора шарнирно-подвижная накладывает на тело две связи и препятствует поступательным перемещениям вдоль обеих координатных осей. Опорная реакция проходит через центр шарнира и содержит две составляющие R_{Ax} и R_{Ay} .

Равномерно распределенную нагрузку заменяем ее равнодействующей сосредоточенной силой F_q равной произведению интенсивности нагрузки q на длину участка, на котором она действует. $F_q = q \cdot a_2 = 5 \text{ кН/м} \cdot 4 \text{ м} = 20 \text{ кН}$ и приложенной в середине отрезка a_2 .

Переносим все активные и реактивные нагрузки на расчетную схему.

Правило вычисления моментов сил относительно точек опор и правило знаков такое же, как и в предыдущей задаче.

Для двухсторонних балочных систем рациональной является следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} \sum X_i &= 0; & -R_{Ax} &= 0; \\ \sum M_A &= 0; & -F \cdot a_1 + F_q \cdot \frac{a_2}{2} + M - R_{By} \cdot (a_2 + a_3) &= 0; \\ \sum M_B &= 0; & F \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + R_{Ay} \cdot (a_2 + a_3) - F_q \cdot (a_2/2 + a_3) - M &= 0; \\ R_{Ax} &= 0; \end{aligned}$$

$$R_{By} = \frac{-F \cdot a_1 + F_q \cdot \frac{a_2}{2} + M}{a_2 + a_3} = \frac{-14 \cdot 3 + 20 \cdot 2 + 10}{6} \approx 1,3 \text{ кН};$$

$$R_{Ay} = \frac{F \cdot (a_1 + a_2 + a_3) + F_q \cdot \left(\frac{a_2}{2} + a_3\right) - M}{a_2 + a_3} = \frac{14 \cdot 9 + 20 \cdot 4 - 10}{6} \approx 32,7 \text{ кН};$$

Для проверки решения составляем уравнение.

$$\begin{aligned} \sum y_i &= 0; & -F + R_{Ay} - F_q + R_{By} &= 0; \\ & & -14 + 32,7 - 20 + 1,3 &= 0 \end{aligned}$$

Реакции определены правильно.

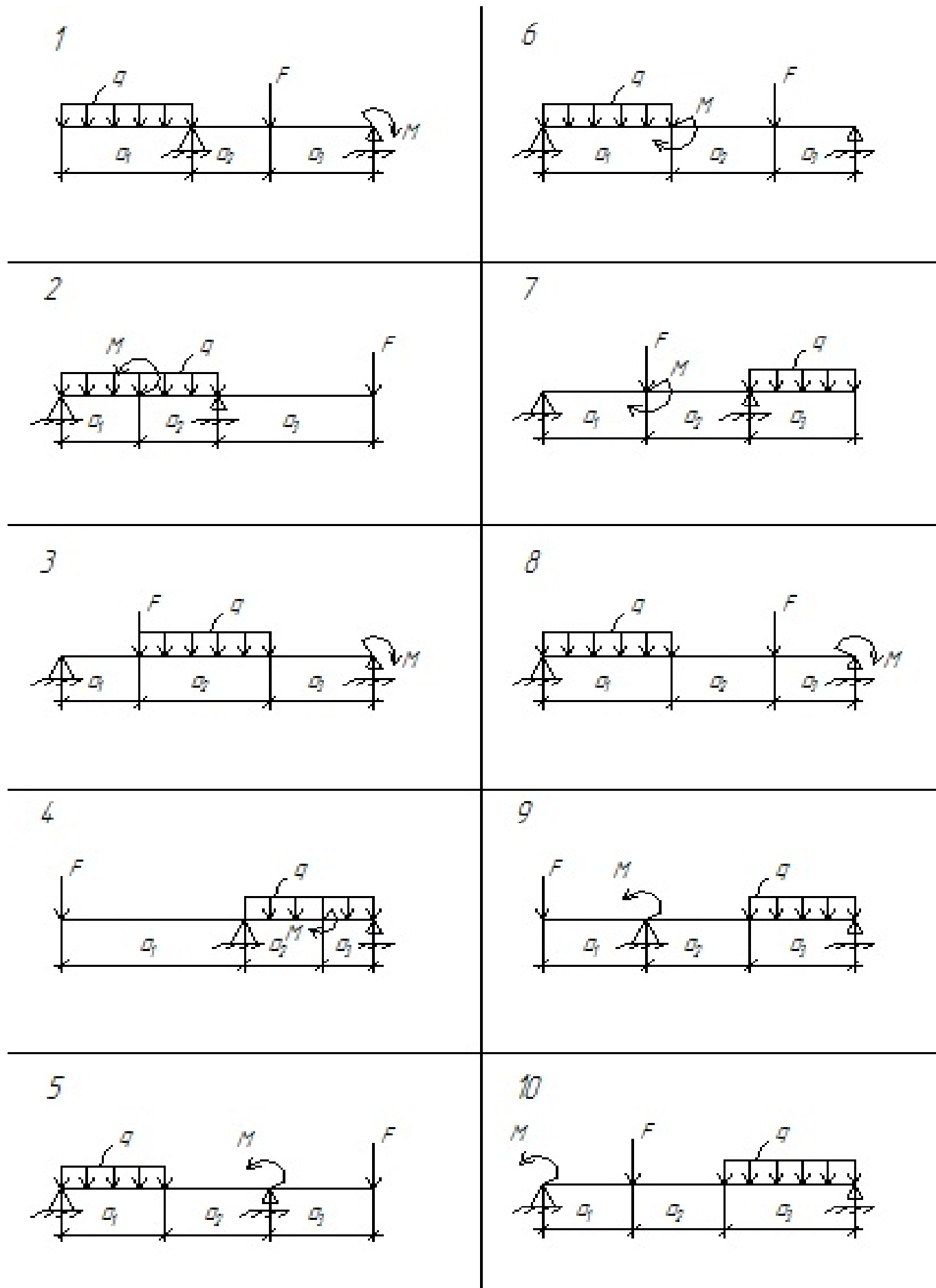


Рис. 2

Задача 3. Двухступенчатый стальной брус, длины ступеней которого указаны на рис. 3 (схемы 1 - 10), нагружен силами F_1, F_2, F_3 . Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение $\Delta 1$ свободного конца бруса, приняв $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Числовые значения F_1, F_2, F_3 , а также площади поперечных сечений ступеней A_1 и A_2 для своего варианта взять из таблицы 3.

