

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Старорусский политехнический колледж (филиал)

Учебно-методическая документация

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

ОП.03 Техническая механика

специальность

15.02.08 Технология машиностроения

Квалификация выпускника: техник

г. Старая Русса
2021

Рассмотрены и утверждены
Методическим советом колледжа
(Протокол № 2 от 06.09.2021г.)

Разработчик:

Чегодаева Ирина Борисовна, преподаватель первой квалификационной категории Федерального государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Старорусский политехнический колледж» (филиал) НовГУ

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр | |
|-----|---|----|
| 1 | Пояснительная записка | 4 |
| 1.1 | Перечень формируемых компетенций | 4 |
| 1.2 | Критерии оценки | 6 |
| 2 | Тематический план учебной дисциплины | 8 |
| 3 | Содержание самостоятельной работы | 18 |
| | Раздел 1 Теоретическая механика | 18 |
| | Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил | 18 |
| | Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил | 21 |
| | Тема 1.5 Пространственная система сил | 24 |
| | Тема 1.6 Центр тяжести | 26 |
| | Тема 1.8 Кинематика точки | 29 |
| | Тема 1.9 Простейшие движения твердого тела | 32 |
| | Тема 1. 11 Плоскопараллельное движение точки | 35 |
| | Тема 1.14 Метод кинетостатики | 38 |
| | Раздел 2 Соппротивление материалов | 41 |
| | Тема 2.2 Растяжение и сжатие | 41 |
| | Тема 2.4 Кручение | 45 |
| | Тема 2.5 Геометрические характеристики плоских сечений | 49 |
| | Тема 2.6 Изгиб | 52 |
| | Тема 2.7 Гипотезы прочности и их применение | 57 |
| | Раздел 3 Детали машин | 60 |
| | Тема 3.4 Зубчатые передачи | 63 |
| | Тема 3.6 Червячные передачи | 68 |
| | Тема 3.14 Заклепочные и штифтовые соединения. Сварные и клеевые соединения | 72 |
| | Тема 3.15 Соединения с натягом | 77 |
| | Тема 3.17 Шлицевые и шпоночные соединения | 81 |
| | Информационное обеспечение обучения | 84 |
| | Лист регистрации изменений | 87 |

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по практическим занятиям, являющиеся частью учебно-методического комплекса по дисциплине Техническая механика составлены в соответствии с:

- 1 Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности 15.02.08 Технология машиностроения;
- 2 Рабочей программой учебной дисциплины;

Методические рекомендации выполнены в объеме 24 практических занятий, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины в объеме 48 часов.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

уметь:

- производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- читать кинематические схемы;
- определять напряжения в конструкционных элементах;

знать:

- основы технической механики;
- виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
- методику расчетов элементов конструкций на прочность;
- жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
- основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения.

1.1 Перечень формируемых компетенций

Общие компетенции (ОК):

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК 1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК 1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

ПК 2.1. Участвовать в планировании и организации работы структурного подразделения.

ПК 2.2. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 2.3. Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности подразделения.

ПК 3.1. Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2. Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.

Методические рекомендации по проведению практических занятий содержат методические указания, непосредственно задания, контрольные вопросы, к каждому занятию предлагается список литературы. При проведении занятий студенты должны быть обеспечены указанной литературой согласно нормативам. Предложенные задания студенты выполняют индивидуально, в парах, в группах.

В зависимости от характера практических занятий (репродуктивный, частично-поисковый, поисковый) содержание занятий будет различным.

Работы, носящие репродуктивный характер, характеризуются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не задан порядок выполнения необходимых действий, от студентов требуется самостоятельный подход к решению задачи.

Работы выполняются в тетради и проверяются в ходе занятия.

1.2 Критерии оценки

Оценка «отлично» ставится студенту, если:

- работа выполнена аккуратно, без помарок, разборчивым почерком;
- задания выполнены правильно, оформлены аккуратно.

Оценка «хорошо» ставится студенту если:

- задания выполнены правильно, но имеются некоторые неточности.

Оценка «удовлетворительно» ставится если:

- не выполнено до конца одно из заданий,
- ответы не конкретные.

Оценка «неудовлетворительно» ставится если:

- допущены принципиальные ошибки;
- работа оформлена небрежно.

| Наименование разделов и тем | Содержание учебного материала, практические работы, самостоятельная работа обучающихся | Объем часов | Уровень освоения |
|--|--|-------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Введение | | | |
| Раздел 1 Теоретическая механика | | 84 | |
| Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики | Содержание учебного материала Основные задачи статики; аксиомы статики; свободное и несвободное тело; понятие связей; реакции идеальных связей и определение их направлений. | 4 | 2 |
| Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил | Содержание учебного материала Система сходящихся сил; определение модуля и направления равнодействующей двух сил; сложение плоской системы сходящихся сил; силовой многоугольник; проекция силы на ось; правило знаков; аналитическое определение плоской системы сходящихся сил; аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил. | 2 | 2 |
| | Практическое занятие Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил графическим и аналитическим методом | 2 | |
| | Самостоятельная работа обучающегося Решение задач на определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил | 4 | |
| Тема 1.3 Пара сил | Содержание учебного материала Пара сил; вращающее действие пары сил на тело; плечо пары сил; момент пары сил; знак момента; возможность переноса пары в плоскости ее действия; сложение пар | 2 | 2 |
| | Содержание учебного материала Вращающее действие силы на тело; момент силы; приведение плоской системы сил к данной точке; главный вектор и главный момент плоской системы сил; уравнения равновесия плоской системы сил, включая | 2 | 2 |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | систему параллельных сил; основные законы трения; коэффициент трения | | |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Определение опорных реакций балки, нагруженной плоской системой произвольно расположенных сил | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 4 | |
| | Решение задач на определение опорных реакций балки, нагруженной плоской системой произвольно расположенных сил | | |
| Тема 1.5 Пространственная система сил | Содержание учебного материала | 4 | |
| | Параллелепипед сил; равнодействующая пространственной системы сходящихся сил; момент силы относительно оси; понятие о главном векторе и главном моменте пространственной системы сил; уравнения равновесия пространственной системы сил | | 2 |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Определение опорных реакций пространственно нагруженного вала | | |
| Тема 1.6 Центр тяжести | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Центр параллельных сил и его свойства; формулы для определения координат центра параллельных сил; центр тяжести тела, его координаты; статический момент площади плоской фигуры; положение центра тяжести простых геометрических фигур; определение положения центра тяжести фигур и тел сложной формы | | 2 |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Определение центра тяжести тонкой однородной пластины сложной формы | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 4 | |
| | Решение задач на определение центра тяжести тонкой однородной пластины сложной формы | | |
| Тема 1.7 Основные понятия кинематики | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Основные понятия кинематики: путь, время, скорость, ускорение; некоторые определения теории механизмов и машин | | 2 |
| Тема 1.8 Кинематика точки | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Способы задания движения точки; уравнение движения точки по заданной криволинейной траектории; средняя | | 2 |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | <p>скорость и скорость в данный момент; ускорение полное, нормальное и касательное; виды движения точки в зависимости от ускорения.</p> <p>Практическое занятие</p> <p>Определение скорости и ускорения точки в прямолинейном и криволинейном движении</p> <p>Самостоятельная работа обучающегося</p> <p>Решение задач</p> | 2 | |
| | | 4 | |
| Тема 1.9 Простейшие движения твердого тела | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Поступательное движение твердого тела; вращательное движение тела вокруг неподвижной оси; уравнение вращательного движения; угловая скорость; частота вращения; угловое ускорение; скорость и ускорение точек вращающегося тела | | 2 |
| | Практическое занятие | 4 | |
| | Определение кинематических параметров поступательного и вращательного движений | | |
| Тема 1.10 Сложное движение точки | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Переносное, относительное и абсолютное движение точки; теорема о сложении скоростей | | 2 |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |
| | Решение задач на определение относительной и абсолютной скорости движения точки | | |
| Тема 1.11 Плоскопараллельное движение точки | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное; определение абсолютной скорости любой точки тела; определение мгновенного центра скоростей | | 2 |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Определение скорости тел и положения мгновенного центра скоростей | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |
| | Решение задач на определение положения мгновенного центра скоростей | | |
| Тема 1.12 Основные понятия и аксиомы | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Аксиомы динамики; принцип независимости действия сил; дифференциальные уравнения движения | | 2 |

| | | | |
|--|---|---|---|
| динамики | материальной точки; движение материальной точки, брошенной под углом к горизонту | 2 | |
| | Самостоятельная работа обучающегося Решение задач с использованием дифференциальных уравнений движения материальной точки | | |
| Тема 1.13 Трение | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Понятие о трении; трение скольжения; трение покоя; трение качения; трение на наклонной плоскости; устойчивость против опрокидывания; понятие о механическом коэффициенте полезного действия. | | 2 |
| Тема 1.14 Метод кинетостатики | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Понятие о силе инерции; силы инерции при прямолинейном и криволинейном движении; принцип Даламбера | | 2 |
| | Практическое занятие | 4 | |
| | Решение задач динамики с использованием принципа кинетостатики | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |
| Решение задач динамики с использованием принципа кинетостатики | | | |
| Тема 1.15 Работа и мощность | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Работа постоянной силы при прямолинейном движении; единицы работы; работа равнодействующей силы; понятие о работе переменной силы; работа силы тяжести; мощность; единицы мощности; работа постоянной силы, приложенной к вращающемуся телу | | 2 |
| | Самостоятельная работа обучающихся Решение задач динамики с применением формул для определения работы и мощности | 2 | |
| Тема 1.16 Теоремы динамики | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Импульс силы; количество движения; теорема об изменении количества движения; теорема об изменении кинетической энергии; закон сохранения механической энергии; уравнение поступательного движения твердого тела; уравнение вращательного движения твердого тела; кинетическая энергия твердого тела | | 2 |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |

| | | | |
|--|---|-----------|---|
| | Решение задач динамики с применением теорем динамики | | |
| Раздел 2 Сопротивление материалов | | 52 | |
| Тема 2.1 Основные положения | Содержание учебного материала Основные положения сопротивления материалов; постановка задачи изучения сопротивления материалов; классификация нагрузок; основные гипотезы и допущения сопротивления материалов; геометрические схемы элементов конструкции; метод сечений; полное, нормальное, касательное напряжение | 6 | 2 |
| Тема 2.2 Растяжение и сжатие | Содержание учебного материала Растяжение и сжатие; продольные силы и их эпюры; гипотеза плоских сечений; нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса; принцип Сен-Венана; деформации и перемещения; закон Гука; коэффициент Пуассона; жесткость и податливость; осевые перемещения поперечных сечений бруса; эпюры осевых перемещений бруса. Статические испытания на растяжение и сжатие; коэффициент запаса прочности; допускаемые напряжения; расчеты на прочность | 8 | 2 |
| | Практическое занятие Решение задач | 2 | |
| | Самостоятельная работа обучающегося Выполнение расчетного задания на построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений и удлинений стержней | 2 | |
| Тема 2.3 Расчеты на срез и смятие | Содержание учебного материала Расчеты на срез и смятие различных соединений; условия прочности | 2 | 2 |
| Тема 2.4 Кручение | Содержание учебного материала Кручение; чистый сдвиг; закон Гука для сдвига; крутящий момент; построение эпюр крутящего момента; расчеты на прочность и жесткость при кручении; расчет винтовых пружин. | 4 | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Решение задач | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |
| | Выполнение расчетного задания на построение эпюр крутящих моментов [1]. | | |
| Тема 2.5 Геометрические характеристики плоских сечений | Содержание учебного материала | 4 | |
| | Геометрические характеристики плоских сечений; осевые, центробежные и полярные моменты инерции; определение главных центральных моментов инерции составных сечений | | 2 |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Определение положения центра тяжести составного сечения | | |
| Тема 2.6 Изгиб | Содержание учебного материала | 4 | |
| | Основные понятия и определения; изгиб прямой и кривой; внутренние силовые факторы при прямом изгибе; дифференциальная зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки; построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса; нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса при чистом изгибе; расчеты на прочность при изгибе. Понятие о касательных напряжениях при прямом поперечном изгибе; линейные и угловые перемещения; расчеты балок на жесткость | | 2 |
| | Практическое занятие | 4 | |
| | Решение задач на определение прочности и жесткости балок при изгибе | | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 2 | |
| | Выполнение расчетного задания на построение эпюр изгибающих моментов | | |
| Тема 2.7 Гипотезы прочности и их применение | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Обобщенное понятие о напряженном состоянии в точке упругого тела; напряженное состояние в точках бруса в общем случае его нагружения. Назначение гипотезы прочности; эквивалентные напряжения; гипотеза наибольших касательных напряжений; гипотеза Мора; гипотеза удельной потенциальной энергии | | 2 |

| | | | |
|--|---|----|---|
| | изменения формы; область применения; методика расчета бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением | | |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Расчет бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением | | |
| Тема 2.8 Расчеты на усталость | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Возникновение переменных напряжений; циклы напряжений; амплитуда цикла; коэффициент асимметрии цикла; усталостное разрушение; предел выносливости; зависимость предела выносливости от различных факторов; расчеты на усталость при одноосном и плоском напряженном состоянии и при чистом сдвиге | | 2 |
| Тема 2.9 Устойчивость сжатых стержней | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Расчет на устойчивость сжатых стержней по формуле Эйлера и по эмпирическим формулам | | 2 |
| Раздел 3 Детали машин | | 46 | |
| Тема 3.1 Основы расчета деталей машин. Критерии работоспособности деталей машин | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Требования к машинам и деталям; определение и классификация механизмов, узлов, и деталей; надежность машин; усталость материалов деталей машин; предел выносливости материалов; местные напряжения в деталях машин; коэффициенты запаса прочности; контактная прочность деталей машин. Критерии работоспособности и расчета деталей машин; прочность; жесткость; износостойкость; теплостойкость; виброустойчивость; проекторочный и проверочный расчеты. | | 2 |
| Тема 3.2 Общие сведения о передачах | Содержание учебного материала | 2 | |
| | Назначение передач и их классификация; основные кинематические и силовые зависимости в передачах; определение требуемой мощности электродвигателя | | 2 |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Чтение кинематических схем | | |
| Тема 3.3 | Содержание учебного материала | 2 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Фрикционные передачи | Общие сведения; классификация передач; материалы катков; цилиндрическая фрикционная передача; геометрический расчет передач; расчет фрикционной передачи на контактную прочность и условный расчет на износостойкость; вариаторы; разновидности вариаторов | | |
| Тема 3.4 Зубчатые передачи | Содержание учебного материала | 2 | 2 |
| | Характеристика, применение, классификация зубчатых передач; основы теории зубчатого зацепления; эвольвентное зацепление; зацепление колеса с рейкой; изготовление зубчатых колес; расчет зубчатых передач на прочность; материалы колес и допускаемые напряжения | | |
| | Практическое занятие Расчет косозубой цилиндрической передачи | 6 | |
| Тема 3.5 Передача винт-гайка | Содержание учебного материала | 2 | 2 |
| | Характеристика, применение, достоинства и недостатки передач винт-гайка; передачи с трением скольжения и трением качения; КПД и передаточное число передачи; расчет передачи на износостойкость и прочность; конструирование передач винт-гайка | | |
| Тема 3.6 Червячные передачи | Содержание учебного материала | 2 | 2 |
| | Классификация червячных передач; нарезание червяков и червячных колес; основные геометрические соотношения в червячной передаче; скорость скольжения в передаче; передаточное число; силы в зацеплении; материалы червячной пары; виды разрушения зубьев червячных колес; допускаемые напряжения для материалов венцов червячных колес; расчет на прочность червячных передач; КПД червячных передач; | | |
| | Практическое занятие Расчет червячной передачи | 2 | |
| Тема 3.7 Редукторы | Содержание учебного материала | 2 | 2 |
| | Назначение редукторов; классификация редукторов; зубчатые редукторы; червячные редукторы; корпуса редукторов; смазывание передач редукторов | | |
| Тема 3.8 | Содержание учебного материала | 2 | |

