

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

Кафедра инженерной графики

ВВЕДЕНИЕ В ПРИКЛАДНУЮ МЕХАНИКУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

для студентов специальности
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск 2004

УДК 621.01 (075.8)

ВВК 22.2 я 73
В 24

Рецензент:
зав. кафедрой «Организация и технология почтовой связи»
Высшего государственного колледжа связи,
кандидат технических наук, доцент В.Г. Назаренко

Составитель:
Н.В. Вышинский

Введение в прикладную механику: Метод. указания и контр. ра-
В 24 боты для студ. спец. 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасно-
сти» заочн. формы обуч./ Сост. Н.В. Вышинский. – Мн.: БГУИР, 2004 -
43 с.: ил.
ISBN 985-444-669-7

Приведены программа изучения курса “Введение в прикладную механику”,
методические указания к отдельным разделам курса и контрольные вопросы. Даны
список рекомендуемой литературы и задачи для двух контрольных работ.

Методические указания и контрольные задания предназначены для студентов-
заочников специальности 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности».

УДК 621.01 (075.8)
ББК 22.2 я 73

ISBN 985-444-669-7

© Вышинский Н.В., составление, 2004
© БГУИР, 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Тема 1. Статика твердого тела

Тема 2. Основы расчетов на прочность

Тема 3. Основы теории механизмов

Тема 4. Детали и узлы механизмов

Тема 5. Точность механизмов

Тема 6. Передаточные механизмы

Литература

Контрольные работы

Контрольная работа №1

Контрольная работа №2

Приложение

Библиотека БГУИР

Введение

Курс “Введение в прикладную механику” является комплексной общеинженерной дисциплиной. Она включает в себя основные положения теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и деталей приборных устройств. Предмет курса - комплекс общетехнических дисциплин, изучение которых позволит обоснованно выбрать, спроектировать и рассчитать, а также квалифицированно эксплуатировать различные технические средства.

Основные задачи: изучение основ прочности и освоение расчетов на прочность простых силовых элементов несущих конструкций, освоение общих принципов построения машин, механизмов, деталей и их проектирования, ознакомление с основами стандартизации и взаимозаменяемости.

В результате изучения курса студент должен не только знать основные положения сопротивления материалов, теории механизмов и деталей машин и приборов, но и уметь выполнять необходимые расчеты и конструктивные разработки простейших механизмов узлов машин и приборных устройств.

Курс базируется на сведениях, полученных при изучении основных общеобразовательных дисциплин, в том числе “Высшей математики”, “Физики”, “Инженерной графики”.

По курсу “Введение в прикладную механику” студенты-заочники должны выполнить и защитить лабораторные работы, написать две контрольные работы, сдать зачет и экзамен.

ТЕМА 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.

Методические указания

При изучении данной темы обратить 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 №1.

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 момента силы относительно точки?
5. Какими свойствами обладает пара сил?
6. Напишите условие равновесия плоской системы сил.
7. Напишите условие равновесия произвольной пространственной системы сил.

ТЕМА 2. ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ НА ПРОЧНОСТЬ

2.1. Основные понятия и определения сопромата

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

В данном разделе необходимо усвоить основные понятия, принятые в сопротивлении материалов; внутренние силы и моменты, напряжения и деформации. Обратить 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. Растяжение и сжатие

Расчеты на прочность и жесткость при растяжении. Продольная и поперечная деформации. Закон Гука для деформации растяжения (сжатия).

Механические свойства материалов. Диаграмма растяжения. Основные предельные напряжения: предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности. Твердость материалов.

Напряжения по наклонным площадкам при центральном растяжении. Закон парности касательных напряжений.

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.

При испытаниях на растяжение и сжатие получаем еще целый ряд механических констант. Это предельные напряжения: предел пропорциональности σ_p , предел упругости σ_y , предел текучести σ_T , предел прочности (временное сопротивление) σ_B .

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 по некоторой площадке не действуют касательные

тельные напряжения, то такая площадка называется главной площадкой, а действующие по ней нормальные напряжения называются главными напряжениями.

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

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.

2.3. Сдвиг

Определение сдвига и среза. Поперечная сила и напряжение при сдвиге. Угловая деформация. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода (модуль сдвига). Условие прочности при сдвиге.

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.

Из этого раздела необходимо также усвоить 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?

2.4. Кручение

Геометрические характеристики плоских сечений.

Вид нагружения стержня, при котором возникает деформация кручения. Внутренний крутящий момент. Напряжения при кручении, характер их распределения по поперечному сечению стержня. Полярный момент сопротивления. Условие прочности при кручении. Определение деформаций при кручении.

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.

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. Какие напряжения возникают при кручении? Напишите формулу этих напряжений. От чего зависят напряжения в различных точках сечения?
6. Что такое полярный момент сопротивления? Запишите условие прочности при кручении.

7. Напишите, как определяется угол закручивания. Как определяется жесткость при кручении?

2.5. Изгиб

Типы балок и опор. Чистый и поперечный изгибы. 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.

Продольный изгиб.

Методические указания

При изгибе в поперечных сечениях стержня могут возникать изгибающий момент и поперечная сила. При изучении этого раздела следует обратить 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 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 изгибы стержня?
3. Какие дифференциальные зависимости существуют 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 осевого момента 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 связаны между собой?
9. Назовите состояния равновесия стержня, в которых он будет находиться при изменении величины продольной силы. Какая сила называется критической силой?
10. Запишите формулу Эйлера для определения значения критической силы. Как учитывается влияние способа закрепления стержня на величину критической силы?

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.

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

При рассмотрении контактных напряжений обратить 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?

2.7. Прочность при переменных нагрузках

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

Методические указания

Элементы машин и конструкций часто работают при периодически изменяющихся (циклических) нагрузках. Разрушение деталей происходит из-за образования и развития микротрещин. Следует обратить внимание на построение кривой выносливости (кривой усталости) для материалов при действии переменных напряжений, уметь определять предел выносливости.

Контрольные вопросы

1. Что называют пределом выносливости материала?
2. Как предел выносливости связан с пределом прочности материала?
3. Как строится кривая выносливости материала?
4. Что называют коэффициентом асимметрии цикла?
5. Что называют амплитудой цикла, средним значением цикла?

ТЕМА 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ

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 следует обратить внимание на классификацию кинематических пар по числу степеней свободы и по элементам касания. Важно понимать различие между абсолютным движением звеньев и относительным движением звеньев кинематической пары, которые определяются только самой кинематической парой. Необходимо уметь определять по формуле Чебышева степень подвижности плоской кинематической цепи. Рассмотреть возможные критерии классификации механизмов, выделив при этом практическую классификацию. Рассмотреть определение механизма исходя из понятия замкнутой кинематической цепи. Обратить внимание на необходимые

условия существования механизма исходя из его определения и на связь между степенью подвижности кинематической цепи и числом ведущих звеньев механизма.

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.

3.2. Кинематический анализ механизмов

Способы задания движения точки. Вектор скорости точки. Вектор ускорения точки. Поступательное движение твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорости и ускорения точек вращающегося тела. Плоско-параллельное движение твердого тела. Разложение движения на поступательное и вращательное. Определение скоростей и ускорений точек тела при плоско-параллельном движении.

Методы кинематического исследования механизмов.

Методические указания

Рассматриваются три способа задания движения точки: векторный, координатный и естественный. Скорость и ускорение точки являются векторными величинами, поэтому для их полного определения надо знать не только величину (модуль), но и направление действия.

Необходимо изучить три вида движения твердого тела: поступательное, вращательное и плоско-параллельное (плоское). При поступательном движении все точки тела движутся с одинаковыми скоростями и ускорениями, поэтому можно говорить о скорости и ускорении поступательного движения тела. При вращательном и плоском движении тела скорости и ускорения его точек зависят от их положения относительно некоторого центра.

