

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра инженерной графики

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск БГУИР 2011

УДК 620.1(076)
ВВК 30.121я73
М55

С о с т а в и т е л ь
Н. В. Вышинский

Р е ц е н з е н т
декан факультета электросвязи учреждения образования
«Высший государственный колледж связи»,
кандидат технических наук, доцент С. М. Держинский

М55 **Механика** материалов и конструкций : метод. указания и контр.
задания для студ. спец. 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безо-
пасности» заоч. формы обуч. / сост. Н. В. Вышинский. – Минск :
БГУИР, 2011. – 35 с. : ил.
ISBN 978-985-488-663-3.

Приведены рабочая учебная программа дисциплины «Механика материалов и конструкций», методические указания по изучению отдельных разделов и контрольные вопросы по каждому разделу. Даны задания по контрольной работе и список рекомендуемой литературы.

УДК 620.1(076)
ББК 30.121я73

ISBN 978-985-488-663-3

© Вышинский Н. В., составление, 2011
© УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», 2011

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины. «Механика материалов и конструкций» является одной из дисциплин, формирующих у студентов объем знаний, необходимых для выполнения инженерных разработок механизмов приборных и вычислительных систем. В связи с этим целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний по расчету элементов конструкций и деталей приборов на прочность, жесткость и устойчивость.

Задачи дисциплины – изучение современных методов прочностных расчетов и расчетов на жесткость элементов приборных устройств.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные сведения по расчету элементов конструкций приборов на прочность, жесткость и устойчивость;
- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности и свойства разрабатываемых и используемых конструкций механизмов приборных и вычислительных систем;
- механические характеристики применяемых в приборостроении материалов;

уметь:

- работать с технической и периодической литературой и другими информационными источниками;
- использовать при выполнении расчетов вычислительную технику;
- выполнять расчеты на прочность и жесткость элементов приборных и вычислительных систем;
- выполнять кинематическое исследование и геометрические расчеты передаточных механизмов, применяемых в приборных и вычислительных системах;

иметь представление:

- об основных направлениях научно-технического прогресса в приборостроении;
- о тенденциях развития методов прочностных расчетов конструкций и использования конструкционных материалов.

По дисциплине «Механика материалов и конструкций» студенты заочной формы обучения должны выполнить контрольную работу, отработать и защитить лабораторные работы, сдать экзамен.

2 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Область знаний, используемых при изучении дисциплины «Механика материалов и конструкций». Историческое развитие механики материалов.

2.1 Статика твердого тела

Основные понятия статики. Связи и их реакции. Система сходящихся сил. Момент силы относительно точки и оси. Сложение и разложение параллельных сил. Пара сил. Момент пары. Приведение произвольной системы сил к центру. Условия равновесия сил. Сложение параллельных сил. Понятие центра параллельных сил. Координаты центра параллельных сил. Центр тяжести твердого тела. Координаты центра тяжести твердого тела.

Методические указания

При изучении данной темы обратите внимание на определение момента силы относительно точки и относительно оси и момента пары сил, причем последний не связан ни с какой точкой плоскости и может быть перенесен в любую точку тела.

Большое практическое значение имеет упрощение заданной системы сил путем приведения всех сил к одному центру (точка приведения).

Центральный вопрос темы – условия равновесия и использование их при определении реакций связей. Умение определять опорные реакции необходимо для выполнения задач контрольной работы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие вы знаете связи? Покажите, как направлены реакции этих связей.
- 2 Какие системы сил вы знаете?
- 3 Чем отличается момент силы относительно точки от момента силы относительно оси?
- 4 Как определить момент пары сил, и чем он отличается от моменты силы относительно точки?
- 5 Какими свойствами обладает пара сил?
- 6 Напишите условие равновесия плоской системы сил.
- 7 Напишите условие равновесия произвольной пространственной системы сил.
- 8 Запишите уравнения для координат центра тяжести твердого тела.

2.2 Механика деформируемого твердого тела

2.2.1 Основные понятия и допущения механики материалов

Классификация сил, действующих на твердое тело. Основные гипотезы сопротивления материалов. Пластические и упругие деформации тел. Метод сечений. Внутренние усилия. Виды деформаций. Напряжения в данной точке сечения. Нормальные и касательные напряжения.

Методические указания

Усвойте основные понятия, принятые в сопротивлении материалов: внутренние силы и моменты, напряжения и деформации. Обратите особое внимание на метод сечений, применяемый для решения одной из основных задач сопромата: определения внутренних усилий, возникающих в твердом теле при воздействии на него внешних сил.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются силы, действующие на твердое тело?
- 2 Что называется упругой деформацией? Какие деформации считаются пластическими?
- 3 Назовите основные гипотезы сопромата.
- 4 В чем заключается метод сечений? Для чего этот метод применяется?
- 5 Укажите все возможные внутренние силовые факторы.
- 6 Дайте характеристику напряжения в данной точке. Какие напряжения называются нормальными, а какие касательными?

2.2.2 Деформация растяжения (сжатия)

Эпюры внутренних сил. Гипотеза плоских сечений. Нормальные напряжения. Относительная продольная и поперечная деформации. Закон Гука. Коэффициент Пуассона.

Изменение объема растягиваемого стержня. Расчеты на прочность.

Определение абсолютных удлинений (укорочений) стержня при разных случаях нагружения. Перемещения сечений стержней с переменной площадью поперечного сечения.

Метод сил (податливостей) и метод перемещений (жесткостей) для решения статически неопределимых задач.

Прочность, упругость, пластичность, твердость. Диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов. Повторное нагружение пластически деформированного образца. Истинная диаграмма растяжения. Влияние времени на деформацию: последействие, ползучесть, релаксация. Твердость материалов.

Нормальные и касательные напряжения, действующие по наклонным площадкам. Главные площадки и главные напряжения. Закон парности касательных напряжений.

Нормальные и касательные напряжения, действующие по наклонным площадкам. Частные случаи двухосного напряженного состояния: равномерное двухосное растяжение (сжатие) и чистый сдвиг.

Обобщенный закон Гука для двухосного напряженного состояния. Относительное изменение объема упругого материала. Обобщенный закон Гука при объемном трехосном напряженном состоянии. Относительная объемная деформация.

Энергия, накопленная в стержне при его растяжении (сжатии). Удельная энергия деформации для случая равномерно растянутого стержня и для объемно деформированного тела.

Методические указания

При растяжении (сжатии) внутренним силовым фактором является продольная (нормальная) сила и нормальные напряжения, действующие в поперечных сечениях стержня. Нормальные напряжения в соответствии с законом Гука пропорциональны относительным деформациям. Коэффициент пропорциональности E , входящий в формулу закона Гука, носит название модуля упругости первого рода (модуля Юнга) и является важнейшей механической константой материала, характеризующей его упругие свойства.

При растяжении (сжатии) возникают продольные и пропорциональные им поперечные деформации. Коэффициент пропорциональности μ – коэффициент Пуассона – также является механической константой материала, характеризующей его упругие свойства.

Существуют два метода решения статически неопределимых систем: метод сил и метод перемещений.

При испытаниях на растяжение и сжатие получаем еще целый ряд механических констант. Это предельные напряжения: предел пропорциональности $\sigma_{п}$, предел упругости $\sigma_{у}$, предел текучести $\sigma_{т}$, предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_{в}$.

Поверхностная твердость материалов может быть определена с помощью одного из следующих трех методов: метода Бринелля, метода Виккерса, метода Роквелла.

При центральном растяжении по наклонным площадкам действуют как нормальные, так и касательные напряжения, связанные между собой определенными зависимостями. Если на некоторой площадке не действуют касательные напряжения, то такая площадка называется главной площадкой, а действующие на ней нормальные напряжения называются главными напряжениями.

Закон парности касательных напряжений определяет зависимость между касательными напряжениями, которые действуют по взаимно перпендикулярным площадкам.

Зависимость между деформациями и напряжениями при плоском и объемном напряженном состоянии определяется обобщенным законом Гука.

Нахождение выражений для энергии равномерно растянутого стержня и для объемно деформированного тела.