| | | | |
|--|--|---|---|
| Ременные передачи | Классификация ременных передач, достоинства и недостатки, область применения; основные геометрические соотношения ременных передач; силы в передаче; скольжение ремня; передаточное число; напряжения в ремне; тяговая способность ременных передач; натяжение ремней; КПД ременной передачи; Плоскоременные и клиноременные передачи. | | |
| Тема 3.9 Цепные передачи | Содержание учебного материала Приводные цепи; передаточное число цепной передачи; звездочки; основные геометрические соотношения в цепной передаче; КПД цепной передачи; расчет передачи роликовой (втулочной) цепью; натяжение и смазывание цепи | 2 | |
| Тема 3.10 Валы и оси | Содержание учебного материала Назначение и классификация конструкция материалы валов и осей; проектный и проверочный расчет валов и осей; конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости | 2 | 2 |
| Тема 3.11 Подшипники скольжения | Содержание учебного материала Конструкции подшипников скольжения, достоинства, недостатки, область применения; виды смазки; материалы вкладышей; смазочные материалы; виды разрушения вкладышей; расчет подшипников скольжения; подвод смазочного материала; КПД подшипников скольжения | 2 | 2 |
| Тема 3.12 Подшипники качения | Содержание учебного материала Достоинства и недостатки подшипников качения; классификация и маркировка подшипников качения; основные типы подшипников качения и их материалы; расчет подшипников качения на долговечность; особенности конструирования подшипниковых узлов; смазывание подшипников качения; КПД; уплотнительные устройства | 2 | 2 |
| Тема 3.13 Муфты | Содержание учебного материала Классификация муфт; глухие муфты; жесткие компенсирующие муфты; сцепные | 2 | 2 |

| | | | |
|--|--|------------|---|
| | муфты; самоуправляемые муфты | | |
| Тема 3.14 Заклепочные и штифтовые соединения Сварные и клеевые соединения | Практическое занятие | 2 | |
| | Расчет соединений | | |
| Тема 3.15 Соединения с натягом | Содержание учебного материала | 2 | 2 |
| | Цилиндрические соединения с натягом; достоинства и недостатки; расчет на прочность соединений с натягом; конструирование соединений с натягом | | |
| | Практическое занятие | 2 | |
| | Расчет соединений с натягом | | |
| Тема 3.16 Резьбовые соединения | Содержание учебного материала | 1 | 2 |
| | Классификация резьб; достоинства и недостатки резьбовых соединений; геометрические параметры резьбы; основные типы резьб; силовые соотношения в винтовой паре; расчет резьбовых соединений на прочность | | |
| Тема 3.17 Шпоночные и шлицевые соединения | Содержание учебного материала | 1 | |
| | Разновидности шпоночных соединений; достоинства и недостатки шпоночных соединений; расчет шпоночных соединений; конструирование шпоночных соединений. Разновидности шлицевых соединений; достоинства и недостатки шлицевых соединений; расчет шлицевых соединений; конструирование шлицевых соединений | | |
| | Практическое занятие | 2 | |
| Расчет шпоночных и шлицевых соединений | | | |
| Курсовое проектирование | Расчет и конструирование привода механизма | 6 | |
| | Самостоятельная работа обучающегося | 6 | |
| | Выполнение расчетов и чертежей | | |
| Всего: | | 194 | |

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

Практическое занятие 1. Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил графическим и аналитическим методом

Цель:

- формировать умения определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом.

Студент должен:

уметь:

- определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси;

знать:

- способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие;
- геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы;
- условия равновесия плоской системы сходящихся сил.

Методические указания

При решении задач геометрическим (графическим) способом необходимо придерживаться следующего порядка:

- 1 Выделить тело (или точку), равновесие которого следует рассмотреть.
- 2 Изобразить все активные (заданные) силы, действующие на выделенное тело.
- 3 Освободить это тело от наложенных на него связей, заменив их действие реакциями связей.

- 4 Построить замкнутый силовой многоугольник (или треугольник — если действуют три силы). При этом следует сначала сложить все заданные, а затем достроить неизвестные силы.
- 5 Решить силовой многоугольник (по известным элементам определить неизвестные) или, если силовой многоугольник построен в масштабе, определить искомые силы по масштабу.

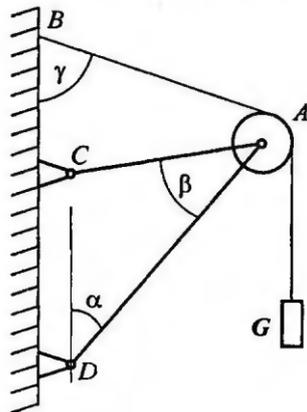
При решении задач аналитическим способом рекомендуется придерживаться следующего порядка:

- 1 Выделить тело (или точку), равновесие которого следует рассмотреть.
- 2 Изобразить активные (заданные) силы, действующие на выделенное тело.
- 3 Освободить тело от наложенных на него связей, заменив их действие реакциями связей.
- 4 Выбрать систему координат. Координатные оси следует по возможности направлять по неизвестным силам, тогда проекция неизвестной силы на перпендикулярную ей ось окажется равной нулю. Благодаря этому в уравнение равновесия войдет только одно неизвестное.
- 5 Составить уравнения равновесия плоской системы сил: $\sum X = 0$, $\sum Y = 0$. При проектировании силы на ось модуль силы следует умножать на косинус острого угла независимо от того, с каким направлением оси (положительным или отрицательным) он образован. Проекция соответственно положительна или отрицательна.
- 6 Решить уравнения равновесия относительно искомых величин.
- 7 Преимущества аналитического способа проекций перед геометрическим способом силового многоугольника особенно заметны в задачах на равновесие системы более трех сил. Действительно, решение силового четырех-, пяти- и n-угольника представляет известные трудности, в то время как решение методом проекций не усложняется при увеличении числа проекций.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1. Грузы подвешены на стержнях и канатах (рис. 1.1) и находятся в равновесии. Определить реакции стержней АС и АД.



| Параметр | Вариант | | | | |
|-----------------|---------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| G , кН | 40 | 35 | 48 | 60 | 75 |
| α , град | 60 | 45 | 75 | 60 | 45 |
| β , град | 15 | 30 | 30 | 15 | 45 |
| γ , град | 60 | 45 | 60 | 75 | 75 |

Рис.1.1 - Схема к заданию 1.

Задание 2. Записать систему уравнений для точки В (рис. 1.2).

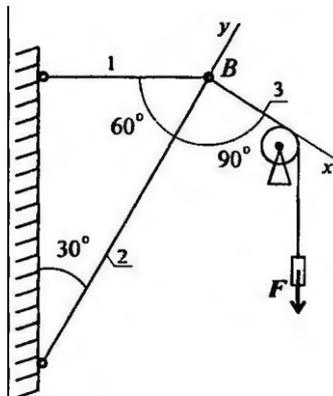


Рисунок 1.2- Схема к заданию 2

Контрольные вопросы

- По изображенным многоугольникам сил (рис.1.3) решите, сколько сил входит в каждую систему и какая из них уравновешена. (Обратите внимание на направление векторов)

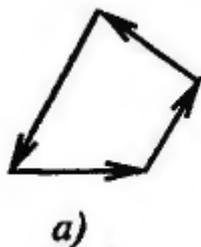


Рис.1.3

2 Из представленных силовых треугольников выберите треугольник, построенный для точки А.

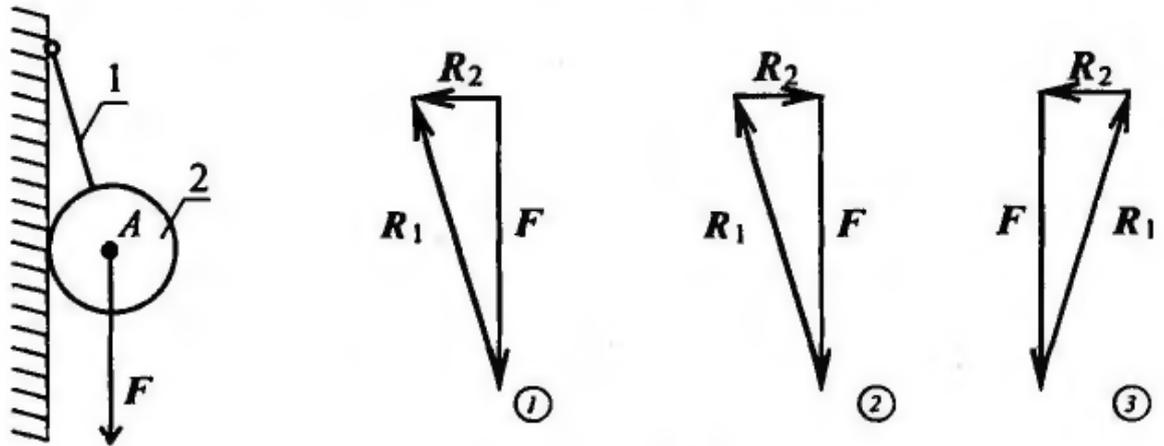


Рис. 1.4

Шар подвешен на нити и находится в равновесии.

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил

Практическое занятие 2 Определение опорных реакций балки, нагруженной плоской системой произвольно расположенных сил

Цель:

- формировать умения определять неизвестные опорные реакции балок .

Студент должен:

уметь:

- определять равнодействующую системы произвольно расположенных сил, решать задачи на определение опорных реакций;

знать:

- теорему Пуансо о приведении силы к точке;

- приведение произвольной плоской системы сил к точке, определение величины главного вектора и главного момента системы;
- условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.

Методические указания

Произвольную плоскую систему сил можно заменить одной) силой — главным вектором и одной парой сил, момент которой называется главным моментом.

Замену любой плоской системы сил главным вектором и главным моментом необходимо рассматривать как предварительную операцию перед определением равнодействующей силы или равнодействующего момента (пары сил), если система не имеет равнодействующей.

Главный вектор по модулю и направлению соответствует геометрической сумме всех данных сил и приложен в произвольно выбранной точке в центре приведения. Главный момент равен алгебраической сумме моментов всех данных сил относительно точки, в которой приложен главный вектор.

Задачу определения главного вектора и главного момента можно решать как графическим методом, так и аналитическим. Графический метод здесь не рассматривается, а аналитически решение задачи выполняется так:

1) модуль главного вектора : $F_{gl} = \sqrt{F_{glx}^2 + F_{gly}^2}$,

где проекция на главную ось x: $F_{glx} = \sum F_{kx}$

и проекция главного вектора на ось y: $F_{gly} = \sum F_{ky}$

2) направление главного вектора, т. е. углы, образуемые F_{gl} с осями координат, можно определить при помощи тригонометрических соотношений.

3) знак и числовое значение главного момента определяются по формуле

$$M_{gl} = \sum M_o(\vec{F}_k),$$

где $M_o(\vec{F}_k)$ —моменты последовательно всех сил относительно одной и той же точки - точки, выбранной для приложения главного вектора - центра приведения.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1 Определить реакции в заделке (рис.1.5)

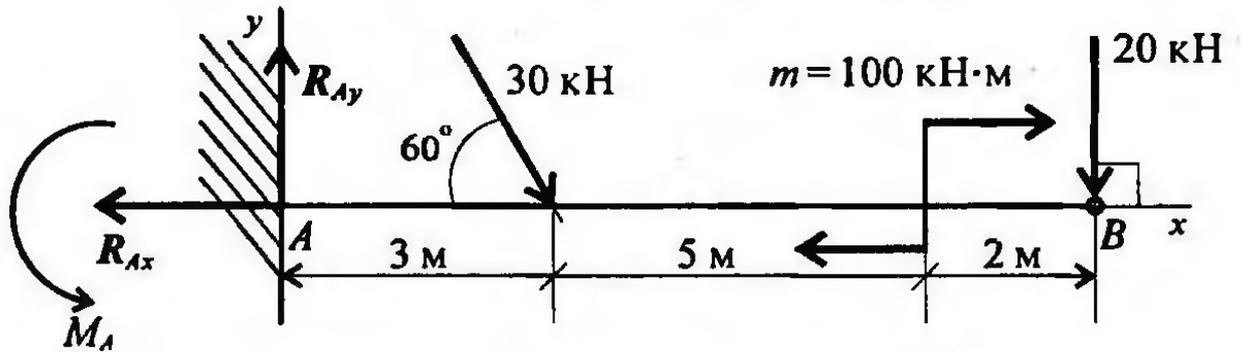


Рис.1.5 – Схема к заданию 1

Задание 2 Для балки на рисунке 1.6 определить реакции опор А и В.

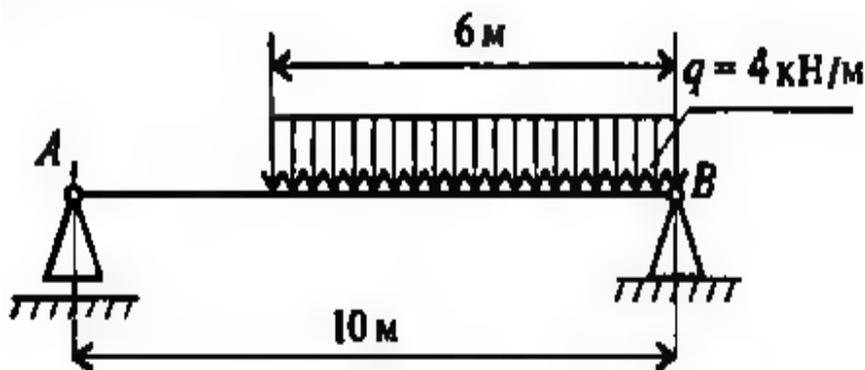


Рис.1.6 – Схема к заданию 2

Контрольные вопросы

- 1 Чему равен главный вектор системы сил?
- 2 Чему равен главный момент системы сил при приведении ее к точке?
- 3 Чем отличается главный вектор от равнодействующей плоской системы произвольно расположенных сил?
- 4 Тело движется равномерно и прямолинейно (равновесие). Чему равны главный вектор и главный момент системы?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и

тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.5 Пространственная система сил

Практическое занятие 3 Определение опорных реакций

пространственно нагруженного вала

Цель:

- формировать умения определять неизвестные опорные реакции пространственно нагруженного вала.

Студент должен:

уметь:

- определять равнодействующую системы произвольно расположенных сил, решать задачи на определение опорных реакций;

знать:

- условия равновесия пространственной системы сил;
- разложение силы на три взаимно перпендикулярные оси;
- момент силы относительно оси.

Методические указания

Произвольная пространственная система сил приводится к главному вектору и главному моменту. Главный вектор принято раскладывать на три составляющих, параллельных осям координат. Обычно суммарный момент раскладывают на составляющие три момента относительно осей координат.

Абсолютное значение главного вектора равно:

$$F_{\text{гл}} = \sqrt{F_{\text{гл}x}^2 + F_{\text{гл}y}^2 + F_{\text{гл}z}^2}$$

Абсолютное значение главного момента определяется по формуле:

$$M_{\text{гл}} = \sqrt{M_{\text{гл}x}^2 + M_{\text{гл}y}^2 + M_{\text{гл}z}^2}$$

Момент силы относительно оси равен моменту проекции силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. Момент считаем положительным, если сила разворачивает тело по часовой стрелке.

Условия равновесия пространственной системы сил.

При равновесии $M_{гл}=0, F_{гл}=0$

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1. Определите главный вектор и главный момент пространственной системы сил (рис.1.7).

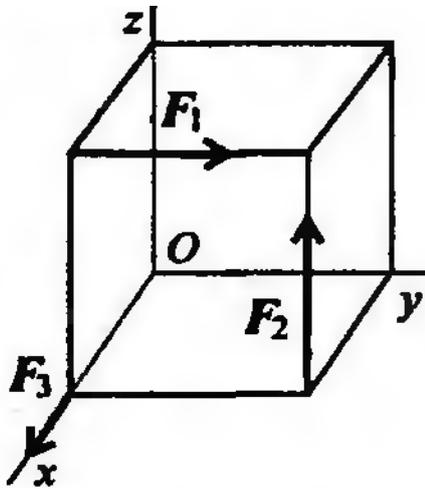


Рис.1.7 – Схема к заданию 1

Задание 2. Определите опорные реакции пространственно нагруженного вала (рис.1.8).