Вращательное движение твердого тела характеризуется направлением вращения, угловой скоростью и угловым ускорением. Угловая скорость и угловое ускорение вращающегося твердого тела могут быть представлены как векторы. Траекториями движения точек тела, совершающего вращательное движение, являются окружности. Линейные скорости и ускорения точек тела зависят не только от их расположения по отношению к оси вращения, но и от соответственно угловой скорости и углового ускорения. Обратите внимание

на то, что при вращательном движении изменяется направление вектора скорости точек тела, что приводит к появлению нормальной составляющей ускорения, направленной к центру вращения. Для всех точек вращающегося тела векторы полного ускорения направлены одинаково по отношению к радиусу описываемой окружности.

Плоско-параллельное (плоское) движение твердого тела можно разложить на поступательное движение со скоростью и ускорением, равными скорости и ускорению некоторой точки тела, выбранной за полюс, и вращательное движение вокруг этого полюса. Если параметры поступательного движения зависят от выбора полюса, то параметры вращательного движения от выбора полюса не зависят.

Приведите сравнительную классификацию методов кинематического исследования механизмов. Рассмотрите кинематическое исследование кривошипно-ползунного механизма аналитическим методом.

Контрольные вопросы

1. Назовите способы задания движения точки. В чем различие этих способов?
2. Запишите выражение для скорости точки при координатном способе задания движения.
3. Дайте определения поступательного, вращательного и плоско-параллельного видов движения твердого тела.
4. Для какого вида движения справедливо понятие “линейная скорость движения тела”?
5. Запишите выражения для скорости и ускорения точек тела, совершающего вращательное движение.
6. Как направлены вектор угловой скорости и вектор углового ускорения при вращательном движении тела?
7. На какие составляющие раскладывается вектор полного ускорения точки тела, совершающего вращательное движение? Как направлены эти составляющие?
8. Суммой каких движений можно представить плоское движение твердого тела?
9. Что такое мгновенный центр скоростей?
10. Как определяются скорости и ускорения точек при плоском движении?
11. Запишите уравнения плоско-параллельного движения твердого тела.
12. Проведите сравнительный анализ графического, графоаналитического и аналитического методов кинематического исследования механизмов.
13. В каком случае можно использовать аналитический способ кинематического исследования механизмов?

3.3. Силы в механизмах машин и приборов

Силы, действующие в механизмах. Учет сил инерции. Статическая и динамическая балансировки. Трение скольжения и качения в кинематических

парах. Коэффициент трения, угол трения. Коэффициент полезного действия механизма.

Методические указания

Важно изучить виды сил, которые могут действовать на звенья механизма, и деление сил по их связи с движением на силы движущие и силы сопротивления. Нужно уметь находить силы инерции для простейших видов движения. Уяснить сущность статической и динамической балансировок.

При изучении трения следует обратить внимание на природу сил трения скольжения и качения; на способы снижения сил трения, когда они вредны, и способы их увеличения, когда на их действии основана работа механизмов. Важнейшие понятия: угол трения, конус трения.

Следует усвоить понятия коэффициента полезного действия механизма, коэффициента потерь, их связь. Нужно уметь определять общий коэффициент полезного действия при последовательном и параллельном соединении механизмов.

Контрольные вопросы

1. Какие виды сил могут действовать на механизм при его движении? Могут ли силы трения быть движущими силами?
2. В каком случае возникают силы инерции и как они определяются?
3. В каких случаях проводится статическая балансировка и в каких динамическая? Проводится ли статическая и динамическая балансировка одной и той же детали?
4. Чем обусловлены силы трения скольжения и силы трения качения?
5. Что такое угол и конус трения?
6. Дайте определение коэффициента полезного действия механизма. Что такое коэффициент потерь, и как он связан с коэффициентом полезного действия?
7. Как определяется коэффициент полезного действия при последовательном и параллельном соединении механизмов?

ТЕМА 4. ДЕТАЛИ И УЗЛЫ МЕХАНИЗМОВ

4.1. Упругие элементы

Назначение, классификация, характеристики упругих элементов. Материалы. Расчет винтовых цилиндрических и плоских пружин.

Методические указания

Изучая раздел “Упругие элементы”, необходимо рассмотреть классификацию упругих элементов, области их применения, характеристики, материалы, используемые для изготовления упругих элементов, уяснить такие явления как упругое последействие и упругий гистерезис.

Обратите внимание на особенности упругих элементов, обуславливающие возможность их применения в качестве чувствительных элементов, аккумуляторов механической энергии (двигателей), демпферов.

Особое внимание обратите на то, какой вид деформации испытывает данная пружина. Так, винтовые пружины растяжения-сжатия работают на кручение и сдвиг, плоские пружины - на изгиб.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются упругие элементы по виду деформации; по области применения?
2. Что называется характеристикой упругого элемента?
3. Что такое жесткость (чувствительность) упругого элемента?
4. Дайте определение упругого последствия и упругого гистерезиса пружин.
5. Что такое индекс пружины?
6. Покажите порядок расчета винтовых цилиндрических пружин, работающих на растяжение-сжатие.
7. В каких случаях применяются плоские прямые пружины?

4.2. Валы и оси

Назначение, классификация, конструкция и материалы валов и осей. Расчет валов и осей.

Методические указания

При изучении данного раздела обратите внимание на различие между осью и валом. Конструктивно валы и оси могут выполняться сплошными, ступенчатыми, полыми, в виде вала-шестерни, вала-червяка, шлицевого вала.

Обратите внимание на различие в расчете оси и вала: если ось рассчитывается исходя только из деформации изгиба, то при расчете вала необходимо учитывать как деформацию изгиба, так и кручения. Кроме этого, при необходимости вал проверяется на жесткость и на критическую частоту вращения.

Контрольные вопросы

1. Как устроены валы и оси, для чего они предназначены и из каких материалов изготавливаются?
2. Какая разница между осью и валом?
3. Какие различают виды валов?
4. Как рассчитывают валы и оси на прочность?
5. Как рассчитываются валы на жесткость?
6. Что такое критическое число оборотов вала? Когда необходимо рассчитывать вал на критическое число оборотов?

4.3. Опоры и направляющие

Опоры скольжения. Трение в поступательных кинематических парах. Трение во вращательных кинематических парах.

Опоры качения. Классификация подшипников качения. Выбор подшипников качения. Крепление подшипников на валу и в корпусе.

Направляющие для прямолинейного движения. Условие движения тела по направляющим.

Методические указания

Опоры предназначены для передачи нагрузки от вращающихся осей и валов на корпус механизма. Направляющие обеспечивают относительное поступательное движение деталей механизма. Различают опоры и направляющие с трением скольжения и трением качения. При изучении опор и направляющих с трением скольжения необходимо рассмотреть соотношение сил в парах “ползун-наклонная плоскость”, “клинчатый ползун-желоб”, “шип-подшипник”, “пята-подпятник”.

При рассмотрении опор с трением качения обратите внимание на их преимущества и недостатки по сравнению с опорами скольжения. Изучите классификацию, выбор и крепление на валу и в корпусе подшипников качения. Обратите внимание на особенности системы посадок колец подшипников на вал и в отверстие корпуса.

