

Министерство образования и науки Красноярского края
КГАОУ СПО «Канский педагогический колледж»

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Методическое пособие

Специальности 050503 - «Технология»

Канск 2011

Печатается по решению Педагогического совета колледжа

Автор-составитель: Т.П. Баранова, преподаватель КГАОУ СПО «Канский педагогический колледж»

Рецензент: В.П. Живаев, канд. физ.-матем. наук, доцент кафедры технологии и предпринимательства, доцент кафедры физики ИМФИ ФГБОУ ВПО КГПУ им. В.П. Астафьева

Основы технической механики: методическое пособие / автор-сост. Т.П. Баранова; рец. В.П. Живаев; КГАОУ СПО «Канский педагогический колледж», Канск, 20011. - 34 с.

В данном методическом пособии представлен перечень содержания теоретического курса дисциплины, приведены вопросы для самопроверки, предложены задания для самостоятельной работы студентов с методическими указаниями по их решению, а так же предложен перечень литературы к каждой учебной теме. Материалы помогут студентам колледжа при подготовке к практическим занятиям по дисциплине.

Методическое пособие предназначено для специальности 050503 «Технология» по дисциплине «Основы технической механики».

© КГАОУ СПО «Канский педагогический колледж»

Предисловие

Курс "Основы технической механики" включает в себя такие разделы: теоретическую механику и сопротивление материалов.

Назначение предмета – дать будущим техникам основные сведения о законах движения и равновесия материальных тел, о методах расчета элементов конструкции на прочность, а также сведения об устройстве, области применения и методах проектирования деталей и механизмов.

Основная форма изучения курса – самостоятельная работа над учебной литературой и материалами периодической печати.

Изучение предмета следует начинать с изучения литературы, указанной в каждой теме. При этом рекомендуется последовательность в изучении программного материала. Приступая к изучению темы, необходимо внимательно прочитать ее от начала до конца, найти в рекомендованной литературе соответствующие параграфы и проработать их.

Все это дает возможность составить себе ясное представление о содержании темы. После этого можно приступить к более глубокому изучению темы. При изучении отдельного параграфа, прежде всего, нужно весь его медленно прочитать, обдумывая каждое предложение.

При повторном чтении параграфа следует записать основное содержание рассматриваемых вопросов в конспект.

Самостоятельные работы выполняются по одному из тридцати вариантов, приведенных в таблице самостоятельных заданий.

Решение задач следует делить на пункты. Каждый пункт должен иметь подзаголовок с указанием, что и как определяется, по каким формулам, на основе каких теорем, законов и правил.

Преобразование формул необходимо производить в общем виде, а уже затем подставлять исходные данные. Порядок подставления числовых значений должен соответствовать порядку расположения в формуле буквенных обозначений этих величин.

При решении задач необходимо применять только международную систему единиц физических величин (СИ) и стандартные символы для обозначения этих величин.

Правильность всех вычислений надо тщательно проверять, обратить особое внимание на соблюдение единиц, подставляемых в формулу значений величин и оценить правдоподобность полученного ответа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Никитин В.М. Теоретическая механика для техникумов. - М: Высшая школа, 2006.
2. Аркуша А.И. Техническая механика. - М: Высшая школа, 2005.
3. Файн А.И. Сборник задач по теоретической механике. - М: Высшая школа, 2005.
4. Ицкович Г.М. и др. Сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 2007.
5. Ицкович Г.М. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М: Высшая школа, 2006.
6. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. - М: Высшая школа, 2005.
7. Березовский Ю.Н., Чернилевский Д.В., Петров М.С. Детали машин. - М: Высшая школа, 2006.
8. Романов Н.Я., Константинов В.А., Покровский Н.А. Сборник задач по деталям машин. - М: Высшая школа, 2005.
9. Чернавский С.А., Боков К.М. и др. Курсовое проектирование деталей машин. - М: Высшая школа, 2006.

Дополнительная

1. Аркуша А.Н. Руководство к решению задач по теоретической механике. – М.: Высшая школа, 2005.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Высшая школа, 2006.

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Введение

Содержание теоретической механики. Роль и значение механики в технике. Материал и движение. Равновесие, Теоретическая механика и ее разделы: статика, кинематика, динамика.

Литература: 1, с. 9-15; 2, с. 4-6

СТАТИКА

Тема 1.1. Основные понятия и аксиомы статики

Дидактические единицы. Материальная точка. Абсолютно твердое тело. Сила: Сила как вектор, способы измерения и единицы силы, сила тяжести.

Система сил. Эквивалентные системы сил. Равнодействующая сила. Силы внешние и внутренние. Основные задачи статики.

Первая аксиома статики (закон инерции). Вторая аксиома (условие равновесия двух сил).

Третья аксиома (принцип присоединения и исключения уравновешенных сил). Перенос силы вдоль ее действия (сила - скользящий вектор). Четвертая аксиома (правило параллелограмма). Пятая аксиома (закон равенства действия и противодействия). Свободное и несвободное тело, связи. Реакции идеальных связей и определение их направлений.

Литература: 1, с. 15-35; 2, с. 7-20

Вопросы для самопроверки:

1. Какие силы называются внешними и внутренними?
2. Приведите примеры аксиом статики в технике?
3. Что такое реакция связи?
4. Перечислите основные виды реакций связи и покажите направление их реакций?
5. Что такое равнодействующая сила?

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Дидактические единицы. Система сходящихся сил. Определение модуля и направления равнодействующей двух сил, приложенных в одной точке. Разложение на две составляющие, приложенные в одной точке.

Сложение плоской системы сходящихся сил. Силовой многоугольник.

Проекция силы на ось, правило знаков. Проекция на две взаимно перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил (метод проекций).

Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил. Аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил (уравнение равновесия).

Литература: 1, с. 36-59; 2, с. 21-34

Вопросы для самопроверки:

1. Можно ли силу в 1Н разложить на две силы по: а) 0,3Н; б) 1Н; в) 1000Н
2. Сколько и каких уравнений можно составить при рассмотрении равновесия плоской системы сходящихся сил?
3. Как направлена равнодействующая R системы сил, если сумма проекции этих сил на ось X равна нулю?
4. Будет ли находиться в равновесии тело, если к нему приложены три силы, лежащие в одной плоскости, а линии действия их пересекаются в одной точке?

Тема 1.3. Пара сил

Дидактические единицы. Сложение двух параллельных сил. Пара сил. Вращающее действие сил на тело. Плечо пары, момент пары, знак момента. Момент пары как вектор. Эквивалентность пар. Возможность переноса пары в плоскости ее действия (момент пары - свободный вектор). Сложение пар. Условие равновесия пар.

Литература: 1, с.67-104; 2, с. 35-64

Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил

Дидактические единицы. Вращающее действие силы на тело. Момент сил относительно точки, приведение силы к данному центру. Приведение плоской системы сил в данной точке, главный вектор и главный момент плоской системы сил. Равнодействующая плоской системы сил. Теорема Вариньона. Частные случаи приведения плоской системы сил.

Равновесие плоской системы сил. Условия равновесия. Уравнения равновесия произвольной плоской системы сил (три вида).

Рациональный выбор направления координатных осей и центра моментов при решении задач.

Балочные системы. Классификация нагрузок: сосредоточенные силы, сосредоточенные пары сил, распределенные нагрузки. Виды опор балочных систем (свободное опирание, шарнирно-подвижная, шарнирно-неподвижная, жесткое защемление), опорные реакции, момент защемления.

Литература: 1, с. 67-104; 2, с. 35-64

Тема. 1.5. Трение

Дидактические единицы. Трение скольжения. Равновесие тела на наклонной плоскости. Трение качения.

Литература: 1, с. 105-114

Вопросы для самопроверки к темам 1.3, 1.4., 1.5:

1. Какие пары считаются эквивалентными?
2. Можно ли уравновесить пару силой?
3. Когда момент силы относительно точки равен нулю?
4. Что такое плечо силы?
5. Как называются системы с числом наложенных связей, превышающих число независимых уравнений равновесия, которые можно составить для таких систем?

6. Какие виды опор балочных систем вы знаете? Какие реакции в них возникают?
7. Что такое главный вектор и главный момент системы?
8. Изменяются ли главный вектор и главный момент плоской системы сил?
9. Как определяется величина и направление силы трения?

Тема 1.6. Пространственная система сил

Дидактические единицы. Параллелепипед сил Проекция силы на взаимно перпендикулярные координатные оси. Равнодействующая пространственной системы сходящихся сил. Равновесие пространственной системы сходящихся сил. Момент силы относительно оси. Общий случай действия пространственной системы. Понятие о главном векторе и главном моменте пространственной системы. Шесть уравнений равновесия произвольно расположенных сил (без выводов). Применение уравнений равновесия для различных случаев пространственно нагруженных валов (в частности, редукторных).

Литература: 1, с. 118-137; 2, с. 72-87

Вопросы для самопроверки:

1. Какие условия равновесия произвольной пространственной системы Вы знаете?
2. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?

Тема 1.7. Центр тяжести

Дидактические единицы. Центр параллельных сил и его свойство. Формулы для определения положения центра параллельных сил. Центр тяжести тела.

Формула для определения положения центра тяжести тела, составленного из тонких однородных пластинок (площадей) и из тонких стержней (линий).

Положение центра тяжести тела, имеющего плоскость или ось симметрии. Положение тяжести простых геометрических фигур и линий: прямоугольника, треугольника, дуги окружности (без вывода), кругового сектора. Определение положения центров тяжести тонких пластинок и сечений, доставленных из простых геометрических фигур и из стандартных профилей проката Статический момент сечения.

Условия равновесия твердого тела, имеющего неподвижную точку или ось вращения. Устойчивое, неустойчивое, безразличное равновесие. Условие равновесия тела, имеющего опорную плоскость. Момент опрокидывания и момент устойчивости. Коэффициент устойчивости. Расчет на устойчивость

Литература: 1, с. 138-152; 2, с. 88-107

Вопросы для самопроверки:

1. Где находится центр тяжести тела, имеющего ось симметрии, плоскость симметрии, центр симметрии?
2. Что такое статический момент площади относительно оси?
3. Когда статический момент плоской фигуры равен нулю?
4. Какие вы знаете экспериментальные способы определения центра тяжести?

КИНЕМАТИКА

Тема 1.8. Основные понятия кинематики

Дидактические единицы. Кинематика как наука о механическом движении, изучаемом с точки зрения геометрии. Покой и движение, относительность этих понятий. Основные понятия кинематики: траектория, путь, время, скорость и ускорение.

Литература: 1, с. 160-198; 2, с. 108-129

Тема 1.9. Кинематика точки

Дидактические единицы. Способы задания движения точки. Уравнение движения точки заданной криволинейной траектории. Средняя скорость и скорость в данный момент. Ускорение полное, нормальное (центростремительное) касательное (тангенциальное). Виды движения точки в зависимости ускорения. Равномерное движение точки. Равнопеременное движение точки: уравнение движения точки: уравнение движения, основные и вспомогательные формулы. Кинематические графики и связь между ними.