Таблица 3

Вариант	№ схе- мы	F_1	F_2	F_3	A_1	A_2
		кН			см ²	
I	1	30	10	5	1,8	3,2
II	2	16	15	10	1,1	1,8
III	3	17	13	8	1,0	2,2
IV	4	14	16	11	1,2	1,9
V	5	27	14	8	1,7	3,1
VI	6	24	11	6	1,5	2,9
VII	7	18	12	5	1,5	2,8
VIII	8	26	13	7	1,7	3,1
IX	9	36	20	12	2,5	4,0
X	10	32	16	9	1,0	2,2

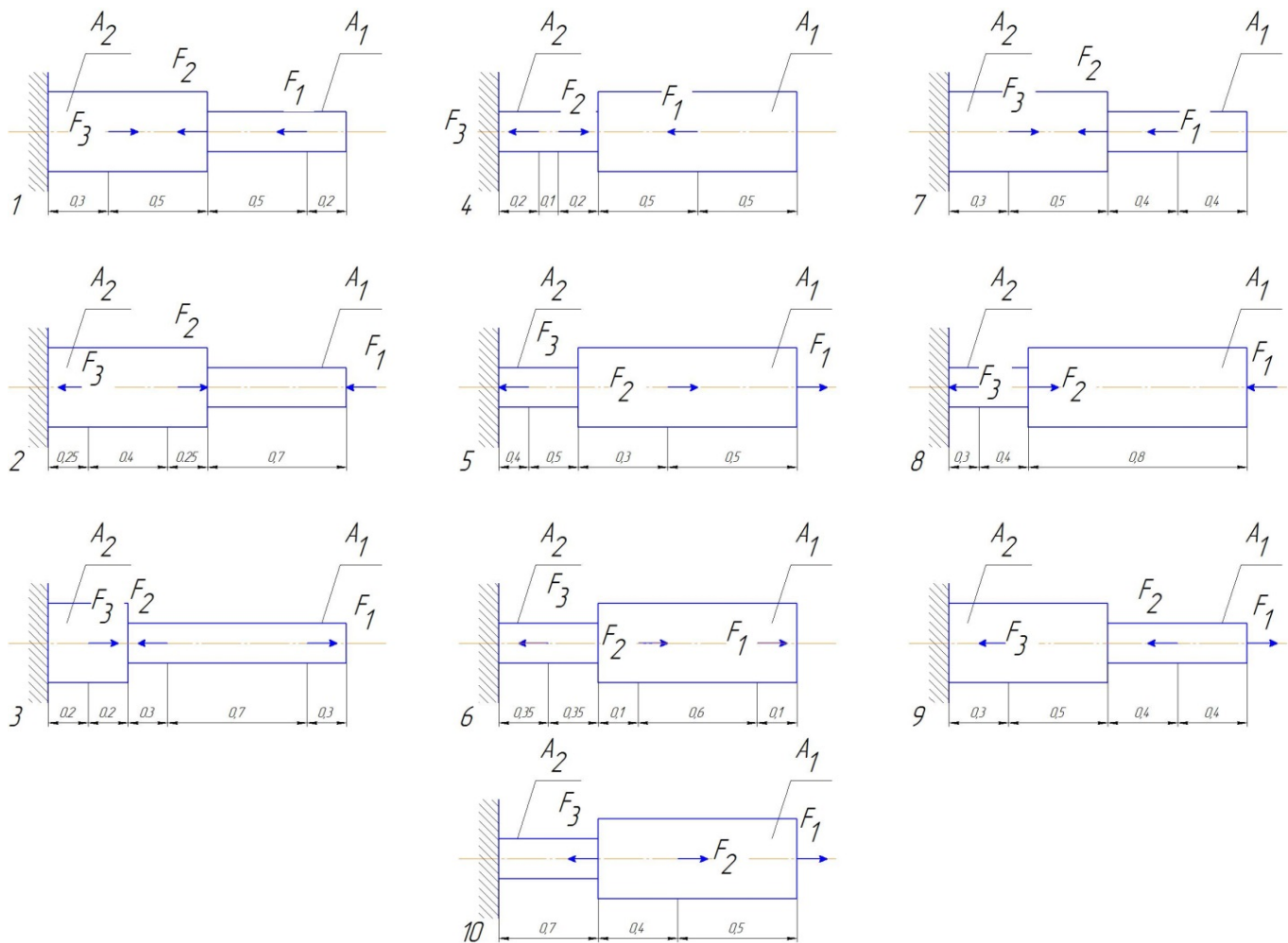


Рис. 3

Пример 3. Для данного ступенчатого бруса построить эпюры продольных сил, эпюру нормальных напряжений и определить перемещение свободного конца, если:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; F_1 = 30 \text{ кН} = 30 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$F_2 = 38 \text{ кН} = 38 \cdot 10^3 \text{ Н}; F_3 = 42 \text{ кН} = 42 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$A_1 = 1.9 \text{ см}^2 = 1.9 \cdot 10^2 \text{ мм}^2; A_2 = 3.1 \text{ см}^2 = 3.1 \cdot 10^2 \text{ мм}^2.$$

Решение:

1. Отмечаем участки, как показано на (рис. 3 а).

2. Определяем значения продольной силы N на участках бруса:

$$N_I = 0;$$

$$N_{II} = F_1 = 30 \text{ кН};$$

$$N_{III} = F_1 = 30 \text{ кН};$$

$$N_{IV} = F_1 - F_2 = -8 \text{ кН};$$

$$N_V = F_1 - F_2 - F_3 = -50 \text{ кН}.$$

Строим эпюру продольных сил (рис. 3 б).

3. Вычисляем значение нормальных напряжений:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_I};$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_I} = \frac{30 \cdot 10^3}{1.9 \cdot 10^2} = 158 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 158 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_2} = \frac{30 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = 96.8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 96.8 \text{ МПа};$$

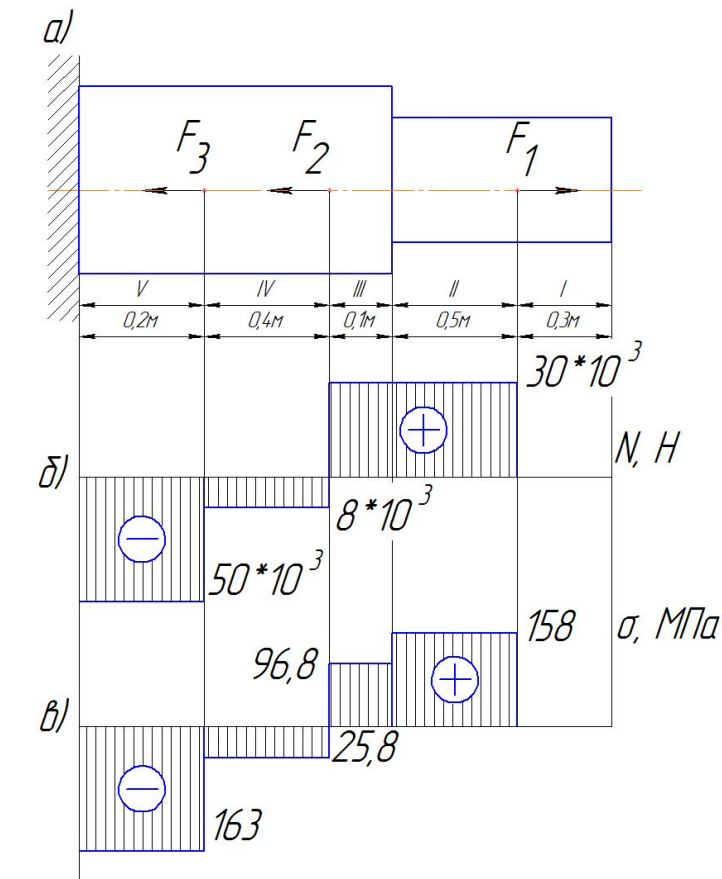


Рисунок к примеру 3

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_2} = -\frac{8 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = -25.8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = -25.8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_V = \frac{N_V}{A_2} = -\frac{50 \cdot 10^3}{3.1 \cdot 10^2} = 163 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = -163 \text{ МПа}.$$

Строим эпюру нормальных напряжений (рис. 3 в).

