

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Югорский государственный университет»
НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Югорский государственный университет»



ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО,
НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

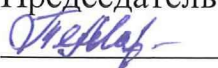
по специальности

21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин

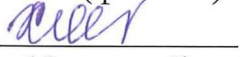
Методические указания и контрольные задания
для обучающихся заочной формы обучения
образовательных учреждений
среднего профессионального образования

Нижневартовск 2017

РАССМОТРЕНО

На заседании ПЦК «ЭТД»
Протокол № 11 от 14.12.2017 г.
Председатель
 М. Б. Тен

УТВЕРЖДАЮ

Председатель методического совета
ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»
 Р. И. Хайбулина
« 19 » декабря 2017 г.

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения образовательных учреждений среднего профессионального образования по ОП.05 Техническая механика специальности 21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин (21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО, НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ), разработаны в соответствии с:

1. Федеральным государственным образовательным стандартом (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин, утвержденного 12 мая 2014 г.;

2. Рабочей программой, рекомендованной методическим советом Нижневартовского нефтяного техникума, утвержденной на методическом совете ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ» протокол № 4 от 31.08.2017 г.

Разработчик:

Кульмасова Гульнара Зифовна, преподаватель Нижневартовского нефтяного техникума (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

Рецензенты:

1. Тетикли Н.М., высшая квалификационная категория, преподаватель Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

2. Фадеев В.А., преподаватель высшей категории БУ «НИЖНЕВАРТОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ».

Замечания, предложения и пожелания направлять в Нижневартовский нефтяной техникум (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет» по адресу: 628615, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ, г. Нижневартовск, ул. Мира, 37.

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения являются частью программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) в соответствии с ФГОС СПО по специальности 21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

уметь:

- определять напряжения в конструкционных элементах
- определять передаточные отношения;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединения деталей и сборочных единиц;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
- собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- читать кинематические схемы;

знать:

- виды движений и преобразующие движения механизмы;
- виды износа и деформации деталей и узлов;
- виды передач, их устройство, назначение, преимущества и недостатки, условные обозначения на схемах;
- кинематику механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;
- методику расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации
- методику расчета на сжатие, срез и смятие;
- назначение и классификацию подшипников;
- характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
- основные типы смазочных устройств;
- типы, назначение, устройство редуктора;
- трение, его виды, роль трения в технике;
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен освоить общие компетенции, включающие в себя способность:

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 в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, 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.

ПК 1.1. Выбирать оптимальный вариант проводки глубоких и сверхглубоких скважин в различных горно-геологических условиях.

ПК 1.2. Выбирать способы и средства контроля технологических процессов бурения.

ПК 1.3. Решать технические задачи по предотвращению и ликвидации осложнений и аварийных ситуаций.

ПК 1.4. Проводить работы по подготовке скважин к ремонту; осуществлять подземный ремонт скважин.

ПК 2.1. Производить выбор бурового оборудования в соответствии с геолого-техническими условиями проводки скважин.

ПК 2.2. Производить техническое обслуживание бурового оборудования, готовить буровое оборудование к транспортировке.

ПК 2.3. Проводить проверку работы контрольно-измерительных приборов, автоматов, предохранительных устройств, противовыбросового оборудования.

ПК 2.4. Осуществлять оперативный контроль за техническим состоянием наземного и подземного бурового оборудования.

ПК 2.5. Оформлять технологическую и техническую документацию по обслуживанию и эксплуатации бурового оборудования.

ПК 3.1. Обеспечивать профилактику производственного травматизма и безопасные условия труда.

ПК 3.2. Организовывать работу бригады по бурению скважины в соответствии с технологическими регламентами.

ПК 3.3. Контролировать и анализировать процесс и результаты деятельности коллектива и исполнителей, оценивать эффективность производственной деятельности.

Контрольная работа состоит из пяти задач: две по теоретической механике (статика, кинематика, динамика), две по сопротивлению материалов (деформация растяжения (сжатие), кручение и изгиб) и одна по дета-

лям машин. В конце курса -экзамен. Варианты заданий контрольной работы определяются по последним двум цифрам шифра зачетной книжки (если цифра превышает 30, то из исходной цифры необходимо отнять 30 и т.д.). В этой связи обучающийся должен подготовиться к экзамену (вопросы в данном методическом пособии), изучая содержание тем в тематическом плане.