$F_1=48 \text{ кН}$, $F_2=96 \text{ кН}$, $F_3=15 \text{ кН}$

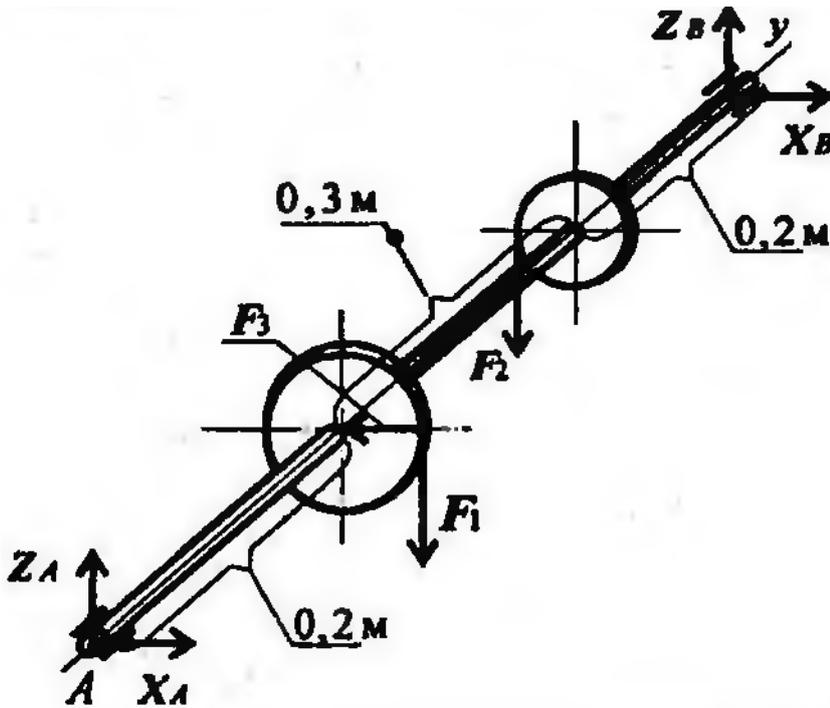


Рис.1.8 – Схема к заданию 2

Контрольные вопросы

- 1 Чему равен главный вектор пространственной системы сходящихся сил?
- 2 Чему равен главный момент пространственной системы сил?
- 3 Запишите систему уравнений равновесия пространственной системы сил.

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.6 Центр тяжести

Практическое занятие 4. Определение центра тяжести тонкой однородной пластины сложной формы -2 часа

Цель:

- формировать умения определять положение центра тяжести сечения.

Студент должен:

уметь:

- определять положение центра тяжести плоской однородной пластины;

знать:

- формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур;
- определение положения центра тяжести простых геометрических фигур.

Методические указания

Определение координат центра тяжести простейших сечений приведено на рис. 1.9.

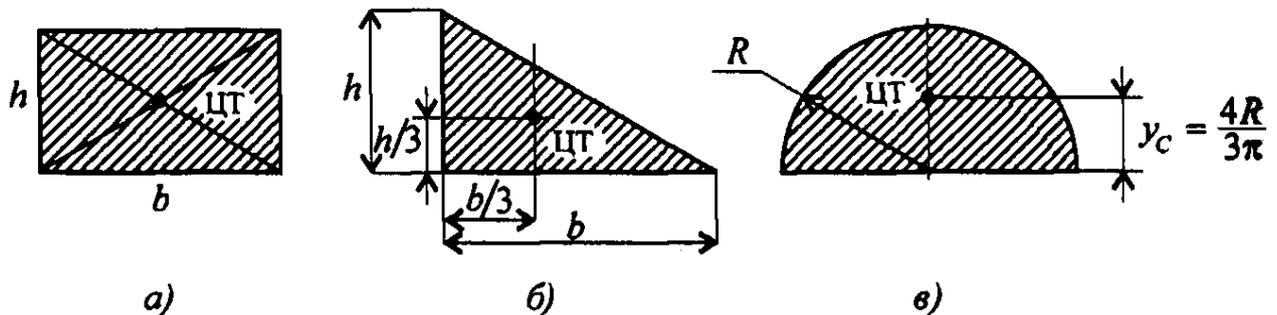


Рис.1.9 Центры тяжести простейших сечений

Методы расчета:

- 1 Метод симметрии
- 2 Метод разбиения на простые части
- 3 Метод отрицательных масс

Координаты центров тяжести сложных и составных сечений определяются по формулам:

$$x_C = \frac{\sum_0^n A_k x_k}{A}; \quad y_C = \frac{\sum_0^n A_k y_k}{A},$$

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1

Определить положение центра тяжести сечения (рис.1.10)

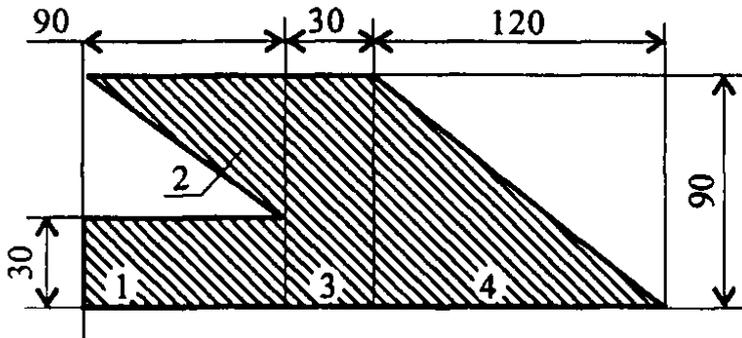


Рис. 1.10 Схема к заданию 1

Задание 2

Определить положение центра тяжести сечения (рис.1.11)

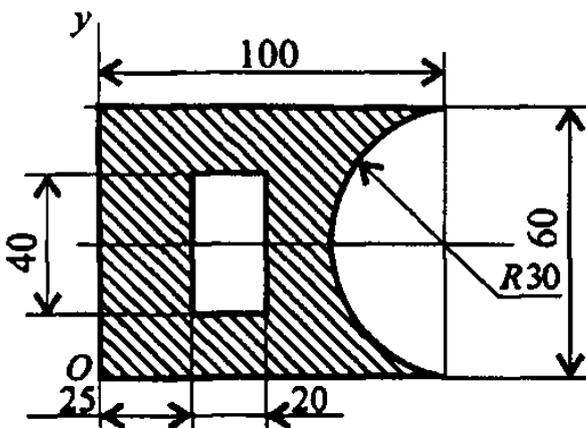


Рис. 1.11 Схема к заданию 2

Контрольные вопросы

- 1 Запишите формулы для определения положения центра тяжести плоских сечений.
- 2 Что называют статическим моментом площади?
- 3 Определите координаты центра тяжести заштрихованной фигуры (рис.1.12). Размеры даны в миллиметрах.

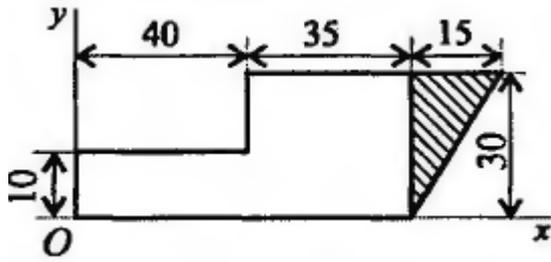


Рис.1.12

- 4 Определите координату y фигуры 1 составного сечения (рис.1.13).

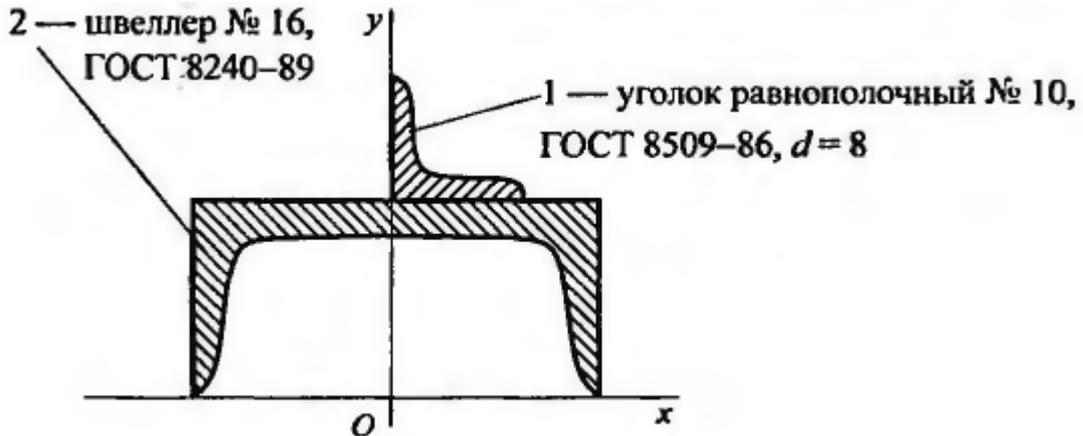


Рис.1.13

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.8 Кинематика точки

Практическое занятие 5. Определение скорости и ускорения точки в прямолинейном и криволинейном движении -2 часа.

Цель:

- углубление, закрепление знаний о методах определения кинематических параметров движения точки;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- способы задания движения точки;
- обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения;

уметь:

- решать задачи на определение кинематических параметров движения;

Методические указания

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения точки.

Закон равномерного движения: $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$.

Здесь S_0 — путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 — начальная скорость движения, м/с;

a_t — постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость: $v = S'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$.

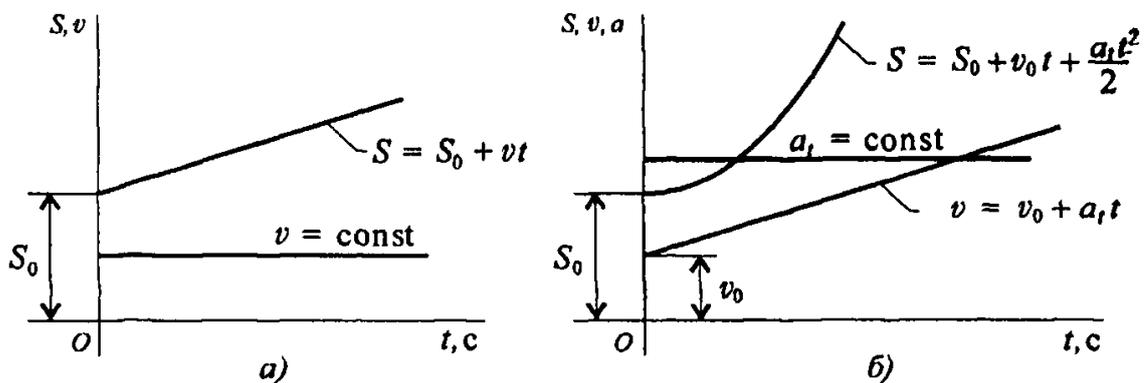


Рис.1.14 Кинематические графики поступательного движения

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1. По заданному уравнению движения точки $S=25+1,5t+6t^2$ определите вид движения и без расчетов, используя законы движения точки, ответьте, чему равны начальная скорость и ускорение.

Задание 2. По заданному уравнению движения точки $S=22t-4t^2$ постройте графики скорости и касательного ускорения.

Задание 3 Точка движется по дуге окружности. Охарактеризуйте движение точки.

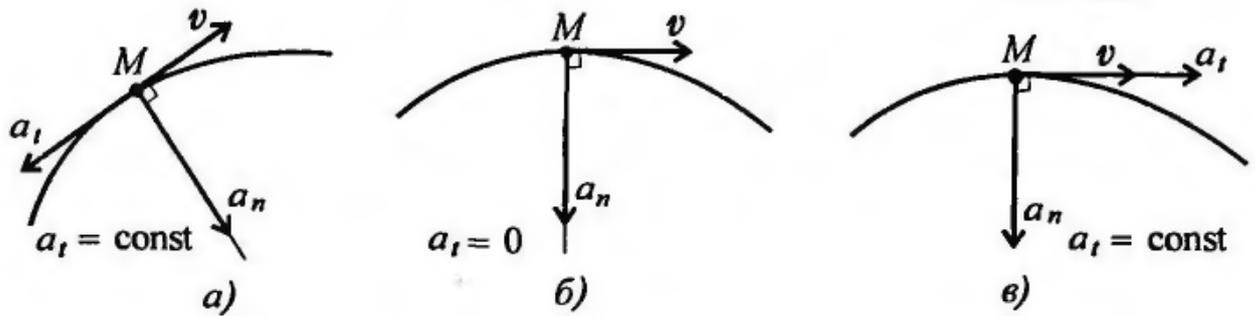


Рис.1.15

Контрольные вопросы

- 1 Запишите в общем виде закон движения в естественной и координатной форме.
- 2 Что называют траекторией движения?
- 3 Как определяется скорость движения точки при естественном способе задания движения?
- 4 Запишите формулы для определения касательного, нормального и полного ускорений.
- 5 Что характеризует касательное ускорение и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
- 6 Что характеризует и как направлено нормальное ускорение?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.9 Простейшие движения твердого тела

Практическое занятие 6-7 Определение кинематических параметров поступательного и вращательного движений – 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о методах определения кинематических параметров движения тел;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- виды движений;
- формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений тела;
- обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения.

уметь:

- решать задачи на определение кинематических параметров движения;

Методические указания

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения тела

Закон равномерного движения: $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $S = S_0 + v_0t + \frac{a_t t^2}{2}$.

Здесь S_0 — путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 — начальная скорость движения, м/с;

a_t — постоянное касательное ускорение, м/с²

Скорость: $v = S'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$.

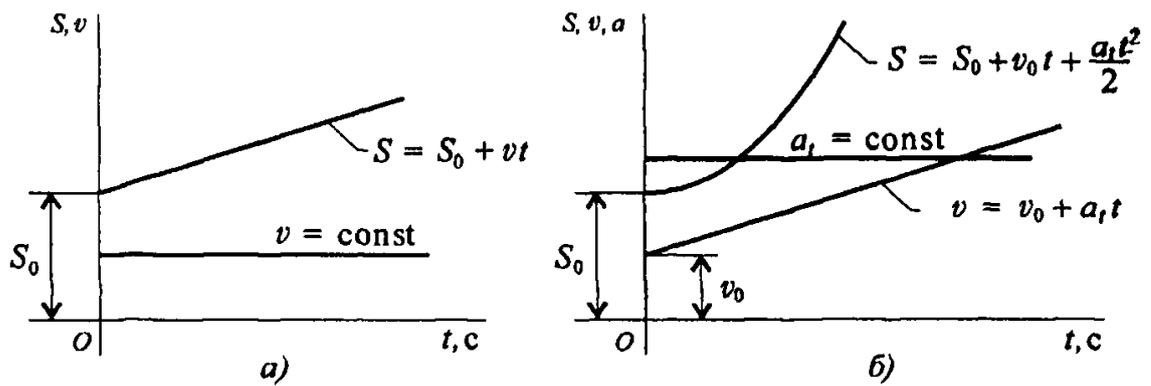


Рис.1.16 Кинематические графики поступательного движения

Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения тела

Точки тела движутся по окружностям вокруг неподвижной оси (оси вращения).

Закон равномерного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

Закон равнопеременного вращательного движения:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

Закон неравномерного вращательного движения: $\varphi = f(t^3)$.

Здесь φ — угол поворота тела за время t , рад;

ω — угловая скорость, рад/с;

φ_0 — угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

ω_0 — начальная угловая скорость;

ε — угловое ускорение, рад/с²;

Угловая скорость: $\omega = \varphi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$;

Угловое ускорение: $\varepsilon = \omega'$.