4. Определяем перемещение свободного конца:

$$\Delta l = \Delta l_I + \Delta l_{II} + \Delta l_{III} + \Delta l_{IV} + \Delta l_V;$$

$$\Delta l_I = \frac{N_I \cdot l_I}{E \cdot A_1} = 0;$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} \cdot l_{II}}{E \cdot A_1} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 1.9 \cdot 10^2} = 0.394 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \cdot l_{III}}{E \cdot A_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3.1 \cdot 10^2} = 0.0484 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \cdot l_{III}}{E \cdot A_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3.1 \cdot 10^2} = 0.0484 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{IV} = -\frac{N_{IV} \cdot l_{IV}}{E \cdot A_2} = -\frac{8 \cdot 10^3 \cdot 0.4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 3.1 \cdot 10^2} = -0.0516 \text{ мм};$$

$$\Delta l_V = \frac{N_V * l_V}{E * A_2} = -\frac{50 * 10^3 * 0.2 * 10^3}{2 * 10^5 * 3.1 * 10^2} = -0.161 \text{ мм};$$

$$\Delta l = \Delta l_I + \Delta l_{II} + \Delta l_{III} + \Delta l_{IV} + \Delta l_V = 0.394 + 0.0484 - 0.0516 - 0.161 \approx 0.23 \text{ мм}.$$

Брус удлинится на 0,23 мм.

Задача 4. Для заданной двух опорной балки (рис. 4, схемы 1-10) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Подобрать из условия прочности размеры поперечного сечения прямоугольника (варианты I - V) или круга (варианты VI–X), приняв для прямоугольника $h=2*b$. Считать $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$, данные из своего варианта взять из таблицы 4.

Таблица 4

Вариант	№ схемы	F_1	F_2	M
		кН		кН*м
I	1	20	10	12
II	2	12	8	20
III	3	10	20	15
IV	4	8	12	10
V	5	16	8	25
VI	6	12	20	40
VII	7	8	16	15
VIII	8	15	4	8
IX	9	40	20	30
X	10	30	20	18

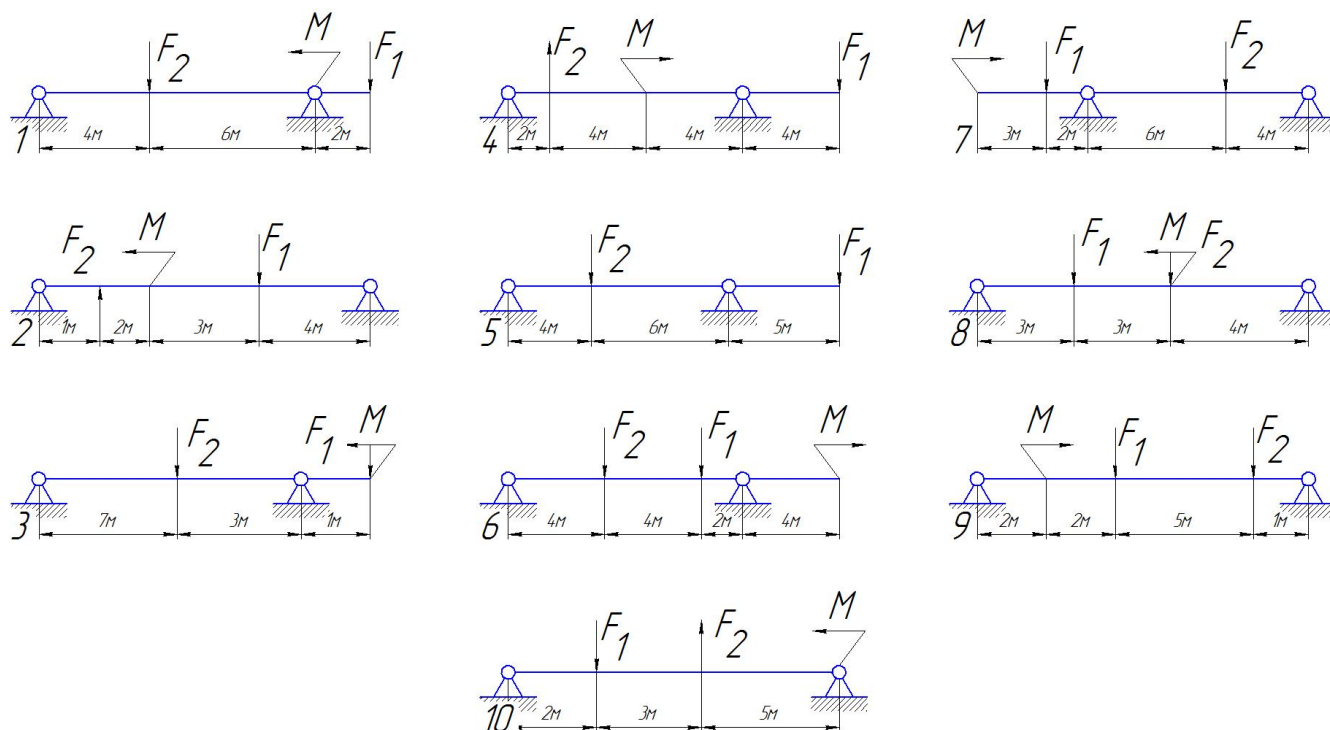


Рис. 4

Пример 4. Для заданной двух опорной балки (рис. 5 а) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и определить размеры поперечного сечения (h , b , d) в форме прямоугольника или круга, приняв для прямоугольника $\frac{h}{b} = 1,5$. Считать $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