Объем контрольных работ оптимальный, выполняются в школьных тетрадях в клетку (12-18 листов). Решения задач должны быть подробными, с применением схем, рисунков. Рисунки (схемы, таблицы) должны иметь нумерацию и наименование.

В контрольных работах должна быть дата написания и личная подпись автора, а также указан список литературы, который применялся для решения задач.

Допуск к экзамену состоит из зачетной контрольной работы, выполненных практических работ в период сессий, а также присутствия на сессиях.

Перечень вопросов на экзамен и зачет выдается обучающимся в межсессионный период, крайний срок- первый день начала очередной сессии.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1.1. Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов при заочной форме обучения		Самостоятельная работа
	Всего	ПЗ	
1	2	3	4
Раздел 1. Теоретическая механика			
Статика			
Тема 1.1. Основные понятия и аксиомы статики			2
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил Практическое занятие № 1. Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим и графическим способами	1	2	2
Тема 1.3. Связи, реакции связей. Опорные реакции балок			
Тема 1.4. Распределенные нагрузки. Опорные реакции балок			
Тема 1.5. Пара сил и момент сил относительно точки	1		2
Тема 1.6. Плоская система произвольно расположенных сил	1		4
Тема 1.7. Пространственная система сил			2
Тема 1.8. Центр тяжести	1		2

Кинематика			
Тема 1.9. Основные понятия кинематики			
Тема 1.10. Кинематика точки	1		2
Тема 1.11. Простейшие движения твердого тела	1		4
Динамика			
Тема 1.12. Основные понятия и аксиомы динамики	2		4
Тема 1.11. Трение. Работа и мощность			
Раздел 2. Сопротивление материалов			
Тема 2.1. Основные положения	1		
Тема 2.2. Растяжение и сжатие			
Практическое занятие № 2. Расчет бруса на прочность при растяжении и сжатии	1	2	2
Тема 2.3. Механические характеристики материалов, расчет на прочность при растяжении и сжатии	2		
Тема 2.4. Практические расчеты на срез и смятие			
Практические занятия № 3. Расчет болтового соединения на срез и смятие	2	2	4
Тема 2.5. Кручение			2
Тема 2.6. Изгиб			
Практические занятия № 4. Расчет балки на прочность при изгибе	2	2	2
Тема 2.7. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил при изгибе			2
Раздел 3. Детали машин			
Тема 3.1. Основные положения			
Тема 3.2. Общие сведения о передачах	2		
Тема 3.3. Неразъемные соединения			
Тема 3.4. Разъемные соединения			
Тема 3.5. Фрикционные передачи и вариаторы			
Тема 3.6. Зубчатые передачи			
Практическое занятие №5. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах		2	2
Тема 3.7. Передача винт-гайка Общие сведения о передаче винт-гайка. Виды разрушения, материалы			
Тема 3.8. Червячная передача			2
Тема 3.9. Общие сведения о редукторах			
Тема 3.10. Ременная передача	2		2
Тема 3.11. Цепная передача			2
Тема 3.12. Валы и оси			
Тема 3.13. Подшипники скольжения	2		
Тема 3.14. Подшипники качения			
Тема 3.11. Муфты.			
Тема 3.16. Виды износа деталей и узлов			
Итого по учебной дисциплине:	20	10	44

1.2. Содержание учебной дисциплины

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Статика

Тема 1.1. Основные понятия и аксиомы статики

Обучающийся изучает основные понятия теоретической механики, разделы технической механики. Определение силы, ее характеристики. Понятие системы сил, равнодействующая сила. Формулировка аксиом статики. [1], с.3.

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Понятие плоской системы сходящихся сил. Разложение силы на две составляющие. Определение равнодействующей системы сил геометрическим способом. Силовой многоугольник. Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил. Проекция силы на оси координат. Аналитическое условие равновесия. Определение равнодействующей аналитическим способом. [1], с.3-9.

Тема 1.3. Связи, реакции связей. Опорные реакции балок.

Понятие связей, силы реакции, внешней силы. Формулирование принципа освобожденности. Определение направлений силы реакции, видов связей. . [4], с.7-10.

Тема 1.4. Распределенные нагрузки. Опорные реакции балок.