Вопросы для самопроверки:

1. Дать определение понятиям "траектория", "система отсчета".
2. Какие Вы знаете способы задания точки?
3. Куда направлен вектор скорости точки в каждый момент?
4. При каком движении точка имеет только касательное ускорение?
5. Что такое нормальное ускорение и как оно определяется?

Тема 1.10. Простейшие движения твердого тела

Дидактические единицы. Поступательное движение твердого тела и его свойства. Вращательное движение твердого тела и его свойства. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси. Угловое перемещение. Уравнение вращательного движения. Средняя угловая скорость и угловая скорость в данный момент. Частота вращения. Единицы угловой скорости и частоты вращения, связь между ними. Угловое ускорение. Равномерное вращение.

Равнопеременное вращение: уравнение вращения, основные и вспомогательные формулы.

Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела. Выражение скорости, нормального, касательного и полного ускорения точек вращающегося тела через его угловую скорость и угловое ускорение.

Литература: 1, с. 199-224; 2, с.108-129

Вопросы для самопроверки:

1. Какое движение называется поступательным?
2. Какова угловая скорость секундной, минутной и часовой стрелок часов?
3. Какое вращательное движение называется равнопеременным?
4. Как определить линейную скорость точки вращающегося тела

Тема 1.11. Сложное движение точки

Переносное, относительное и абсолютное движения точки. Теорема сложения скоростей.

Литература: 1, с. 225-260; 2, с. 148-166

Тема 1.12. Сложное движение твердого тела

Дидактические единицы. Плоскопараллельное движение тела. Разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное. Определение абсолютной скорости любой точки тела. Мгновенный центр скоростей. Основные способы определения мгновенного центра скоростей. Определение абсолютной скорости любой точки тела с помощью мгновенного центра. Сложное вращение вокруг параллельных и пересекающихся осей.

Литература: 1, с.225 -260; 2, с. 148-166

Вопросы для самопроверки к темам 1.11 и 1.12:

1. Какое движение называется абсолютным, относительным и переносным?
2. Что такое мгновенный центр скоростей?
3. Какое движение называется плоскопараллельным?
4. Как определить скорость любой точки тела с помощью мгновенного центра скоростей?

Тема 1.13. Основные понятия и аксиомы динамики

Дидактические единицы. Предмет динамики, понятие о двух основных задачах динамики. Первая аксиома - принцип инерции; вторая аксиома - основной закон динамики точки. Масса материальной точки и ее единицы, зависимость между массой и силой тяжести. Третья аксиома - закон независимости действия сил. Четвертая аксиома - закон равенства действия и противодействия.

Литература: 1, с. 261-276; 2, с. 167-174

Тема 1.14 Движение материальной точки.

Метод кинетостатики

Дидактические единицы. Понятие о свободной и несвободной точке. Понятие о силе и инерции. Сила инерции при прямолинейном и криволинейном движениях материальной точки. Принцип Даламбера; метод кинетостатики. Понятие неуравновешенных сил инерции и их влияние на работу машин.

Вопросы для самопроверки к теме 1.13 и 1.14:

1. Что изучает предмет динамика?
2. Какая система отсчета называется инерциальной?
3. Как формулируется основной закон динамики?
4. В чем заключается принцип Даламбера?
5. При каком условии материальная точка, на которую действует несколько сил, будет двигаться прямолинейно и равномерно?

Тема 1.15. Работа и мощность

Дидактические единицы. Работа постоянной силы при прямолинейном движении. Единицы работы. Работа равнодействующей силы. Понятие о работе переменной силы. Работа силы тяжести. Понятие о работе переменной силы тяжести. Мощность, единицы мощности. Понятие о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). Работа и мощность при вращательном движении тела, окружная сила, вращающий момент. Зависимость вращающего момента от угловой скорости (частоты вращения) и передаваемой мощности.

Литература: 1, с. 277-295; 2, с. 175-192

Вопросы для самопроверки:

1. От чего зависит работа силы тяжести тела?
1. Чему равна мощность силы в данный момент?
2. Что такое механический коэффициент полезного действия?
3. Как изменится вращающий момент, если при неизменной мощности угловая скорость уменьшится в 2 раза, увеличится в 3 раза?

Тема 1.16 Общие теоремы динамики

Дидактические единицы. Импульс силы, количество движения. Теоремы о количестве движения для точки. Кинетическая энергия точки. Теорема о кинетической энергии для точки. Основное уравнение динамики для поступательного и вращательного движения твердого тела. Момент инерции тела.

Кинетическая энергия тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях. Теорема кинетической энергии для системы.

Литература: 1, с. 296-306; 2, с. 193-206

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется количеством движения материальной точки?
2. Что такое импульс силы?
3. Чему равно изменение кинетической энергии материальной точки на некотором пути?
4. Что такое момент тела относительно оси?

РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.1. Основные положения

Дидактические единицы. Деформируемое тело. Упругость и пластичность. Основные за сопротивления материалов; предварительные понятия о расчетах прочность, жесткость и устойчивость.

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

Основные гипотезы и допущения, применяемые в сопротивлении материалов о свойствах деформируемого тела (однородность, изотропность, непрерывность строения) и характере деформации (принцип начальных размеров, линейная зависимость между нагрузками и вызываемыми ими перемещениями). Принцип зависимости действия сил.

Геометрические схемы элементов конструкций: брус, оболочка, пластина, массивное тело.

Метод сечений. Применение метода сечений для определения внутренних силовых факторов,

возникающих в поперечных сечениях уса. Основные виды нагружения (деформированные состояния) бруса, внутренние силовые факторы, возникающие в этих случаях. Напряжение полное, нормальное, касательное. Первичное понятие о напряженном состоянии в точке тела.

Литература: 1, с.4-23; 2, с.207-218

Вопросы для самопроверки:

1. Что определяют понятия прочность, жесткость и устойчивость?
2. Как классифицируют нагрузки?
3. Для чего в науку о сопротивлении материалов вводятся допущения?
4. В чем сущность метода сечений?
5. Что такое напряжение в данной точке?
6. На какие составляющие принято раскладывать вектор напряжения?

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Дидактические единицы. Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии. Продольные силы и их эпюры. Гипотеза плоских сечений. Нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса; эпюры нормальных напряжений.

Продольные и поперечные деформации при растяжении (сжатии). Закон Гука. Модуль продольной упругости.

Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона). Жесткость сечений и жесткость бруса при растяжении и сжатии.

Определение осевых перемещений поперечных сечений бруса.

Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали и ее характерные параметры: пределы пропорциональности, текучести прочности (временное сопротивление). Характеристики пластических свойств: относительное удлинение при разрыве, относительное поперечное сужение. Закон нагрузки и повторного нагружения. Понятие об условном пределе текучести. Диаграммы растяжения хрупких материалов. Механические свойства пластичных и хрупких материалов при сжатии.

Коэффициент запаса прочности при статической нагрузке по пределу текучести и по пределу прочности. Основные факторы, влияющие на выбор требуемого коэффициента запаса.

Допускаемые напряжения.

Расчеты на прочность: проверка прочности, определение допускаемой нагрузки (проверочные расчеты), определение требуемых размеров поперечного сечения бруса (проектировочные расчеты).

Расчеты на растяжение и сжатие с учетом собственного веса. Понятие о брус равного сопротивления. Ступенчатые брусья.

Статически неопределимые системы с элементами, работающими на растяжение (сжатие). Уравнения статики и уравнения перемещений. Температурные напряжения в статически неопределимых системах.

Литература: 1, с.24-93; с. 219-244

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется эпюрой продольных сил?
2. Как читается закон Гука при растяжении - сжатии?
3. Что такое модуль Юнга?

4. Что определяет коэффициент Пуассона?
5. Чем характеризуется предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности?

Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие

Дидактические единицы. Срез, смятие: основные расчетные предпосылки, расчетные формулы. Расчеты на срез и смятие соединений заклепками, болтами, штифтами и т.п.

Литература: 1, с. 104-114; 2, с. 245-250

Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских сечений

Дидактические единицы. Статические моменты сечений. Осевые, центробежные и полярные моменты инерции. Связь между осевыми и полярными моментами инерции. Связь между осевыми моментами инерции относительно параллельных осей. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Осевые моменты инерции простейших сечений: прямоугольника, круга, кольца. Полярные моменты инерций круга и кольца. Определение главных центральных моментов инерции сечений, имеющих ось симметрии.

Литература: 1, с. 139-154; 2, с. 266-271

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется осевым моментом инерции?
2. Какова связь между осевым и полярным моментом инерции?
3. Что называется центробежным моментом инерции?
4. Какова связь между осевыми моментами инерции относительно параллельных осей?
5. Главные оси и главные центральные оси. В чем их сходство и отличие?
6. Какова последовательность действий при определении главных центральных моментов инерции составных сечений, имеющих ось симметрии?

Тема 2.5. Сдвиг и кручение

Дидактические единицы. Чистый сдвиг. Закон парности и касательных напряжений. Деформация сдвига. Закон Гука для сдвига. Модуль сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела (без вывода).

Крутящий момент и построение эпюр крутящих моментов. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении бруса. Угол закручивания. Полярные моменты инерции и сопротивления для круга и кольца. Характер разрушения при кручении брусков из различных материалов. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Сравнение прочности и жесткости при кручении брусков круглого сплошного и кольцевого поперечных сечений.

Расчет цилиндрических винтовых пружин растяжения и сжатия. Определение расчетных напряжений и изменения высоты пружины. Проектирование пружин при заданной рабочей характеристике.

Литература: 1, с. 115-138; 2, с. 250-265

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите элементы конструкций, работающие на срез.
2. Для чего необходим расчет на смятие?
3. Как записывается закон Гука для сдвига?
4. Есть ли связь между модулем сдвига и модулем Юнга?

5. Что такое крутящий момент?
6. Назовите основные гипотезы, выдвигаемые при вводе формулы при кручении бруса круглого поперечного сечения.
7. Что такое полярный момент инерции?
8. Как определяется полярный момент инерции для круга и кольца?
9. Что является мерой жесткости при кручении?
10. Какое поперечное сечение, круглое или кольцевое, экономически более выгодное (из расчетов на прочность и жесткость при кручении)?

Тема 2.6. Изгиб

Дидактические единицы. Основные понятия и определения; классификация видов изгиба: прямой изгиб (чистый и поперечный), косой изгиб (чистый и поперечный).

Внутренние силовые факторы при прямом изгибе - поперечная сила и изгибающий момент. Дифференциальные зависимости между огибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

Зависимости между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Жесткость сечения при изгибе. Нормальные напряжения, возникающие в поперечных сечениях бруса при чистом изгибе. Распространив выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Расчеты на прочность при изгибе. Осевые моменты сопротивления. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных и хрупких материалов. Особенности расчета балок из материалов, различно сопротивляющихся растяжению и сжатию.

Понятие о касательных напряжениях в поперечных и продольных сечениях брусков при прямом поперечном изгибе.

Линейные и угловые перемещения при прямом изгибе. Определение линейных угловых перемещений для различных случаев нагружения статически определимых балок. Расчеты на жесткость при изгибе.