Рассмотрите классификацию направляющих для прямолинейного движения. Основными требованиями, которые предъявляются к направляющим, являются: точность направления движения, легкость и плавность перемещения, стойкость против износа, нечувствительность к температурным изменениям, малая стоимость, технологичность конструкции. Найдите математическую запись условия отсутствия заклинивания в направляющей с трением скольжения.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются опоры в зависимости от вида трения? Как называются части вала и контактирующие с валом опоры при направлении реакции опоры: а) перпендикулярно оси вала; б) параллельно оси вала?
2. Найдите выражение для минимального усилия, сдвигающего ползун относительно плоскости.
3. Назовите достоинства и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения.
4. Как классифицируются подшипники по форме тел качения и по направлению воспринимаемой нагрузки?
5. Как классифицируются подшипники качения по размерам?
6. От чего зависит точность подшипников качения?
7. Запишите выражение для динамической грузоподъемности подшипника качения и поясните значение входящих в него членов.
8. В какой системе выполняется сопряжение подшипников качения с валом? (с отверстием корпуса?)
9. Изобразите несколько вариантов крепления подшипников на валу и в корпусе.
10. Нарисуйте примеры конструкций направляющих для поступательного движения.
11. Как влияет величина сдвигающего усилия на заклинивание в направляющей с трением скольжения?

4.4. Соединения

Классификация соединений. Конструкции и методика расчета различных типов неразъемных и разъемных соединений: сваркой, пайкой, склеиванием, заклепками, резьбовых, штифтовых, шпоночных, шлицевых.

Методические указания

Следует ознакомиться с различными видами соединений. Изучить технологию выполнения соединений, область их применения, достоинства и недостатки каждого вида соединений. Более подробно следует рассмотреть резьбовые соединения как наиболее часто применяемые в технике, в частности, расчет болтов на растяжение и срез.

Контрольные вопросы

1. Какое соединение деталей называется неразъемным? Назовите основные виды неразъемных соединений.
2. Перечислите основные виды разъемных соединений.
3. Назовите конструктивные формы резьбовых соединений.
4. Какому расчету подвергаются болты, нагруженные осевой силой? поперечной силой?
5. Какие виды сварки Вы знаете?
6. В чем состоят достоинства клеевых соединений?

ТЕМА 5. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ

Ошибки механизмов и причины их возникновения. Допуски и посадки. Основные понятия и определения. Виды допусков и назначение посадок в соответствии с ГОСТ 25346-89. Обозначение допусков и посадок на чертежах. Погрешности формы и взаимного расположения поверхностей. Шероховатость. Методы расчета ошибок механизмов.

Методические указания

К основным погрешностям механизмов следует отнести ошибку положения, ошибку перемещения и ошибку мертвого хода. На величину этих ошибок влияет ряд факторов: производственные, схематические, эксплуатационные и температурные. Необходимо уметь пояснить механизм влияния этих факторов.

При рассмотрении вопросов о допусках и посадках обратите внимание на зависимость величины допуска от условного уровня точности (калитета) и величины номинального размера. Изучите порядок образования допусков в соответствии с ГОСТ 25346-89. При рассмотрении вопроса об образовании и выборе посадок необходимо обратить внимание на особенности системы основного отверстия и системы основного вала. Необходимо свободно ориентироваться в вопросе обозначения на чертежах допусков и посадок, используя в дальнейшем эти знания при выполнении инженерных проектов.

При изучении вопроса “Погрешности формы и взаимного расположения поверхностей” а также вопроса “Шероховатость поверхностей” особое внимание обратите на их обозначение на чертежах.

Изучая дифференциальный метод определения погрешностей механизмов, следует обратить внимание на такие понятия как первичная ошибка, частная погрешность, коэффициент влияния первичной ошибки. Рассмотреть в качестве примера определение погрешности кривошипно-ползунного механизма.

Контрольные вопросы

1. Назовите ошибки механизмов.
2. Назовите причины, приводящие к погрешностям механизмов.
3. Дайте определение номинального размера, действительного размера.
4. Что такое допуск размера?
5. В чем отличие поля допуска размера от допуска?
6. Что такое квалитет?
7. От чего зависит величина допуска?
8. Как определяется величина допуска размера в соответствии с ГОСТ 25346-89?
9. Сколько полей допусков размеров валов и отверстий определяет ГОСТ?
10. Нарисуйте расположение полей допусков для посадки с зазором; для посадки с натягом; для переходной посадки.
11. Запишите условное обозначение посадки в системе основного отверстия.
12. Запишите условное обозначение посадки в системе основного вала.
13. Назовите возможные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.
14. Как обозначаются на чертежах отклонения формы и взаимного расположения поверхностей?
15. Какие параметры служат для количественной оценки шероховатости поверхностей?
16. Как обозначается шероховатость поверхностей на чертежах?
17. В чем заключается дифференциальный метод определения погрешностей механизмов?

ТЕМА 6. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Классификация передаточных механизмов. Соотношение скоростей в высшей кинематической паре (основной закон зацепления).

Методические указания

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

При рассмотрении основного закона зацепления необходимо показать, 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. Обратить внимание на условие отсутствия скольжения в зоне контакта звеньев и с учетом этого уметь пояснить два возможных способа передачи движения между звеньями, образующими высшую кинематическую пару.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры механизмов в соответствии с практической классификацией.
2. Приведите примеры механизмов, в названии которых учитываются конструктивные либо другие особенности.
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.

6.1. 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. Точность зубчатых передач. Выполнение рабочего чертежа зубчатого колеса. 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 необходимо обратить 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 .

Следует научиться 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 нужно знать, 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.

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

При рассмотрении точности зубчатых колес обратить внимание на то, что колесо может иметь норму кинематической точности, норму плавности и норму контакта, соответствующие различным степеням точности.

Необходимо уметь выполнять рабочие чертежи зубчатых колес.

При изучении червячных передач следует обратить 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. Назовите нормы, устанавливающие точность зубчатых колес.
10. Что определяет вид сопряжения зубчатых колес?
11. Учитывается ли точность зубчатых колес при выборе вида сопряжения?
12. Как устроены планетарные зубчатые передачи, каковы их достоинства?
13. Какая передача называется редуктором, мультипликатором?
14. Назовите достоинства и недостатки червячных передач по сравнению с цилиндрическими зубчатыми передачами.
15. Какой червяк называется архимедовым?

6.2. Фрикционные передачи

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

Методические указания

При изучении фрикционных передач найдите условие передачи движения. Обратите внимание на отличие во фрикционном механизме действительного передаточного отношения от теоретического вследствие наличия упруго-

го 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 во фрикционном механизме?
7. Поясните механизм геометрического скольжения, возникающего во фрикционном вариаторе.
8. От чего зависит величина геометрического скольжения?

6.3. Передачи гибкой связью

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

Методические указания

Из передач с гибкой связью особенно широкое 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, с трением и с 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?

6.4. Механизмы прерывистого движения

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

Методические указания

При рассмотрении классификации механизмов прерывистого и одностороннего движения следует обратить внимание на диапазоны скоростей, при

которых они применяются, и на причины, вызывающие ограничения области применения.

При рассмотрении мальтийских механизмов необходимо обратить 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?

6.5. 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 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.

6.6. 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?

6.7. Муфты

Назначение, классификация, конструкции муфт и их краткая характеристика.

Методические указания

При изучении муфт необходимо подразделить их на соединительные (глухие и компенсирующие) и управляемые. В рекомендуемых учебных пособиях нужно найти по одному примеру каждого типа муфт и уяснить себе их принцип действия.

Контрольные вопросы

1. Как можно классифицировать муфты по функциональным признакам?
2. Приведите примеры муфт каждого типа.
3. В каких случаях применяют фрикционные муфты?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ванторин В.Д. Механизмы приборных и вычислительных систем.- М.: Высш. шк., 1985.-415с.
2. Вopilкин Е.А. Расчет и конструирование механизмов приборов и систем.- М.: Высш. шк. 1980.-463с.
3. Иосилевич Г.В., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика.-М.: Машиностроение, 1975.-576с.
4. Красковский Е.Я., Дружинин Ю.В., Филатов Е.М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем.-М.: Высш. шк., 1991.-431с.
5. Прикладная механика /Под ред. В.М. Осецкого. – М.: Машиностроение, 1977.-398с.
6. Прикладная механика /Под ред. К.И.Заблонского. - Киев: Высш. шк., 1984.-279с.