Контрольные вопросы

- 1 Какие внутренние силовые факторы возникают при растяжении (сжатии)?
- 2 Какие напряжения возникают в поперечных сечениях стержня при его растяжении?
- 3 Запишите условие прочности при растяжении.
- 4 Что такое допускаемые напряжения и как они определяются?
- 5 Напишите два вида закона Гука для растяжения.
- 6 Что определяет упругие свойства материала?
- 7 Какова связь между продольной и поперечной деформациями при растяжении?
- 8 Нарисуйте диаграмму растяжения. Какие предельные напряжения можно получить при испытании на растяжение?
- 9 Какие существуют методы определения твердости материалов, и в чем они заключаются?
- 10 Какие напряжения действуют по наклонным площадкам стержня при его растяжении, и как они связаны между собой?
- 11 Какие площадки называются главными? Как называются напряжения, действующие по главным площадкам?
- 12 Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
- 13 Запишите выражение для обобщенного закона Гука для объемно деформированного тела.
- 14 Что такое удельная энергия деформации?

2.2.3 Деформация сдвига

Угловые деформации. Внутренние усилия. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Расчеты на прочность при деформации сдвига.

Чистый сдвиг. Изменение формы прямоугольного элемента при чистом сдвиге. Связь между относительными линейными и угловыми деформациями. Соотношение между модулями упругости первого E и второго G рода и коэффициентом Пуассона ν как упругими характеристиками одного материала.

Полная и удельная энергии деформации чистого сдвига.

Методические указания

Сдвиг материала возникает в том случае, если на брус перпендикулярно его оси действуют одновременно на небольшом расстоянии друг от друга две равные, параллельные и противоположно направленные силы. При сдвиге в поперечных сечениях стержня возникают поперечные силы и соответствующие им касательные напряжения. Связь между напряжениями и возникающими при сдвиге угловыми деформациями выражается законом Гука. Коэффициент пропорциональности G в этом законе называется модулем упругости второго рода (модулем сдвига) и является наряду с модулем Юнга важнейшей механической характеристикой материала. Существует математическая зависимость между модулями упругости первого E и второго G рода и коэффициентом Пуассона ν .

Усвойте определение абсолютного сдвига на основании закона Гука и условие прочности на сдвиг, при невыполнении которого может наступить разрушение детали, называемое срезом.

Контрольные вопросы

- 1 При каком типе нагружения возникает сдвиг?
- 2 Какие силы действуют в поперечных сечениях при сдвиге?
- 3 Какие напряжения возникают при сдвиге?
- 4 Запишите закон Гука при сдвиге для относительных и абсолютных деформаций.
- 5 Запишите условие прочности при сдвиге. Как называется разрушение детали при сдвиге?
- 6 Необходимо найти математическую зависимость между тремя параметрами, характеризующими упругие свойства материала детали: E , G и ν .
- 7 Что такое чистый сдвиг?
- 8 Как определяется полная энергия деформации чистого сдвига?

2.2.4 Деформация кручения

Геометрические характеристики плоских сечений. Статический момент площади сечения. Моменты инерции и моменты сопротивлений сечений. Свойства моментов инерции. Вычисление моментов инерции типовых сечений деталей.

Вид нагружения стержня, при котором возникает деформация кручения. Внутренний крутящий момент. Построение эпюр крутящих моментов для различных случаев нагружения валов.

Искажение при кручении первоначально прямоугольной сетки на поверхности деформируемого образца. Чистый сдвиг при кручении. Касательные на-

пряжения при кручении. Определение диаметра вала исходя из условия прочности.

Определение углов поворотов поперечных сечений валов с постоянной и изменяющейся по длине площадью сечения. Жесткость вала. Расчет вала исходя из условия жесткости.

Решение статически неопределимых задач при кручении с помощью дополнительных уравнений деформаций (перемещений).

Энергия деформации при кручении. Получение уравнений для энергии деформации кручения, выраженных через крутящий момент и через угол закручивания.

Методические указания

Кручение возникает в том случае, когда на стержень действуют две равные, но противоположно направленные пары сил, расположенных в плоскостях, перпендикулярных оси стержня. Обратите внимание на то, что если при определении напряжений при деформациях растяжения (сжатия) и сдвига достаточно было знать только величину площади поперечного сечения стержня, то при рассмотрении деформации кручения, а в последующем и изгиба, кроме величины площади поперечного сечения необходимо учитывать и его форму.

При кручении в поперечных сечениях стержня возникает крутящий момент и соответствующие ему касательные напряжения, которые неравномерно распределены по сечению: равны нулю в центре сечения и максимальны на периферии. Условие прочности при кручении записывается по максимальным напряжениям, для нахождения которых вводится особая величина – полярный момент сопротивления. Выражения для полярного момента сопротивления наиболее распространенных сечений нужно запомнить.

В выражении для угла закручивания в знаменателе стоит произведение GI_p , которое называется жесткостью стержня при кручении.

Решение статически неопределимых систем при кручении выполняют с помощью дополнительных уравнений перемещений.

Энергия деформации при кручении выражается через крутящий момент и через угол закручивания.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите геометрические характеристики плоских сечений.
- 2 Назовите свойства моментов инерции плоских сечений.
- 3 Что называется кручением? Какие внешние силовые факторы его вызывают?
- 4 Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
- 5 Как определяется реактивный момент?

6 Какие напряжения возникают при кручении? Напишите формулу этих напряжений. От чего зависят напряжения в различных точках сечения?

7 Что такое полярный момент сопротивления? Запишите условие прочности при кручении.

8 Напишите выражение для угла закручивания поперечного сечения стержня. Как определяется жесткость при кручении?

9 Какие дополнительные уравнения составляются при решении статически неопределимых систем?

10 От чего зависит значение энергии деформации кручения?

2.2.5 Деформация изгиба

Типы балок и опор. Чистый и поперечный изгиб. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Дифференциальные зависимости при изгибе. Определение нормальных напряжений при чистом изгибе. Условие прочности. Определение касательных напряжений при поперечном изгибе. Формула Журавского.

Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня.

Расчет статически неопределимых балок.

Энергия деформации при чистом и поперечном изгибе.

Продольный изгиб.

Методические указания

При изгибе в поперечных сечениях стержня могут возникать изгибающий момент и поперечная сила. При изучении этого раздела обратите внимание на дифференциальные зависимости между внешней нагрузкой и внутренними силовыми факторами при изгибе. Основная задача этого раздела – научиться строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

При чистом изгибе в сечениях стержня возникают только нормальные напряжения, зависящие от изгибающего момента. Эти напряжения неравномерно распределяются по высоте поперечного сечения стержня: на нейтральной оси они равны нулю, у края сечения максимальны.

При поперечном изгибе в сечениях стержня возникают как нормальные, так и касательные напряжения, зависящие от поперечной силы, но для большинства практических случаев расчета они не имеют существенного значения, и эти напряжения можно не учитывать.

Расчет на прочность производят по максимальным нормальным напряжениям; при этом в расчетную зависимость вводят осевой момент сопротивления, равный отношению осевого момента инерции к расстоянию от нейтральной оси

до максимально удаленного от нее края сечения. Выражения для осевого момента сопротивления наиболее распространенных сечений нужно запомнить.

При изучении перемещений при изгибе обратите внимание на то, что количественными показателями деформации являются прогиб и угол поворота сечения, связанные дифференциальной зависимостью.

При рассмотрении статически неопределимых систем уясните, что такое степень статической неопределенности балки. При решении статически неопределимых задач используется метод наложения.

Определение энергии деформации при чистом и поперечном изгибах.

При рассмотрении продольного изгиба обратите внимание на то, от чего зависит величина критической силы, определяемой по формуле Эйлера.

Контрольные вопросы

- 1 При каких схемах нагружения возникает изгиб стержня?
- 2 Чем характеризуется чистый и поперечный изгиб стержня?
- 3 Какие существуют дифференциальные зависимости при изгибе?
- 4 Какие напряжения возникают в сечениях стержня при изгибе и от каких внутренних силовых факторов они зависят?
- 5 Напишите формулу нормальных напряжений при изгибе и постройте эпюру их распределения по сечению стержня.
- 6 Что такое осевой момент сопротивления? Напишите формулы осевых моментов сопротивления для прямоугольного (квадратного), круглого, кольцевого сечений.
- 7 Напишите условие прочности стержня на изгиб. Какие задачи можно решать, используя это условие?
- 8 Какие количественные показатели деформации балки вам известны и как эти показатели между собой связаны?
- 9 Назовите состояния равновесия стержня, в которых он будет находиться при изменении величины продольной силы. Какая сила называется критической?
- 10 Какая система называется статически неопределимой? Что такое степень статической неопределенности балки?
- 11 От чего зависит величина энергии деформации при кручении?
- 12 Запишите формулу Эйлера для определения значения критической силы. Как учитывается влияние способа закрепления стержня на величину критической силы?