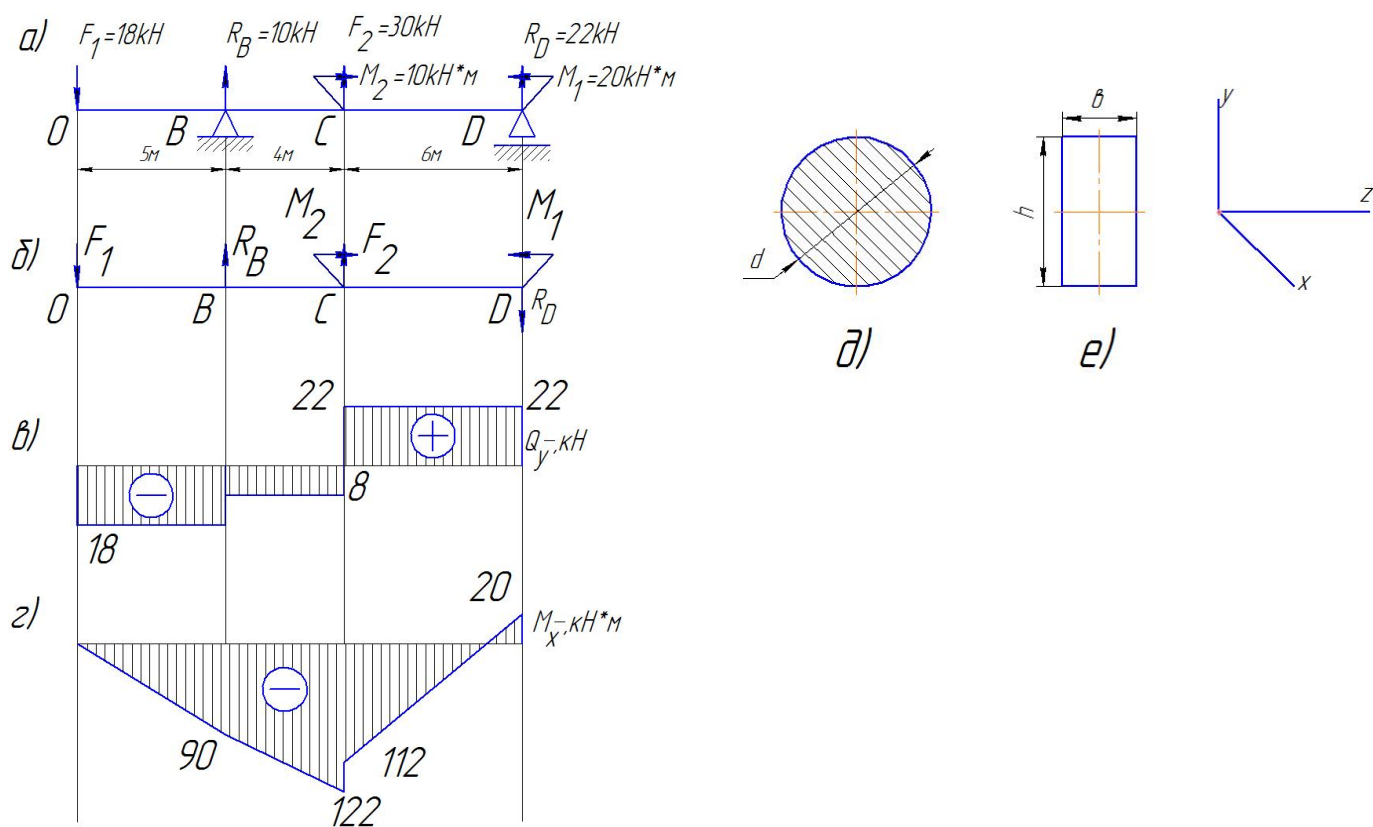


Рисунок к примеру 4

Решение.

1. Определяем опорные реакции и проверяем их найденные значения:

$$\sum M_D = 0; \quad \sum M_D = -M_1 + F_2 * CD + M_2 + R_B * BD - F_1 * OD = 0;$$

$$R_B \frac{M_1 - F_2 * CD - M_2 + F_1 * OC}{BD} = \frac{20 - 30 * 6 - 10 + 18 * 15}{10} = 10 \text{ kH};$$

$$\sum M_B = \frac{-F_1 * OB + M_2 - F_2 * BC - M_1}{BD} = \frac{-18 * 5 + 10 - 30 * 4 - 20}{10} = -22 \text{ kH}.$$

$$R_D = -22 \text{ кН}$$

Так как реакция R_D получилась со знаком минус, то изменяем её первоначальное направление на противоположное. Истинное направление реакции R_D – вниз (рис. 5 б).

Проверка:

$$\sum y_0 = -F + R_B + F_2 - R_D = -18 + 10 + 30 - 22 = 0.$$

Условие статики $\sum y_0 = 0$ выполняется, т.е. реакции опор определены верно. При построении эпюр используем только истинные направления реакции опор.

2. Делим балку на участки по характерным сечениям О, В, С, Д (рис. 5 б).

3. Определяем в характерных сечениях значение поперечных сил Q_y и строим эпюры слева направо (рис. 5 в)

$$Q_0^{\text{нп}} = -F_1 = -18 \text{ kH};$$

$$Q_B^{\text{нп}} = -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ kH};$$

$$Q_B^{\text{лп}} = -F_1 = -18 \text{ kH};$$

$$Q_C^{\text{лп}} = -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ kH};$$

$$Q_C^{\text{нп}} = -F_1 + R_B + F_2 = -18 + 10 + 30 = 22 \text{ kH};$$

$$Q_D^{\text{лп}} = -F_1 + R_B + F_2 = -18 + 10 + 30 = 22 \text{ kH};$$

4. Вычисляем в характерных сечениях значения изгибающего момента M_x и строим эпюру (рис. 5 г).

$$M_O = 0;$$

$$M_B = -F_1 * OB = -18 * 5 = -90 \text{ кН} * \text{м};$$

$$M_C^{\text{лев}} = -F_1 * OC + R_B * BC = -18 * 9 + 10 * 4 = -122 \text{ кН} * \text{м};$$

$$M_C^{\text{пр}} = -122 - M_C = -112 \text{ кН} * \text{м}$$

$$M_D^{\text{лев}} = -F_1 * OD + R_B * BD + M_2 + F_2 * CD = -18 * 15 + 10 * 10 + 30 * 6 = 20 \text{ кН} * \text{м}.$$

$$M_D = 20 \text{ кН} * \text{м}$$

5. Вычисляем размер сечения данной балки из условия прочности на изгиб по двум вариантам:

а) сечение – прямоугольник с заданным сечением сторон (рис. 5 е);

б) сечение – круг (рис. 5 д).