Литература: 1, с. 155-232; 2, с. 278-320

Тема 2.7. Растяжение (сжатие) и изгиб бруса

большой жёсткости

Дидактические единицы. Расчет брусков большой жесткости при совместном изгибе и растяжении (сжатии); определение нормальных напряжений в поперечных сечениях, отыскание опасных точек и расчет на прочность.

Литература: 1, с.257-259; 2, с.324-325

Вопросы для самопроверки к темам 2.6 и 2.7:

1. Какие виды изгиба Вы знаете?
2. Какие внутренние силовые факторы возникают при прямом поперечном и при чистом изгибах?
3. Какова дифференциальная зависимость между интенсивностью распределенной нагрузки, поперечной силой и изгибающим моментом?
4. Какова зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса?
5. Как определяются нормальные напряжения при чистом изгибе?
6. Как определяются линейные и угловые перемещения при различных случаях нагружения статически определимых балок?

7. Назовите правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при изгибе.
8. Как проводятся расчеты на прочность при изгибе?
9. Каковы рациональные формы поперечных сечений балок при изгибе?
10. Каковы особенности расчетов брусев большой жесткости при изгибе с растяжением (сжатием)?

Тема 2.8. Гипотезы прочности и их применение

Дидактические единицы. Обобщение понятия о напряженном состоянии в точке упругого тела, исходные напряжения, постановка задачи об исследовании напряженного состояния. Главные напряжения. Максимальные касательные напряжения.

Напряженное состояние в точках бруса в общем случае его нагружения. Плоское напряженное состояние, характерное для бруса (упрощенное плоское напряженное состояние); связь главных напряжений с нормальными и касательными напряжениями, возникающими в поперечных сечениях бруса.

Назначение гипотез прочности. Эквивалентные (равноопасные) напряженные состояния. Эквивалентное напряжение.

Гипотеза наибольших касательных напряжений: формулы для эквивалентных напряжений (через главные напряжения и через напряжения в поперечных сечениях бруса). Область применения.

Гипотеза энергии формоизменения; формулы для эквивалентных напряжений (через главные напряжения и через напряжения в поперечном сечении бруса). Область применения.

Гипотеза Мора, формула для эквивалентных напряжений (через главные напряжения и через напряжения в поперечном сечении бруса). Область применения.

Расчет бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением, эквивалентные моменты по различным гипотезам прочности.

Расчет бруса круглого поперечного сечения при совместном действии кручения и растяжения (сжатия).

Литература: 1, с.260-284; 2, с.326-336.

Тема 2.9. Толстостенные цилиндры

Дидактические единицы. Расчет цилиндрических толстостенных труб при действии внутреннего и внешних давлений (задача "Ляме", без вывода).

Вопросы для самопроверки к темам 2.8 и 2.9:

1. Что понимают под эквивалентом напряжением?
2. Что такое гипотезы прочности?
3. Какие гипотезы прочности наиболее широко применяются на практике?
4. Как определяются эквивалентные напряжения при упрощенном плоском состоянии?
5. Какова последовательность расчета на совместное действие изгиба и кручения?

Тема 2.10. Устойчивость сжатых стержней

Дидактические единицы. Понятие об устойчивых и неустойчивых формах упругого равновесия. Критическая сила. Связь между критической и допускаемой нагрузками. Формула Эйлера при различных случаях опорных закреплений. Критическое напряжение. Гибкость. Предел применимости формулы Эйлера, предельная гибкость. Эмпирические

формулы для критических напряжений. График напряжений для низкоуглеродистой стали в функции от гибкости. Расчеты сжатых стержней по формуле Эйлера и по эмпирическим формулам. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней.

Литература: 1, с.314-333; 2, с.337-345.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие бывают виды равновесия?
2. Что такое продольный изгиб?
3. Напишите формулу Эйлера. Каковы границы ее применения?
4. Что такое гибкость стержня?
5. Что представляют из себя эмпирические формулы Ясинского и когда они применимы?

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Номера задач для своего варианта взять из таблицы с заданиями для самостоятельной работы.

Таблица

| № варианта | Номера задач | | | | | |
|------------|--------------|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1 | 30 | 44 | 58 | 72 | 86 |
| 2 | 2 | 16 | 45 | 59 | 73 | 87 |
| 3 | 3 | 17 | 31 | 60 | 74 | 88 |
| 4 | 4 | 18 | 32 | 46 | 75 | 89 |
| 5 | 5 | 19 | 33 | 47 | 61 | 90 |
| 6 | 6 | 20 | 34 | 48 | 62 | 76 |
| 7 | 7 | 21 | 35 | 49 | 63 | 77 |
| 8 | 8 | 22 | 36 | 50 | 64 | 78 |
| 9 | 9 | 23 | 37 | 51 | 65 | 79 |
| 10 | 10 | 24 | 38 | 52 | 66 | 80 |
| 11 | 11 | 25 | 39 | 53 | 67 | 81 |
| 12 | 12 | 26 | 40 | 54 | 68 | 82 |
| 13 | 13 | 27 | 41 | 55 | 69 | 83 |
| 14 | 14 | 28 | 42 | 56 | 70 | 84 |
| 15 | 15 | 29 | 43 | 57 | 71 | 85 |
| 16 | 1 | 16 | 31 | 46 | 61 | 76 |
| 17 | 2 | 17 | 32 | 47 | 62 | 77 |
| 18 | 3 | 18 | 33 | 48 | 63 | 78 |
| 19 | 4 | 19 | 34 | 49 | 64 | 79 |
| 20 | 5 | 20 | 35 | 50 | 65 | 80 |
| 21 | 6 | 21 | 36 | 51 | 66 | 81 |
| 22 | 7 | 22 | 37 | 52 | 67 | 82 |
| 23 | 8 | 23 | 38 | 53 | 68 | 83 |
| 24 | 9 | 24 | 39 | 54 | 69 | 84 |
| 25 | 10 | 25 | 40 | 55 | 70 | 85 |
| 26 | 11 | 26 | 41 | 56 | 71 | 86 |
| 27 | 12 | 27 | 42 | 57 | 72 | 87 |
| 28 | 13 | 28 | 43 | 58 | 73 | 88 |
| 29 | 14 | 29 | 44 | 59 | 74 | 89 |
| 30 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Методические указания к задачам 1 – 15

Задача составлена по темам 1.3 и 1.4 и предусматривает определение реакций опор балок. Студентам необходимо приобрести навыки определения реакций опор, так как с решения этой задачи начинается решение многих задач по сопротивлению материалов и деталей машин.

Задачу следует решить в следующей последовательности:

1. Преобразовать балку с действующими на нее нагрузками.
2. Выбрать расположение координатных осей (ось X совместить с балкой, - ось Y направить перпендикулярно оси X).
3. Произвести необходимые преобразования заданных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом α , заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими, распределенную нагрузку – ее равнодействующей, приложенной в середине участка распределения нагрузки.
4. Освободить балку от опор, заменив их действия реакциями.
5. Составить уравнения равновесия статики для произвольной плоской системы сил.

Рекомендуется брать два уравнения моментов относительно опор в уравнении $\sum x_i = 0$.
Далее находим реакции опор, решая эти уравнения.

6. Проверить правильность найденных реакций, составив уравнение $\sum y_i = 0$

Пример:

Определить реакции опор балки.

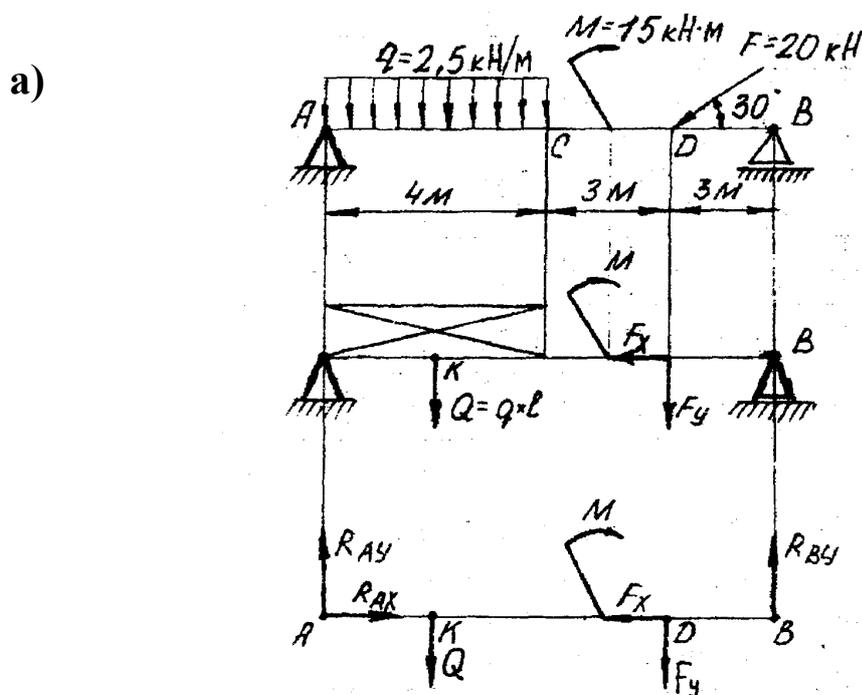


Рис. 1

Решение:

1. Изображаем балку с действующими на нее нагрузками (рис. 1 а), выбираем оси координат.

2. Силу F заменяем составляющими

$$F_x = F \cos 30^\circ = 20 \cdot 0,866 = 17,32 \text{ кН}$$

$$F_y = F \sin 30^\circ = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ кН}$$

Равнодействующая распределенной нагрузки:

$$Q = q(AC) = 2,54 = 10 \text{ кН} \text{ приложена в середине пролета } AC \text{ (т. К) (рис. 1 б)}$$

3. Освобождаем балку от опор, заменяя их реакциями (рис. 1 в.)

4. Составляем уравнения равновесия

$$\sum X_i = R_{AX} - F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_A(F_1) = Q \cdot AK + M + F_y \cdot AD - R_{BY} \cdot AB = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_B(F_1) = R_{AY} \cdot AB - Q \cdot KB + M - F_y \cdot DB = 0 \quad (3)$$

$$\text{Из (1)} \quad R_{AX} = F_x = 17,32 \text{ кН}$$

$$\text{Из (2)} \quad R_{BY} = \frac{(Q \cdot AK + M + F_y \cdot AD)}{AB} = \frac{(10 \cdot 2 + 15 + 10 \cdot 7)}{10} = 10,5 \text{ кН}$$

$$\text{Из (3)} \quad R_{AY} = \frac{(Q \cdot KB - M + F_y \cdot BD)}{AB} = \frac{(10 \cdot 8 - 15 + 10 \cdot 3)}{10} = 9,5 \text{ кН}$$

5. Проверка:

$$\sum Y_1 = R_{AY} - Q - F_y + R_{BY} = 9,5 - 10 - 10 + 10,5 = 0$$

Условие $\sum Y_1 = 0$ выполняется, реакции опор найдены правильно.

Методические указания к задачам 16 – 30

Задача выполняется после изучения темы 1.7. В данной задаче требуется определить положение центра тяжести сечения, составленного из профилей проката.