2.2.6 Местные напряжения

Местные напряжения. Коэффициенты концентрации напряжений. Примеры определения напряжений при деформациях растяжения, изгиба и кручения

деталей, имеющих неоднородности сечений, вызывающие концентрацию напряжений (концентраторы напряжений).

Контактные напряжения. Формула Герца для определения максимальных напряжений, возникающих в зоне контактирования двух цилиндрических поверхностей.

Методические указания

Напряжения, возникающие в деталях в местах, где присутствуют неоднородности сечений, либо в зоне контактирования с другой деталью, называются местными напряжениями. Для определения напряжений вблизи неоднородностей сечений (концентраторов) используют коэффициенты концентрации (теоретический и эффективный), значения которых зависят от деформации и вида концентратора и приводятся в справочниках.

Обратите внимание на возможные виды концентраторов при деформациях растяжения, изгиба, кручения и на распределение напряжений вблизи этих концентраторов.

При рассмотрении контактных напряжений обратите внимание на то, что контактные напряжения не являются линейной функцией нагрузки, с ростом сил они возрастают все медленнее. Это объясняется тем, что с увеличением нагрузки вследствие упругих деформаций увеличивается и площадка контакта.

Контрольные вопросы

- 1 Какие напряжения называют местными?
- 2 Что такое концентратор напряжения?
- 3 Что называют теоретическим коэффициентом концентрации напряжений?
- 4 Что называют эффективным коэффициентом концентрации напряжений?
- 5 Какие напряжения называют контактными и как определить их величину?

2.2.7 Динамические нагрузки и динамические напряжения

Влияние сил инерции на напряженно-деформированное состояние тел. Применение метода Даламбера для учета влияния сил инерции на напряженно-деформированное состояние тел.

Действие ударных нагрузок. Динамические и статические перемещения и напряжения. Коэффициент динамичности.

Прочность материалов при переменных нагрузках. Циклические нагрузки. Особенности разрушений деталей при действии циклических нагрузок. Виды циклов нагружения деталей. Построение кривой выносливости. Предел выносливости.

Методические указания

Ранее нами рассматривалось действие на детали машин и приборов статических нагрузок, т. е. нагрузок, которые не изменяются во времени, либо изменяются настолько медленно, что ускорения, получаемые при этом телами, пренебрежимо малы. Однако нагрузки могут иметь динамический характер, т. к. изменяются во времени с большой скоростью. В результате действия динамических нагрузок в деталях могут возникать напряжения, во много раз превосходящие по своему значению напряжения от действия статических нагрузок.

На элементы машин и конструкций могут также действовать нагрузки, периодически изменяющиеся как по величине, так и по направлению. В этом случае разрушение деталей происходит из-за образования и развития микротрещин. Обратите внимание на построение кривой выносливости (кривой усталости) при действии переменных напряжений и определение предел выносливости материала.

Контрольные вопросы

- 1 В чем состоит метод Даламбера, применяемый для учета влияния сил инерции на напряженно-деформированное состояние тел?
- 2 Что такое динамическое перемещение?
- 3 Как определяется коэффициент динамичности?
- 4 Что называют пределом выносливости материала?
- 5 Как предел выносливости связан с пределом прочности материала?
- 6 Как строится кривая выносливости материала?
- 7 Что называют коэффициентом асимметрии цикла?
- 8 Что называют амплитудой цикла, средним значением цикла?

2.3 Механика механизмов приборных систем

2.3.1 Структурный анализ механизмов

Кинематическая пара. Классификация кинематических пар. Кинематическая цепь. Классификация кинематических цепей. Степень подвижности плоской кинематической цепи. Механизмы. Классификация механизмов.

Методические указания

При изучении данного раздела обратите внимание на классификацию кинематических пар по числу степеней свободы и по элементам касания. Уясните различие между абсолютным движением звеньев и относительным движением звеньев кинематической пары, которые определяются только самой кинематической парой. Научитесь определять по формуле Чебышева степень подвижно-

сти плоской кинематической цепи. Рассмотрите возможные критерии классификации механизмов, выделив при этом практическую классификацию. Рассмотрите определение механизма исходя из понятия замкнутой кинематической цепи. Обратите внимание на необходимые условия существования механизма исходя из его определения и на связь между степенью подвижности кинематической цепи и числом ведущих звеньев механизма.

Рассмотрите подробно практическую классификацию передаточных механизмов. Обратите внимание на то, что в названии некоторых механизмов указаны его конструктивные особенности либо способ передачи движения и т.п.

Контрольные вопросы

1 Приведите определение звена, кинематической пары, кинематической цепи.

2 Назовите основные плоские кинематические пары, объясните деление пар на высшие и низшие, покажите возможные и невозможные движения звеньев пар относительно друг друга. Приведите пример пространственной кинематической пары.

3 Какие кинематические цепи, замкнутые или незамкнутые, используют обычно для механизмов? Приведите определение механизма.

4 Можно ли в механизме с одной степенью свободы изменить положение звеньев, не меняя положение ведущего звена?

5 Приведите формулу Чебышева и объясните значение входящих в нее величин.

6 Приведите примеры механизмов в соответствии с практической классификацией.

7 Приведите примеры механизмов, в названии которых учитываются конструктивные либо другие особенности.

2.3.2 Механические передачи

Назначение механических передач. Передаточное отношение. Энергетические соотношения в механической передаче. Баланс мощностей. Коэффициент полезного действия механизма.

Соотношение скоростей в высшей кинематической паре (основной закон зацепления). Кинематическое и геометрическое условия передачи движения между звеньями, образующими высшую кинематическую пару. Основной закон зацепления. Начальные радиусы, начальные окружности.

Методические указания

Исходя из баланса мощностей уясните, что увеличение скорости движения всегда приводит к уменьшению силы (золотое правило механики).

При рассмотрении основного закона зацепления покажите, что при выполнении двух условий существования высшей кинематической пары – геометрического и кинематического – нормаль к профилям в точке их контакта делит межцентровое расстояние в отношении, обратном отношению угловых скоростей. Обратите внимание на условие отсутствия скольжения в зоне контакта звеньев и с учетом этого научитесь пояснять два возможных способа передачи движения между звеньями, образующими высшую кинематическую пару.

Контрольные вопросы

- 1 В чем состоит баланс мощностей для механической передачи?
- 2 Поясните смысл коэффициентов полезного действия и коэффициента потерь механизма.
- 3 Сформулируйте геометрическое и кинематическое условия существования высшей кинематической пары.
- 4 Что такое передаточное отношение? Запишите его выражение через отношение начальных радиусов.
- 5 При каком условии в высшей кинематической паре будет отсутствовать скольжение?
- 6 Назовите возможные способы передачи движения между звеньями, образующими высшую кинематическую пару.

2.3.2.1 Зубчатые передачи

Классификация зубчатых передач. Элементы зубчатых колес. Способы изготовления зубчатых колес. Кинематический анализ рядовых и эпициклических зубчатых передач. Эвольвентное зацепление зубьев. Силы, действующие в зацеплении прямозубых и косозубых передач.

Червячные передачи.

Методические указания

Самым распространенным типом передаточных механизмов как в машиностроении, так и в приборостроении являются зубчатые передачи, что обусловлено рядом достоинств этих передач. Изучите эти достоинства. Рассматривая способы изготовления зубчатых колес, обратите внимание на преимущество метода обкатывания перед методом копирования.

При ознакомлении с геометрическим расчетом зубчатых и червячных передач обратите особое внимание на то, что все размеры колеса (червяка) выражаются через основной параметр зацепления – модуль m , равный отношению шага зубьев (шага винтовой нарезки) p к числу π . При этом, если прямозубое цилиндрическое колесо имеет один расчетный модуль, то косозубое колесо – два модуля: нормальный m_n и торцевой m_s .

Научитесь определять передаточные отношения в сложных зубчатых передачах с неподвижными и подвижными осями (планетарных и дифференциальных передачах). Для этого нужно разбираться в схемах и уметь находить характерные звенья – водило и сателлиты. При изучении различных видов сложных зубчатых передач уясните, что в понижающих скорость зубчатых передачах (редукторах) происходит уменьшение скорости в число раз, равное передаточному отношению, и увеличение момента в то же число раз; мощность же уменьшается только на величину потерь.