Вычисление размеров прямоугольного сечения:

$$W_x = \frac{M_{x\text{max}}}{[\sigma]} = \frac{122 * 10^6}{160} = 0.762 * 10^6 \text{ мм}^3.$$

Используя формулу $W_x = \frac{b * h^2}{6}$; $W_x = \frac{b * 2b^2}{6} = \frac{2b^3}{6}$

и учитывая, что $h = 2 * b$, находим:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 * W_x}{2.25}} = \sqrt[3]{\frac{6 * 0.762 * 10^6}{2.25}} = 10^2 * \sqrt[3]{2.06} = 127 \text{ мм}.$$

Используя формулу $W_x = \frac{\pi * d^3}{32}$, находим диаметр круглого сечения:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 0.762 * 10^6}{3.14}} = 196 \text{ мм}.$$

РАЗДЕЛ 3. ДЕТАЛИ МАШИН

Задачи 1 - 10. Привод (рис. 5) состоит из электродвигателя мощностью $P_{\text{дв}}$ с частотой вращения вала $n_{\text{дв}}$ и двухступенчатой передачи, включающей редуктор и открытую передачу, характеристики звеньев которой (d или z) заданы. Угловая скорость выходного (третьего) вала привода $\omega_{\text{вых}}$. Требуется определить:

а) общий КПД и передаточное отношение привода;

б) передаточное число редуктора;

в) мощности, угловые скорости и вращающие моменты для всех валов.

Данные для расчета взять из таблицы 5.

Таблица 5

Вариант	№ задачи	Р _{дв} кВт	n _{дв} об/мин	ω _{вых} рад/сек	d ₁	d ₂	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄
					мм					
1	1	22	1460	10	120	360	-	-	-	-
2	2	3,4	960	16	80	200	-	-	-	-
3	3	7,5	1340	2,1	115	345	-	-	-	-
4	4	5,0	955	9	-	-	-	-	25	70
5	5	3,5	750	1,5	-	-	-	-	22	55
6	6	2,8	1440	5,5	100	180	-	-	-	-

7	7	2,2	1340	24	-	-	-	-	20	40
8	8	5,0	1000	8,5	-	-	-	-	21	63
9	9	5,5	1340	13	-	-	21	63	-	-
10	10	7,5	1420	15	-	-	19	57	-	-

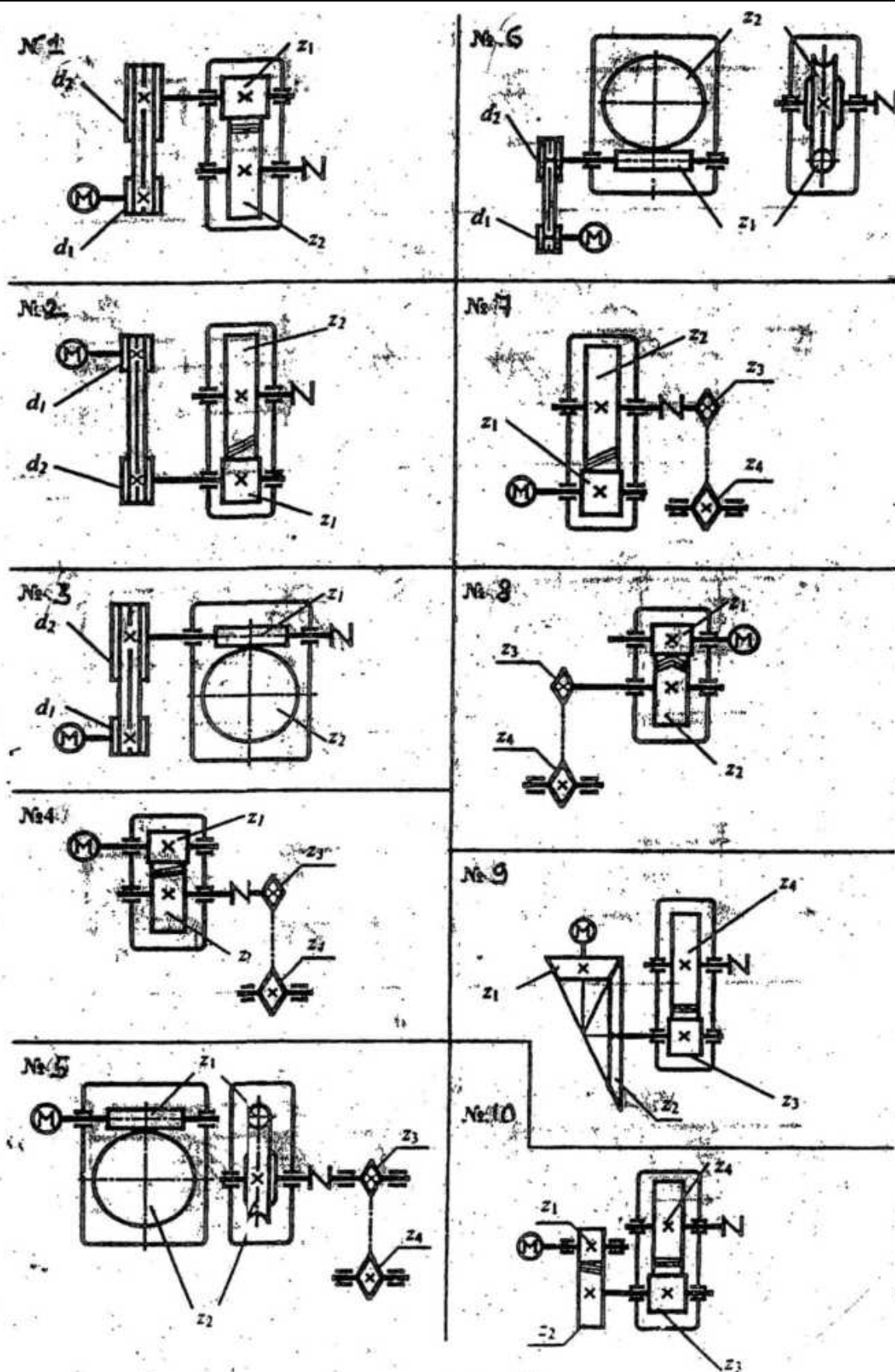


Рис. 5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧАМ

К решению этих задач следует приступить после изучения учебного материала раздела *Механические передачи*.

Одновременно следует ознакомиться с ГОСТ 2.770- 84 на условные обозначения элементов и правила выполнения кинематических схем.

В передачах следует различать два основных звена: входное (ведущее) и выходное (ведомое).

Звенья, передающие вращающий момент, называются ведущими; а звенья, приводимые в движение от ведущих – ведомыми.

Параметры передачи, относящиеся к ведущим звеньям отмечаются индексом 1, а к ведомым - индексом 2, т.е. $d_1, v_1, \omega_1, P_1, M_1$ - соответственно диаметр, окружная скорость, угловая скорость, мощность, вращающий момент на ведущем валу – $d_2, v_2, \omega_2, P_2, M_2$ – то же на ведомом.

Любая передача характеризуется следующими параметрами: мощностью на выходе, быстроходностью, которая выражается угловой скоростью ведомого вала (ω_2 или n_2), передаточным отношением (передаточным числом) и КПД. В целях унификации обозначений передаточные отношения (ω_1/ω_2) и передаточные числа (z_1/z_2) обозначаем буквой u , с той лишь разницей, что передаточное отношение обозначается u_{12} (в направлении потока мощности от ведущего звена к ведомому), а передаточное число – u_1, u_2, u_3 и т. д в зависимости от числа ступеней при многоступенчатой передаче.