Дополнительная

1. Вышинский Н.В. Техническая механика. Лаб. практикум. Мн.: Бестпринт, 2001.-116с.
2. Вышинский Н.В. Техническая механика. Курсовое проектирование. Мн.: Бестпринт, 2001.-164с.
3. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. Л.: Машиностроение, 1984.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высш. шк., 1985.
5. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1985.
6. Кинасошвили Р.С. Сопротивление материалов.- М.: Высш. шк., 1975.
7. Курсовое проектирование деталей машин./Под ред. В.Н.Кудрявцева, Л.: Машиностроение, 1984.-400с.
8. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М.: Высш. шк., 1985.
9. Степин П.А. Сопротивление материалов.-М.: Высш. шк., 1987.-366с.
10. Чернин И.М. и др. Расчеты деталей машин. -Мн.: Выш. шк.,1974.-592с.
11. Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование. Ч.1,2./Под ред.О.Ф.Тищенко.-М.: Высш. шк., 1978.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Студенты-заочники специальности “Техническое обеспечение безопасности” выполняют две контрольные работы. Контрольная работа №1 выполняется в 3-м семестре и состоит из трех задач. Контрольная работа №2 выполняется в 4-м семестре и содержит две задачи.

Каждая задача содержит десять типов схем и для каждой схемы десять вариантов численных значений параметров. Следует выбрать ту схему, номер которой соответствует последней цифре шифра студента, и тот вариант для расчета, который соответствует предпоследней цифре шифра.

Например, студент, имеющий шифр 302501-16, должен выбрать шестую схему и первый вариант расчета. Если последняя цифра шифра студента - ноль, то ему надо выбрать десятую схему. Если предпоследняя цифра - ноль, студент должен выполнять расчет 10-го варианта своего типа схемы.

Контрольные работы выполняют в тетради с полями, оставленными для замечаний рецензента.

Перед решением задачи надо выписать полностью ее условие с числовыми данными, составить эскиз (рисунок) и указать на нем все величины, используемые для расчета. Все необходимые вычисления сначала проделать в общем виде, обозначая все данные и искомые величины буквами, после чего вместо буквенных обозначений проставить числовые значения и найти результат. Расчеты должны быть выполнены в определенной последовательности, теоретически обоснованы и сопровождаются пояснительным текстом. Все расчеты должны производиться в единицах СИ.

Решение необходимо сопровождать краткими, последовательными и грамотными (без сокращения слов) объяснениями, а также чертежами, на которых даны числовые значения всех входящих в расчет величин.

На обложке тетради, в которой выполнена контрольная работа, должны быть четко написаны: номер контрольной работы, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета и специальности, учебный шифр, дата отсылки работы в университет на рецензирование, точный почтовый адрес отправителя.

Контрольные работы, оформленные небрежно и без соблюдения требований, не рассматриваются.

Контрольная работа №1

Задача 1

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

Схемы нагружения десяти типов даны на рис.1, схемы 1-10, а числовые данные для расчета приведены в табл.1.

Таблица 1

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	π/6	π/4	π/3	π/6	π/4	π/3	π/6	π/4	π/3	π/6

Рис. 1 см. приложение

Рис. 1 см. приложение

Задача 2

К стальному ступенчатому валу, имеющему сплошное поперечное сечение, приложены четыре момента (рис.2, схемы 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) определить диаметры d_1 и d_2 вала из расчета на прочность при заданном значении допускаемого напряжения на кручение; 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 $E = 2 \cdot 10^5$ МН/м².

Числовые данные для расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Варианты	Расстояния, м			Моменты, кН·м				[τ],
	a	b	c	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	МПа
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

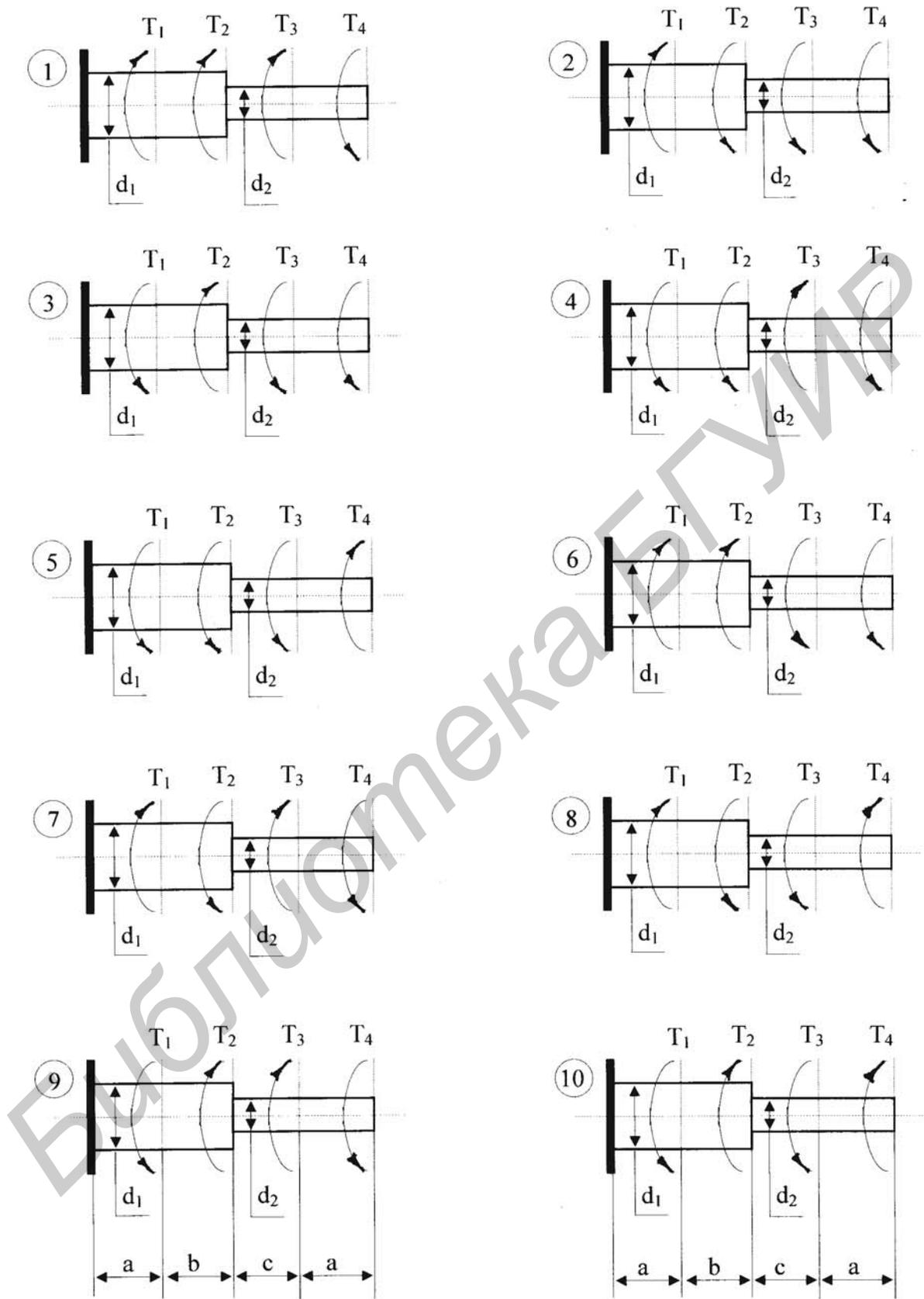


Рис. 2
Задача 3

Для заданной схемы балки (рис.3, схемы 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 табл. П. 1 приложения стальную балку двутаврового поперечного сечения при $[\sigma]=160$ МПа. Данные взять из табл.3

Таблица 3

Варианты	Данные величины						
	а, м	в, м	с, 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

Рис. 3. см. приложение

Рис. 3. см. приложение

Контрольная работа №2

Задача 4

На рис. 4, схемы 1-10 показаны схемы 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:

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

В таблицах заданных величин (табл. 4.1-4.10) 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. Для планетарной передачи ука-

зять характерные звенья - водило и сателлит. Разделить передачи на плоские и пространственные (с непараллельными осями вращения). Необходимо уяснить, когда направления вращения можно определять по алгебраическим знакам передаточного отношения, а когда для этого следует применять простановку стрелок на схеме. Очень важны показанные направления угловой скорости и углового ускорения - по ним определяют характер движения (ускоренное, замедленное).