Обратите внимание на достоинства эвольвентного зацепления зубьев.

Уясните, какие силы действуют в зацеплении прямозубых и косозубых цилиндрических колес.

При изучении червячных передач обратите внимание на кинематику пары червяк – червячное колесо, на зависимость передаточного отношения в червячной передаче от числа заходов червяка.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются зубчатые передачи?
- 2 Назовите способы изготовления зубчатых колес. Какой способ предпочтительнее и почему?
- 3 Укажите основные достоинства и недостатки зубчатых передач.
- 4 Назовите достоинства эвольвентного зацепления.
- 5 Что такое модуль зацепления? Какие модули различают для косозубых колес?
- 6 Как определяют начальный и делительный диаметры зубчатого колеса?
- 7 Как вычисляют диаметры вершин и впадин зубьев?
- 8 На какие составляющие раскладывается вектор нормального давления в зацеплении прямозубой цилиндрической передачи?
- 9 Как устроены планетарные зубчатые передачи, каковы их достоинства?
- 10 Какая передача называется редуктором, мультипликатором?
- 11 Назовите достоинства и недостатки червячных передач по сравнению с цилиндрическими зубчатыми передачами.
- 12 Какой червяк называется архимедовым?

2.3.2.2 Фрикционные передачи

Назначение, классификация фрикционных передач. Кинематика фрикционных передач. Условие передачи движения во фрикционном механизме. Упрямое и геометрическое скольжение.

Методические указания

При изучении фрикционных передач найдите условие передачи движения. Обратите внимание на отличие в фрикционном механизме действительного передаточного отношения от теоретического вследствие наличия упругого и геометрического скольжения. Уясните природу геометрического и упругого скольжения.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются фрикционные передачи?
- 2 Каковы достоинства и недостатки фрикционных передач?
- 3 Из каких материалов изготавливаются колеса фрикционных передач?
- 4 Как определить в цилиндрической фрикционной передаче усилие прижима, обеспечивающее ее надежную работу?
- 5 Начертите схему фрикционной передачи с переменным передаточным отношением.
- 6 От чего зависит величина упругого скольжения в фрикционном механизме?
- 7 Поясните механизм геометрического скольжения, возникающего в фрикционном вариаторе.
- 8 От чего зависит величина геометрического скольжения?

2.3.2.3 Передачи с гибкой связью

Назначение, классификация передач с гибкой связью. Условие передачи движения во фрикционном механизме с гибким звеном.

Методические указания

Среди передач с гибкой связью особенное распространение имеют передачи с непосредственным зацеплением, а также различные фрикционные передачи, в основном ременные, на которые следует обратить внимание.

Рассмотрите условие передачи движения в механизме с гибкой связью с фрикционным сцеплением.

Обратите внимание на отличие действительного передаточного отношения от теоретического, обусловленное упругими деформациями в передаче.

Контрольные вопросы

- 1 Начертите схемы передач с гибкой связью с непосредственным соединением, трением и зацеплением.
- 2 Как классифицируются ременные механизмы в зависимости от вида применяемого ремня?

3 Как учитывается упругое скольжение в передаче с гибкой связью при определении передаточного отношения?

2.3.2.4 Механизмы прерывистого движения

Назначение, классификация механизмов прерывистого и одностороннего движения. Храповые и мальтийские механизмы.

Методические указания

При рассмотрении классификации механизмов прерывистого и одностороннего движения обратите внимание на диапазоны скоростей, при которых они применяются, и на причины, вызывающие ограничения области применения.

При рассмотрении мальтийских механизмов обратите особое внимание на геометрические особенности и кинематику этих механизмов.

Контрольные вопросы

1 Приведите классификацию механизмов прерывистого и одностороннего движения.

2 При каких скоростях и почему применяются храповые зубчатые механизмы, храповые фрикционные механизмы, мальтийские механизмы?

3 Изобразите мальтийский механизм и объясните принцип его работы.

4 С какой целью применяют храповые механизмы с двойными собачками?

5 Что дает применение в храповых механизмах ведущих звеньев с расположенными на них двумя собачками?

6 Запишите выражение для коэффициента движения одноповодкового мальтийского механизма.

7 Как можно получить значение коэффициента движения мальтийского механизма больше 0,5?

2.3.2.5 Кулачковые механизмы

Классификация, применение и характеристики кулачковых механизмов. Кинематическое исследование и проектирование кулачковых механизмов.

Методические указания

При изучении кулачковых механизмов обратите внимание на возможности воспроизведения с помощью этих устройств практически любого закона движения рабочего звена. Уясните такие параметры кулачковых механизмов, как угол давления, угол дальнего стояния, угол ближнего стояния.

Усвойте метод обращения движения, применяемый при кинематическом исследовании и при проектировании кулачковых механизмов.

Контрольные вопросы

- 1 Приведите примеры кулачковых механизмов с поступательно движущимся и с качающимся толкателем.
- 2 На примере кулачкового механизма с качающимся толкателем поясните применение метода обращения движения для кинематического исследования.
- 3 Что такое реальный и теоретический профили кулачка?
- 4 Что такое угол давления?
- 5 Что такое угол ближнего стояния, угол дальнего стояния?
- 6 Поясните порядок построения профиля кулачка по заданному закону поступательного движения толкателя.

2.3.2.6 Винтовые механизмы

Назначение и классификация винтовых механизмов. Кинематика и расчет винтовых механизмов.

Методические указания

Обратите внимание на наиболее характерные области применения винтовых механизмов, на их достоинства и недостатки.

Для наиболее распространенных схем винтовых механизмов рассмотрите кинематические зависимости.

Наиболее важный элемент передачи – резьба. В отличие от крепежных резьб, в которых очень важна повышенная надежность против самоотвинчивания, в ходовых и грузовых винтах необходимо малое трение. Поэтому для винтовых механизмов, в основе которых лежит передача винт – гайка, применяют резьбы с малым углом профиля.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные достоинства и недостатки передачи винт – гайка и укажите области применения этой передачи.
- 2 Изобразите основные схемы передачи винт – гайка.
- 3 Из каких материалов изготавливают гайки?
- 4 Что такое ход винта?

3 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Количество и наименование лабораторных работ, выполняемых студентами, определяется преподавателем с учетом их сложности и выделенного в соответствии с учебным планом специальности учебного времени.

Ниже приведен примерный перечень лабораторных работ.

- 1 Механические свойства материалов [12].
- 2 Исследование деформации кручения [12].
- 3 Исследование деформации изгиба [12].
- 4 Конструкции и параметры зубчатых механизмов [15].
- 5 Исследование винтового механизма [15].

4 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

По дисциплине «Механика материалов и конструкций» студенты заочной формы обучения выполняют одну контрольную работу.

Контрольную работу выполняют в тетради, оставляя поля для замечаний рецензента. Перед решением задачи надо записать полностью ее условие с числовыми данными, составить эскиз (рисунок) и указать на нем все величины, используемые для расчета. Вычисления сначала необходимо проделать в общем виде, обозначая все данные и искомые величины буквами, после чего вместо буквенных обозначений подставить числовые значения и найти результат. Решение необходимо сопровождать краткими, последовательными объяснениями (без сокращения слов), а также чертежами, на которых даны числовые значения для всех входящих в расчет величин. Все расчеты в контрольной работе производятся в единицах СИ.

На обложке тетради, в которой выполнена контрольная работа, должны быть четко написаны название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента, название факультета и специальности, учебный шифр, дата отсылки работы, точный почтовый адрес отправителя.

Оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований контрольные работы не рассматриваются. Контрольные задания высылаются в университет для рецензирования.

Контрольная работа состоит из 4 задач. Каждая задача содержит десять типов схем и для каждой схемы даны десять вариантов численных значений параметров. Обязателен для выполнения тот тип схемы, номер которого соответствует последней цифре шифра студента, и тот вариант этого типа, который соответствует предпоследней цифре шифра.

Например, студент, имеющий шифр 902501-16, выполняет задачи, соответствующие шестой схеме и первому варианту. Если последняя цифра шифра студента – нуль, то ему надо выполнить задачи, соответствующие десятой схе-

ме. Если предпоследняя цифра – нуль, студент должен выполнить задачи варианта 10 своего типа схемы.

Задача 1

Определить реакции опор A и B горизонтальной балки AB , если на нее действует сосредоточенная сила F , пара сил с моментом m и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q .