Таблица 6

Средние значения КПД некоторых передач (с учетом потерь в подшипниках)

Тип передачи	Открытая	Закрытая
Зубчатая цилиндрическая	0,95	0,97
Зубчатая коническая	0,95	0,96
Цепная	0,92	-
Клиноременная	0,96	-
Червячная	-	0,8

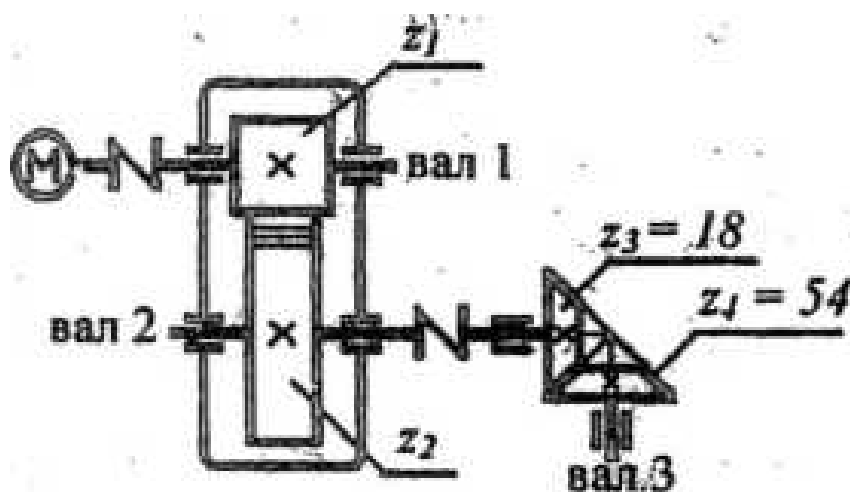


Рис. 6

Пример 1. Для привода (рис.6), состоящего из электродвигателя, мощностью $P_{дв}=4$ кВт, с частотой вращения $n_{дв}=1440$ об/мин, и двухступенчатой передачей, с угловой скоростью выходного вала $\omega_{вых}=12,5$ рад/сек, определить: 1) общий КПД; 2) передаточное отношение привода и передаточное число редуктора;

3) угловые скорости, мощности и вращающие моменты для всех валов

Решение.

Передача - двухступенчатая, понижающая, т. е. уменьшающая угловую скорость, так как в каждой ступени диаметр выходного звена больше диаметра входного. Первая ступень - закрытая цилиндрическая; прямозубая передача (редуктор). Вторая ступень - открытая коническая зубчатая передача:

1. Определяем угловую скорость вала двигателя

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150 \text{ рад/сек}$$

2. Определяем общий КПД передачи $\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2$,

где $\eta_1 = \eta_{\text{з.ц.з.}} = 0,97$, $\eta_2 = \eta_{\text{з.к.о.}} = 0,95$ (табл.6)
тогда $\eta_{\text{общ}} = 0,97 \cdot 0,95 = 0,92$

3. Определяем общее передаточное отношение привода

$$u_{13} = \omega_{\text{дв}} / \omega_{\text{вых}} = 150 / 12,5 = 12,0$$

4. Находим передаточное отношение отдельных передач

$$u_{12} = \omega_1 / \omega_2; \quad u_{23} = \omega_2 / \omega_3$$

Передаточные отношения равны передаточным числам:

$$u_{12} = u_p = z_2 / z_1,$$

где z_1 , и z_2 неизвестны;

$$u_{23} = u_2 = z_4 / z_3 = 54 / 18 = 3$$

но общее передаточное отношение

$$u_{13} = u_{12} u_{23} = u_p u_2$$

откуда передаточное число редуктора

$$u_p = u_{12} = u_{13} / u_{23} = 12 / 3 = 4$$

5. Определяем угловые скорости валов

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 150 \text{ рад/с}; \quad \omega_3 = \omega_{\text{вых}} = 12,5 \text{ рад/с}; \quad u_{12} = \omega_1 / \omega_2,$$

отсюда

$$\omega_2 = \omega_1 / u_{12} = 150 / 4 = 37,5 \text{ рад/с}$$

или $u_{23} = \omega_2 / \omega_3$, тогда

$$\omega_2 = u_{23} \omega_3 = 5 \cdot 12,5 = 37,5 \text{ рад/с.}$$

6. Мощности на валах:

$$P_1 = P_{\text{дв}} = 4 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \eta_1 = 4 \cdot 0,97 = 3,88 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \eta_2 = 3,88 \cdot 0,95 = 3,68 \text{ кВт}$$

или

$$P_3 = P_1 \eta_{\text{общ}} = 4 \cdot 0,92 = 3,68 \text{ кВт.}$$

7. Вращающие моменты на валах:

$$M_1 = P_1 / \omega_1 = 4 \cdot 10^3 / 150 = 26,6 \text{ Н-м};$$

$$M_2 = P_2 / \omega_2 = 3,88 \cdot 10^3 / 37,5 = 103,46 \text{ Н-м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega_3 = 3,68 \cdot 10^3 / 12,5 = 294,4 \text{ Н-м};$$

где P - в ваттах.

Пример 2. Для привода (рис.7), состоящего из электродвигателя мощностью $P_{\text{дв}} = 4,6$ кВт с частотой вращения вала двигателя $n_{\text{дв}} = 980$ об/мин и двухступенчатой передачи с угловой скоростью выходного вала $\omega_{\text{вых}} = 2,3$ рад/сек, определить: 1) общий КПД;

- 2) общее передаточное отношение привода и передаточное число редуктора;
- 3) угловые скорости, мощности и вращающие моменты для всех валов.

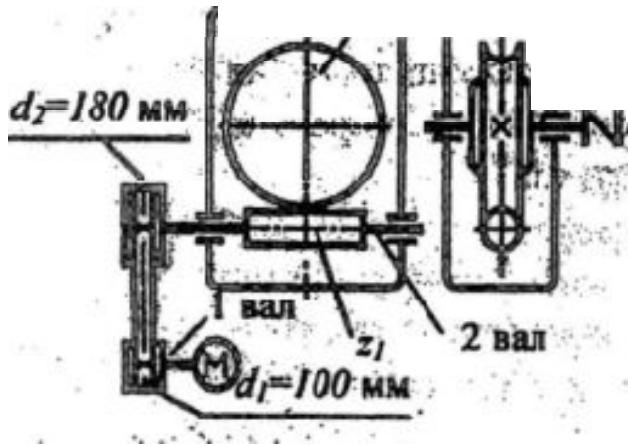


Рис.7

Решение. Передача – двухступенчатая, понижающая. Первая ступень – клиноременная передача, вторая ступень – червячный редуктор с нижним расположением червяка.