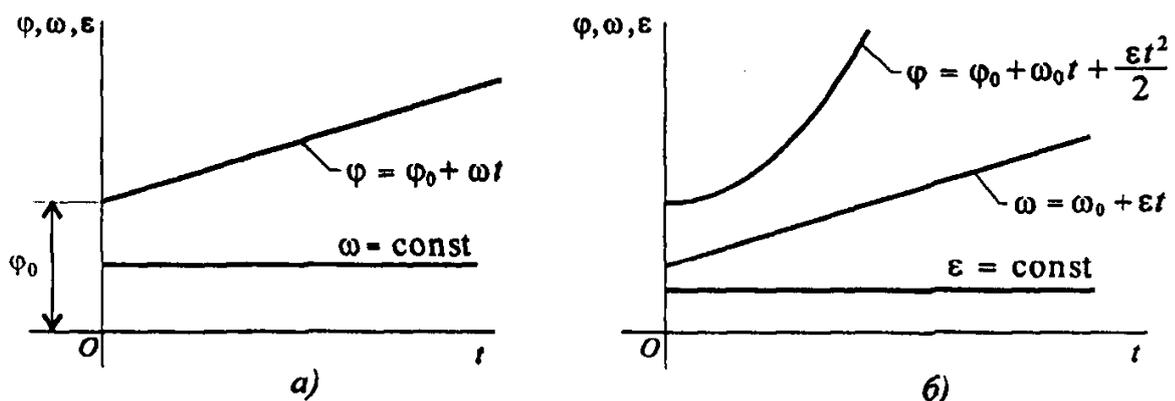


Рис.1.17 - Кинематические графики вращательного движения

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради.
- 2 Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1. По заданному уравнению движения точки $S=25+1,5t+6t^2$ определите вид движения и без расчетов, используя законы движения точки, ответьте, чему равны начальная скорость и ускорение.

Задание 2. По заданному уравнению движения точки $S=22t-4t^2$ постройте графики скорости и касательного ускорения.

Задание 3 Точка движется по дуге окружности. Охарактеризуйте движение точки.

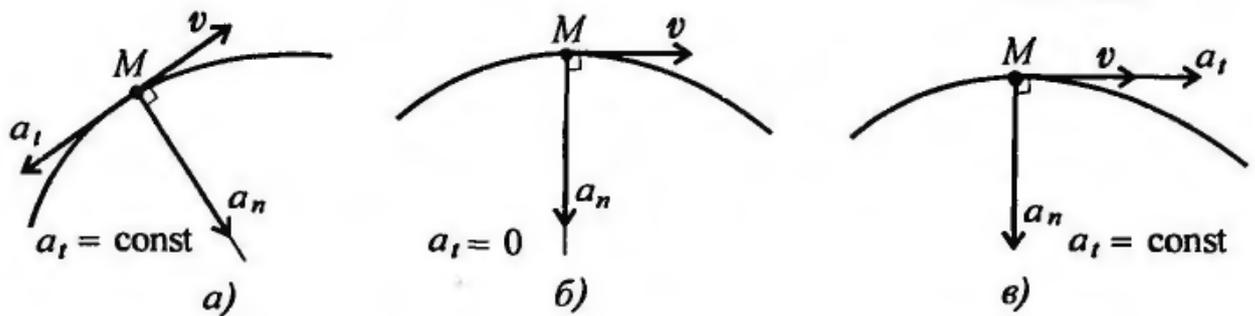


Рис.1.18

Контрольные вопросы

- 1 Какими кинематическими параметрами характеризуется поступательное движение и почему?
- 2 Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.
- 3 Запишите уравнение равнопеременного поступательного движения твердого тела.
- 4 Запишите уравнение равномерного и равнопеременного вращательного движения твердого тела.

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и

тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.11 Плоскопараллельное движение точки

Практическое занятие 8. Определение скорости тел и положения мгновенного центра скоростей -2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о разложении плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное;
- формирование умений по решению задач на определение мгновенного центра скоростей.

Студент должен:

знать:

- разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное;
- способы определения мгновенного центра скоростей.

уметь:

- решать задачи на определение положения мгновенного центра скоростей.

Методические указания

Плоскопараллельным, или плоским, называется такое движение твердого тела, при котором все точки тела перемещаются параллельно некоторой неподвижной в рассматриваемой системе отсчета плоскости. Плоскопараллельное движение можно изучать, рассматривая любое плоское сечение тела, параллельное неподвижной плоскости, называемой основной (рис. 1.19). Все точки тела, расположенные на прямой, перпендикулярной к основной плоскости, движутся одинаково. Плоскопараллельное движение изучается двумя методами: методом разложения сложного движения на поступательное и вращательное и методом мгновенных центров скоростей.

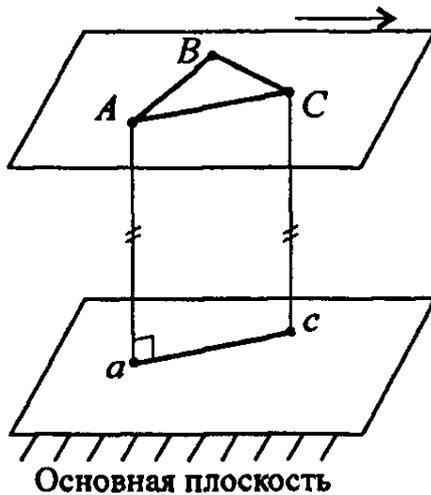


Рис.1.19

Метод определения мгновенного центра скоростей.

Сложное движение представляют в виде цепи вращений вокруг разных центров. Задача сводится к определению положения мгновенного центра вращений.

Мгновенным центром скоростей (МЦС) является точка на плоскости, абсолютная скорость которой в данный момент равна нулю. Вокруг этой точки тело совершает поворот со скоростью ω . Скорость точки A в данный момент равна $v_A = \omega OA$,

т.к. v_A – линейная скорость точки A, вращающейся вокруг МЦС.

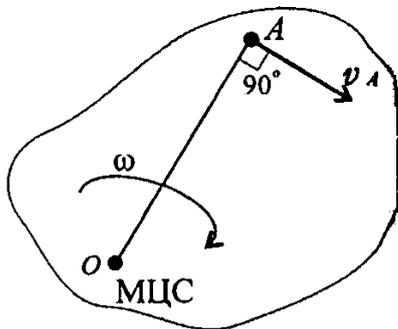


Рис.1.20

Существуют 3 способа определения положения МЦС, приведенные в литературе [1].

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомится с примерами решения задач, приведенными в литературе [1].
- 2 Выполнить задания в рабочей тетради.

Задание 1

Колесо без скольжения катится по земле. Скорость вращения колеса 25 рад/с. Радиус колеса 500 мм. Определить скорость перемещения центра колеса и точек на диаметре относительно земли.

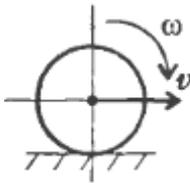


Рис. 1.21

Задание 2. Точки А, В и С принадлежат движущемуся плоскопараллельно телу. Определить скорость точки С, если известны скорости точек А и В.

$$V_A = 15 \text{ м/с}, V_B = 40 \text{ м/с}, AC = BC.$$

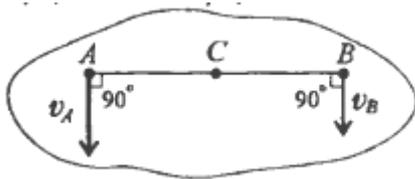


Рис.1.22

Задание 3. Кривошип ОА вращается вокруг оси О со скоростью 15 рад/с. Ползун А перемещается вдоль кривошипа и перемещает стержень АВ. Определить скорость точки В, если $OA=3\text{м}$.

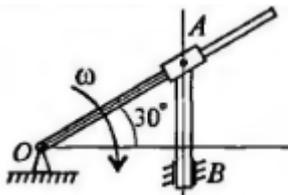


Рис.1.23

Контрольные вопросы

- 1 Какое движение называют плоским?
- 2 Какие способы применяют для определения скоростей точек тела при плоскопараллельном движении?

- 3 Что такое мгновенный центр скоростей, как его определяют и для чего используют?
- 4 Колесо без скольжения катится по земле. Скорость вращения колеса 30,8 рад/с. Радиус колеса 650 мм. Определить скорость перемещения центра колеса относительно Земли.

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 1.14 Метод кинетостатики

Практическое занятие 9-10. Решение задач динамики с использованием принципа кинетостатики -4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о использовании принципа Даламбера к решению задач;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- формулы для расчета силы инерции при поступательном и вращательном движениях;
- принцип Даламбера;

уметь:

- решать задачи с использованием принципа кинетостатики.

Методические указания

Принцип кинетостатики используют для упрощения решения ряда технических задач. Силы инерции реально приложены к телам, связанным с

разгоняющимся телом (связям). Даламбер предложил условно прикладывать силу инерции к активно разгоняющемуся телу. Тогда система сил, приложенных к материальной точке, становится уравновешенной, и можно при решении задач динамики использовать уравнения статики.

Принцип Даламбера.

Материальная точка под действием активных сил, реакций связей и условно приложенной силы инерции находится в равновесии:

$$\sum_0^n \mathbf{F}_k + \sum_0^n \mathbf{R}_k + \mathbf{F}_{ин} = 0; \quad \mathbf{F}_{ин} = -m\mathbf{a}.$$

Порядок решения задач с использованием принципа Даламбера.

- 1 Составить расчетную схему
- 2 Выбрать систему координат
- 3 Выяснить направление и величину ускорения
- 4 Условно приложить силу инерции
- 5 Составить систему уравнений равновесия
- 6 Определить неизвестные величины.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомится с примерами решения задач, приведенными в литературе [1].
- 2 Выполнить задания в рабочей тетради.

Задание 1

График изменения скорости лифта при опускании показан на рисунке. Определить натяжение каната, на котором подвешен лифт на всех участках движения. Масса нагруженного лифта 400 кг.

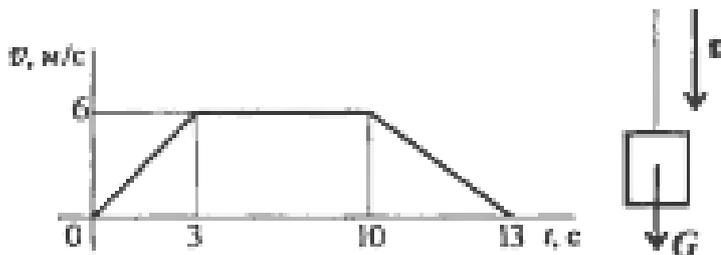


Рис.1.24

Задание 2

Тело поднимается вверх согласно уравнению $S = 1,5t^2 + 2t$. Коэффициент трения о поверхность настила $f=0,2$. Определить величину движущей силы. Сила тяжести 600Н.



Рис.1.25

Задание 3

Мотоциклист въезжает на деревянный мост и прогибает его. Радиус кривизны моста 60 м. Сила тяжести мотоцикла с мотоциклистом 1800 Н. Скорость мотоцикла 90 км/ч. Определить силу прижатия мотоцикла к поверхности моста.

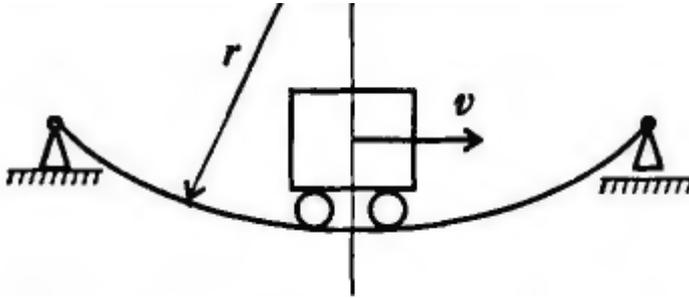


Рис.1.26

Контрольные вопросы

- 1 Объясните разницу между понятиями «инертность» и «сила инерции».
- 2 К каким телам приложена сила инерции, как направлена и по какой формуле может быть рассчитана?
- 3 В чем заключается принцип кинетостатики?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

РАЗДЕЛ 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

Практическое занятие 11 Решение задач -2 часа

Цель:

– углубление, закрепление знаний о методике расчетов элементов конструкций на прочность и жесткость при растяжении-сжатии;

- жесткость при растяжении-сжатии;
- формирование умений строить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и удлинений стержней.

Студент должен:

знать:

- расчет на прочность при растяжении-сжатии;
- закон Гука;
- определение удлинений стержня;

уметь:

- строить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и удлинений стержней;
- производить расчет на прочность.

Методические указания

Осевым растяжением (сжатием) называют такой вид деформации, при котором под действием внешних сил внутренние силы упругости, возникающие в поперечном сечении стержня, приводятся к одному внутреннему силовому фактору - продольной (растягивающей или сжимающей) силе N .

Продольные силы определяются с использованием метода сечений.

Продольная сила в произвольном сечении стержня численно равна алгебраической сумме проекций на ось стержня всех внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения.

При использовании метода сечений продольную силу в сечении следует направлять от сечения. Полученная в результате положительная величина характеризует деформацию растяжения, отрицательная - сжатия.

Продольная сила N , приходящаяся на единицу площади A в данной точке рассматриваемого сечения, называется нормальным напряжением σ . Знак напряжения зависит от знака продольной силы в рассматриваемом сечении.

Деформация стержня характеризуется относительной продольной (ϵ) и относительной поперечной (ϵ_t) деформациями:

$$\epsilon = \Delta l / l, \quad \epsilon_t = \Delta a / a,$$

где $\Delta l = l_1 - l$ - абсолютная продольная деформация;

l, l_1 - длина стержня соответственно до и после деформации;

$\Delta a = a_1 - a$ — абсолютная поперечная деформация;

a, a_1 - размер поперечного сечения стержня соответственно до и после деформации.

Отношение поперечной (ϵ_t) и продольной (ϵ) деформаций для каждого изотропного тела практически постоянно и называется коэффициентом Пуассона ν (коэффициентом поперечной деформации):

$$\nu = \epsilon_t / \epsilon, \quad 0 < \nu < 0,5.$$

Зависимость между нормальным напряжением (σ) и относительной продольной деформацией (ϵ) выражается законом Гука:

$$\sigma = E \epsilon.$$

Учитывая, что $\sigma = N/A$, а $\epsilon = \Delta l/l$, закон Гука для участка стержня длиной l можно записать в виде:

$$\Delta l = Nl / EA = \sigma l / EA$$

где EA — жесткость сечения стержня при растяжении (сжатии);

E — модуль продольной упругости материала стержня.

Полученное выражение называют формулой Гука или частным выражением закона Гука.

Знак деформации определяется знаком продольной силы. Для стержней с несколькими участками, отличающимися материалом, размером поперечного сечения, значением продольной силы, общее удлинение равно алгебраической сумме удлинений отдельных

Следствием деформации растяжения (сжатия) являются перемещения поперечных сечений (изменение положения сечения) в направлении оси.

Перемещение произвольного сечения равно изменению длины участка, заключенного между рассматриваемым сечением и заземлением.

Взаимное перемещение двух смежных сечений равно изменению длины участка стержня, заключенного между этими сечениями.

Обеспечение надежной работы конструкции требует удовлетворения как условия прочности:

$$\sigma = N / A \leq [\sigma],$$

так и условия жесткости:

$$\lambda \leq [\lambda],$$

где σ - наибольшее нормальное напряжение, возникающее в рассчитываемом элементе при рабочей нагрузке;

$[\sigma]$ – допускаемое нормальное напряжение:

Исходя из условия прочности, можно решать три типа задач:

$\sigma \leq [\sigma]$ – проверка прочности;

$A \geq N / [\sigma]$ - подбор размеров поперечного сечения;

$[N] \leq [\sigma] A$ - определение допускаемой нагрузки.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Построить эпюру продольных сил, нормальных напряжений и определить удлинение стержня (рис. 2.1). Принять $E = 20 \cdot 10^5$ МПа.

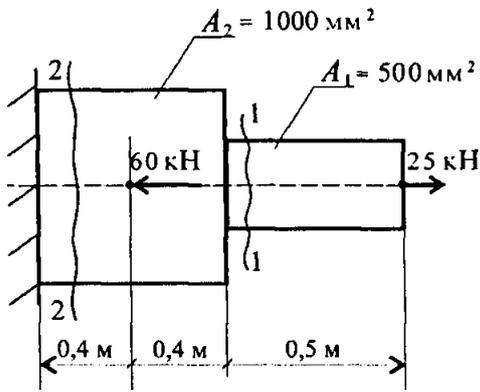


Рис.2.1

Задание 2

Проверить прочность материала, если: $\sigma = 320$ МПа, $\sigma_{\text{пц}} = 720$ МПа, $\sigma_{\text{т}} = 800$ МПа, $\sigma_{\text{в}} = 1000$ МПа, $[s] = 2,5$, s – запас прочности, σ – расчетное напряжение.