Схемы десяти типов балок даны на рисунке 1, а числовые данные для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета реакций в опорах

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	12	14	16	18	20	22	24	26	28
q , кН/м	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5
m , Н·м	8000	7500	7000	6500	6000	5500	5000	4500	4000	3500
l , м	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4
d_1 , м	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2
d_2 , м	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
α , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$

Задача 2

К стальному ступенчатому валу, имеющему сплошное поперечное сечение, приложены четыре момента (рисунки 2, 1–10). Левый конец вала жестко закреплен в опоре, а правый конец – свободен и его торец имеет угловые перемещения относительно левого конца. Требуется:

- 1) построить эпюру крутящих моментов по длине вала;
- 2) при заданном значении допускаемого напряжения на кручение определить диаметры d_1 и d_2 вала из расчета на прочность, полученные значения округлить;
- 3) построить эпюру действительных напряжений кручения по длине вала;
- 4) построить эпюру углов закручивания, приняв $G \approx 0,4E$. Для стали модуль упругости первого рода считать равным $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Числовые данные для расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета ступенчатого вала

Варианты	Расстояния, м			Моменты, кН·м				[τ], МПа
	a	b	c	T_1	T_2	T_3	T_4	
1	1,0	1,0	1,0	5,1	2,1	1,1	0,1	30
2	1,1	1,1	1,1	5,2	2,2	1,2	0,2	30
3	1,2	1,2	1,2	5,3	2,3	1,3	0,3	35
4	1,3	1,3	1,3	5,4	2,4	1,4	0,4	35
5	1,4	1,4	1,4	5,5	2,5	1,5	0,5	40
6	1,5	1,5	1,5	5,6	2,6	1,6	0,6	40
7	1,6	1,6	1,6	5,7	2,7	1,7	0,6	45
8	1,7	1,7	1,7	5,8	2,8	1,8	0,8	45
9	1,8	1,8	1,8	5,9	2,9	1,9	0,9	50
10	1,9	1,9	1,9	6,0	3,0	2,0	1,0	50