1. Определяем угловую скорость вала двигателя

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 980}{30} = 102,5 \text{ рад/сек}$$

2. Определяем общий КПД передачи

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2,$$

где $\eta_1 = \eta_{\text{рем}} = 0,96$; $\eta_2 = \eta_{\text{черв}} = 0,8$ (табл.6);

тогда $\eta_{\text{общ}} = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$.

3. Определяем общее передаточное отношение привода

$$u_{13} = \omega_{\text{дв}} / \omega_{\text{вых}} = 102,5 / 2,3 = 44,6$$

4. Передаточные отношения отдельных передач

$$u_{12} = \omega_1 / \omega_2; \quad u_{23} = \omega_2 / \omega_3,$$

Передаточные отношения равны передаточным числам

$$u_{12} = u_1 = d_2 / d_1 = 180 / 100 = 1,8;$$

$$u_{23} = u_p = z_2 / z_1, \text{ где } z_2 \text{ и } z_1 \text{ неизвестны,}$$

но общее передаточное отношение

$$u_{13} = u_{12} u_{23} = u_1 u_p,$$

откуда передаточное число редуктора

$$u_p = u_{13} / u_{12} = 44,6 / 1,8 = 24,7.$$

Согласно ГОСТ 2144-76 принимаем $u_p = 25$.

5. Угловая скорость валов:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 102,5 \text{ рад/с};$$

$$\omega_2 = \omega_1 / u_{12} = 102,5 / 1,8 = 56,9 \text{ рад/сек}$$

$$\omega_3 = \omega_{\text{вых}} = 2,3 \text{ рад/сек}$$

или

$$\omega_2 = \omega_1 / u_{12} = 56,9 / 25 = 2,27 \approx 2,3 \text{ рад/с.}$$

6. Мощность на валах:

$$P_1 = P_{\text{дв}} = 4,6 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \eta_1 = 4,6 \cdot 0,96 = 4,42 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \eta_2 = 4,42 \cdot 0,8 = 3,54 \text{ кВт.}$$

7. Вращающие моменты на валах

$$M_1 = P_1 / \omega_1 = 4,6 \cdot 10^3 / 102,5 = 44,88 \text{ Н-м};$$

$$M_2 = P_2 / \omega_2 = 4,42 \cdot 10^3 / 56,9 = 77,68 \text{ Н-м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega_3 = 3,54 \cdot 10^3 / 2,3 = 1539,1 \text{ Н-м, где } P \text{ - в ваттах.}$$

Задачи 11-20. Привод (рис. 8) состоит из электродвигателя мощностью $P_{дв}$ (кВт) с частотой вращения $n_{дв}$ (об/мин), редуктора и цепной (или ременной) передачи.

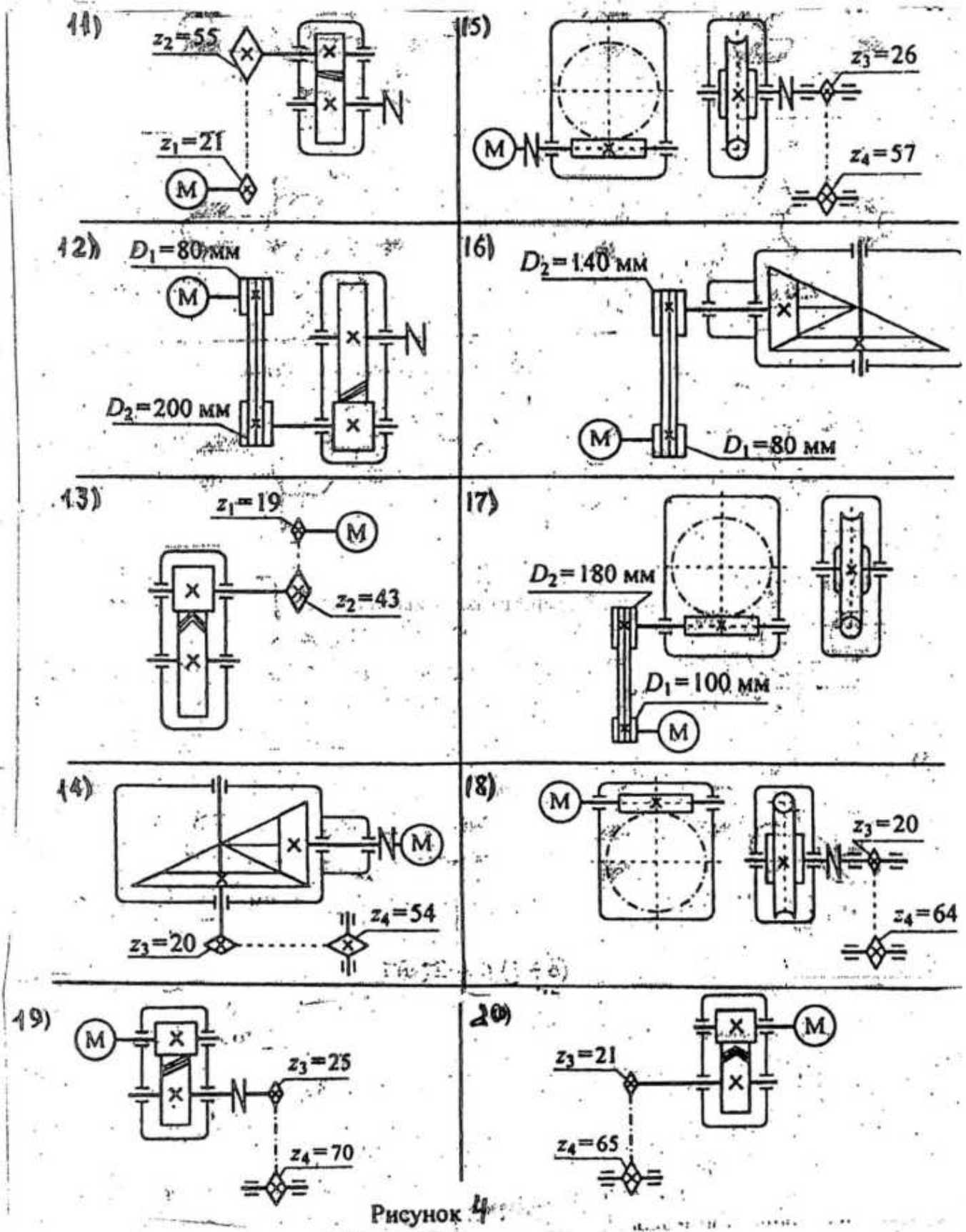


Рис. 8

Требуется определить:

а) общий КПД привода;

- б) мощности на валах;
- в) передаточные числа отдельных передач;
- г) общее передаточное число;
- д) угловые скорости валов;
- е) вращающие моменты для всех валов.