Контрольные вопросы

- 1 Какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
- 2 Как распределены напряжения по сечению при растяжении и сжатии?
- 3 Что показывает эпюра продольной силы?
- 4 Как изменится величина напряжения, если площадь поперечного сечения возрастет в 4 раза?
- 5 В каких единицах измеряется напряжения?
- 6 Стальной стержень длиной 1,5 м вытянулся под нагрузкой на 3мм. Чему равно относительное удлинение?
- 7 Что характеризует коэффициент поперечной деформации?
- 8 Как определяют абсолютное удлинение ступенчатого бруса, нагруженного несколькими силами?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 2.4 Кручение

Практическое занятие 12 Решение задач -2 часа

Цель:

– углубление, закрепление знаний о методике расчетов элементов конструкций на прочность и жесткость при кручении;

- жесткость при кручении;
- формирование умений строить эпюры крутящих моментов.

Студент должен:

знать:

- расчет на прочность при кручении;
- закон Гука при сдвиге;
- определение угла закручивания;

уметь:

- строить эпюры крутящих моментов;
- производить расчет на прочность и жесткость.

Методические указания

Кручением называется деформация, возникающая под действием внешних пар сил, расположенных в плоскостях перпендикулярных к оси бруса. При кручении в поперечном сечении возникает только один внутренний силовой фактор — крутящий момент M_k (M_z), значение которого определяется методом сечений с учетом правила знаков.

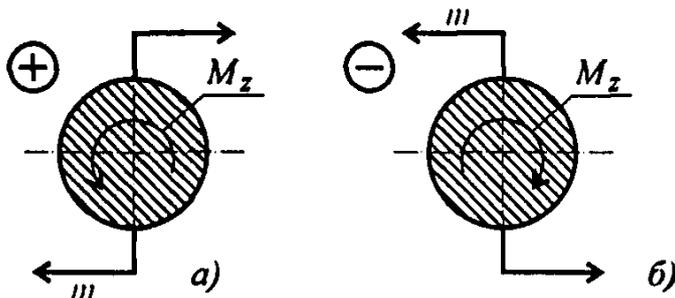


Рис.2.2 Принятые знаки крутящего момента

Внешний скручивающий момент (m , Нм) определяется по формуле:

$$m = P/\omega,$$

где P - мощность, [Вт];

ω — угловая скорость, [рад/с]

В поперечных сечениях бруса при кручении возникают только касательные напряжения τ , которые в произвольной точке рассматриваемого поперечного сечения определяются по формуле:

$$\tau = M_k \rho / J_p,$$

где M_k - крутящий момент в исследуемом поперечном сечении;

ρ - расстояние от исследуемой точки до оси бруса;

J_p - полярный момент инерции поперечного сечения бруса.

Для валов круглого и кольцевого поперечного сечения условие прочности имеет вид:

$$\tau = M_k / W_p,$$

где $W_p = J_p / \rho$ - полярный момент сопротивления сечения:

для круглого сечения $W_p = \pi d^3 / 16 \approx 0,2d^3$.

для кольцевого сечения $W = \pi d^3 / 16(1 - c^4) = 0,2d^3 (1 - c^4)$,

$$c = d_0/d = 0,6 - 0,8$$

Допускаемое касательное напряжение $[\tau]$ при кручении, так же как и основное допускаемое нормальное $[\sigma]$, определяется в зависимости от вида материала.

Если при расчете валов, кроме деформации кручения, необходимо учесть и деформацию изгиба, то действительное допускаемое напряжение принимается несколько ниже. Так, например, для конструкционной углеродистой стали

$$[\tau] = 20 \dots 35 \text{ МПа.}$$

Деформация бруса при кручении характеризуется углом взаимного поворота двух сечений (углом закручивания), Полный угол (φ , рад) закручивания бруса длиной l определяется по одной из формул:

$$\varphi = \frac{\tau_k l}{Gd/2} = \frac{M_k l}{GJ_p}.$$

где $G = E/2 (1 + \nu)$ - модуль упругости материала при сдвиге, для стали $G = 8 \cdot 10^4$ МПа;

GJ_p/l - жесткость бруса при кручении;

ν - коэффициент Пуассона;

GJ_p - жесткость сечения бруса при кручении.

Относительный угол закручивания $\varphi_0 = \varphi/l$

Для цилиндрического бруса, имеющего несколько участков отличающихся материалом, размерами поперечного сечения, значением крутящего момента, полный угол закручивания равен алгебраической сумме углов закручивания на отдельных участках:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i .$$

Для обеспечения нормальной работы вала и связанных с ним деталей вал должен иметь достаточную жесткость при кручении, т.е. наибольший угол закручивания не должен превышать допустимого, устанавливаемого на основе опыта эксплуатации конструкции.

Условие жесткости вала при кручении имеет вид:

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0],$$

где $[\varphi_0]$ - допускаемый угол закручивания одного метра длины вала, град/м. Обычно принимают $[\varphi_0] = 0,25 - 1,0$.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Для заданного вала (рис.2.3) выбрать эпюру крутящих моментов.

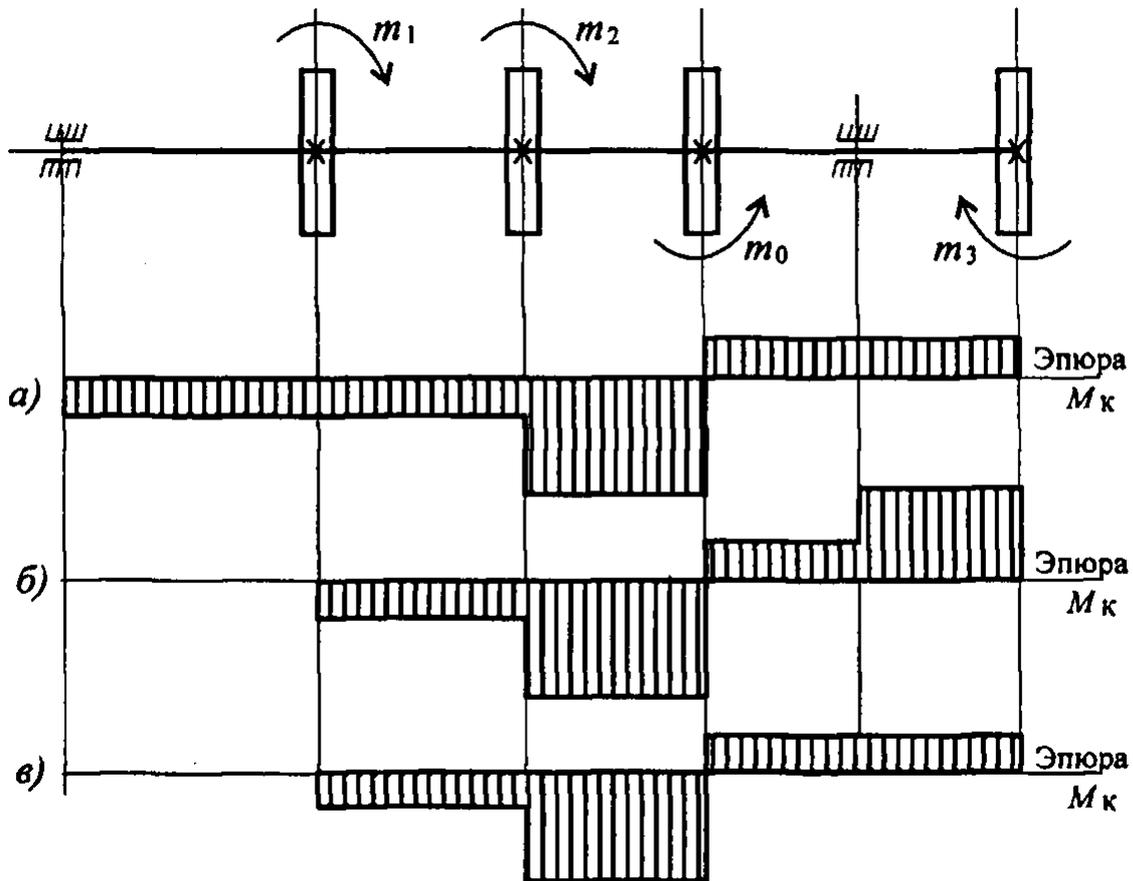


Рис. 2.3

Задание 2.

Из расчетов на прочность и жесткость определить потребный диаметр вала для передачи мощности 63 кВт при скорости 30 рад/с. Материал вала – сталь, допускаемое напряжение при кручении 30 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м; модуль упругости при сдвиге $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа.

Контрольные вопросы

- 1 Какие деформации возникают при кручении?
- 2 Какие гипотезы выполняются при деформации кручения?
- 3 Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
- 4 Что такое рациональное расположение колес на валу?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и

тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 2.5 Геометрические характеристики плоских сечений

Практическое занятие 13 Решение задач -2 часа

Цель:

– углубление, закрепление знаний о методике расчета главных центральных моментов инерции плоских сечений;

– формирование умений определять главные моменты инерции плоских сечений.

Студент должен:

знать:

- геометрические характеристики плоских сечений;
- осевые, центробежные и полярные моменты инерции;
- уметь:
- определять главные центральные моменты инерции составных сечений.

Методические указания

- 1 Момент инерции сложной фигуры является суммой моментов инерции частей, на которые ее разбивают.
- 2 Моменты инерции вырезов и отверстий можно представить отрицательными величинами.
- 3 Заданные сечения симметричны, главные центральные оси совпадают с осями симметрии составного сечения.
- 4 Моменты инерции частей, чьи главные центральные оси не совпадают с главными центральными осями сечения в целом, пересчитывают с помощью формулы для моментов инерции относительно параллельных осей.

$$J_x = J_{x_0} + a^2 A,$$

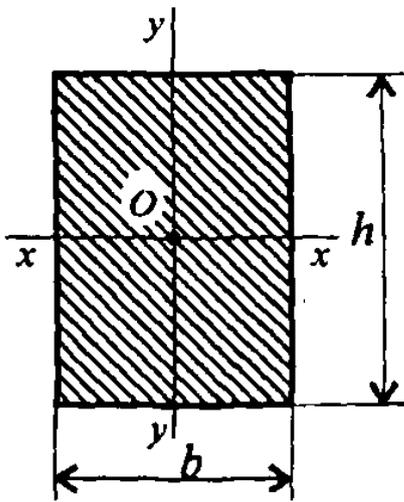
где J_x – момент инерции относительно оси xx ;

J_{x_0} – момент инерции относительно оси x_0x_0 ;

A – площадь сечения;

a – расстояние между осями.

- 5 Расстояние между параллельными осями определить по чертежу.
- 6 Главные центральные моменты стандартных профилей определить по таблицам ГОСТ.
- 7 Для использованных в составных сечениях полос моменты инерции определить по формуле для прямоугольника.



$$J_x = \frac{bh^3}{12};$$

$$J_y = \frac{hb^3}{12}.$$

Рис.2.4

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Вычислить главные центральные моменты инерции составных сечений.

При расчете воспользоваться данными таблицы, выбрав необходимые величины. Геометрические характеристики стали горячекатаной выбрать по ГОСТ 8239-89 (Балки двутавровые), ГОСТ 8240-89 (Швеллеры)

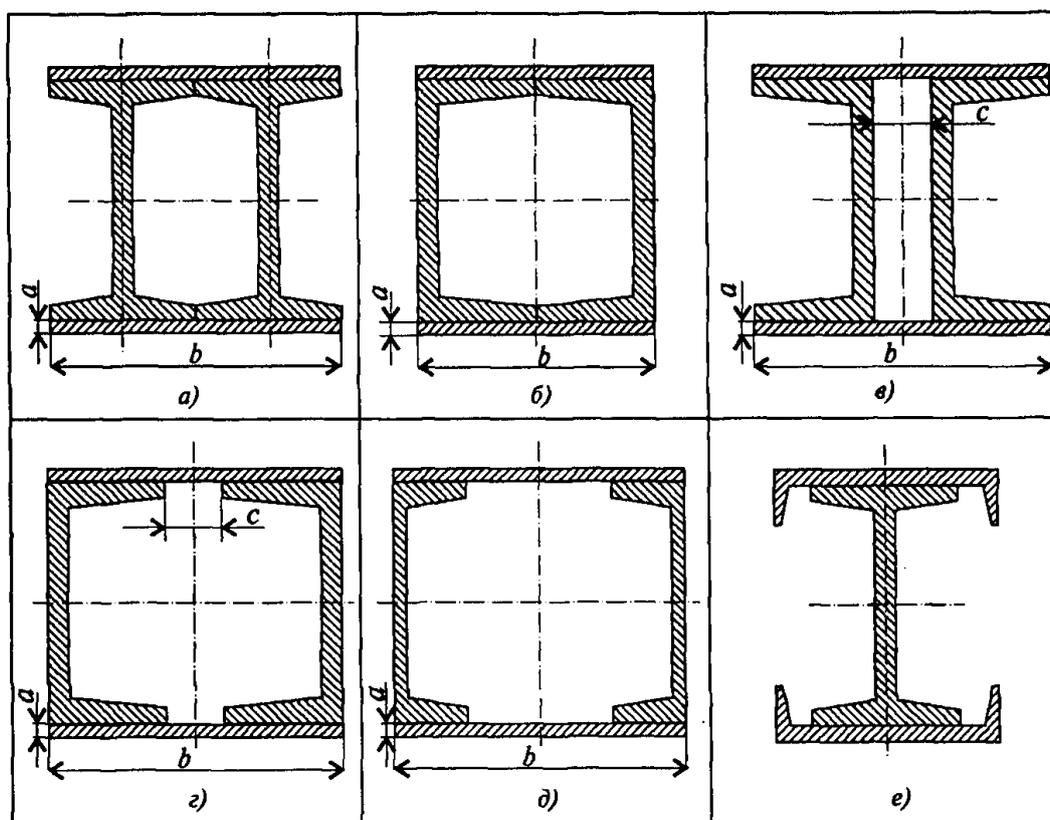


Рис.2.5

Таблица 2.1

| Параметр | Вариант | | | | | | | | | |
|------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| № швеллера | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 |
| № двутавра | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 |
| a , мм | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| c , мм | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

Контрольные вопросы

- 1 Диаметр сплошного вала увеличили в два раза. Во сколько раз увеличится момент инерции сечения?
- 2 Назовите формулы для расчета моментов инерции прямоугольника.
- 3 Назовите формулу для расчета момента инерции относительно параллельных осей.
- 4 Как рассчитать моменты инерции сечения сложной формы?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 2.6 Изгиб

Практическое занятие 14-15 Решение задач на определение прочности и жесткости балок при изгибе - 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о методике расчетов элементов конструкций на прочность и жесткость при изгибе;
- жесткость при изгибе;

- формирование умений строить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Студент должен:

знать:

- расчет на прочность при изгибе;
 - понятие о расчете прогибов;
- уметь:
- строить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил;
 - производить расчет на прочность и жесткость.

Методические указания

Элементы реальных конструкций часто испытывают деформации изгиба, поэтому объектом решения во многих задачах являются балки или балочные системы. Балкой называется конструктивная часть сооружения, выполняемая в большинстве случаев в виде прямого или ломаного бруса с опорами в двух или более точках. Деформации изгиба подвергаются рычаги, оси, валы и другие детали и элементы конструкций, несущие поперечную нагрузку.

Прямым называется такой изгиб, при котором все заданные нагрузки лежат в силовой плоскости, совпадающей с одной из главных плоскостей.

При расчете балку или раму принято заменять ее осью, и все нагрузки должны быть приведены к этой оси, а силовая плоскость совпадать с плоскостью чертежа.

Расчет следует начинать с определения опорных реакций.

В общем случае прямого изгиба в сечении балки возникают поперечная сила Q и изгибающий момент M , для определения которых используется метод сечений.

Поперечная сила в произвольном сечении балки численно равна алгебраической сумме проекций на ось Y , нормальную к оси балки, всех внешних сил, расположенных по одну (любую) сторону от сечения.