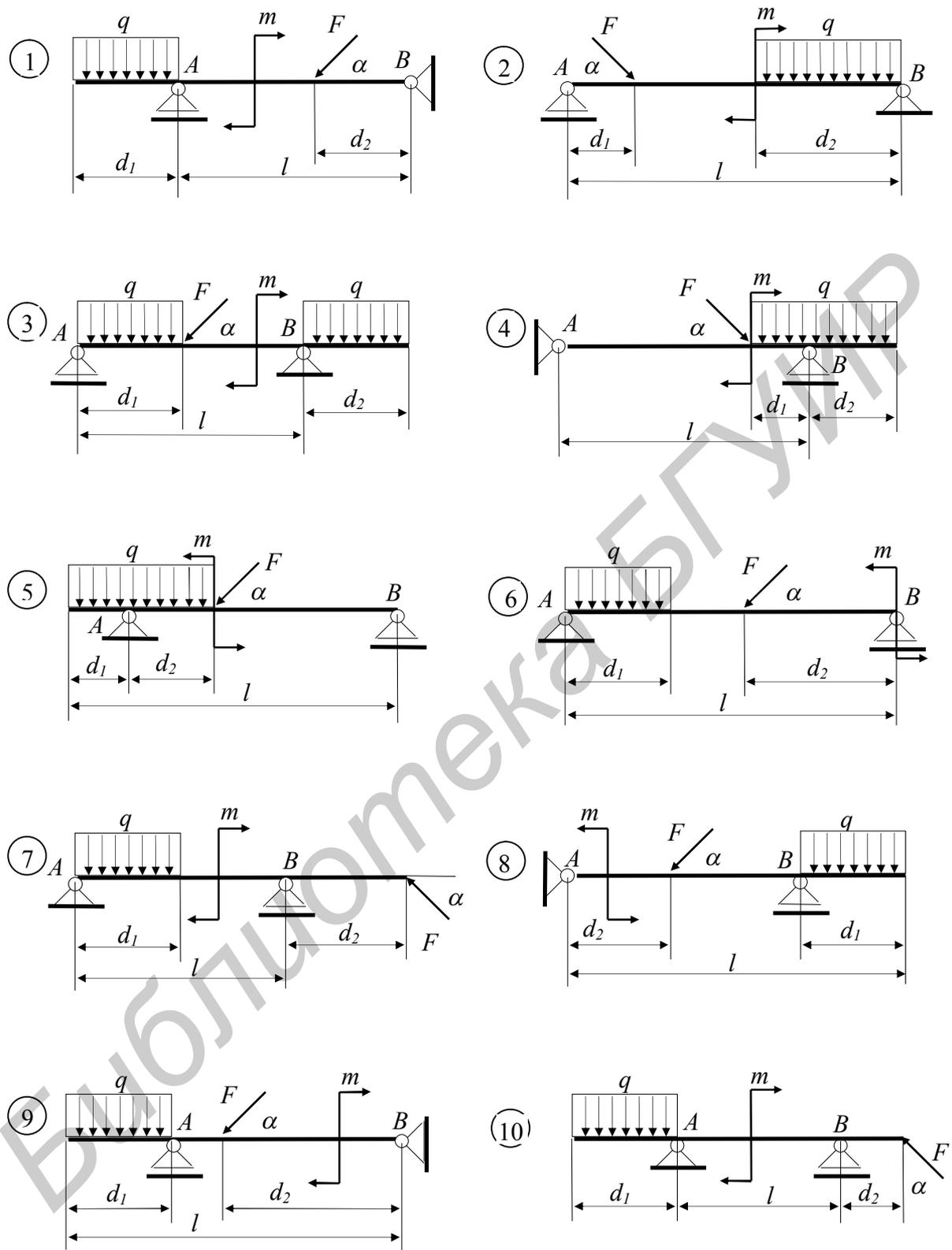


Рисунок 1 – Схемы балок

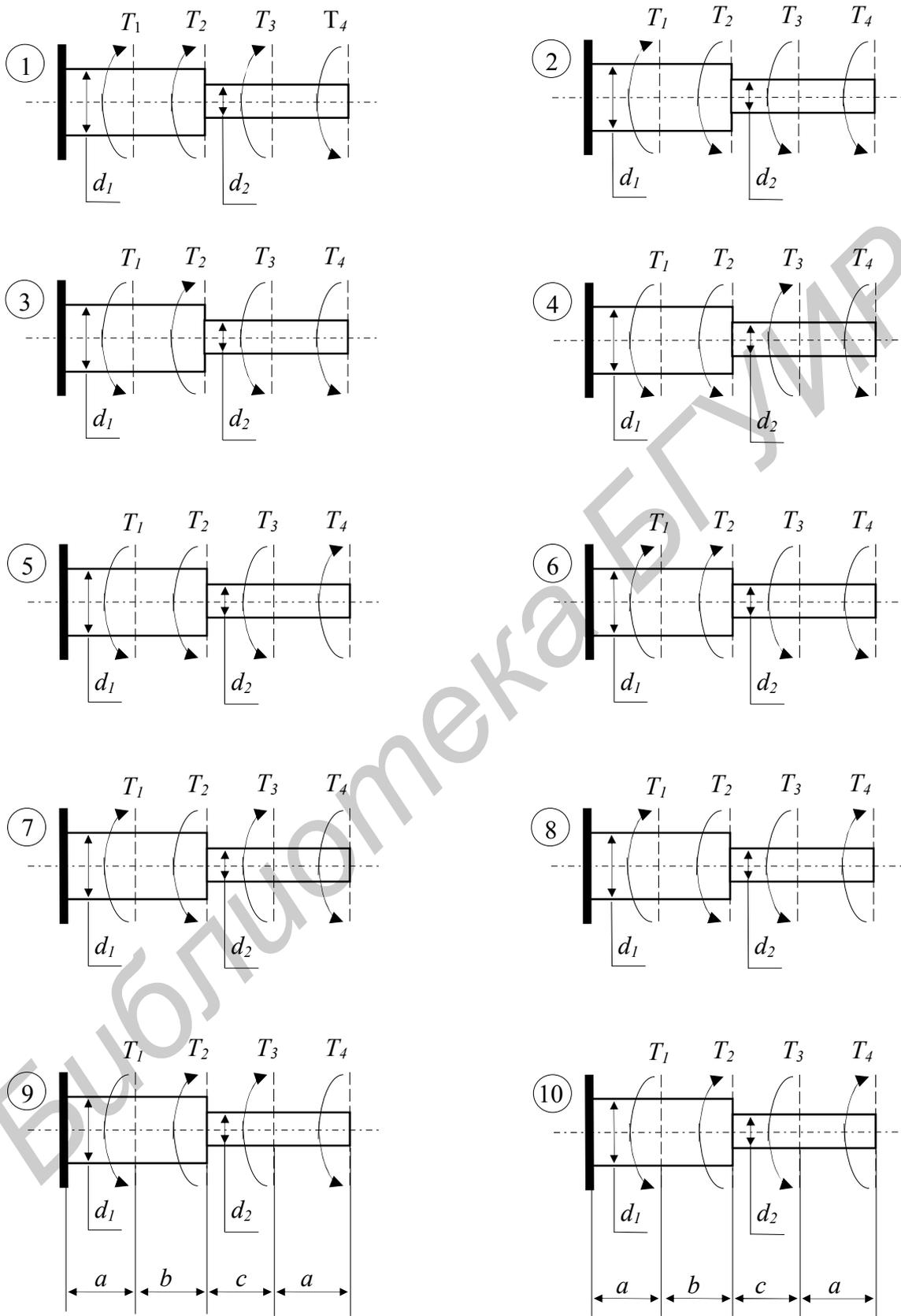


Рисунок 2 – Схемы нагружения валов

Задача 3

Для заданной схемы балки (рисунки 3, 1–10) требуется написать в общем виде выражения для поперечной силы Q и изгибающего момента M , действующих в поперечных сечениях каждого участка балки, построить эпюры Q и M , найти M_{\max} и подобрать по таблице А1 приложения А стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma]=160$ МПа. Данные взять из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета балки

Варианты	Данные величины						
	a , м	b , м	c , м	l , м	F , кН	M , кН·м	q , кН/м
1	2,0	3,2	1,8	10	20	7	22
2	2,2	3,4	1,9	10	19	7	21
3	2,4	3,6	2,0	11	18	8	20
4	2,6	3,8	2,1	11	16	8	19
5	2,8	4,0	2,2	12	15	9	18
6	3,0	4,2	2,3	12	14	9	17
7	3,2	4,4	2,4	13	13	10	16
8	3,4	4,6	2,5	13	12	10	15
9	3,6	4,8	2,6	14	11	11	14
10	3,8	5,0	2,7	14	10	11	13

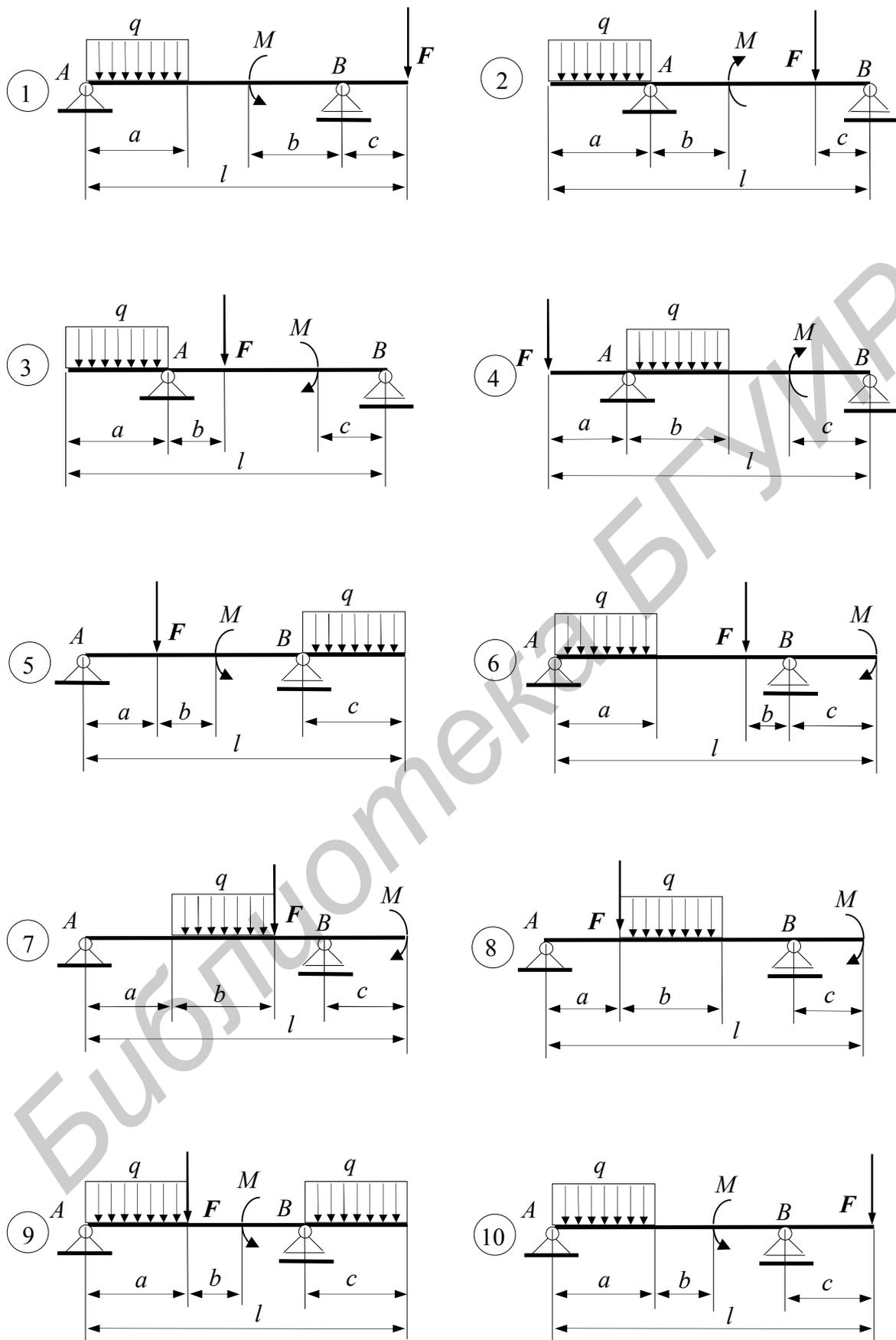


Рисунок 3 – Схемы балок

Задача 4

На рисунке 4 показаны 10 схем зубчатых передач. Входное колесо 1 в данный момент имеет угловую скорость ω_1 и постоянное угловое ускорение ϵ_1 , направленное по движению или против движения. Определить:

- передаточное отношение между входным и выходным звеньями и его знак (если их оси вращения параллельны);
- угловую скорость и угловое ускорение выходного звена, их направления показать на схеме передачи;
- время, в течение которого угловая скорость увеличится в два раза (если движение ускоренное) или уменьшится до нуля (если движение замедленное);
- общий коэффициент полезного действия передачи.

В таблицах 4.1 – 4.10 заданных величин z – число зубьев колес приводится с индексом, соответствующим их номеру на схеме механизма, для червяка z – число заходов, а направление витков червяка указано буквами: л – левое, п – правое.

Для расчетов принять следующие значения КПД (учитывающего потери и в зацеплении, и в подшипниках): для пары цилиндрических колес $\eta_{ц} = 0,97$; для пары конических колес $\eta_{к} = 0,95$; для планетарной передачи с внешними зацеплениями ее колес $\eta_{п} = 0,95$, а для имеющей внутреннее зацепление одной из пар $\eta_{п} = 0,96$; для червячной передачи при одно- двух- и трехзаходном червяке – соответственно $\eta_{ч} = 0,7; 0,75; 0,8$.

Для решения задачи нужно определить, из каких видов передач состоит заданное сложное соединение зубчатых колес, уметь находить планетарную передачу с ее характерными звеньями – водилом и сателлитами, разделять передачи на плоские и пространственные (с непараллельными осями вращения). Нужно понимать, когда направления вращения можно определять по алгебраическим знакам передаточного отношения, а когда для этого необходимо применять простановку стрелок на схеме. Очень важны показанные направления угловой скорости и углового ускорения – по ним определяют характер движения (ускоренное, замедленное).