Номер схемы (11- 20) выбрать по рисунку 8 по последней цифре шифра, а числовые значения исходных данных - по таблице 7.

Таблица 7

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Мощность электродвигателя $P_{\text{дв}}$, кВт	9,6	2,2	4,7	8,9	3,2	5,6	6,1	7,6	8,8	5,0
Частота вращения вала электродвигателя $n_{\text{дв}}$, об/мин	1000	1440	955	980	1440	980	1000	1440	950	1000
Передаточное число редуктора u_p	2,5	3,15	4,0	2,0	28,0	2,5	32,0	22,0	2,8	4,0

Пример 3. Привод (рис. 9) состоит из электродвигателя мощностью $P_{\text{дв}}=4\text{ кВт}$ и частотой вращения $n_{\text{дв}}=1200\text{ об/мин}$.

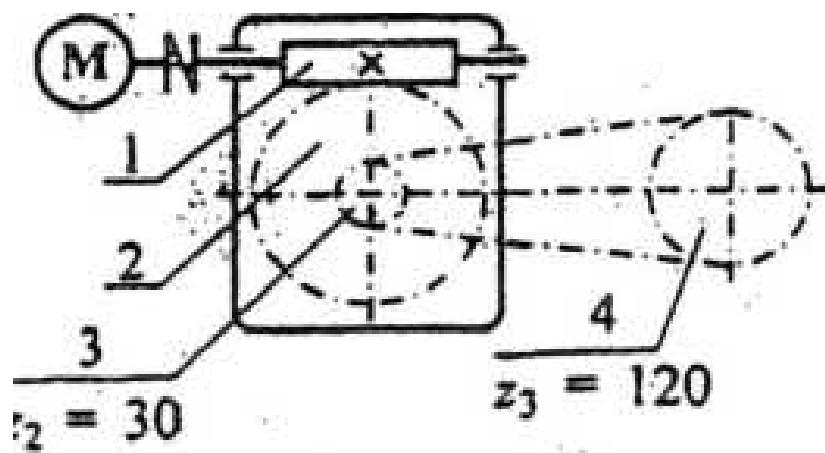


Рисунок 5

Требуется определить:

- а) общий КПД привода;
- б) мощности на валах;
- в) передаточное число цепной передачи;
- г) общее передаточное число;
- д) угловые скорости валов;
- е) вращающие моменты на валах.

Рис. 9

Решение.

1. Кинематическая и конструктивная характеристики привода: передача двухступенчатая, понижающая. Первая ступень - червячный редуктор с передаточным числом $u_{\text{ч.р.}} = 30$, вторая - цепная передача.

2. КПД червячного редуктора примем $\eta_{\text{ч.р.}} = 0,8$;

КПД цепной передачи - $\eta_{\text{ц.п.}} = 0,92$ (таблица 7).

Общий КПД привода: $\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{ч.р.}} \cdot \eta_{\text{ц.п.}} = 0,8 \cdot 0,92 = 0,736$.

3. Мощности на валах:

$$P_1 = P_{\text{дв}} = 4 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{ч.р.}} = 4 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{ц.п.}} = 3,2 \cdot 0,92 = 2,94 \text{ кВт}.$$

4. Передаточное число цепной передачи:

$$u_{\text{ц.п.}} = \frac{z_3}{z_2} = \frac{120}{30} = 4$$

5. Общее передаточное число привода: $u_{\text{общ}} = u_{\text{ч.р.}} \cdot u_{\text{ц.п.}} = 30 \cdot 4 = 120$.

6. Определяем угловые скорости на валах привода:

- угловая скорость вала электродвигателя:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1200}{30} = 120 \text{ рад/сек};$$

- угловая скорость второго вала: $\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{\text{ч.р.}}} = \frac{120}{30} = 4 \text{ рад/сек};$

- угловая скорость третьего вала: $\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{\text{ц.п.}}} = \frac{4}{4} = 1 \text{ рад/сек};$

7. Определяем вращающие моменты на валах привода:

$$M_1 = P_1 / \omega_1 = 4 \cdot 10^3 / 120 = 33,3 \text{ Н-м};$$

$$M_2 = P_2 / \omega_2 = 3,2 \cdot 10^3 / 4 = 800 \text{ Н-м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega_3 = 2,94 \cdot 10^3 / 1 = 2940 \text{ Н-м};$$

где P - в ваттах, ω - в рад/сек, M - в Н-м.

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 К решению задач (11-20) следует приступать после изучения темы «Механические передачи вращательного движения» раздела «Детали машин».

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основные источники:

1. Березина Е. В. Сопротивление материалов: учеб. пособие для использования в учеб. процессе образоват. учреждений, реализующих программы сред. проф. образования. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2010. – 203с.
2. Вереина Л. И. Техническая механика : учеб. для сред. проф. образования / Л. И. Вереина, М. М. Краснов. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008 – 288с.
3. Сапрыкин В.Н. Техническая механика: учебник. – 3-е изд., испр. – М.: ЭКСМО, 2008. – 560 с.
4. Сетков В.И. Техническая механика для строительных специальностей: учеб. пособие для использования в учеб. процессе образоват. учреждений, реализующих программы сред. проф. образования. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 376 с.
5. Сафонова Г.Г. Техническая механика: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 320с.

Дополнительные источники:

6. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции. Расчет и проектирование: учебн. пособие для студ. сред. проф. образования – 2-е изд. стер. – М.: Академия, 2008. – 255 с.
7. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике: учебное пособие для сред. проф. образования. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 224 с.
8. Эрдеди А. А Теоретическая механика. Сопротивление материалов: учебное пособие.–11-е изд., стер.– М.: Издательский центр "Академия", 2010 – 320с.

Нормативно-техническая литература:

9. Сортамент прокатной стали:
 - уголки стальные горячекатаные равнополочные ГОСТ 8509-93;
 - двутавры стальные горячекатаные ГОСТ 8239-89;
 - швеллеры стальные горячекатаные ГОСТ 8240-89.
10. Строительные нормативы и правила (СНиПы).
11. ГОСТы и др. нормативные документы, отражающие требования к строительным элементам, конструкциям и их материалам.

Интернет-ресурсы:

12. Багмутов В. П. Сопротивление материалов: электронный учебно-методический комплекс; Федеральное агентство по образованию РФ, Волгоградский гос. технический ун-т, каф. "Сопротивление материалов", Мультимедийная лаб. фак. подгот. инженерных кад. Волгоград: ВолгГТУ, 2009.
13. Иваненко В. И. Лабораторный курс "Сопротивление материалов"; Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009.
14. <http://rusnel.ru/2010/11/17/teoreticheskaya-mexanika-teormex>
15. <http://setkov-psk.perm.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Тематический план дисциплины	4
Содержание дисциплины	4
Методические указания по выполнению домашней контрольной работы 1.....	11
Задание на домашнюю контрольную работу	12
Методические указания к задачам	24
Информационное обеспечение	30