Понятие сосредоточенных и распределенных нагрузок. Определение равномерно распределенной нагрузки, давление нагрузки; единица измерения давления.[4], с.7-10.

Тема 1.5. Пара сил и момент сил относительно точки

Понятие пары сил и ее характеристик. Формулировка определения для момента пары, эквивалентные пары сил. Сложение пар сил. Условие равновесия системы пар сил. Момент силы относительно точки. [1], с.9-10.

Тема 1.6. Плоская система произвольно расположенных сил

Изучить как осуществляется приведение силы к данной точке, приведение системы сил к данному центру. Определение и условия для главного вектора и главного момента системы сил. Формулировка Теоремы Вариньона о моменте равнодействующей, применение при решении задач. Равновесие плоской системы произвольно расположенных сил. Три уравнения и условия равновесия: формулировка, математическая запись, физический смысл. [1], с.9-14.

Тема 1.7. Пространственная система сил

Нахождение проекции силы на взаимно перпендикулярные оси коор-

динат. Равнодействующая пространственной системы сходящихся сил. Равновесие пространственной системы сходящихся сил. Момент силы относительно оси. Пространственная система произвольно расположенных сил. Уравнения равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.[1], с.11-14.

Тема 1.8. Центр тяжести

Определение силы тяжести, центра тяжести. Нахождение положения центра тяжести тела, имеющего ось симметрии. Как определяется центр тяжести простых геометрических фигур. Определение центра тяжести составных плоских фигур.[1], с.11-14.

Кинематика

Тема 1.9. Основные понятия кинематики.

Обучающийся изучает данный раздел, обращая внимание на понятия о механическом движении, основные понятия кинематики: траектория, путь, скорость, ускорение. Математическое обозначение в СИ, единицы измерения данных физических величин. Основная задача кинематики. [1], с.16-25.

Тема 1.10. Кинематика точки

Способы задания движения точки. Средняя скорость и скорость в данный момент времени. Ускорение нормальное, касательное, полное. Виды движения точки в зависимости от ускорения. Равномерное и равнопеременное движение, уравнения движения. [1], с.16-25.

Тема 1.11. Простейшие движения твердого тела.

Различие поступательное и вращательное движение твердого тела и его свойства. Определение кинематических характеристик твердого тела при его вращении вокруг неподвижной оси и кинематических характеристик точек вращающегося тела. [1], с.16-25.

Динамика

Тема 1.12. Основные понятия и аксиомы динамики

Обучающийся, изучая данный раздел, определяет основные аксиомы и задачи динамики. Формулирует аксиомы, связь законов Ньютона в динамике, их применение.[1], с.26-32.

Тема 1.11. Трение. Работа и мощность.

Определение работы постоянной силы при прямолинейном движении. Понятие о работе переменной силы. Различие между работой силы тяжести и работой силы трения. Работа при вращательном движении. Мощность. Единицы измерения данных физических величин.[4], с.22-24.

РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.1. Основные положения

Изучение данного раздела подразумевает определение таких понятий как прочность, жесткость, устойчивость. Определение упругих и пластических деформаций. Различие между внешними и внутренними силами. Применение метода сечений при определении внутренних силовых факторов (ВСФ) в поперечных сечениях.[2], с.6-7.

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Понятие внутреннего силового фактора (ВСФ) в поперечных сечениях при растяжении и сжатии. Правила построения эпюр. Эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации при растяжении и сжатии. Формулировка Закона Гука. [2], с.21-44.

Тема 2.3. Механические характеристики материалов, расчет на прочность при растяжении и сжатии

Понятия предела пропорциональности, предела текучести, условный предел текучести. Предел прочности. Коэффициент запаса. Расчет допускаемого напряжения.[2], с.30-33.

Тема 2.4. Практические расчеты на срез и смятие

Основные допущения при расчетах на срез и смятие. Срез: расчетные формулы, условие прочности. Смятие: расчетные формулы, условие прочности. . [2].

Тема 2.5. Кручение

Основные понятия о деформации кручения. Определение эпюры крутящих моментов. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Порядок построения эпюр.[2], с.166-180.

Тема 2.6. Изгиб

Основные понятия и определения деформации изгиб. Классификация видов изгиба. ВСФ при прямом поперечном изгибе. Построение эпюр поперечных сил. Нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса при изгибе. [2], с.98-136.