Изгибающий момент в произвольном сечении балки численно равен алгебраической сумме моментов всех внешних сил, расположенных по одну (любую) сторону от сечения, относительно центра интересующего нас сечения. Правило знаков для Q и M приведено на рис. 2.7.

Графики, показывающие закон изменения Q и M по длине балки или рамы, называются эпюрами.

Для построения эпюр существует несколько способов; а) аналитический (с использованием уравнений); б) по характерным точкам; в) путем сложения результатов действия сил. Характер эпюры зависит от способа нагружения.

Между изгибающим моментом M , поперечной силой Q и интенсивностью распределенной нагрузки q существует следующая дифференциальная зависимость (зависимость Д.И. Журавского);

$$q = dQ/dz = d^2M/dz^2 .$$

Деформация изгиба сопровождается одновременным растяжением материала на выпуклой стороне и сжатием на вогнутой. В сечении балок между зонами растяжения и сжатия имеется нейтральный слой волокон, не испытывающих ни растяжения, ни сжатия. Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения называется нейтральной осью (линией), которая проходит через центр тяжести сечения.

При прямом изгибе в поперечном сечении возникают нормальные (σ) и касательные (τ) напряжения:

Распределение нормальных и касательных напряжений при изгибе

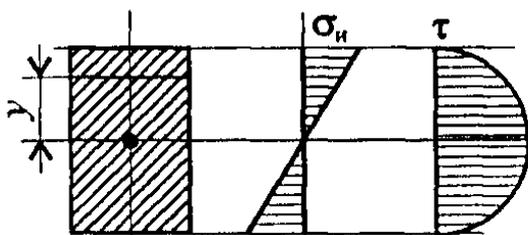


Рис.2.6

Условие прочности при изгибе

$$\sigma_{\text{и}}^{\text{max}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_x} \leq [\sigma_{\text{и}}],$$

где $M_{\text{и}}$ – изгибающий момент в сечении;

W_x – осевой момент сопротивления сечения;

$[\sigma_{\text{и}}]$ – допускаемое напряжение.

Знаки изгибающих моментов и поперечных сил

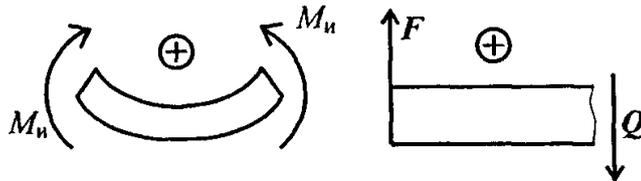


Рис.2.7

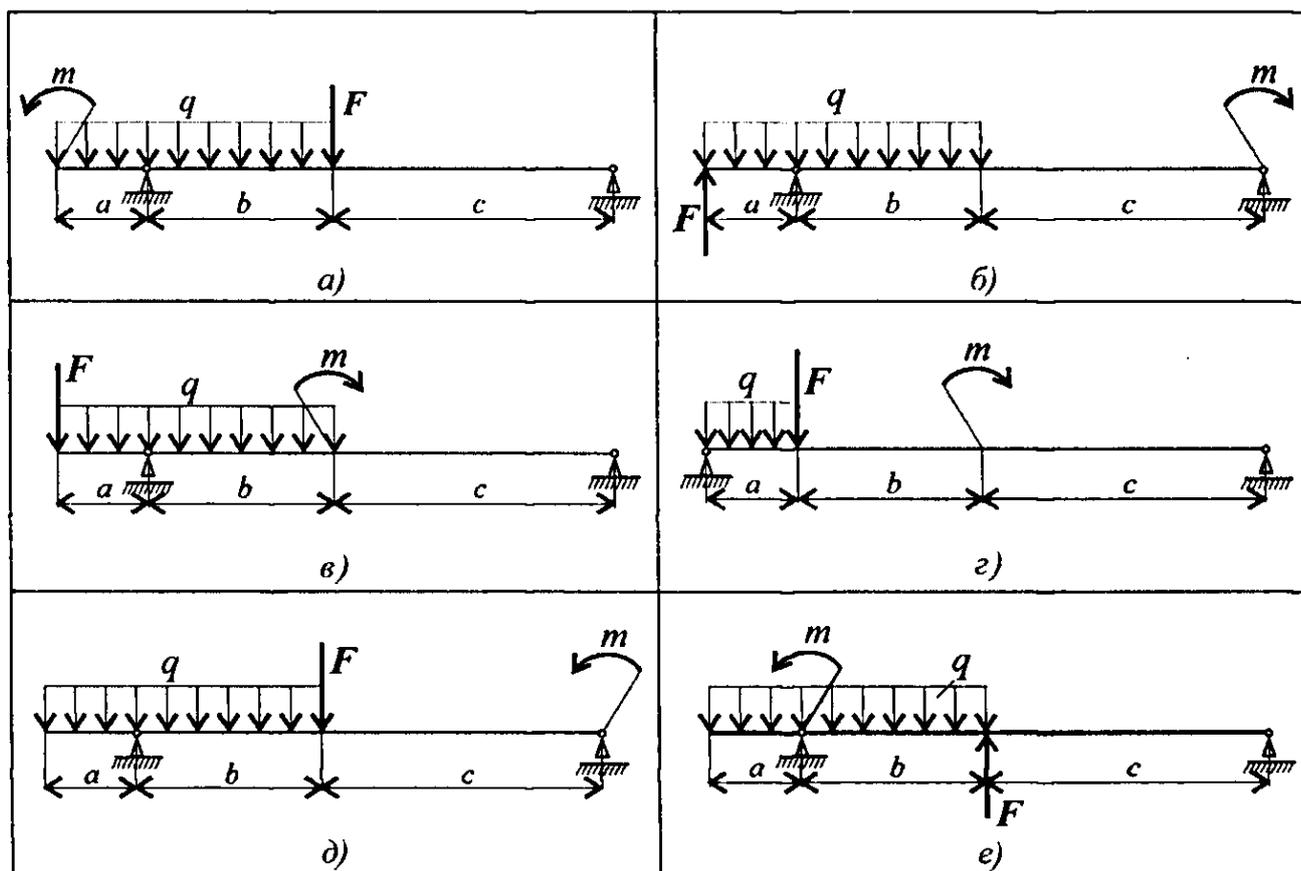
Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с примерами выполнения заданий, приведенными в литературе [1].
- 2 Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Для изображенных балок построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Сечение балок – сдвоенный двутавр. Материал – сталь, допускаемое напряжение изгиба 160 МПа. Проверить прочность балок. В случае, если прочность не обеспечена, подобрать сечение большего размера.

В вариантах 1-5 использован двутавр №20, в вариантах 6-10 – двутавр №30.



| Параметр | Вариант | | | | | | | | | |
|------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| m , кН·м | 15 | 17 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 |
| F , кН | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 |
| q , кН/м | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| a , м | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1,1 | 0,9 | 0,6 | 0,8 |
| b , м | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2 | 1 | 2,3 | 2,1 | 2,5 | 2,3 |
| c , м | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2 | 2,1 | 1,8 | 2,7 | 2,5 | 2,6 | 2,4 |

Контрольные вопросы

- 1 Какую плоскость называют силовой?
- 2 Какой изгиб называют прямым?
- 3 Какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
- 4 Какие силовые факторы возникают в сечении при поперечном изгибе?
- 5 Как выбирается опасное сечение при расчете балки?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

Тема 2.7 Гипотезы прочности и их применение

Практическое занятие 16 Расчет бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением - 2 часа

Цель:

– углубление, закрепление знаний о методике расчетов валов на прочность при совместном действии изгиба с кручением;

- формирование умений строить эпюры изгибающих моментов.

Студент должен:

знать:

- расчет на прочность при совместном действии изгиба с кручением;

уметь:

- строить эпюры изгибающих и крутящих моментов;
- производить расчет на прочность.

Методические указания

Результатом действия сил на тело является возникновение различных видов простых деформаций; растяжения, сжатия, сдвига; кручения, изгиба.

В общем случае нагружения наблюдаются комбинации простых деформаций, что создает сложное сопротивление и одновременное появление нормальных и касательных напряжений. Чаще всего на практике встречаются следующие виды сложного сопротивления: внецентренное растяжение - сжатие, изгиб в двух плоскостях, изгиб с кручением.

Изгиб и кручение испытывают многие узлы и детали металлорежущих станков, например, оправка горизонтально-фрезерного станка, укрепленная на двух опорах, подвергается одновременно изгибу от силы резания на фрезе и кручению от передачи вращательного момента. Деформацию кручения и растяжения испытывают болты и крепежные винты при затяжке, деформацию сжатия и кручения — винты домкратов, сверла, шпиндели станков. Примером тел, имеющих ось вращения и нагруженных силами, расположенными произвольно в пространстве, могут быть валы редукторов, коробок скоростей, которые также испытывают совместное действие кручения и изгиба.

Таким образом, кручение с изгибом является наиболее характерным случаем нагружения валов. Валы редукторов, коробок скоростей также испытывают совместное действие кручения и изгиба и являются примером тел, имеющих ось вращения и нагруженных силами, расположенными произвольно в пространстве.

Расчет на прочность при изгибе с кручением производят с использованием критериев прочности по эквивалентному напряжению, определенному в опасном сечении для опасной точки, напряженное состояние в которой - плоское. Эквивалентные напряжения определяются в зависимости от используемого материала по различным гипотезам прочности. Так, например, для стальных валов:

по гипотезе наибольших касательных напряжений:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

по гипотезе энергии формоизменения:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2},$$

На практике при расчете на изгиб с кручением стержней круглого поперечного сечения для опасного сечения определяют также с использованием гипотез прочности эквивалентный момент:

по гипотезе наибольших касательных напряжений:

$$M_{\text{ЭКВ III}} = \sqrt{M_{\text{И}}^2 + M_{\text{К}}^2}.$$

по гипотезе энергии формоизменения:

$$M_{\text{экв}} v = \sqrt{M_{\text{и}}^2 + 0,75M_{\text{к}}^2}.$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с примером выполнения задания в литературе [1].
2. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Для промежуточного вала редуктора, передающего мощность P при угловой скорости ω , определить вертикальную и горизонтальную составляющие реакций подшипников. Построить эпюры крутящего момента и изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Определить диаметры вала по сечениям, приняв допускаемое напряжение 60 МПа и полагая $F_r = 0,364 F_t$.

Расчет произвести по гипотезе максимальных касательных напряжений.

Контрольные вопросы

- 1 Какое напряженное состояние возникает в поперечном сечении вала при совместном действии изгиба и кручения?
- 2 Напишите условие прочности для расчета вала.
- 3 Напишите формулы для расчета эквивалентного момента при расчете по гипотезе максимальных касательных напряжений и гипотезе энергии формоизменения.
- 4 Как выбирается опасное сечение при расчете вала?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практ. и тестовых заданий: учеб. пособие/В.П. Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.: Форум, 2012.

РАЗДЕЛ 3 ДЕТАЛИ МАШИН

Тема 3.2 Общие сведения о передачах

Практическое занятие 17. Чтение кинематических схем – 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о методах определения кинематических параметров приводов;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- основные кинематические и силовые зависимости в передачах;
- обозначения элементов кинематических схем;

уметь:

- решать задачи на определение кинематических параметров схем;

Методические указания

Вращательное движение получило наибольшее распространение в механизмах и машинах, так как обладает следующими достоинствами:

- обеспечивает непрерывное и равномерное движение при небольших потерях на трение;
- позволяет иметь простую и компактную конструкцию передаточного механизма.

Механическими передачами (передачами) называют механизмы, передающие работу двигателя исполнительному органу машины. При этом они могут выполнять следующие функции:

- понижать и повышать угловые скорости, соответственно повышая или понижая вращающие моменты;
- преобразовать один вид движения в другой (вращательное в возвратно-поступательное, равномерное в прерывистое и др.);
- регулировать угловые скорости рабочего органа машины;
- реверсировать движение;
- распределить работу двигателя между несколькими исполнительными органами машины.

Классификация передач

1) В зависимости от принципа действия:

а) передачи зацеплением – зубчатые, червячные, цепные.

б) передачи трением – фрикционные и ременные.

2) В зависимости от способа соединения ведущего и ведомого звеньев бывают:

а) передачи непосредственного контакта – фрикционные, зубчатые, червячные;

б) передачи гибкой связью – ременные цепные.

Основные кинематические и силовые соотношения в передачах

Основные характеристики, необходимые для выполнения проектного расчета любой передачи.

1. Мощности на ведущем P_1 и ведомом валах P_2 или вращающие моменты T_1 и T_2 на тех же валах

2. Угловые скорости ведущего ω_1 и ведомого ω_2 валов.

Дополнительные характеристики;

а) Механический к.п.д. передачи: $\eta = P_2/P_1$ (3.1)

Для многоступенчатой передачи $\eta_{\text{общ}} = \eta_1^* \eta_2^* \eta_n$ (3.2)

б) окружная скорость ведущего или ведомого звена, м/с :

$$v = \omega d / 2, \quad (3.3)$$

где d – диаметр колеса, шкива и т.д.

Окружные скорости обоих звеньев передачи при отсутствии скольжения равны: $v_1=v_2$;

в) окружная сила:

$$F_t = \frac{P}{v} = \frac{2T}{d} \quad (3.4)$$

г) вращающий момент:

$$T = p / w = F_t d / 2 \quad (3.5)$$

Вращающий момент T_1 ведущего вала является моментом движущих сил, его направление совпадает с направлением вращения вала. Момент T_2 ведомого вала – момент сил сопротивления, поэтому его направление противоположно направлению вращения вала.

д) передаточное число u :

$$u = \frac{w_1}{w_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad (3.6)$$

Для многоступенчатой передачи:

$$u_{\text{общ}} = u_1 + u_2 + \dots + u_n \quad (3.7)$$

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя схему привода.
2. Выполнить задание в рабочей тетради.

Задание 1.

Определить угловые скорости, вращающие моменты, КПД привода, если передаточное отношение редуктора $u = 2,8$, мощность электродвигателя $P_1 = 7$ кВт, частота вращения его вала $\omega_1 = 750$ об/мин, диаметры шкивов $D_1 = 80$ мм, $D_2 = 100$ мм. Описать назначение устройства, принцип работы привода.

Контрольные вопросы

- 1 Почему вращательное движение наиболее распространено в механизмах и машинах?
- 2 Чем вызвана необходимость введения передачи как промежуточного звена между двигателем и рабочими органами машины?
- 3 Какие функции могут выполнять механические передачи?
- 4 Что такое передаточное число?
- 5 Как определяются передаточное число и к. п. д. многоступенчатой передачи?
- 6 Какова зависимость между вращающимися моментами на ведущем и ведомом валах передачи?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Тема 3.4 Зубчатые передачи

Практическое занятие 18-20. Расчет косозубой цилиндрической передачи - 6 часов

Цель:

- углубление, закрепление знаний о методах расчета зубчатых передач;
- формирование умений по расчету передач.

Студент должен:

знать:

- характеристика, применение, классификация зубчатых передач;
- материалы колес и допускаемые напряжения;

- косозубые цилиндрические передачи;
уметь:
- решать задачи на определение параметров зубчатой передачи.

Методические указания

Последовательность проектировочного расчета цилиндрической косозубой передачи.

- 1 Определить передаточное число u .
- 2 В зависимости от условий работы передачи выбрать материалы колес, назначить термическую обработку и твердость рабочих поверхностей зубьев.
- 3 Определить базовое число циклов N_{H0} , расчетную циклическую долговечность, определить допускаемые напряжения изгиба и контактные напряжения.
- 4 Выбрать коэффициент ψ_{ba} длины зуба (ширины венца колеса).
- 5 Определить межосевое расстояние из условия контактной прочности.
- 6 Определить модуль зубьев из условия прочности на изгиб.
- 7 Задать угол наклона зубьев β и определить суммарное число зубьев z_{Σ} передачи, числа зубьев шестерни и передачи z_1 и z_2 .
- 8 Определить эквивалентные числа зубьев z_{v1} и z_{v2} и коэффициенты формы зуба Y_{F1} и Y_{F2}
- 9 Проверить прочность зубьев по напряжениям изгиба. При неудовлетворительных результатах ($\sigma_F > [\sigma_F]$), необходимо путем соответствующего изменения числа зубьев и модуля при том же межосевом расстоянии добиться определенного изменения напряжения изгиба, не нарушая условия контактной прочности.
- 10 Произвести геометрический расчет передачи.