Таблица 4.1

Рис. 4, схема 1

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
$\omega_1, \text{ рад/с}$	280	180	240	250	300	250	150	200	350	100
$\varepsilon_1, \text{ рад/с}^2$	50	60	180	125	75	50	100	50	40	20

Таблица 4.2

Рис. 4, схема 2

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
$\omega_1, \text{ рад/с}$	150	380	320	290	320	300	280	350	250	400
$\varepsilon_1, \text{ рад/с}^2$	75	285	160	100	80	100	210	70	50	200

Таблица 4.3

Рис. 4, схема 3

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
$\omega_1, \text{рад/с}$	320	190	220	180	200	240	300	260	340	280
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	80	95	165	200	50	180	200	130	285	210

Таблица 4.4

Рис. 4, схема 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
$\omega_1, \text{рад/с}$	300	260	120	280	225	100	350	150	300	200
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	150	65	200	120	50	50	200	1009	75	40

Таблица 4.5

Рис. 4, схема 5

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
$\omega_1, \text{рад/с}$	260	240	240	350	400	220	150	150	300	200
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	195	100	180	200	50	55	60	200	200	50

Таблица 4.6

Рис. 4, схема 6

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
$\omega_1, \text{рад/с}$	320	360	400	180	350	320	280	120	300	250
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	80	60	50	90	200	240	75	40	200	100

Таблица 4.7

Рис. 4. схема 7

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
$\omega_1, \text{рад/с}$	380	320	350	320	280	250	300	400	150	350
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	190	80	70	80	70	125	60	250	50	100

Таблица 4.8

Рис. 4, схема 8

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
$\omega_1, \text{рад/с}$	240	320	400	280	350	300	150	200	250	180
$\varepsilon_1, \text{рад/с}^2$	180	240	100	210	200	75	25	100	50	90

Таблица 4.9

Рис. 4, схема 9

В а р и а н т ы									
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Величина	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

Рис. 4, схема 10

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

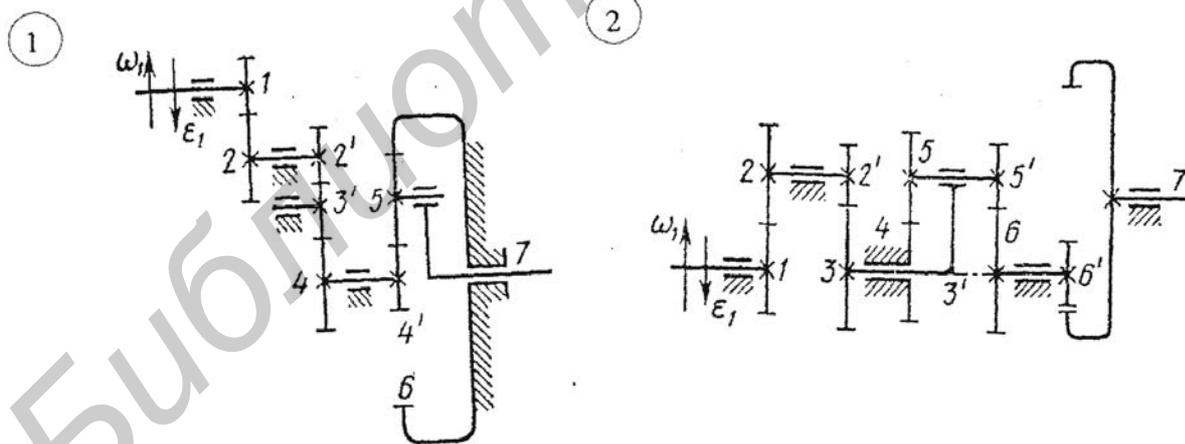
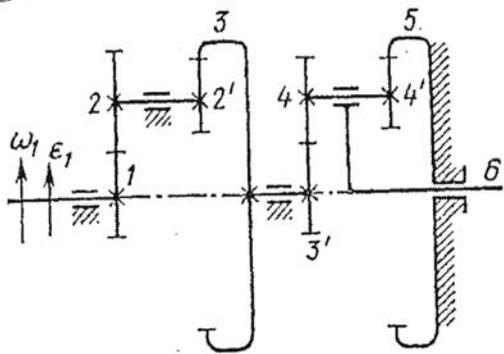
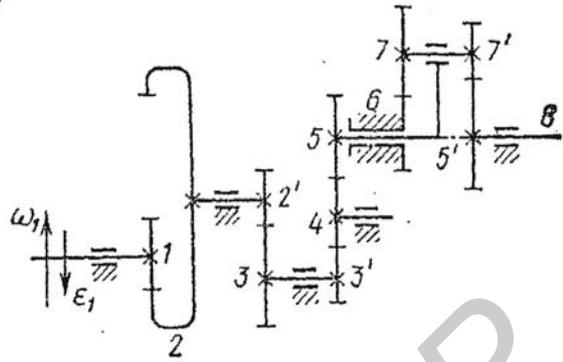


Рис.4.

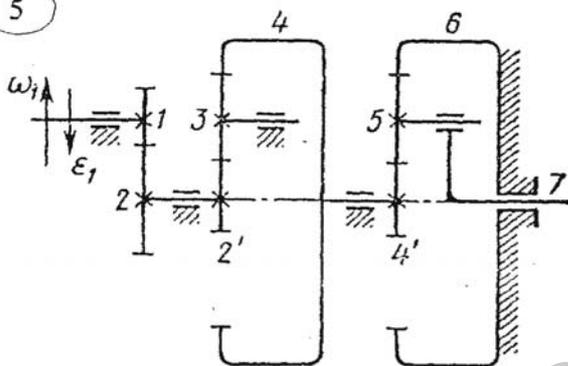
3



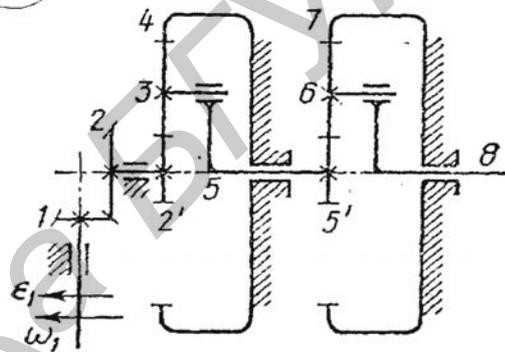
4



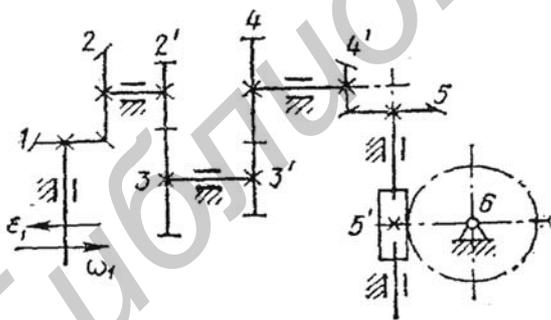
5



6



7



8

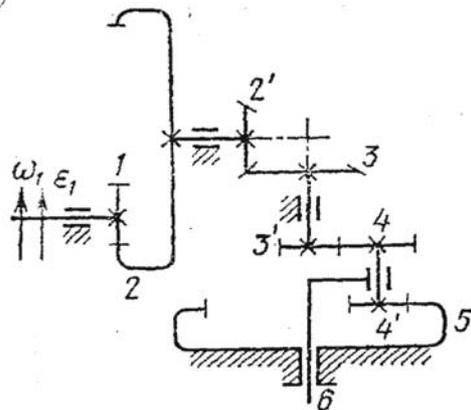


Рис. 4 (продолжение)