Задачу необходимо решить в следующей последовательности:

1. Из таблиц соответствующих ГОСТов выписать данные к каждой фигуре: размеры, площадь, положение центра тяжести.
2. Изобразить в масштабе фигуру.
3. Выбрать систему координат
4. Определить величины, входящие в формулы:

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} \quad y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

5. Определить координаты центра тяжести, производя расчёт по выше указанным формулам.

Пример:

Определить координаты центра тяжести сечения, составленного из профиля проката.

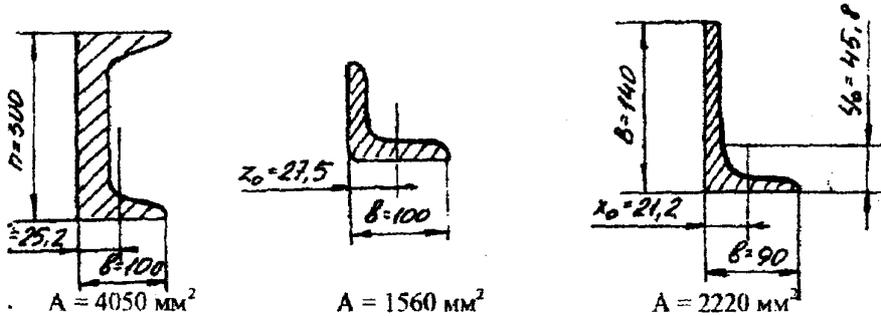


Рис. 2

Решение:

1. Выписываем из таблиц ГОСТов данные для каждой фигуры:

- а) швеллер №30 б) равнополочный уголок № 10/10 в) не равнополочный уголок № 14/9



2. Изображаем фигуру в масштабе и выбираем оси координат (рис. 3)

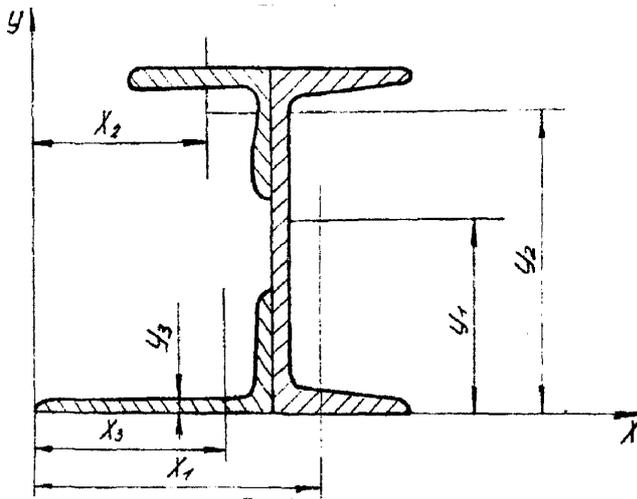


Рис. 3

3. Для определения входящих в формулу величин составим таблицу:

| № п/п | Наименование фигуры | A_i | x_i | y_i |
|-------|-------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | Швеллер | 4.050 | $B_3+Z_{01}=140+25,2=165,2$ | $h_1/2=300/2=150$ |
| 2 | Уголок равнополочный | 1.560 | $B_3-Z_{02}=140-27,5=112,5$ | $h_1-Z_{02}==300-27,5==272,5$ |
| 3 | Уголок не равнополочный | 2.220 | $B_3-Y_{03}=140-45,8=94,2$ | $X_{03}=21,2$ |

4. Определяем центры тяжести:

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{A_i} = \frac{4050 \cdot 165,2 + 1560 \cdot 112,5 + 2220 \cdot 94,2}{4040 + 1560 + 2220} = 135 \text{ мм}$$

$$y_c = \frac{\sum A_i y_i}{A_i} = \frac{4050 \cdot 150 + 1560 \cdot 272,5 + 2220 \cdot 24,2}{4040 + 1560 + 2220} = 106 \text{ мм}$$

Методические указания к задачам 31 – 45

Задача контрольной работы выполняется после изучения раздела "Кинематика".

Главными кинематическими величинами, определяющими вид и особенности движения

точки, являются касательные: a_t и a_n ускорения. Их определяют так: $a_t = \frac{dV}{dt}$ и $a_n = \frac{V^2}{\rho}$

где $V = \frac{dS}{dt}$ линейная скорость точки в данный момент;

ρ – радиус кривизны траектории.

а) равномерное прямолинейное:

$$a_t = a_n = 0; V = const; S = S_0 + Vt$$

б) равномерное криволинейное:

$$a_t = 0; a_n \neq 0; a_n = \frac{V^2}{\rho} = const; V = const;$$

в) неравномерное прямолинейное:

$$a_n = 0; a = a_t = const; S = \frac{S_0 + V_0 t + dt^2}{2} \quad V = V_0 + a_t t = const;$$

г) неравномерное криволинейное:

$$a_t \neq 0; a_n \neq 0;$$

если $a_t = const$; то движение является равнопеременным криволинейным

при $a_t > 0$ - движение равноускоренное;

при $a_t < 0$ - движение равнозамедленное.

При любом криволинейном движении: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$

Пример:

Движение точки (рис.4) задано уравнением $s=0,5t^3$ (S – в м, t – в сек.). Определить время, скорости и ускорения в положениях 1, 2, 3 (движение начато в положении 0).

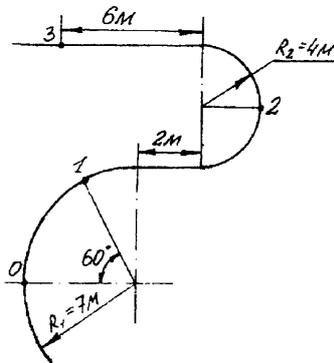


Рис. 4

Решение:

1. Определяем время t_1, t_2, t_3 . Для чего необходимо найти путь до точек 1, 2, 3, (S_1, S_2, S_3). Путь определяем по схеме:

$$S_1 = 2 \cdot \pi R_1 \frac{60}{360} = 2\pi \cdot 7 \cdot \frac{60}{360} = 7,33 \text{ м}$$

$$S_2 = 2 \cdot \pi R_1 \frac{1}{4} + 2 + 2\pi R_2 \frac{1}{4} = 2\pi \cdot 7 \cdot \frac{1}{4} + 2 + 2\pi \cdot 4 \cdot \frac{1}{4} = 19,28 \text{ м}$$

$$S_3 = S_2 + 2\pi R_2 \frac{1}{4} + 6 = 19,28 + 2\pi \cdot 4 \cdot \frac{1}{4} + 6 = 31,56 \text{ м}$$

$$S_2 = 0,5 t^3 \Rightarrow t = \sqrt[3]{\frac{S}{0,5}}$$

$$t_1 = \sqrt[3]{\frac{S_1}{0,5}} = \sqrt[3]{\frac{7,33}{0,5}} = 2,4 \text{ с}$$

$$t_2 = \sqrt[3]{\frac{S_2}{0,5}} = \sqrt[3]{\frac{19,28}{0,5}} = 3,4 \text{ с}$$

$$t_3 = \sqrt[3]{\frac{S_3}{0,5}} = \sqrt[3]{\frac{31,56}{0,5}} = 4,0 \text{ с}$$

$$V = \frac{dS}{dt} = dt(0,5 t^3) = 1,5 t^2$$

2. Определяем скорость: $V_1 = 1,5 t_1^2 = 1,5 \cdot 2,4^2 = 8,64 \text{ м/с}$

$$V_2 = 1,5 t_2^2 = 1,5 \cdot 3,4^2 = 17,34 \text{ м/с}$$

$$V_3 = 1,5 t_3^2 = 1,5 \cdot 4^2 = 24 \text{ м/с}$$

3. Определяем ускорения:

$$a_{t_1} = \frac{dt}{dt} = \frac{d(1,5t^2)}{dt} = 3t$$

а) касательное: $d_{t_1} = 3t_1 = 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ м/с}^2$
 $d_{t_2} = 3t_2 = 3 \cdot 3,4 = 10,2 \text{ м/с}^2$
 $d_{t_3} = 3t_3 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ м/с}^2$

$$a_{n_1} = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{8,64^2}{7} = 10,66 \text{ м/с}^2$$

б) нормальное: $a_{n_2} = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{17,34^2}{4} = 75,2 \text{ м/с}^2$
 $a_{n_3} = 0$ (прямолинейное движение)

в) полное: $a_1 = \sqrt{a_{t_1}^2 + a_{n_1}^2} = \sqrt{7,2^2 + 10,66^2} = 12,87 \text{ м/с}^2$
 $a_2 = \sqrt{a_{t_2}^2 + a_{n_2}^2} = \sqrt{10,2^2 + 75,2^2} = 75,89 \text{ м/с}^2$
 $a_3 = a_{t_3} = 12 \text{ м/с}^2$

Методические указания к задачам 46 – 60

От студента требуется умение строить эпюры продольных сил, нормальных напряжений, определять удлинения и укорочения бруса. При работе бруса на растяжение и сжатие в его поперечных сечениях возникает продольная сила N , численно равная алгебраической сумме проекций на его продольную ось всех внешних сил, действующих на отсеченную часть. При растяжении продольная сила положительна. При сжатии – отрицательна.

При растяжении (сжатии) бруса в его поперечных сечениях возникают нормальные напряжения $\sigma = \frac{N}{A}$, где A – площадь поперечного сечения бруса.

Изменение длины бруса равно алгебраической сумме удлинения (укорочения) его отдельных

участков и вычисляется по формуле Гука: $\Delta l = \sum \Delta l_i = \sum \frac{N_i \ell_i}{EA_i}$,

где N_i , ℓ_i , A_i – соответственно продольная сила, длина и площадь сечения в пределах каждого участка бруса;

E – модуль продольной упругости.

Последовательность решения задачи:

1. Разбить брус на участки, начиная от свободного конца. Границы участков – сечения, в которых приложены внешние силы и места изменения размеров поперечного сечения.
2. Определить по методу сечений продольную силу для каждого участка и построить эпюру продольных сил.
3. Для построения эпюры нормальных напряжений, определяем напряжения в поперечных сечениях каждого участка (в долях A).

4. Определяем опасные участки для растяжения и сжатия (максимальным значениям напряжений).
5. Из условия прочности: $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$ определяем площадь A , удовлетворяющую условиям прочности на растяжение и сжатие.
6. Определяем перемещение свободного конца бруса.

Пример:

Для данного ступенчатого бруса (рис.5) построить эпюру продольных сил, нормальных напряжений, определить площадь опасных сечений и перемещение свободного конца при следующих данных: $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mna}$; $F_1 = 30 \text{ кН}$; $[\sigma] = 100 \text{ Mna}$; $A_1 = 1,5 \text{ А}$; $F_2 = 80 \text{ кН}$; $F_3 = 90 \text{ кН}$; $[\sigma_c] = 120 \text{ Mna}$; $A_c = A$; $A_c = 1,8 \text{ А}$.