Расчет по контактным напряжениям

Расчет по контактной прочности сводится к проверке условия $\sigma_H \leq [\sigma_H]$. После преобразования формулы Герца для контакта цилиндрических поверхностей получают формулу для определения межосевого расстояния

$$a_w = K_a (u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_H}{[\sigma_H]^2 u^2 \psi_{da}}} \quad (3.8)$$

где T_2 – вращающий момент на тихоходном валу, Н м;

u - передаточное число;

$K_a = 49,5$ МПа – для прямозубых колес;

$$\psi_{da} = \frac{b}{a_w} \quad (3.9)$$

коэффициент ширины колеса по межцентровому расстоянию, его можно определить по формуле :

$$\psi_{da} = \frac{2\psi_{\delta d}}{u + 1} \quad (3.10)$$

где $\psi_{\delta d} = \frac{b}{d}$ - выбирается из справочных таблиц,

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H \lim \delta}}{[S_H]} K_{HL} \quad - \text{допускаемое контактное напряжение,} \quad (3.11)$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{\Sigma}}} \quad - \text{коэффициент долговечности,} \quad (3.12)$$

$\sigma_{H \lim \delta}$ - предел контактной выносливости, определяется для заданного материала из таблиц,

$[S_H] = 1,1 - 1,3$ - допускаемый коэффициент запаса прочности,

N_{HO} - базовое число циклов нагружения,

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n \cdot L_h \quad - \text{расчетное число циклов нагружения,} \quad (3.13)$$

L_h – полный ресурс в час.

Расчет по напряжениям изгиба.

Модуль зубьев m определяют расчётом на изгиб, исходя из межосевого расстояния a_w , полученного из условия контактной прочности.

$$m \geq \frac{6,8 \cdot T \cdot (u+1)}{u \cdot a_w \cdot b \cdot [\sigma_F]} \quad (3.14)$$

В эту формулу вместо $[\sigma_F]$ подставляют меньшее из $[\sigma_F]$ и $[\sigma_F]_2$. Полученное значение модуля округляют в большую сторону до стандартного. Модуль колес рекомендуется принимать минимальным. Уменьшение модуля и соответствующее увеличение числа зубьев способствует уменьшению удельного скольжения, что увеличивает надежность против заедания. При малом модуле увеличивается коэффициент торцевого перекрытия. То есть увеличивается плавность работы зацепления и к.п.д., уменьшается шум.

Геометрические соотношения в передаче.

$m = r/\pi$ — окружной модуль зубьев (основная характеристика размеров зубьев). Значения модулей стандартизованы в диапазоне 0,05...100 мм ;

$$d = pz/\pi = mz \quad (3.15)$$

делительный диаметр (диаметр окружности, по которой обкатывается инструмент при нарезании);

$d_b = d \cos \alpha$ — основной диаметр (диаметр окружности, разверткой которой являются эвольвенты зубьев);

d_{w1} и d_{w2} — начальные диаметры (диаметры окружностей, по которым пара зубчатых колес обкатывается в процессе вращения):

$$d_{w1} = 2a_w / (u+1) \quad (3.16)$$

У передач без смещения и при суммарном смещении $\sum x$ начальные и делительные окружности совпадают:

$$d_{\omega 1} = d_1 = mz_1; \quad d_{\omega 2} = d_2 = mz_2. \quad (3.17)$$

Для колес без смещения $h = 2,25m$; $d_a = d + 2m$; $d_f = d - 2,5m$;

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1. Рассчитать зубчатое зацепление одноступенчатого неререверсивного редуктора, предназначенного для непрерывной работы без существенных толчков и ударов. Материалы шестерни и колеса – сталь нормализованная с твердостью по Бринеллю $< HB 350$. Остальные данные приведены в таблице. Варианты заданий приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Исходные данные для расчета зубчатого зацепления

| № варианта | Мощность на вращаемом валу, кВт | Угловая скорость вращаемого вала, рад/с | Передаточное число u редуктора | Передача | Срок службы, час. |
|------------|---------------------------------|---|----------------------------------|------------|-------------------|
| 1 | 1,5 | 70 | 4 | Косозубая | 15000 |
| 2 | 2,2 | 80 | 2,5 | Прямозубая | 20000 |
| 3 | 3 | 90 | 5 | Шевронная | 16000 |
| 4 | 4 | 100 | 3,15 | Косозубая | 22000 |
| 5 | 6 | 120 | 6,3 | Прямозубая | 30000 |
| 6 | 8 | 80 | 4 | Шевронная | 12000 |
| 7 | 10 | 70 | 2,5 | Косозубая | 16000 |
| 8 | 3 | 100 | 5 | Прямозубая | 15000 |
| 9 | 4 | 90 | 3,15 | Шевронная | 20000 |
| 10 | 6 | 120 | 6,3 | Косозубая | 18000 |

Контрольные вопросы

- 1 Какие материалы применяются для изготовления зубчатых колес?
- 2 Почему все стальные зубчатые колеса в зависимости от твердости зубьев делятся на две группы?
- 3 В чем сущность усталостной поломки зубьев? Меры по предупреждению поломки.
- 4 Почему в закрытых передачах усталостное выкрашивание является основным видом разрушения поверхности зубьев? Меры по предупреждению выкрашивания.
- 5 Что влияет на величину допускаемых контактных напряжений для расчетов на прочность зубьев при длительной работе?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Тема 3.6 Червячные передачи

Практическое занятие 21. Расчет червячной передачи - 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о червячных передачах;
- формирование умений по расчету передач.

Студент должен:

знать:

- основные геометрические соотношения в червячной передаче;
- расчет на прочность червячных передач;
- КПД червячных передач;
- тепловой расчет червячных передач.

уметь:

- производить расчет червячной передачи.

Методические указания

Последовательность проектировочного расчета червячных передач

- 1 В зависимости от условий работы передачи и дополнительных требований задать скорость скольжения и выбрать материал червяка и червячного колеса, рассчитать допускаемые напряжения $[\sigma_H]$ и $[\sigma_F]$.
- 2 В зависимости от передаточного числа выбрать число витков червяка z_1 и число зубьев колеса z_2 . При этом принимают $z_2 \geq 28$.

- 3 Из условия $q=0,25z_2$ задать коэффициент диаметра червяка (7,1....25), коэффициенты K_β , K_v , КПД и определить межосевое расстояние из условия контактной прочности.
- 4 Определить модуль зацепления m и округлить его до ближайшего стандартного значения.
- 5 В зависимости от полученного значения m уточнить межосевое расстояние по формуле:
 $a = 0,5(q + z_2)m$, округлив его до целого числа.
- 6 Произвести геометрический расчет передачи, найти d , d_a, d_f и другие размеры.
- 7 Из условия $v_{ск} = (0,015 - 0,055)\omega$, вычислить скорость скольжения и определить угол трения.
- 8 Вычислить КПД передачи.
- 9 Определить фактические контактные напряжения и сравнить их с допускаемыми значениями (допускается недогрузка не более 10%, перегрузка до 5%).
- 10 Определить число зубьев эквивалентного колеса z_v , выбрать коэффициент формы зуба Y_F , рассчитать фактические напряжения изгиба в зубьях колеса и сравнить их с допускаемыми.
- 11 Провести тепловой расчет передачи.

Тепловой расчет червячных передач

При работе червячных передач выделяется большое количество теплоты. Потерянная мощность на трение в зацеплении и подшипниках, а также на размешивание и разбрызгивание масла переходит в теплоту, которая нагревает масло, а оно через стенки корпуса передает эту теплоту окружающей среде.

Если отвод теплоты будет недостаточным, передача перегреется. При перегреве смазочные свойства масла резко ухудшаются (его вязкость падает) и возникает опасность заедания, что может привести к выходу передачи из строя.

Тепловой расчет червячной передачи при установившемся режиме работы производится на основе теплового баланса, т. е. равенства тепловыделения Q_B и теплоотдачи Q_0 .

Количество теплоты, выделяющейся в непрерывно работающей передаче в одну секунду:

$$Q_B = (1 - \eta)P_1, \quad (3.18)$$

где η — общий к. п. д. червячной передачи; P_1 — мощность на червяке, Вт.

Количество теплоты, отводимой наружной поверхностью корпуса, в одну секунду

$$Q_0 = K_T(t_M - t_{e.})A, \quad (3.19)$$

где A — площадь поверхности корпуса, омываемая внутри маслом или его брызгами, а снаружи воздухом, m^2 . Поверхность днища корпуса не учитывается, так как она не омывается свободно циркулирующим воздухом;

t_B — температура воздуха вне корпуса; в цеховых условиях обычно $t_B = 20$ °С;

t_M — температура масла в корпусе передачи, °С;

K_T — коэффициент теплопередачи, т. е. число, показывающее, сколько теплоты в секунду передается одним квадратным метром поверхности корпуса при перепаде температур в один градус. Зависит от материала корпуса редуктора и скорости циркуляции воздуха (интенсивности вентиляции помещения). Для чугунных корпусов принимают $K_T = 8—17$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$).

Большие значения используют при незначительной шероховатости поверхности наружных стенок, хорошей циркуляции воздуха вокруг корпуса и интенсивном перемешивании масла (при нижнем или боковом расположении червяка).

По условию теплового баланса

$$(1 - \eta)P_1 = K_T(t_M - t_{e.})A,$$

откуда температура масла в корпусе червячной передачи при непрерывной работе $t_M = t_e + (1 - \eta)P_1 / (K_T A)$. (3.20)

Величина $[t]_M$ зависит от марки масла. Обычно принимают

$$[t]_M = 70—90 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Если при расчете окажется, что $t_M > [t]_M$, то необходимо:

1. Либо увеличить поверхность охлаждения A , применяя охлаждающие ребра (в расчете учитывается только 50% поверхности ребер).
2. Либо применить искусственное охлаждение, которое может осуществляться:
 - а) обдувом корпуса воздухом с помощью вентилятора, насаженного на вал червяка, в этом случае увеличивается K_T ,
 - б) охлаждением масла водой, проходящей через змеевик);
 - в) применением циркуляционной системы смазки со специальным холодильником. В случаях б) и в) формула (3.20) не применима.

Тепловой расчет червячных передач производится как проверочный после определения размеров корпуса при эскизном проектировании.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1. Рассчитать червячную передачу редуктора. Мощность на быстроходном валу P_1 , угловая скорость червяка ω_1 , колеса ω_2 , передаточное число u , передача нереверсивная со слабыми толчками.

Таблица 3.2 Исходные данные для расчета червячной передачи

| № варианта | $P_1, \text{кВт}$ | $\omega_2, \text{рад/с}$ | u редуктора | Срок службы, час. |
|------------|-------------------|--------------------------|---------------|-------------------|
| 1 | 1,5 | 12,5 | 16 | 15000 |
| 2 | 2,2 | 16 | 20 | 20000 |
| 3 | 3 | 17,3 | 25 | 16000 |
| 4 | 4 | 8,5 | 16 | 22000 |

| | | | | |
|----|-----|------|----|-------|
| 5 | 5 | 7,6 | 20 | 36000 |
| 6 | 6 | 14 | 25 | 12000 |
| 7 | 8 | 12 | 16 | 16000 |
| 8 | 1,5 | 10 | 20 | 20000 |
| 9 | 2.2 | 18,6 | 25 | 15000 |
| 10 | 3 | 10,5 | 16 | 20000 |

Контрольные вопросы

- 1 Опишите устройство червячной передачи.
- 2 Как определяется передаточное число червячной передачи?
- 3 Укажите основные достоинства и недостатки червячной передачи.
- 4 Какой модуль стандартизуется в червячной передаче?
- 5 Напишите формулу для проектного расчета зубьев червячного колеса на изгиб и дайте анализ входящих в нее величин.
- 6 Какие усилия возникают в червячном зацеплении и по каким формулам они вычисляются?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Тема 3.14 Заклепочные и штифтовые соединения Сварные и клеевые соединения

Практическое занятие 22. Расчет соединений - 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о соединениях деталей машин;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- основы расчета соединений;

уметь:

- производить расчет соединений

Методические указания

Заклепочные (клепаные соединения) относятся к неразъемным соединениям. Заклепочное соединение состоит из листов, соединенных с помощью заклепок, вставленных в отверстия в деталях. Соединение образуется расклепыванием стержня, формируется замыкающая головка.

По назначению заклепочные соединения разделяют на прочные (для восприятия внешних нагрузок) и прочно-плотные, обеспечивающие также герметичность соединения.

Расчет на прочность

На основные размеры заклепочных соединений выработаны нормы, геометрические размеры заклепок стандартизованы.

Диаметр заклепки назначают по рекомендации $d \geq 2\sqrt{h}$,

где h – толщина соединяемых листов, и уточняют по стандарту.

Расстояние между рядами заклепок $t = 2d + 8$;

Расстояние от центра крайней заклепки до края листа $e = 2d$.

Обычно заклепочное соединение нагружено продольными силами, стремящимися сдвинуть соединяемые детали относительно друг друга. Расчет заклепок в этом случае сводится к расчету на срез. При центрально действующей силе считают, что внешняя сила распределяется между заклепками соединения равномерно. Трение в стыке не учитывают.

Расчет односрезного соединения.

Нагрузка на одну заклепку $F' = \frac{F}{z}$, (3.21)

где F – нагрузка на соединение;

z – число заклепок.

Условие прочности на срез (сдвиг).

$$\tau_c = \frac{4F}{\pi d^2 z} \leq [\tau_c] \quad (3.22)$$

где d – диаметр заклепки,

$[\tau_c]$ - допускаемое напряжение среза.

Типы сварных швов и их расчет

1. Стыковой шов

Расчет шва:

$$\sigma = \frac{P}{Sl} \leq [\sigma]' \quad (3.23)$$

где σ - нормальное напряжение в шве;

P - нагрузка;

S - минимальная толщина детали;

l - периметр шва;

$[\sigma]'$ - допускаемое нормальное напряжение для металла шва.

Для увеличения периметра шов иногда выполняют косым тавровым или фигурным.

2. Швы внахлестку

а) лобовой; б) фланговый; в) прорезной; г) пробочный;

Расчет швов:

Опасными принято считать касательные напряжения в сечении под углом 45° к основанию шва (рис.3.2), там, где они достигают максимального значения.