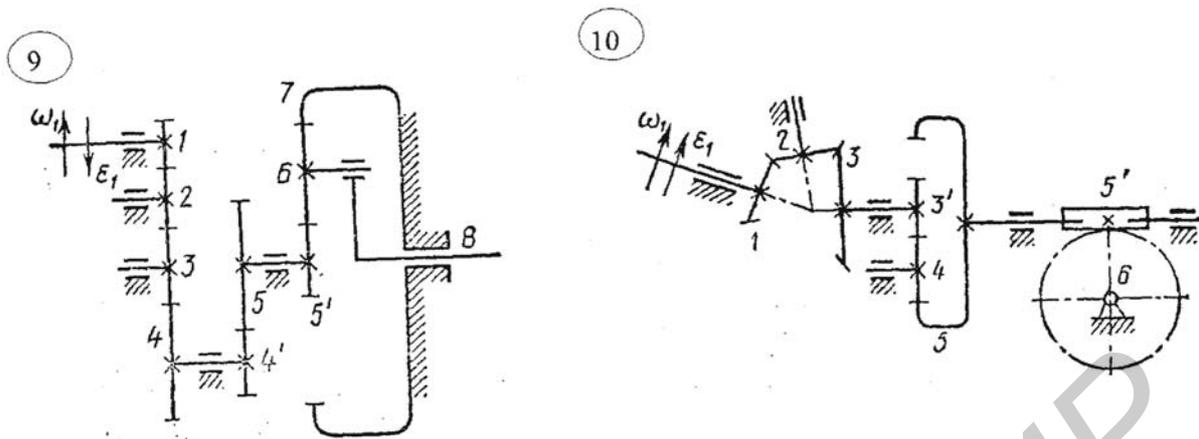


Рис.4 (окончание)

Задача 5

На рис. 5 показаны схемы различных соединений. В соответствии с шифром нужно рассчитать одно из них. Необходимые для расчета данные приведены в соответствующих таблицах. Допускаемые напряжения определяются студентом в зависимости от самостоятельно выбранного материала, вида сварки, размера резьбовых деталей и других параметров. Следует иметь в виду, что расчет резьбовых соединений должен заканчиваться подбором резьбы по ГОСТу. Основные размеры метрической резьбы можно найти в табл. П.2 приложения.

Схема 1. Проверить прочность сварных швов, соединяющих диск с зубчатым ободом и диск со ступицей (рис. 5, схема 1). Мощность P , передаваемая колесом, угловая скорость его ω , толщина швов K_1 и K_2 и размеры d_c , D_o , d заданы в табл. 5.1.

Материал диска - сталь Ст3, материал ступицы и обода - сталь.

Таблица 5.1

Рис. 5, схема 1

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
ω , рад/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d_c , мм	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
D_o , мм	450	475	500	525	550	575	600	625	700	750
d , мм	500	525	550	575	600	625	650	675	750	800
K_1 , мм	4	4	4	6	6	6	8	8	8	8
K_2 , мм	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10
Тип электрода	э34					э42				
Метод сварки	Р у ч н о й					Полуавтоматический				

Схема 2. Рассчитать болты, скрепляющие зубчатое колесо с барабаном лебедки (рис. 5, схема 2). Расчет вести в двух вариантах: а) болты поставлены с зазором; б) болты поставлены без зазора. Грузоподъемность лебедки F и диаметры D_1 и D_2 заданы в табл. 5.2.

Материал барабана - чугун, материал колеса - сталь 35. Выбрать число болтов самостоятельно.

Таблица 5.2

Рис. 5, схема 2

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
D_1 , мм	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450
D_2 , мм	400	400	450	450	500	500	550	550	600	600

Схема 3. Рассчитать сварное соединение, крепящее неподвижный блок монтажного устройства к плите (рис. 5, схема 3), по данным табл. 5.3.

Материал электрода, метод сварки и недостающие данные выбрать самостоятельно.

Таблица 5.3

Рис. 5, схема 3

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
a , мм	600	600	600	500	500	500	450	450	400	400
α , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$

Схема 4. Определить диаметр фундаментных болтов, крепящих стойку к бетонному основанию (рис. 5, схема 4). Коэффициент трения основания стойки о бетон $f=0,4$. Болты принять с метрической резьбой по ГОСТу. Данные для расчета приведены в табл. 5.4.

Недостающие данные выбрать самостоятельно.

Таблица 5.4

Рис 5, схема 4.

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F , кН	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
α , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$
a , мм	600	600	650	650	700	700	750	750	800	800
b , мм	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850

Схема 5. Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер шириной 160 см к стальной плите (рис. 5, схема 5). Материал электрода и метод сварки назначить самостоятельно. Данные для расчета приведены в табл. 5.5

Таблица 5.5

Рис 5, схема 5

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	28	26	24	22	20	18	16	14	14	10
l, мм	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500

Схема 6. Рассчитать винтовую стяжку (рис. 5, схема 6) с максимальным усилием на винте F по данным табл. 5.6. Определить также размеры рукоятки.

Материал винта, гайки и другие недостающие данные принять самостоятельно.

Таблица 5.6

Рис. 5, схема 6

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

Схема 7. Определить диаметр болтов фланцевого соединения верхней части автоклава с его корпусом (рис. 5, схема 7). Давление жидкости внутри автоклава по манометру p, внутренний диаметр верхней части автоклава D и количество болтов z заданы в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Рис. 5, схема 7

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p, МПа	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
D, мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
z	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

Схема 8. Определить диаметр нарезной части вала дисковой пилы, которая удерживается между двумя шайбами посредством сил трения, возникающих при затяжке гайки на конце вала (рис. 5, схема 8). Пила преодолевает сопротивление резанию - силу F. Данные для расчета приведены в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Рис. 5, схема 8

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, Н	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825
D, мм	700	700	650	650	600	600	550	550	500	500
D ₁ , мм	400	400	350	350	300	300	250	250	200	200

Схема 9. Рассчитать клеммовое болтовое соединение, обеспечивающее передачу крутящего момента с рычага в результате приложения на его конце силы F на вал диаметром D (рис. 5, схема 9), по данным табл. 5.9. Коэффициент трения f.

Таблица 5.9

Рис. 5, схема 9

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, мм	40	42	45	48	50	52	55	58	60	65
f	0,2	0,2	0,2	0,18	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2	0,2
F, Н	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
a, мм	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580

Схема 10. Определить диаметр резьбы стяжной шпильки станочного прихвата (рис. 5, схема 10) по данным табл. 5.10. Усилиям пружины пренебречь.