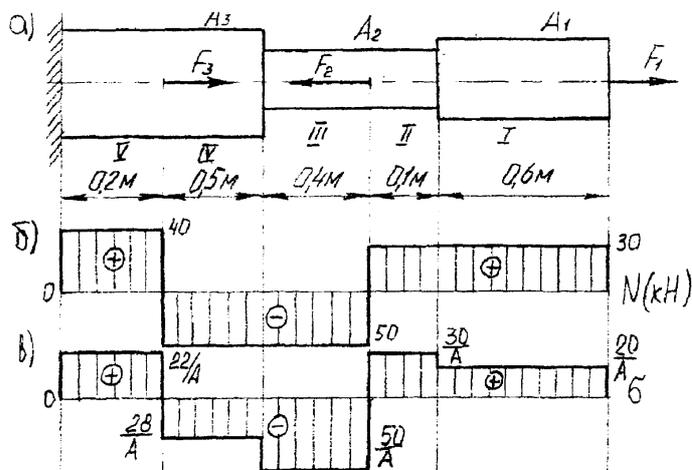


Рис. 5

Решение:

1. Отмечаем участки (рис. 5 а)
2. Определяем значения продольной силы на участках бруса:

$$\begin{aligned}
 N_1 &= F_1 = 30 \text{ кН}; & N_2 &= F_2 = 30 \text{ кН}; \\
 N_3 &= F_1 - F_2 = 30 - 80 = -50 \text{ кН}; \\
 N_4 &= N_3 = -50 \text{ кН}; \\
 N_5 &= F_1 - F_2 + F_3 = 30 - 80 + 90 = 40 \text{ кН};
 \end{aligned}$$

Строим эпюру продольных сил (рис. 5 б)

3. Вычисляем значения нормальных напряжений в долях A :

$$\begin{aligned}
 \sigma_1 &= \frac{N_1}{A_1} = \frac{30}{1,5 A} = \frac{20}{A}; & \sigma_2 &= \frac{N_2}{A_2} = \frac{30}{A}; \\
 \sigma_3 &= \frac{N_3}{A_3} = -\frac{50}{A}; & \sigma_4 &= \frac{N_4}{A_3} = \frac{50}{1,8 A} = -\frac{28}{A}; \\
 \sigma_5 &= \frac{N_5}{A_3} = \frac{40}{1,8 A} = \frac{22}{A}
 \end{aligned}$$

Строим нормальных напряжений (рис.5 в)

4. По эпюре напряжений определяем опасные участки (участки с наибольшими напряжениями):

Опасный участок на растяжение – II

Опасный участок на сжатие – III

5. Из условия прочности на растяжение и сжатие определяем площади:

$$A_p = \frac{N_p}{[\sigma_p]} = \frac{30 \cdot 10^3}{100} = 300 \text{ мм}^2$$

$$A_c = \frac{N_c}{[\sigma_c]} = \frac{50 \cdot 10^3}{120} = 420 \text{ мм}^2$$

Из полученных величин берем большее значение площади
 $A_I = 1,5A = 1,5 \cdot 420 = 630 \text{ мм}^2$

$A = 420 \text{ мм}^2$, тогда

$$A_3 = 1,8A = 1,8 \cdot 420 = 756 \text{ мм}^2$$

6. Определяем перемещение свободного конца:

$$\Delta \ell = \Delta \ell_1 + \Delta \ell_2 + \Delta \ell_3 + \Delta \ell_4 + \Delta \ell_5$$

$$\Delta \ell_1 = \frac{N_1 \ell_1}{EA_1} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 600}{2 \cdot 10^5 \cdot 630} = 0,143 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_2 = \frac{N_2 \ell_2}{EA_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 100}{2 \cdot 10^5 \cdot 420} = 0,036 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_3 = \frac{N_3 \ell_3}{EA_2} = -\frac{50 \cdot 10^3 \cdot 400}{2 \cdot 10^5 \cdot 420} = -0,238 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_4 = \frac{N_4 \ell_4}{EA_3} = -\frac{50 \cdot 10^3 \cdot 500}{2 \cdot 10^5 \cdot 756} = -0,165 \text{ мм}$$

$$\Delta \ell_5 = \frac{N_5 \ell_5}{EA_3} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 200}{2 \cdot 10^5 \cdot 756} = 0,053 \text{ м}$$

$$\Delta \ell = 0,143 + 0,036 - 0,238 - 0,165 + 0,053 = -0,17$$

Брус укоротится на 0,17 мм.

Методические указания к задачам 61 – 75

1. Определить вращающие моменты на валу шестерни (T_1) и колеса (T_2):

$$T_1 = \frac{10^3 P_1}{\omega_1}, \text{ Нм}; \quad T_2 = T_1 u \eta, \text{ Нм.}$$

где $\eta = 0,97-0,98$

2. Для заданной марки материала и термообработки выбрать значения механических характеристик по (1), стр. 162, или (5), стр. 34.
 3. Определить допускаемые контактные напряжения по (5), 33-35, или (6), стр. 51.
 4. Определить допускаемые напряжения изгиба по (5), стр. 43...45, или (6), стр. 52.
 5. Определить главный параметр – межосевое расстояние a_w , мм

$$a_w \geq \kappa_a (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3 \cdot K_{HB}}{\psi_a \cdot u^2 \cdot [\sigma_H]^2}}$$

где: K_a – вспомогательный коэффициент. Для прямозубых передач $K_a = 49,5$, для косозубых и шевронных – $K_a = 43$;

$\psi_a = b_2 / a_w$ – коэффициент ширины венца колеса. Для прямозубых колес выбирается из ряда 0,1; 0,125; 0,16; 0,25. Для косозубых – 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63. Для шевронных – 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25.

$K_{H\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки по длине зуба. Принимается по (5), таблица 3.1, стр. 32, предварительно определив

$$\psi_d = \frac{b_2}{d_1} = 0,5\psi_a(u+1)$$

Полученное значение межосевого расстояния округлить до ближайшего стандартного по (5), стр. 36, п. 2.

6. Определить модуль зацепления, мм: $m = (0,01...0,02) a_w$. И принять его по стандарту, по (5), стр. 36, п. 3.
7. Для непрямоугольных колес принять угол наклона зубьев β . Для косозубых колёс $\beta = 8...16^\circ$, для шевронных – $\beta = 25...40^\circ$.

8. Определить суммарное число зубьев: $Z_\Sigma = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m}$

Полученное значение округлить до целого числа и определить фактический угол наклона

зубьев: $\cos \beta = \frac{m \cdot Z_\Sigma}{2 \cdot a_w}$

Значение β определяется с точностью до минуты. Определить числа зубьев шестерни и

колеса: $Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u+1}$, $Z_2 = Z_\Sigma - Z_1$

Значения должны быть целыми числами.

9. Определить фактическое передаточное число $u' = Z_2 / Z_1$. Отклонение от заданного значения допускается в пределах $\pm 2\%$.
10. Определить основные геометрические размеры шестерни и колеса.

а) диаметры делительных окружностей (с точностью до 0,01мм): $d_{1,2} = \frac{mZ_{1,2}}{\cos \beta}$

б) фактическое межосевое расстояние: $a_w = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$

в) диаметры вершин зубьев: $d_{a1,2} = d + 2m$

г) ширина венца колеса и шестерни: $b_2 = \psi_a \cdot a_w$; $b_1 = b_2 + (2...5)$

11. Определить силы в зацеплении:

а) окружная: $F_t = 2T_2/d_2$, Н

б) радиальная: $F_r = F_t \cdot \tan 20^\circ / \cos \beta$, Н

в) осевая (только у косозубых колёс): $F_a = F_t \cdot \tan \beta$, Н

12. Определить окружную скорость зубчатых колёс: $v = \omega_1 d_1 / 2$, м/с, и назначить степень точности их изготовления по (5), стр. 32.

13. Уточнить коэффициент ширины венца колеса $\psi_d = \frac{b_2}{d_1}$ и принять коэффициент $K_{H\beta}$

(см. пункт 5). Принять коэффициенты $K_{H\alpha}$; $K_{H\beta}$, (5, стр. 32).

14. Определить контактные напряжения рабочих поверхностей зубьев: $\sigma_H = A$

$$\sqrt{\frac{F_t \cdot (u' + 1) \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu}}{d_2 \cdot b_2}} \leq [\sigma_H] \quad , \text{ Н/мм}^2, \text{ где}$$

A – вспомогательный коэффициент. Для прямозубых колес $A = 436$, для косозубых и шевронных $A = 376$.

Допускается недогрузка $\sigma_H < [\sigma_H]$ до 10% и перегрузка $\sigma_H > [\sigma_H]$ до 5%. Если эти условия не выполняются, надо изменить ширину венца колеса b_2 или межосевое расстояние, не выходя из стандартного ряда ψ_α и α_w .

15. По эквивалентным числам зубьев: $z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}$ выбрать коэффициенты формы зуба

шестерни и колеса (Y_{F1} и Y_{F2}) – (5), стр. 42. Промежуточные значения вычислить интерполированием.

16. Определить отношение $[\sigma_F]/Y_F$ для шестерни и колеса. Дальнейший расчёт на изгиб ведётся для того из колёс, для которого это соотношение меньше.

17. Проверочный расчёт на изгиб:

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_\beta \cdot K_{F\alpha}}{b \cdot m} \leq [\sigma_F]$$

Здесь приняты следующие коэффициенты: $K_F = K_{F\beta} K_{F\nu}$,

$K_{F\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки – (5), табл .3.7, с. 43

$K_{F\nu}$ – коэффициент динамичности – (5), таблица 3.8, стр. 43

$K_{F\alpha}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки между зубьями – (5), стр. 47

Y_β – коэффициент, для компенсации погрешности, возникающей из-за применения той же

расчётной схемы, что и в случае прямых зубьев. $Y_\beta = \frac{1 - \beta^\circ}{140}$

Пример:

Произвести расчет зубчатой передачи косозубого редуктора, если мощность на ведущем валу $P_1 = 14,5 \text{ кВт}$, угловая скорость ведущего вала $\omega_1 = 115 \text{ рад/с}$, передаточное число редуктора $u = 3,15$. Марка стали шестерни и колеса – 40XH, термообработка шестерни – улучшение и закалка ТВЧ, колеса – улучшение.

Решение:

1. Вращающие моменты на валу шестерни и колеса:

$$T_1 = \frac{1000 \cdot P_1}{\omega_1} = \frac{1000 \cdot 14,5}{115} = 126 \quad \text{Нм}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta = 126 \cdot 3,15 \cdot 0,97 = 385 \text{ Нм}$$

2. Принимаем для шестерни термообработку - улучшение поковки и закалка ТВЧ до твёрдости $HRC_1 = 48 \dots 53$, $HRC_{1cp} = 50$, для колеса – улучшение поковки $HB_2 = 269 \dots 302$, $HB_{2cp} = 285$.