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 1 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	15	16	14	14	17	18	14	15	16	14
z_2	20	30	24	20	34	24	20	30	28	26
z_2'	14	15	14	15	17	15	15	14	14	15
z_4	20	20	28	21	24	26	36	38	40	43
z_4'	15	14	14	16	15	18	14	18	19	20
z_5	21	22	21	22	21	25	22	26	25	40
z_6	57	58	56	60	57	68	58	70	69	100
ω_1 , рад/с	280	180	240	250	300	250	150	200	350	100
ϵ_1 , рад/с ²	50	60	180	125	75	50	100	50	40	20

Таблица 4.2 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 2 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	22	14	25	18	21	20	16	18	16	20
z_2	23	22	26	30	28	30	28	28	24	21
z_2'	22	16	25	16	17	18	16	15	18	20
z_3	23	26	26	26	30	28	24	32	30	21
z_4	22	28	26	24	31	32	29	31	21	20
z_5	23	27	25	25	32	31	30	30	22	21
z_5'	22	28	26	24	31	32	29	31	21	20
z_6	23	27	25	25	32	31	30	30	22	21
z_6'	32	29	26	28	30	25	22	23	24	20
z_7	42	39	38	37	40	37	45	42	40	65
ω_1 , рад/с	150	380	320	290	320	300	280	350	250	400
ε_1 , рад/с ²	75	285	160	100	80	100	210	70	50	200

Таблица 4.3 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 3 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1, z_3'	20	23	24	17	22	19	14	16	18	20
z_2, z_4	40	30	38	25	36	36	26	40	30	28
z_2', z_4'	22	21	22	20	26	26	21	20	22	20
z_3, z_5	82	74	84	62	84	79	61	76	70	68
ω_1 , рад/с	320	190	220	180	200	240	300	260	340	280
ε_1 , рад/с ²	80	95	165	200	50	180	200	130	285	210

Таблица 4.4 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 4 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	15	17	14	19	16	18	14	18	14	18
z_2	24	32	24	28	30	27	21	31	19	25
z_2', z_4'	30	25	20	20	25	21	30	29	34	42
z_3, z_5	20	30	40	30	21	20	21	21	20	20
z_4, z_6	70	85	100	80	67	61	72	71	74	82
ω_1 , рад/с	260	240	240	350	400	220	150	150	300	200
ε_1 , рад/с ²	195	100	180	200	50	55	60	200	200	50

Таблица 4.5 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 5 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z_1	29	30	27	26	25	24	23	22	21	20
Z_2	39	40	40	36	37	40	42	46	56	65
$Z_{2'}$	20	15	20	16	17	16	15	17	15	14
Z_3	29	32	31	24	25	23	28	26	30	26
$Z_{3'}$	19	21	22	15	16	15	16	13	14	15
Z_5	29	31	30	22	23	21	22	20	24	25
Z_6	31	30	18	17	20	19	26	25	21	20
Z_7	30	31	17	18	19	20	25	26	20	21
$Z_{7'}$	31	30	18	17	20	19	26	25	21	20
Z_8	30	31	17	18	19	20	25	26	20	21
ω_1 , рад/с	300	260	120	280	225	100	350	150	300	200
ε_1 , рад/с ²	150	65	200	120	50	50	200	1009	75	40