Таблица 5.10

Рис. 5, схема 10

Величина	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
a, мм	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
b, мм	115	115	120	120	130	130	140	140	150	150

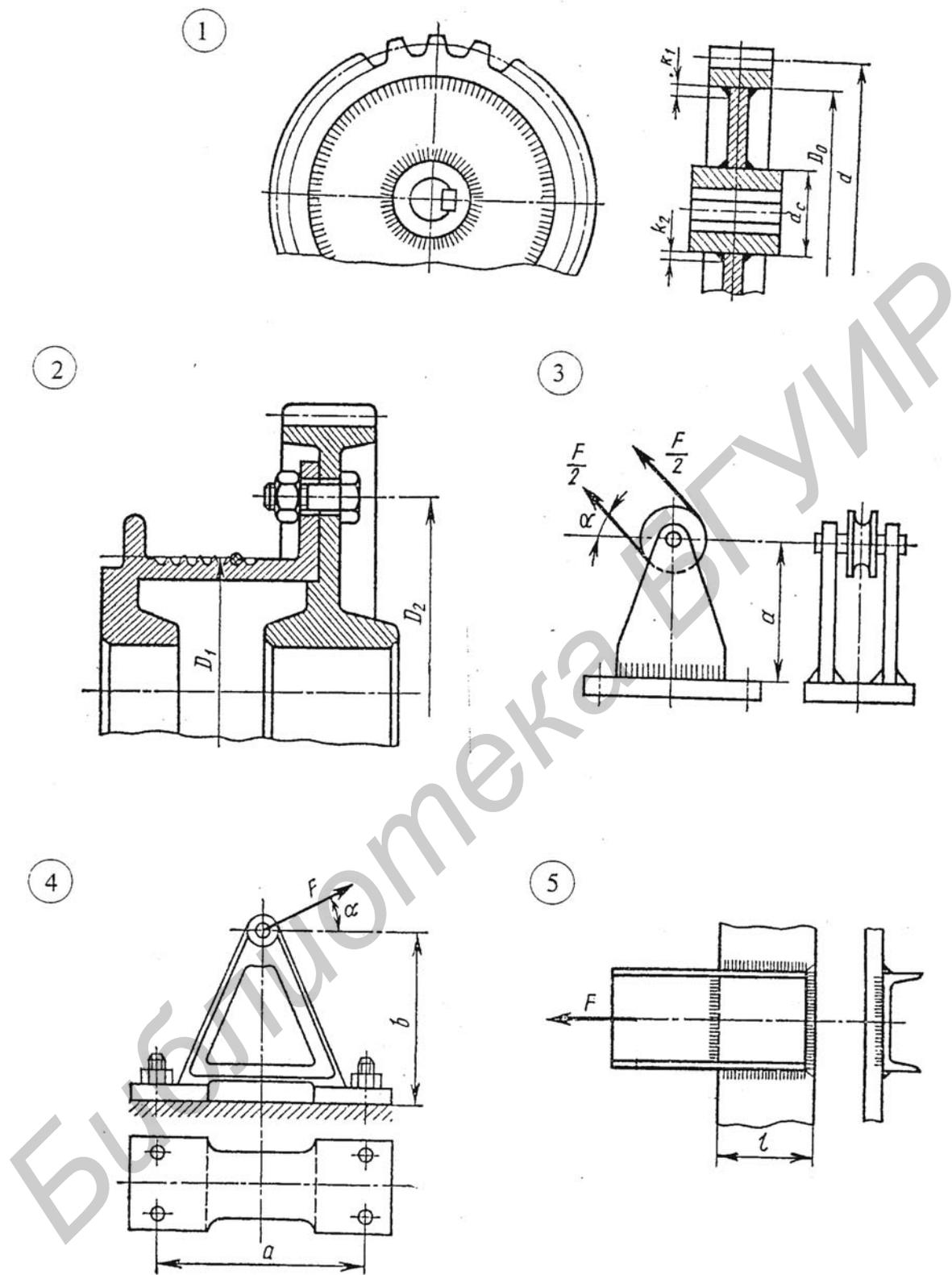
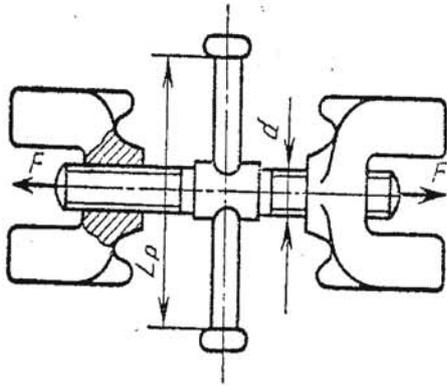
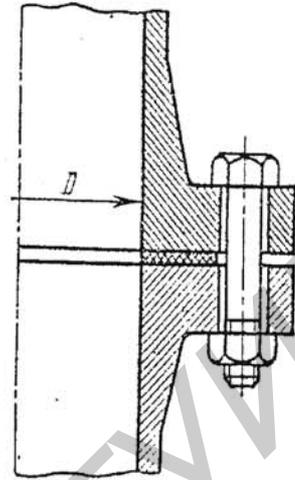


Рис. 5

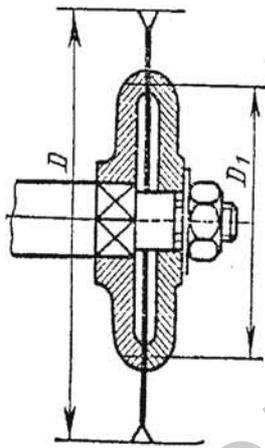
6



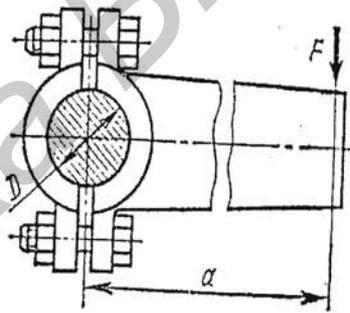
7



8



9



10

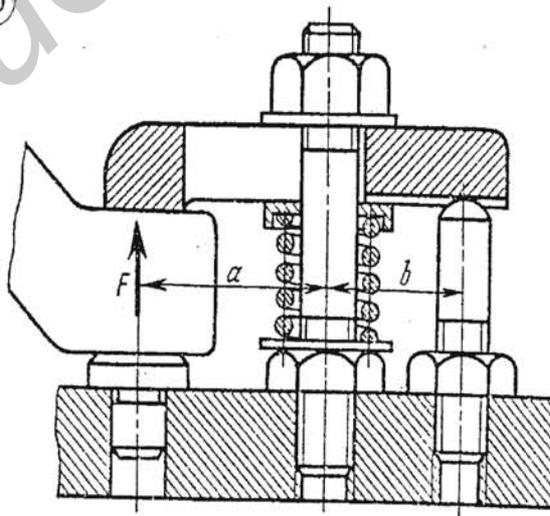


Рис. 5 (окончание)

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.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

Таблица П.2

Основные размеры метрической резьбы, мм

Внешний диаметр d	Средний диаметр d_2	Внутренний диаметр d_1	Шаг резьбы p
M6	5,350	4,91	1,0
M8	7,188	6,64	1,25
M10	9,026	8,38	1,5
M12	10,863	10,10	1,75
M14	12,701	11,83	2,0
M16	14,701	13,83	2,0
M18	16,380	15,29	2,5
M20	18,380	17,29	2,5
M22	20,380	19,29	2,5
M24	22,050	20,75	3,0
M27	25,050	23,75	3,0
M30	27,730	26,21	3,5