3. Допускаемые контактные напряжения для шестерни и колеса:

$$[\sigma_H]_1 = \frac{(17 HRC_{1cp} + 200) \cdot K_{HL}}{[S_H]} = \frac{(17 \cdot 50 + 200) \cdot 1}{1,15} = 913 \quad \text{Н/м}$$

$$[\sigma_H]_2 = \frac{(2 HB_{2CP} + 70) \cdot 1}{[S_H]} = \frac{(2 \cdot 285 + 70) \cdot 1}{1,15} = 557 \text{ Н/мм}^2$$

Расчетное допускаемое напряжение:

$$[\sigma_H] = 0,45([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) = 0,45(913 + 557) = 662 \text{ Н/мм}^2. \text{ Проверяем выполнение условия } [\sigma_H] \leq 1,23[\sigma_H]_2$$

$$662 \leq 1,23 \cdot 557 = 685 - \text{условие выполняется.}$$

4. Принимаем допускаемые напряжения на изгиб для шестерни и колеса:

$$[\sigma_F]_1 = \frac{700}{[S_F]} = \frac{700}{1,75} = 400 \text{ Н/м}$$

5. Принимаем расчётные коэффициенты. Выбираем $\psi_a = 0,4$, тогда: $\psi_d = 0,5\psi_a(u + 1) = 0,5 \cdot 0,4 \cdot (3,15 + 1) = 0,8$ и $K_{H\beta} = 1,05$ [5], таблица 3.5. Определяем межосевое расстояние:

$$a_w = 43 \cdot (3,15 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{385 \cdot 10^3 \cdot 1,05}{0,4 \cdot 3,15^2 \cdot 662^2}} = 110 \text{ мм}$$

Принимаем стандартное: $a_w = 112 \text{ мм}$

6. Определяем модуль зацепления:

$$m = (0,01 \dots 0,02) 112 = 1,12 \dots 2,24 \text{ мм. Принимаем } m = 2 \text{ мм.}$$

7. Принимаем угол наклона зубьев $\beta = 12^\circ$

8. Суммарное число зубьев:

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 112 \cdot \cos 12^\circ}{2} = 109,6 \text{ . Принимаем } Z_\Sigma = 109$$

$$\text{Фактический угол наклона зубьев } \cos \beta = \frac{2 \cdot 109}{2 \cdot 112} = 0,9732 \quad \beta = 13^\circ 18'$$

$$\text{Числа зубьев шестерни и колеса: } z_1 = 109/4,15 = 26,$$

$$z_2 = 109 - 26 = 83$$

9. Фактическое передаточное число $u' = 83 / 26 = 3,19$

10. Отклонение от заданного $((3,19 - 3,15)/3,15)100\% = 1,3\% < 2\%$ Основные геометрические размеры шестерни и колеса:

а) диаметры делительных окружностей:

$$d_1 = mz_1/\cos\beta = 2 \cdot 26 / 0,9732 = 53,43 \text{ мм}$$

$$d_2 = mz_2/\cos\beta = 2 \cdot 83 / 0,9732 = 170,57 \text{ мм}$$

б) фактическое межосевое расстояние:

$$a_w' = (d_1 + d_2)/2 = (53,43 + 170,57)/2 = 112 \text{ мм}$$

в) диаметры вершин зубьев:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 53,43 + 2 \cdot 2 = 57,43 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 170,57 + 2 \cdot 2 = 174,57 \text{ мм}$$

г) ширина венца колеса и шестерни

$$b_2 = \psi_a \cdot a_w = 0,4 \cdot 112 = 44,8 \text{ (Принимаем } b_2 = 45 \text{ мм)}$$

$$b_1 = b_2 + 5 = 50 \text{ мм}$$

11. Силы в зацеплении:

$$\text{а) окружная: } F_t = 2 \cdot T_2/d_2 = 2 \cdot 385 \cdot 10^3/170,57 = 4514 \text{ Н}$$

$$\text{б) радиальная: } F_r = F_t \tan 20^\circ/\cos\beta = 4514 \cdot 0,364 = 1688 \text{ Н}$$

$$\text{в) осевая: } F_a = F_t \tan\beta = 4514 \cdot \tan\beta = 1067 \text{ Н}$$

12. Окружная скорость:

$$v = \omega_1 d_1/2 = 115 \cdot 53,43/2 \cdot 10^3 = 3,1 \text{ м/с}$$

Назначаем 8 степень точности.

13. Уточняем коэффициент ширины венца колеса:

$$\psi_d = b_2/d_1 = 45/53,3 = 0,84$$

Тогда $K_{H\beta} = 1,06$, $K_{H\alpha} = 1,1$, $K_{H\nu} = 1,03$

14. Контактные напряжения рабочих поверхностей зубьев:

$$\sigma_H = 376 \cdot \sqrt{\frac{4514 \cdot (3,19 + 1) \cdot 1,1 \cdot 1,06 \cdot 1,03}{170 \cdot 57 \cdot 45}} = 647 < [\sigma_H] = 662 \text{ Н/мм}^2$$

Условие прочности выполняется.

$$\text{Недогрузка: } \frac{662 - 647}{662} \cdot 100 = 2,3$$

15. Вычисляем эквивалентные числа зубьев и определяем коэффициенты формы зуба шестерни и колеса:

$$z_{v1} = z_1 / \cos^3 \beta = 26 / \cos^3 \beta = 28 \quad Y_{F1} = 3,84$$

$$z_{v2} = z_2 / \cos^3 \beta = 83 / \cos^3 \beta = 90 \quad Y_{F2} = 3,605$$

16. Определяем для шестерни и колеса отношение:

$$[\sigma_F]_1 / Y_{F1} = 400/3,84 = 104,2$$

$$[\sigma_F]_2 / Y_{F2} = 293/3,605 = 81,3$$

Так как $81,3 < 104,2$, то расчет на изгиб ведем по колесу.

17. Определяем напряжения на изгиб:

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\nu} \cdot Y_{F2} \cdot Y_{\beta} \cdot K_{F\alpha}}{b \cdot m} \leq [\sigma_F]_2, \text{ Н/мм}^2$$

$$= 1,13; \quad K_{F\nu} = 1,1 \text{ (таблица 3.7; 3,8 (5));}$$

$$K_{F\alpha} = 0,92 \text{ (5, стр. 47); } Y_{\beta} = 1 - \beta/140 = 1 - 13,3/140 = 0,905$$

$$\sigma_F = \frac{4514 \cdot 1,13 \cdot 1,1 \cdot 3,605 \cdot 0,905 \cdot 0,92}{45 \cdot 2} = 187 \text{ МПа} < [\sigma_F]_2 = 293 \text{ Н/мм}^2$$

Условие прочности на изгиб выполняется.

Методические указания к задачам 76 – 90

1. Выбрать сечение ремня по номограмме [6], рисунок 5.2...5.4, стр. 83...84.
2. Определить минимально допустимый диаметр ведущего шкива d_{1min} , мм, [6], таблица 5.4 стр. 84, предварительно определив вращающий момент T_1 ($T_1 = 1000P_1 / \omega_1$; $\omega_1 = \pi n_1 / 30$).
3. Определить по эмпирической формуле диаметр меньшего шкива: $d_1 \approx (3 \dots 4) \sqrt[3]{T_1}$, мм
где T_1 – в Н*мм. Полученный результат округлить до стандартного значения [6], таблица К40, стр. 426.
4. Определить диаметр ведомого шкива d_2 , мм: $d_2 = d_1 u (1 - \varepsilon)$,
где $\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$ – коэффициент скольжения.
Полученное значение d_2 округлить до ближайшего стандартного по [6] таблица К40.
5. Определить фактическое передаточное число: $u_{\phi} = \frac{d_2}{d_1 (1 - \varepsilon)}$ Отклонение от заданного
не должно превышать 3%.
6. Определить ориентировочное межосевое расстояние: a , мм: $a \geq 0,55(d_1 + d_2) + h(H)$,
где $h(H)$ – высота сечения клинового (поликлинового) ремня, см. [6], таблица К31.

7. Определить расчётную длину ремня ℓ , мм:
 $\ell = 2a + \pi (d_1 + d_2) / 2 + ((d_2 - d_1)^2 / 4a)$ и округлить до ближайшего стандартного по таблице К31, [6].
8. Уточнить значение межосевого расстояния:

$$a = \frac{1}{8} \left\{ 21 - \pi (d_2 + d_1) + \sqrt{[21 - \pi (d_2 + d_1)]^2 - 8 (d_1 - d_2)^2} \right\}$$
9. Определить угол обхвата ремнём ведущего шкива:
 $\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ (d_2 - d_1) / a \geq 120^\circ$
10. Определить скорость ремня v , м/с:
 $v = \pi d_1 n_1 / 60000 \leq [v] = 40 \text{ м/с}$
11. Определить частоту пробегов ремня $U = v / \ell \leq [U] = 30 \text{ с}^{-1}$
12. Определить допускаемую мощность, передаваемую одним клиновым ремнем или поликлиновым ремнем с десятью клиньями $[P_n]$, кВт:
 $[P_n] = [P_o] C_p C_a C_1 C_z$ – клиновым ремнем;
 $[P_n] = [P_o] C_p C_a C_1$ – поликлиновым, где $[P_o]$ – допускаемая приведенная мощность, передаваемая одним клиновым ремнем или поликлиновым ремнем с десятью клиньями, выбирается по таблице 5.5, стр. 86, [6]; C – поправочные коэффициенты в таблице 5.2, [6].
13. Определить количество клиновых ремней или число клиньев поликлинового ремня z :
Комплект клиновых ремней $z = P_1 / [P_n]$
Число клиньев поликлинового ремня $z = 10 P_1 / [P_n]$
Рекомендуется принять число клиновых ремней $z \leq 5$; число клиньев поликлинового ремня выбирают по таблице К31 [6].
14. Определить силу предварительного натяжения F_o , Н:
Одного клинового ремня $F_o = 850 P_1 C_1 / (z v C_a C_p)$. Поликлинового ремня $F_o = 850 P_1 C_1 / (v C_a C_p)$
15. Определить окружную силу, передаваемую ремнем: F_t , Н:
 $F_t = 10^3 P_1 / v$
16. Определить силы натяжения ведущей F_1 и ведомой F_2 ветвей:
Одного клинового ремня $F_1 = F_o + F_t / 2z$; $F_2 = F_o + F_t / 2z$
Поликлинового ремня $F_1 = F_o + F_t / 2$; $F_2 = F_o + F_t / 2$
17. Определить силу давления на вал F_{on} , Н:
Комплекта клиновых ремней $F_{on} = 2 F z \sin (\alpha / 2)$
Поликлинового ремня $F_{on} = 2 F_o \sin (\alpha / 2)$

Пример:

Рассчитать ременную передачу от электродвигателя к редуктору. Передаваемая мощность $P_1 = 8 \text{ кВт}$, частота вращения малого шкива $n_1 = 970 \text{ об/мин}$, передаточное число: $u = 2,8$. Работа двухсменная. Нагрузка с умеренными колебаниями.

Решение:

- Выбираем узкий клиновой ремень по номограмме [6], рис. 5.2, стр. 83. Для $P_1 = 8 \text{ кВт}$ и $n_1 = 970 \text{ об/мин}$, берем сечение УО.
- Угловая скорость $\omega_1 = \pi n / 30 = 970 \pi / 30 = 101,6 \text{ рад/с}$, вращающий момент $T_1 = 1000 P_1 / \omega_1 = 1000 \times 8 / 101,6 = 78,8 \text{ Нм}$. По таблице 5.4, [6] определяем минимально допустимый диаметр ведущего шкива $d_{1min} = 63 \text{ мм}$.
- Диаметр меньшего шкива:
 $d_1 \approx (3 \dots 4) \sqrt[3]{T_1} = (3 \dots 4) \sqrt[3]{78800} = 129 \dots 172 \text{ мм}$. Принимаем по стандарту $d_1 = 160 \text{ мм}$.