Касательное напряжение (рис.3.1):

$$\tau = \frac{P}{0.7Kl} \leq [\tau]' \quad (3.24)$$

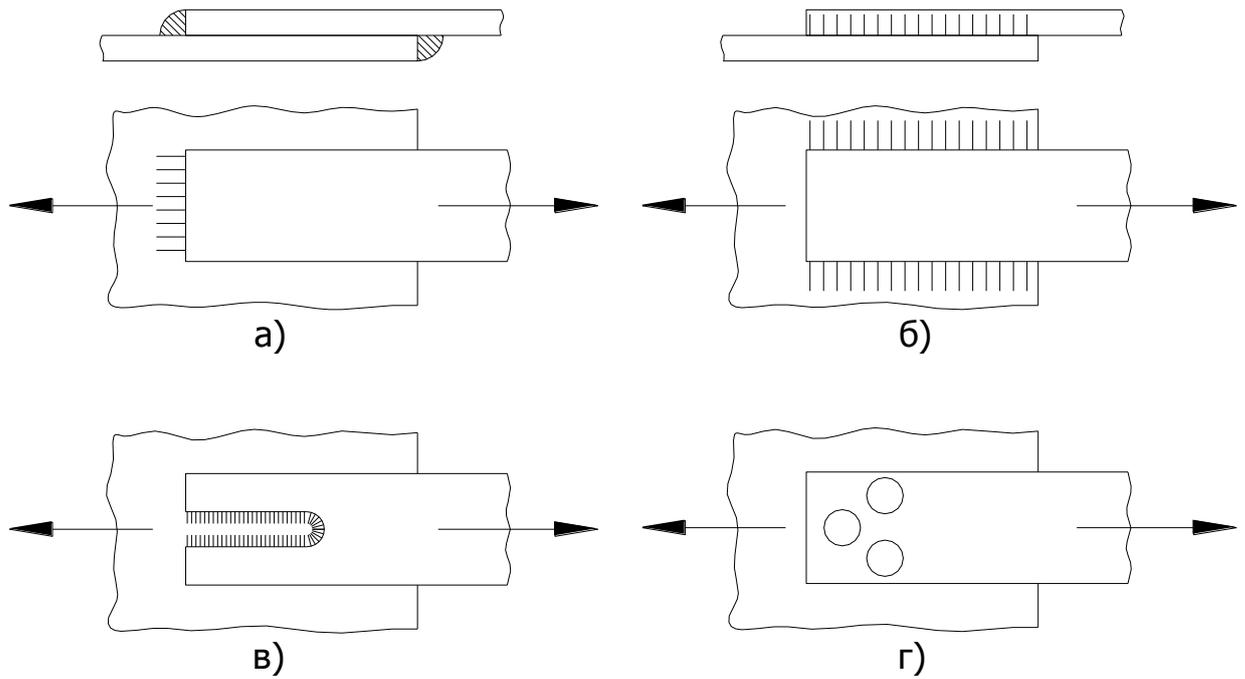


Рис. 3.1

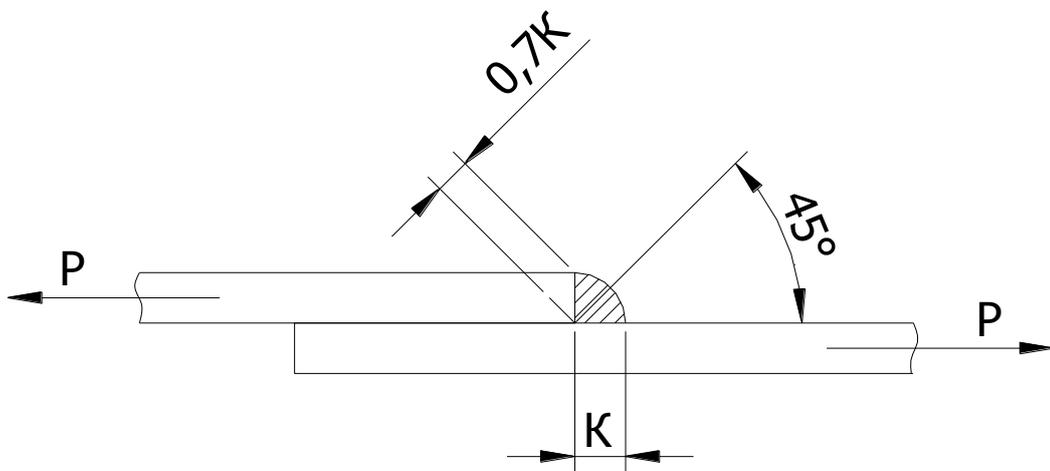


Рис.3.2

где $[\tau]'$ - допускаемое касательное напряжение для металла шва; K - катет шва.

Как это видно ив рис.3.3, эпюра распределения нагрузок по длине флангового шва неравномерна, поэтому фланговые швы не рекомендуется делать длинными. При большой длине их делают прерывистыми.

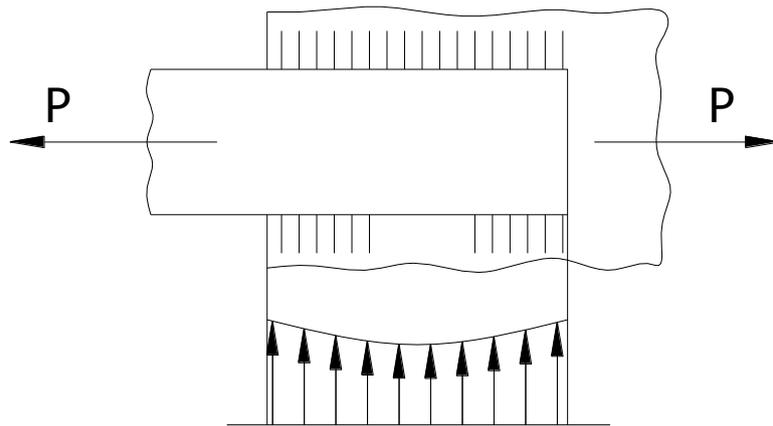


Рис.3.3 Эпюра распределения нагрузки во фланговом шве.

3. Угловые и тавровые швы

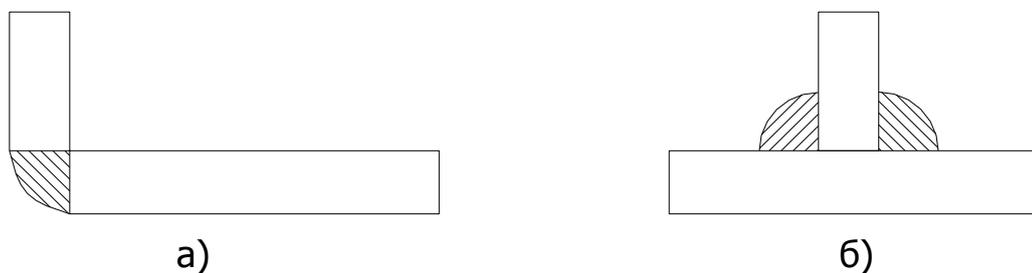


Рис. 3.4 Угловые и тавровые швы

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Рассчитать сварное соединение (определить длину стыкового шва) из двух полос толщиной $\delta=8\text{мм}$, на которое действует растягивающая сила $F=320\text{ кН}$. Материал полос – сталь Ст2.

Задание 2. Спроектировать двухрядный заклепочный шов внахлестку, нагруженный силой $F=40\text{ кН}$. Толщина соединяемых полос $\delta=5\text{мм}$, материал – сталь Ст2.

Контрольные вопросы

- 1 В каких случаях в настоящее время приходится применять заклепочные соединения?
- 2 Как производится расчет заклепочных соединений?

- 3 В каких случаях производят соединение штифтами?
- 4 Какие преимущества имеют сварные соединения по сравнению с заклепочными? Область их применения.
- 5 Что называется сварным швом? Типы сварных швов.
- 6 Как рассчитывают сварные швы, нагруженные осевой силой?
- 7 Какие факторы учитывают при выборе допускаемых напряжений для сварных швов?
- 8 Каковы достоинства, недостатки клеевых соединений по сравнению со сварными? Область их применения.

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Тема 3.15 Соединения с натягом

Практическое занятие 23. Расчет соединений с натягом - 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о соединениях деталей машин;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- основы расчета соединений;

уметь:

- производить расчет соединений

Методические указания

Соединение двух деталей по круговой цилиндрической поверхности можно осуществить непосредственно без применения болтов, шпонок и т. д. Для этого достаточно при изготовлении деталей обеспечить натяг посадки, а при сборке запрессовать одну деталь в другую.

Расчет прочности соединения

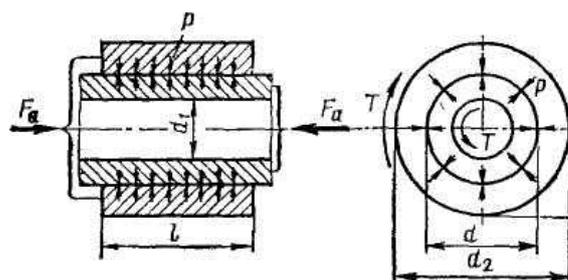


Рис3.5 Расчетная схема прессового соединения

На рис.3.5 приведена расчетная схема прессового соединения.

Условие прочности соединения при нагружении осевой силой:

$$KF_a < fpndl, \quad (3.25),$$

где

p — давление на поверхность контакта;

K — коэффициент запаса = 1,5...2 .

Условие прочности соединения при погружении крутящим моментом

$$KT \leq fp\pi d^2 l / 2. \quad (3.26)$$

При совместном действии T и F_a

$$K\sqrt{F_t^2 + F_a^2} \leq fp\pi dl, \quad (3.27)$$

где $F_t = 2T/d$ — окружная сила.

По теории расчета толстостенных цилиндров, изучаемой в курсе сопротивления материалов, удельное давление на поверхности контакта связано с натягом зависимостью

$$p = \frac{N}{d[C_1/E_1 + C_2/E_2]}, \quad (3.28)$$

где N — расчетный натяг; C_1 и C_2 — коэффициенты:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1 ; \quad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 + d^2} + \mu_2,$$

E_1 и E_2 , μ_1 и μ_2 — модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов вала и втулки:

для стали $E = (21...22) \cdot 10^4$ МПа и $\mu = 0,3$,

для чугуна $E = (12...14) \cdot 10^4$ МПа и $\mu = 0,25$,

для бронзы $E = (10...11) \cdot 10^4$ МПа и $\mu = 0,33$.

При расчете прочности соединения расчетный натяг N определяют по минимальному табличному или вероятностному натягу с поправкой u на срезание и сглаживание шероховатости поверхности при запрессовке (если сборку выполняют нагреванием или охлаждением, $u = 0$):

$$N = N_{min} - u, \quad u = 1.2(R_{z1} + R_{z2}),$$

где R_{z1} и R_{z2} — высоты шероховатостей посадочных поверхностей.

Наиболее распространенные значения R_z для поверхностей прессовых соединений: 10...6,3; 3,2...1,6 мкм, что соответствует 6...8-му классам шероховатости.

В приближенных расчетах прочности соединения стальных и чугунных деталей принимают: $f \approx 0,08...0,1$ — сборка прессованием; $f \approx 0,12...0,14$ — сборка с нагревом или охлаждением.

Изгибающий момент, которым может быть нагружено соединение, определяют: $M = FL = Rx$,

где R — равнодействующая давлений на поверхностях верхнего и нижнего полуцилиндров. Значение этой равнодействующей определяется давлением p прессовой посадки и не изменяется от действия изгибающего момента

$$R = pld.$$

Для обеспечения необходимого запаса прочности соединения на практике принимают

$$M < 0,2pl^2. \quad (3.29)$$

При этом давление в наиболее нагруженных точках соединения не должно вызывать пластических деформаций.

Изменение давлений, вызванное действием изгибающего момента, не отражается на способности соединения воспринимать осевую силу и крутящий момент, так как суммарное значение сил трения остается постоянным.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Подобрать посадку с натягом зубчатого венца червячного колеса на центр колеса. Соединение нагружено вращающим моментом $T = 72$ Нм и осевой силой $F = 160$ Н. Материал колеса – бронза БрОФ10-1 (отливка в землю), $\sigma_{T2} = 140$ Н/мм². Материал центра колеса – сталь 40Л. Наружный диаметр охватывающей детали $d_2 = 258$ мм, диаметр посадочной поверхности $d = 258$ мм, длина посадочной поверхности – $l = 40$ мм. Диаметр вала $d_1 = 45$ мм. При работе передачи зубчатый венец может нагреваться до температуры $t_1 = 60$ °С, а центр колеса – до температуры $t_2 = 50$ °С. Сборка осуществляется нагревом зубчатого венца.

Контрольные вопросы

1. Какими способами осуществляют цилиндрическое соединение с натягом?
2. Каковы преимущества и недостатки соединений с натягом по сравнению с другими видами соединений? В каких случаях их применяют?
3. Каковы условия, обеспечивающие взаимную неподвижность деталей цилиндрических соединений с натягом при нагружении соединения осевой силой или вращающим моментом? При одновременном нагружении осевой силой и вращающим моментом?
4. Как определить минимальный требуемый и максимальный допустимый натяги соединения? Как выбирается необходимая посадка по таблицам стандартов?

- 5 Как осуществляют сборку соединения с натягом при использовании теплового деформирования?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Тема 3.17 Шпоночные и шлицевые соединения

Практическое занятие 24. Расчет шпоночных и шлицевых соединений- 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о соединениях деталей машин;
- формирование умений по решению задач.

Студент должен:

знать:

- основы расчета соединений;

уметь:

- производить расчет соединений

Методические указания

Расчет ненапряженных шпоночных соединений

Для упрощения расчета предполагается равномерная эпюра распределения нагрузок на боковую поверхность шпонки (хотя в действительности она неравномерна).

Шпонки рассчитываются на смятие и срез от действующего по диаметру вала окружного усилия:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{\frac{h}{2}l} \leq [\sigma]_{см} \quad (3.30)$$

$$\tau = \frac{P}{bl} \leq [\tau] \quad (3.31)$$

$$P = \frac{3M_k}{d} \quad (3.32)$$

где h , b , l - высота, ширина и длина шпонки;

$[\sigma]_{см}$, $[\tau]$ - допускаемые напряжения смятия и среза (по таблицам).

Длина шпонки выбирается по более опасному напряженному состоянию.

Расчет шлицевых соединений

Как и шпонки, шлицы рассчитывается на смятие и срез:

$$\sigma_{см} = \frac{P}{Zlh} \leq [\sigma]_{см} \quad (3.33)$$

$$\tau = \frac{P}{Zlb} \leq [\tau] \quad (3.34)$$

$$P = \frac{M_k}{R_c} \quad (3.35)$$

где R_c - средний радиус шлицов;

M_k - крутящий момент на оси вала.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задания в рабочей тетради

Задание 1.

Выбрать тип стандартного шпоночного соединения стального зубчатого колеса с валом и подобрать размеры шпонки. Диаметр вала $d=45$ мм, соединение передает момент $T=189,5$ Нм при спокойной нагрузке.

Задание 2.

Подобрать шлицевое ненапряженное соединение стального зубчатого колеса с валом. Диаметр вала $d=45$ мм, соединение передает момент $T=189,5$ Нм при спокойной нагрузке. Материал – сталь 45 с термообработкой – улучшение 290 НВ.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение шпонок и какие их типы стандартизованы? Материал шпонок. Недостатки шпоночных соединений.
- 2 В каких случаях применяют призматические шпонки?
- 3 Какие достоинства имеют соединения сегментными шпонками и когда их рекомендуют применять?
- 4 Как устанавливают размеры шпонок?
- 5 Объясните, почему для разных ступеней одного и того же вала рекомендуется назначать одинаковые шпонки по сечению исходя из ступени меньшего диаметра.
- 6 Как произвести проверочный расчет призматических и сегментных шпонок?

Список литературы

- 1 Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006.
- 2 Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Ахметзянов, М. Х. Техническая механика (сопротивление материалов) [Электронный ресурс]: учебник для СПО / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 300 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
2. Мархель И.И. Детали машин: учебник/ И.И. Мархель – М.: Форум, 2011

Дополнительные источники:

1. Асадулина, Е. Ю. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Е. Ю. Асадулина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. :Издательство Юрайт, 2017. — 279 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
2. Асадулина, Е. Ю. Сопротивление материалов. Конспект лекций[Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / Е. Ю. Асадулина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 254 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
3. Асадулина, Е. Ю. Сопротивление материалов: построение эпюр внутренних силовых факторов, изгиб [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Е. Ю. Асадулина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 115 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
4. Асадулина, Е. Ю. Техническая механика: сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для СПО / Е. Ю. Асадулина. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 290 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

5. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для СПО / В. Г. Атапин. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 342 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
6. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В. Г. Атапин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 218 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
7. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий с примерами их решений [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В. Г. Атапин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 151 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
8. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник и практикум для СПО / С. Н. Кривошапко. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 413 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
9. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / С. Н. Кривошапко, В. А. Копнов. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 353 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
10. Макаров, Е. Г. Сопротивление материалов с использованием вычислительных комплексов [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Е. Г. Макаров. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 413 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
11. Минин, Л. С. Сопротивление материалов. Расчетные и тестовые задания [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Л. С. Минин, Ю. П. Самсонов, В. Е. Хроматов ; под ред. В. Е. Хроматова. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 224 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
12. Олофинская В.П. Детали машин: краткий курс и тестовые задания Учеб. пособие/В.П. Олофинская. – М.: Форум, 2006

13. Сопротивление материалов: лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / А. Н. Кислов [и др.]. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 130 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Интернет-ресурсы

1. Библиотека машиностроителя <http://lib-bkm.ru>
2. Российское образование: Федеральный портал <http://www.edu.ru/>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/window>
4. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>
5. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru/>