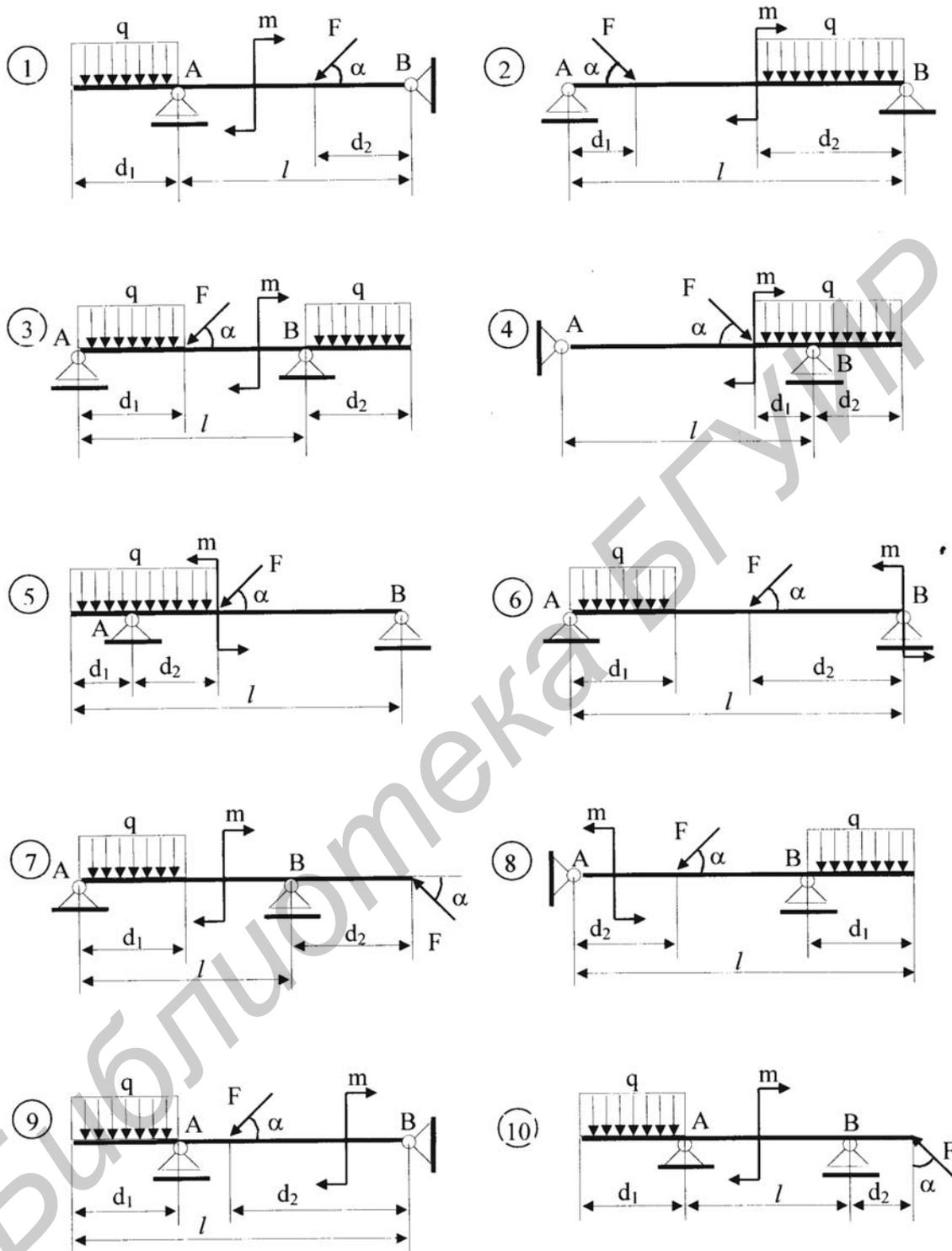


Рис. 1

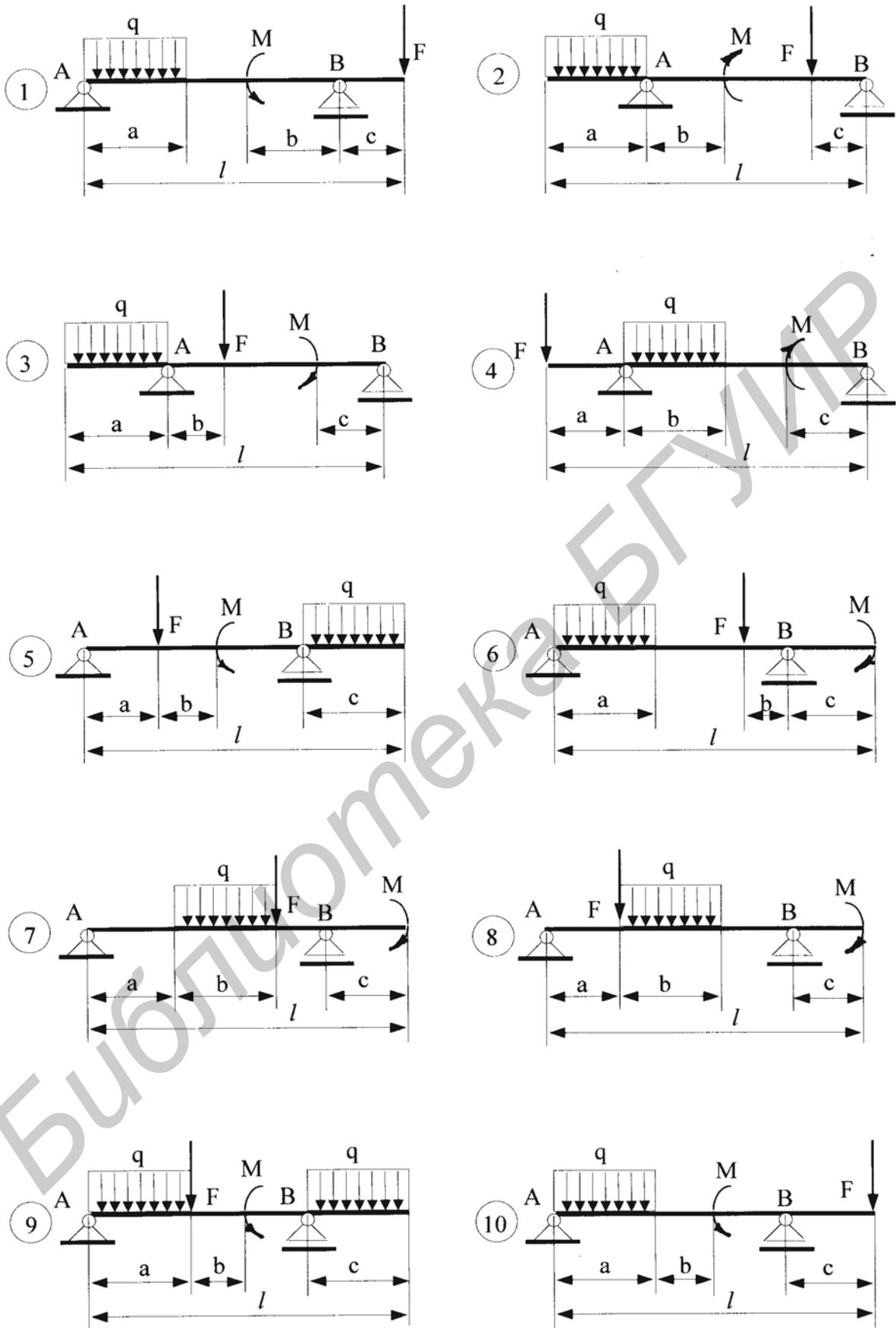


Рис. 3

ВВЕДЕНИЕ В ПРИКЛАДНУЮ МЕХАНИКУ

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

С о с т а в и т е л ь:
Вышинский Николай Владимирович

Редактор Т.Н. Крюкова
Компьютерная верстка В.М. Ничипорович

Подписано в

печать 15.06.2004. Формат 60 x 84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Печать ризографическая. Усл. печ. л. 2,67.
Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ 371.

Издатель и

полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П.Бровки, 6.