4. Диаметр ведомого шкива:
 $d_2 = d_{1u} (1 - \varepsilon) = 160 \cdot 2,8 (1 - 0,01) = 443 \text{ мм}$. Принимаем по стандарту $d_2 = 450 \text{ мм}$.

5. Фактическое передаточное число
 Отклонение от заданного $100\% (2,84 - 2,8) / 2,8 = 1,4\% < 3\%$

6. Межосевое расстояние:
 $\alpha \geq 0,55 (d_1 + d_2) + h = 0,55 (160 + 450) + 8 = 343,5$;
 где $h = 8$ – высота сечения ремня (6, таблица К31, стр. 418).

7. Расчётная длина ремня:
 $\ell = 2a + \pi (d_1 + d_2) / 2 + (d_2 - d_1)^2 / 4a =$
 $= 2 \cdot 343,5 + \pi (160 + 450) / 2 + (450 - 160)^2 / (4 \cdot 343,5) = 1706 \text{ мм}$.
 По стандарту принимаем $\ell = 1800 \text{ мм}$.

8. Уточняем значение межосевого расстояния:

$$a = \frac{1}{8} \left\{ 21 - \pi (d_2 + d_1) + \sqrt{[21 - \pi (d_2 + d_1)]^2 - 8 (d_2 - d_1)^2} \right\} =$$

$$= \frac{1}{8} \left\{ 2 \cdot 1800 - \pi (450 + 160) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - \pi (450 + 160)]^2 - 8 (450 - 160)^2} \right\} = 394 \text{ мм}$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ (d_2 - d_1) / a = 180 - 57(450 - 160) / 394 = 138^\circ > 120^\circ$$

$$[P_{\Pi}] = [P_o] C_p C_a C_1 C_z$$

9. Угол обхвата ремнем ведущего шкива:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ (d_2 - d_1) / a = 180 - 57(450 - 160) / 394 = 138^\circ > 120^\circ$$

10. Скорость ремня:

$$v = \pi d_1 n_1 / 60000 = \pi \cdot 160 \cdot 970 / 60000 = 8 \text{ м/с} < [v] = 40 \text{ м/с}$$

11. Частота пробегов ремня: $U = v / l = 8 / 1,8 = 4,4 < [U] = 30 \text{ с}^{-1}$

12. Допускаемая мощность, передаваемая одним клиновым ремнем:

$$[P_n] = [P_o] C_p C_a C_1 C_z$$

где $[P_o] = 2,9 \text{ кВт}$ (6, таблица 5.5 стр. 86).

По таблице 5.2, стр. 78...80, выбираем коэффициенты:

$C_p = 0,8$ (нагрузка с умеренными колебаниями, двухсменная работа)

$C_a = 0,89$ (угол обхвата 138°)

$C_1 = 0,92$

Тогда $[P_n] = 2,9 \cdot 0,8 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,92 = 1,9 \text{ кВт}$.

13. Количество клиновых ремней: $z = P_1 / [P_n] = 8 / 1,9 = 4,2$. Принимаем $z = 5$

14. Сила предварительного натяжения:

$$F_o = 850 P_1 C_1 / (z v C_a C_p) = 850 \cdot 8 \cdot 1 / (5 \cdot 8 \cdot 0,89 \cdot 0,8) = 239 \text{ Н}$$

15. Окружная сила, передаваемая ремнем:

$$F_t = 10^3 P_1 / v = 10^3 \cdot 8 / 8 = 1000 \text{ Н}$$

16. Силы натяжения ведущей F_1 и ведомой F_2 ветвей:

$$F_1 = F_o + F_t / 2z = 239 + 1000 / (2 \cdot 5) = 339 \text{ Н}$$

$$F_2 = F_o + F_t / 2z = 239 + 1000 / (2 \cdot 5) = 139 \text{ Н}$$

17. Сила давления на вал комплекта клиновых ремней:

$$F_{on} = 2 F_o z \sin(\alpha / 2) = 2 \cdot 239 \cdot 5 \cdot \sin(138 / 2) = 2231 \text{ Н}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задачи 1 – 15

Определить реакции опор балки (рис. 6). Данные для своего варианта взять из таблицы 1
Таблица 1

| № задачи | $a, м$ | $b, м$ | $c, м$ | $d, м$ | $F, кН$ | $q, кН/м$ | $M, кН·м$ | $\alpha, град$ |
|----------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|-----------|----------------|
| 1 | 1,2 | 0 | 1,2 | 3,6 | 0,6 | 1,5 | 8 | 130 |
| 2 | 2,5 | 0 | 1,5 | 3,3 | 0,7 | 2,5 | 9 | 70 |
| 3 | 3,5 | 0 | 1,8 | 4,2 | 0,8 | 3,5 | 10 | 55 |
| 4 | 1,5 | 0 | 2,5 | 2,8 | 0,9 | 2,5 | 11 | 40 |
| 5 | 2,5 | 0 | 2,9 | 3,8 | 0,4 | 1,5 | 12 | 160 |
| 6 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 3,5 | 0,4 | 2,5 | 8 | 25 |
| 7 | 0,8 | 1,8 | 1,2 | 3,8 | 0,9 | 3,5 | 9 | 110 |
| 8 | 4,0 | 2,2 | 2,5 | 5,5 | 0,8 | 2,5 | 10 | 35 |
| 9 | 5,5 | 2,6 | 2,3 | 6,5 | 0,7 | 1,5 | 11 | 140 |
| 10 | 4,1 | 3,2 | 0,9 | 4,6 | 1,1 | 2,5 | 12 | 170 |
| 11 | 1,6 | 1,6 | 2,8 | 4,4 | 1,3 | 3,5 | 8 | 50 |
| 12 | 1,5 | 1,9 | 3,3 | 5,2 | 1,4 | 2,5 | 9 | 80 |
| 13 | 4,5 | 2,1 | 3,5 | 5,6 | 1,6 | 1,5 | 10 | 100 |
| 14 | 1,5 | 2,4 | 2,4 | 4,8 | 1,2 | 2,5 | 11 | 115 |
| 15 | 1,8 | 2,7 | 1,5 | 4,2 | 1,5 | 3,5 | 12 | 15 |

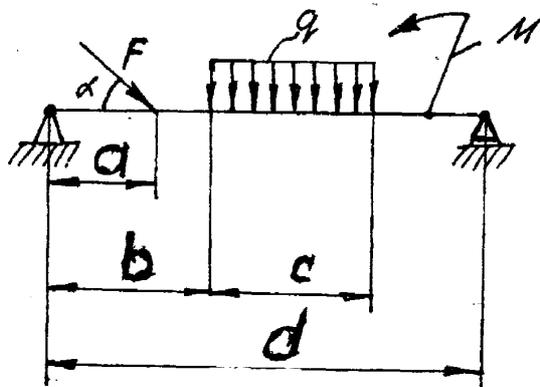


Рис. 6

Задачи 16 – 30

Определить положение центра тяжести сечения, составленного из прокатных профилей (рис. 7). Данные для своего варианта взять таблицы 2.

Таблица 2

| № задачи | Схема по рис. 7 | Двутавр | Швеллер | Уголок равнополочный | Уголок неравнополочный |
|----------|-----------------|---------|---------|----------------------|------------------------|
| 16 | а | 14 | 10 | - | 4/2,5 |
| 17 | а | 20 | 16 | - | 7/4,5 |
| 18 | а | 24 | 20 | - | 10/6,3 |
| 19 | б | - | 12 | 4/4 | 5,6/3,6 |
| 20 | б | - | 14 | 5/5 | 7/4,5 |
| 21 | б | - | 18 | 6,3/6,3 | 11/7 |
| 22 | в | - | 22 | 7,5/7,5 | 4,5/2,8 |
| 23 | в | - | 24 | 8/8 | 5/3,2 |
| 24 | в | - | 27 | 9/9 | 8/5 |
| 25 | г | 12 | - | 4/4 | 4,5/2,8 |
| 26 | г | 16 | - | 5/5 | 5,6/3,6 |
| 27 | г | 18 | - | 7,5 /7,5 | 7/4,5 |
| 28 | д | 22 | 18а | 4,5/4,5 | - |
| 29 | д | 27 | 22а | 5,6/5,6 | - |
| 30 | д | 30 | 24а | 8/8 | - |

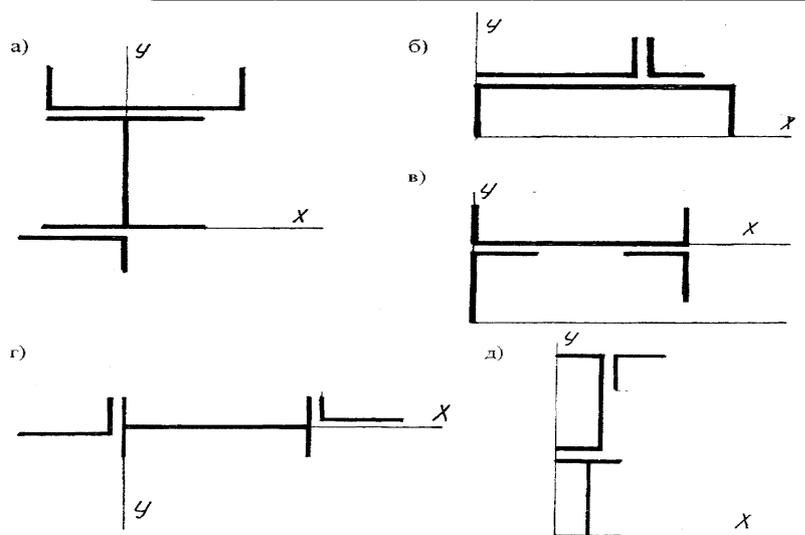


Рис. 7

Задача 31 – 45

Определить скорости и ускорения точки заданной уравнением $S = at^3$, в положениях 1, 2, 3 (рис. 8). В начальный момент точка находится в положении 0. Данные для своего варианта взять из таблицы 3. (S – в м, t – в сек.).