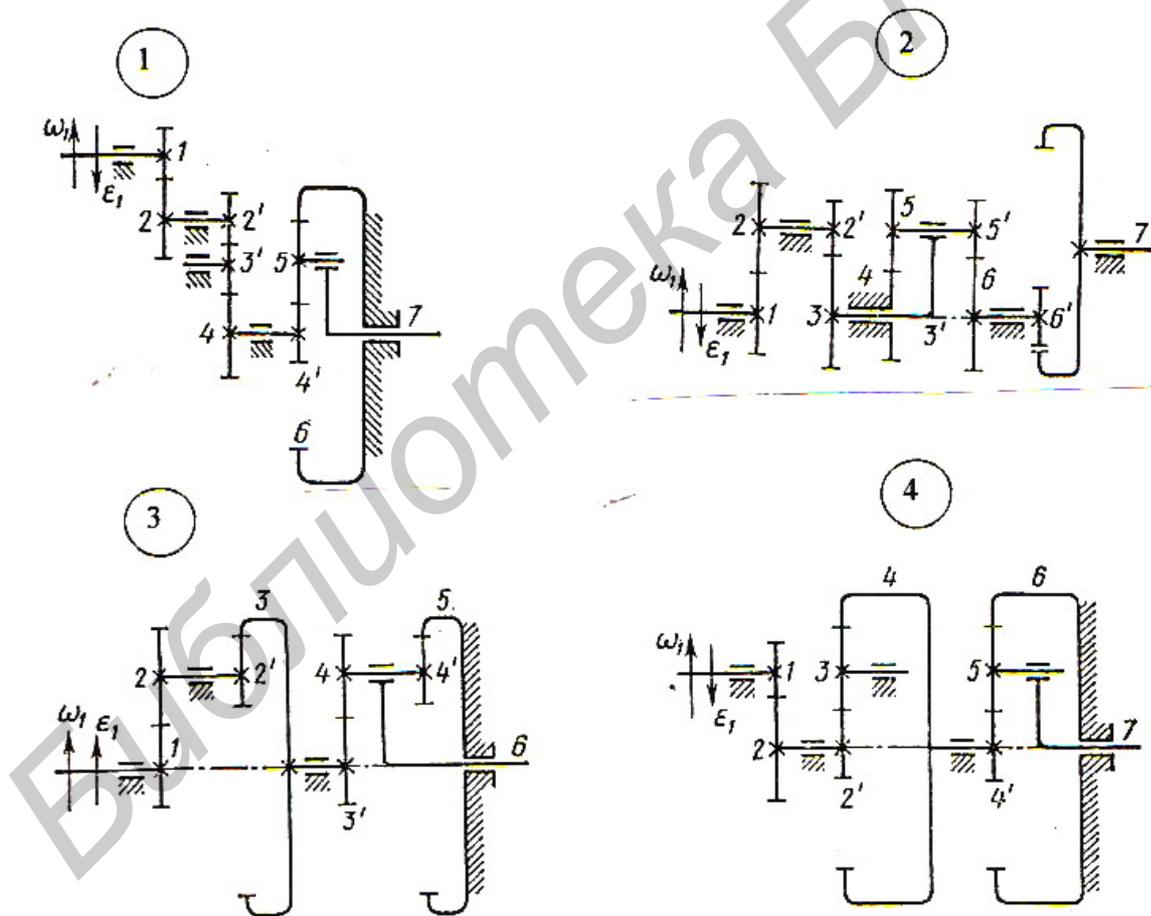


Рисунок 4 – Схемы механизмов

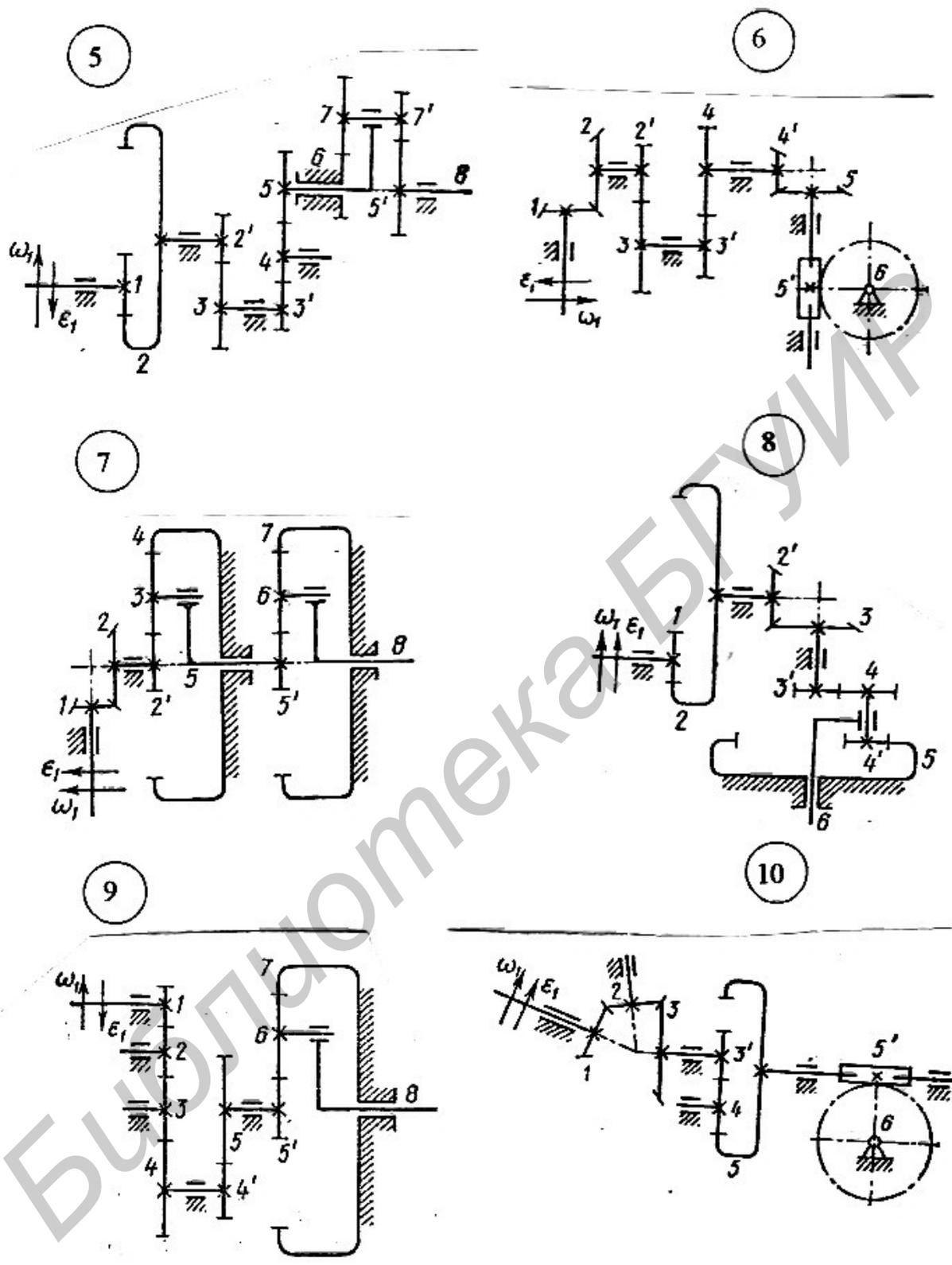


Рисунок 4, лист 2

Таблица 4.6 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 6 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	22	17	20	17	21	18	20	18	17	17
z_2	30	23	21	25	24	21	24	30	17	20
z_2'	16	14	15	15	16	17	15	16	14	14
z_3	28	23	24	20	30	24	28	20	20	16
z_3'	15	15	14	16	14	14	17	18	15	15
z_4	31	28	24	24	21	20	30	32	20	20
z_4'	19	18	17	18	19	18	17	18	17	18
z_5	28	27	32	31	32	28	30	32	26	28
z_5'	2,л	3,п	2,л	1,п	3,л	2,п	1,л	3,п	2,л	1,п
z_6	50	33	38	40	42	40	30	36	30	50
ω_1 , рад/с	380	320	350	320	280	250	300	400	150	350
ε_1 , рад/с ²	190	80	70	80	70	125	60	250	50	100

Таблица 4.7 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 7 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	18	19	16	17	18	13	14	14	16	15
z_2	25	28	31	27	39	24	27	20	30	25
z_2', z_5'	40	35	28	30	18	22	25	20	20	21
z_3, z_6	20	20	20	20	24	36	20	40	30	20
z_4, z_7	80	75	68	70	66	94	65	100	80	61
ω_1 , рад/с	320	360	400	180	350	320	280	120	300	250
ε_1 , рад/с ²	80	60	50	90	200	240	75	40	200	100

Таблица 4.8 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 8 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	22	22	21	21	26	25	21	22	22	20
z_2	50	45	60	55	36	38	60	50	60	62
z_2'	18	14	18	17	16	14	15	16	17	15
z_3	29	26	32	30	24	26	24	24	30	28
z_3'	16	17	23	24	20	20	15	18	16	15
z_4	40	27	30	38	40	30	26	28	24	25
z_4'	20	20	21	22	22	20	20	21	21	22
z_5	76	64	74	84	82	70	61	67	61	62
ω_1 , рад/с	240	320	400	280	350	300	150	200	250	180
ε_1 , рад/с ²	180	240	100	210	200	75	25	100	50	90

Таблица 4.9 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 9 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	20	14	15	19	17	14	15	18	15	14
z_4	30	26	25	26	28	21	20	30	21	30
z_4'	18	14	15	18	16	17	16	14	15	14
z_5	24	26	27	30	24	24	23	21	30	26
z_5'	15	15	14	16	15	14	15	14	18	20
z_6	35	30	26	30	24	23	21	22	21	25
z_7	85	75	66	76	63	60	57	58	60	70
ω_1 , рад/с	210	280	400	180	220	240	250	350	200	150
ε_1 , рад/с ²	630	140	250	45	550	60	400	70	500	60

Таблица 4.10 – Исходные данные для расчета механизма по схеме 10 (см. рисунок 4)

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	19	18	20	17	18	19	17	18	18	17
z_3	27	24	32	30	25	30	27	30	25	28
z_3'	21	20	16	14	14	15	17	15	16	15
z_5	52	50	42	46	50	49	48	45	50	45
z_5'	3,п	2,л	1,п	2,л	1,п	3,л	2,п	1,л	2,п	3,л
z_6	33	34	50	32	29	36	40	28	28	30
ω_1 , рад/с	150	200	350	240	300	350	250	100	200	180
ε_1 , рад/с ²	500	250	700	600	500	175	125	60	50	60

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Двутавры

Номер балки	Размеры сечения, мм		Площадь сечения, см ²	Момент сопротивления при изгибе W_x , см ³
	высота h	толщина s		
10	100	4,5	12,0	39,7
12	120	4,8	14,7	54,8
14	140	4,9	17,4	81,7
16	160	5,0	20,2	109
18	180	5,1	23,4	143
20	200	5,2	26,8	184
22	220	5,4	30,6	232
24	240	5,6	34,8	289
27	270	6,0	40,2	371
30	300	6,5	46,5	472
33	330	7,0	53,8	597
36	360	7,5	61,9	743
40	400	8,3	72,6	953
45	450	9,0	84,7	1231
50	500	10,0	100,0	1589

Библиотека БГУИР

ЛИТЕРАТУРА

Основная

- 1 Артоболевский, И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин / И. И. Артоболевский, Б. В. Эйдельман. – М. : Наука, 1975.
- 2 Беляев, Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – М. : Наука, 1976.
- 3 Беляев, Н. М. Сборник задач по сопротивлению материалов / Н. М. Беляев. – М. : Наука, 1966.
- 4 Ванторин, В. Д. Механизмы приборных и вычислительных систем / В. Д. Ванторин. – М. : Высш. шк., 1985.
- 5 Вopilкин, Е. А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем / Е. А. Вopilкин. – М. : Высш. шк., 1980.
- 6 Красковский, Е. Я. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем / Е. Я. Красковский, Ю. В. Дружинин, Е. М. Филатов. – М. : Высш. шк., 1991.
- 7 Степин, П.А. Сопротивление материалов / П. А. Степин. – М. : Высш. шк., 1988.
- 8 Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики / С. М. Тарг – М. : Наука, 1966.
- 9 Тимошенко, С. П. Механика материалов / С. П. Тимошенко, Д. Ж. Герре. – М. : Мир, 1976.
- 10 Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев. – М. : Наука, 1986.

Дополнительная

- 11 Вышинский, Н. В. Техническая механика / Н. В. Вышинский. – Минск : ИВЦ Минфина, 2006.
- 12 Вышинский, Н. В. Техническая механика : лаб. практикум / Н. В. Вышинский. – Минск : Бестпринт, 2001.
- 13 Гастев, В. А. Краткий курс сопротивления материалов / В. А. Гастев. – М. : Наука, 1977.
- 14 Сурин, В. М. Техническая механика / В. М. Сурин. – Минск : БГУИР, 2004.
- 15 Техническая механика : лаб. практикум / В. М. Сурин [и др.]; под общ. ред. В. М. Сурина. – Минск : БГУИР, 2004.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель и задачи дисциплины.....	3
2 Рабочая программа и методические указания по темам дисциплины.....	4
3 Лабораторные работы.....	19
4 Контрольная работа.....	20
Приложение А.....	32
Литература.....	33

Библиотека БГУИР

Учебное издание

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Методические указания и контрольные задания
для студентов специальности
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Составитель

Вышинский Николай Владимирович

Редактор Н. В. Гриневич
Корректор Е. Н. Батурчик
Компьютерная верстка Ю. Ч. Ключкевич

Подписано в печать 10.03.2011.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 2,0.

Формат 60x84 1/16
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,21.
Заказ 808.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6