Таблица 3

| № задачи | Схема по рис. 8 | a | $R_1, м$ | $R_2, м$ | $l, м$ | $\alpha, град$ |
|----------|-----------------|-----|----------|----------|--------|----------------|
| 31 | а | 0,1 | 8 | 3 | 4 | 30 |
| 32 | а | 0,2 | 6 | 2 | 3 | 45 |
| 33 | а | 0,3 | 4 | 2 | 2 | 60 |
| 34 | б | 0,1 | 7 | 5 | 8 | 30 |
| 35 | б | 0,2 | 5 | 3 | 6 | 45 |
| 36 | б | 0,3 | 3 | 2 | 4 | 60 |
| 37 | в | 0,1 | 8 | 4 | 5 | 30 |
| 38 | в | 0,2 | 6 | 3 | 4 | 45 |
| 39 | в | 0,3 | 4 | 2 | 3 | 60 |
| 40 | г | 0,1 | 7 | 4 | 4 | 30 |
| 41 | г | 0,2 | 5 | 3 | 3 | 45 |
| 42 | г | 0,3 | 3 | 2 | 2 | 60 |
| 43 | д | 0,1 | 6 | 4 | 12 | 30 |
| 44 | д | 0,2 | 5 | 3 | 10 | 45 |
| 45 | д | 0,3 | 4 | 2 | 8 | 60 |

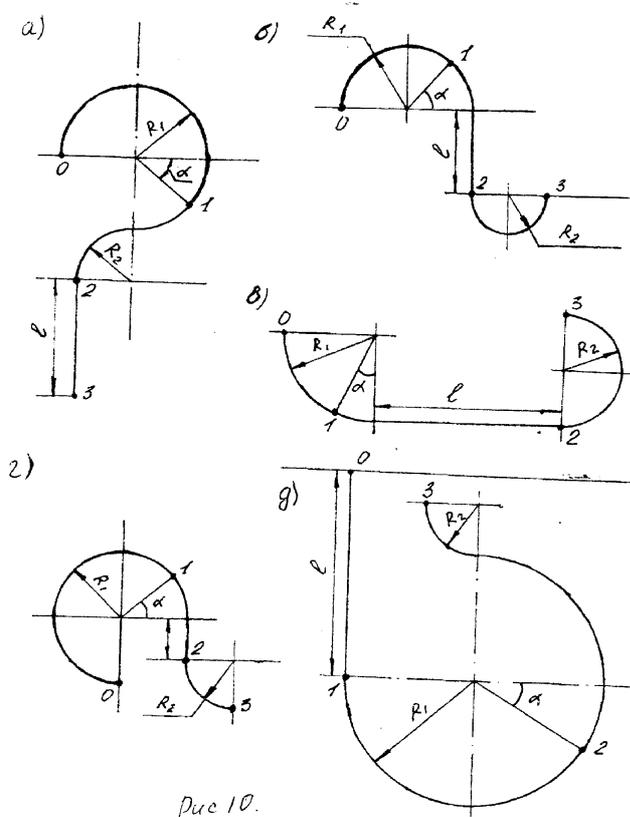


рис 10.

Рис. 8

Задачи 46 – 60

Трехступенчатый стальной (рис.9) брус нагружен силами F_1, F_2, F_3 . Определить из условия: прочности площади поперечных сечений и перемещение свободного конца бруса приняв $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $[\sigma_p] = 90 \text{ МПа}$; $[\sigma_p] = 130 \text{ МПа}$. Данные взять из таблицы 4.

Таблица 4

| Номер задачи | Схема по рис. 9 | $F_1, \text{ кН}$ | $F_2, \text{ кН}$ | $F_3, \text{ кН}$ | $a, \text{ м}$ | A_1 | A_2 | A_3 |
|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------|-------|-------|
| 46 | а | 15 | 25 | 80 | 0,6 | A | 1,6A | 1,2A |
| 47 | а | 20 | 15 | 75 | 0,7 | A | 1,7A | 1,3A |
| 48 | а | 25 | 20 | 90 | 0,5 | A | 1,8A | 1,4A |
| 49 | а | 30 | 40 | 110 | 0,8 | A | 1,9A | 1,5A |
| 50 | б | 50 | 70 | 20 | 0,4 | A | 1,2A | 1,6A |
| 51 | б | 40 | 60 | 15 | 0,5 | A | 1,3A | 1,7A |
| 52 | б | 30 | 60 | 20 | 0,6 | A | 1,4A | 1,8A |
| 53 | б | 20 | 40 | 10 | 0,7 | A | 1,5A | 1,9 |
| 54 | в | 40 | 70 | 50 | 0,4 | 1,6A | 1,2A | A |
| 55 | в | 30 | 65 | 50 | 0,5 | 1,7A | 1,3A | A |
| 56 | в | 20 | 45 | 40 | 0,6 | 1,8A | 1,4A | A |
| 57 | в | 10 | 30 | 30 | 0,7 | 1,9A | 1,5A | A |
| 58 | г | 30 | 35 | 15 | 0,4 | 1,2A | A | 1,5A |
| 59 | г | 40 | 35 | 20 | 0,5 | 1,4A | A | 1,7A |
| 60 | г | 50 | 60 | 15 | 0,6 | 1,6A | A | 1,9A |

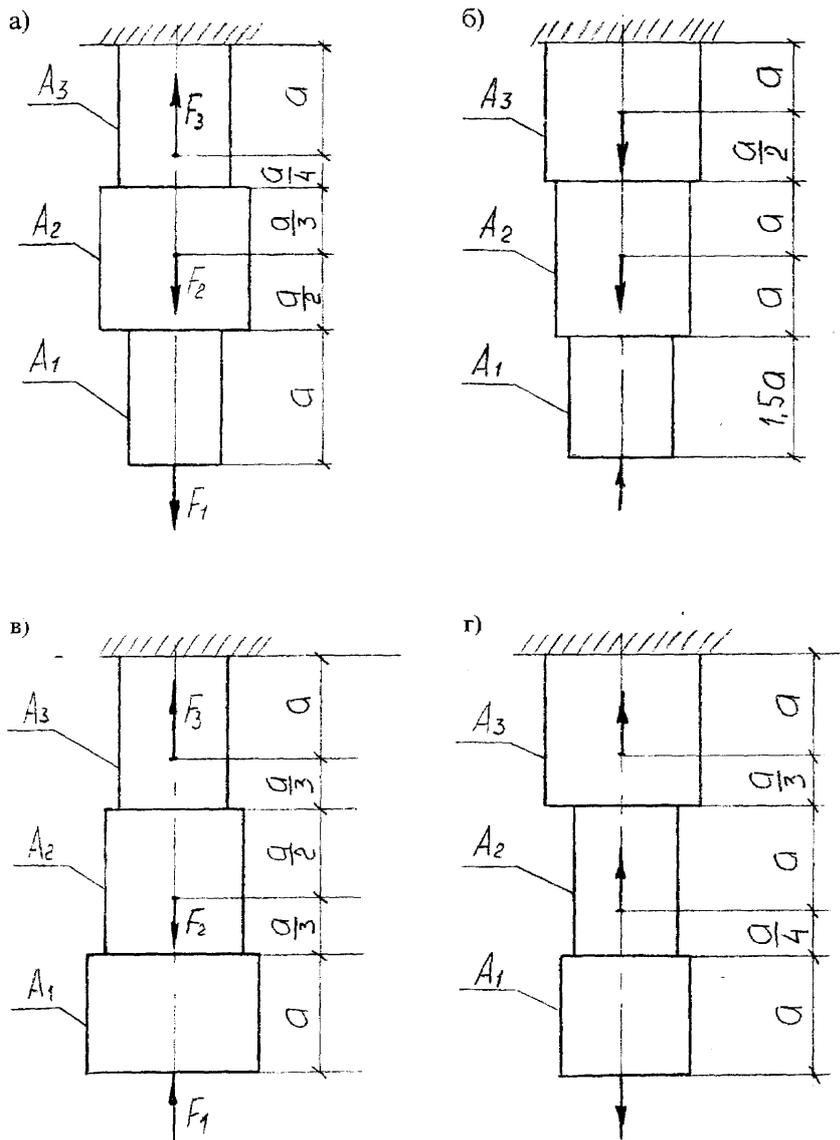


Рис.9

Задачи № 61 – 75

Рассчитать цилиндрическую передачу одноступенчатого редуктора, проверить ее на прочность по контактным напряжениям и напряжениям изгиба, если мощность на ведущем валу – P_1 (кВт), угловая скорость ведущего вала – ω (рад/с), передаточное число – u . Редуктор неререверсивный, предназначен для длительной работы при постоянной нагрузке. Данные для своего варианта взять из таблицы 5.

Таблица 5

| № | P_1 | ω_1 | u | Вид передачи | Материал | Термообработка |
|----|-------|------------|------|--------------|----------|----------------|
| 61 | 2,5 | 95 | 2 | прямозубая | 40 | улучшение |
| 62 | 3 | 90 | 2,5 | прямозубая | 45 | нормализация |
| 63 | 3,5 | 85 | 3,15 | прямозубая | 50 | улучшение |
| 64 | 4 | 80 | 4 | прямозубая | 40X | улучшение |
| 65 | 4,5 | 100 | 5 | прямозубая | 40XH | улучшение |
| 66 | 5 | 110 | 2 | косозубая | 40X | азотирование |
| 67 | 6 | 115 | 2,5 | косозубая | 45X | улучшение |
| 68 | 7 | 105 | 3,15 | косозубая | 40XH | закалка |
| 69 | 8 | 95 | 4 | косозубая | 35XM | улучшение |
| 70 | 9 | 90 | 5 | косозубая | 35XM | закалка |
| 71 | 10 | 85 | 2 | шевронная | 40XMA | улучшение |
| 72 | 12 | 105 | 2,5 | шевронная | 35XGSA | улучшение |
| 73 | 14 | 80 | 3,15 | шевронная | 35XGSA | закалка |
| 74 | 6 | 75 | 4 | шевронная | 20X | цементация |
| 75 | 18 | 110 | 5 | шевронная | 38XMЮА | азотирование |

Задачи 76 – 90

Рассчитать ременную передачу от электродвигателя к редуктору. Передаваемая мощность – P_1 (кВт), частота вращения малого шкива – n_1 (об/мин), передаточное число – u . Работа двухсменная. Данные для своего варианта взять из таблицы 6.

Таблица 6

| № | P_1 | n_1 | u | Характер нагрузки | Тип ремня |
|----|-------|-------|-----|------------------------|----------------|
| 76 | 4 | 1435 | 5 | спокойная | узкий клиновой |
| 77 | 2,5 | 975 | 4 | спокойная | узкий клиновой |
| 78 | 15 | 1480 | 2,5 | умеренные колебания | узкий клиновой |
| 79 | 18,5 | 2280 | 4,5 | умеренные колебания | узкий клиновой |
| 80 | 22 | 1470 | 3,5 | значительные колебания | узкий клиновой |
| 81 | 10 | 1455 | 5,5 | спокойная | поликлиновой |
| 82 | 5,5 | 955 | 3,8 | спокойная | поли клиновой |
| 83 | 7,5 | 720 | 4,4 | умеренные колебания | поли клиновой |
| 84 | 11 | 1460 | 2,6 | умеренные колебания | пол и клиновой |
| 85 | 3 | 985 | 3,2 | значительные колебания | поликлиновой |
| 86 | 7,5 | 1475 | 3 | спокойная | узкий клиновой |
| 87 | 9 | 1425 | 5 | спокойная | поликлиновой |
| 88 | 12 | 980 | 4 | умеренные колебания | узкий клиновой |
| 89 | 14 | 960 | 4,5 | умеренные колебания | поликлиновой |
| 90 | 17 | 1455 | 2,8 | значительные колебания | узкий клиновой |