Тема 2.7. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил при изгибе

Порядок построения эпюр изгибающих моментов. Анализ внутренних силовых факторов. Определение знака изгибающего момента. Понятие об усталости материалов. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Критическая сила. Расчеты сжатых стержней на устойчивость. [2], с.98-136.

РАЗДЕЛ 3. ДЕТАЛИ МАШИН

Тема 3.1. Основные положения

Цели и задачи курса «Детали машин». Классификация машин по назначению. Детали и сборочные единицы машин, их классификация. Требования, предъявляемые к машинам, основные критерии работоспособности.[4], с.86-100.

Тема 3.2. Общие сведения о передачах

Назначение и классификация передач. Определение передаточного числа и передаточного отношения. Понятие коэффициента полезного действия (КПД). Основные кинематические и силовые соотношения в передачах.[4], с.90-100.

Тема 3.3. Неразъемные соединения

Общие сведения о неразъемных соединениях таких как: клепаные, сварные, паяные и клееные соединения. Классификация, достоинства, недостатки, применение данных соединений.[4], с.110-121.

Тема 3.4. Разъемные соединения

Общие сведения о разъемных соединениях. Классификация, достоинства, недостатки, применение резьбовых, шпоночных, шлицевых соединений. Стандартные крепежные детали. [4], с.121-130.

Тема 3.5. Фрикционные передачи и вариаторы

Общие сведения о фрикционных передачах: принцип работы, устройство, достоинства, недостатки, область применения. [4], с.138-138.

Тема 3.6. Зубчатые передачи

Общие сведения о зубчатых передачах. Основные геометрические параметры прямозубой передачи, силы, возникающие в зацеплении. Классификация зубчатых передач: косозубые, шевронные, конические прямозубые передачи. Конструкции цилиндрических зубчатых редукторов. [4], с.139-144.

Тема 3.7. Передача винт-гайка

Общие сведения о передаче винт-гайка. Виды разрушения, материалы, используемые в данной передаче для изготовления деталей.[4], с.148-152.

Тема 3.8. Червячная передача

Устройство, принцип работы, достоинства, недостатки червячной передачи. Определение геометрических параметров.[4], с.143-144.

Тема 3.9. Общие сведения о редукторах

Общие сведения о редукторах. Зубчатые редукторы: цилиндрические, конические, червячные, планетарные, волновые. Применение в машиностроении. [4].

Тема 3.10. Ременная передача

Общие сведения о ременных передачах. Сравнительная характеристика передач плоским, клиновым и поликлиновым ремнями. Основные геометрические соотношения в передаче. [4], с.138-139.

Тема 3.11. Цепная передача

Общие сведения о цепных передачах .Область применения. Геометрические и силовые соотношения в цепной передаче. [4], с.144-148.

Тема 3.12. Валы и оси

Назначение и классификация валов и осей. Элементы конструкций. Материалы, применяемые для изготовления валов и осей. . [4].

Тема 3.13. Подшипники скольжения

Общие сведения о подшипниках скольжения. Охарактеризовать виды разрушения и критерии работоспособности.[4], с.125-130

Тема 3.14. Подшипники качения

Устройство, классификация, условные обозначения и основные типы подшипников качения. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Маркировка подшипников качения. [4], с.130-133.

Тема 3.11. Муфты.

Назначение, классификация муфт. Устройство и принцип действия основных типов муфт. Методика подбора стандартных муфт. [4], с.133-136.

Тема 3.16. Виды износа деталей и узлов

Формулирование проблем износа оборудования. Определение и характеристика механического, коррозионного износа. Способы уменьшения износа деталей, применяемые в современных технологиях.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Теоретическая механика

2.1.1. Статика

Система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости и все пересекаются в одной точке, называется плоской системой сходящихся сил.

Плоская система сходящихся сил имеет два условия равновесия:

1. Геометрическое условие: плоская система сходящихся сил находится в равновесии, если силовой многоугольник замкнут.

2. Аналитическое условие: плоская система сходящихся сил находится в равновесии, если алгебраические суммы проекций всех сил системы на оси x и y равны нулю:

$$\begin{aligned}\sum F_{ix} &= 0 \\ \sum F_{iy} &= 0\end{aligned}\tag{1.1}$$

где F_{ix} – проекция силы на ось X ;

F_{iy} – Проекция силы на ось Y

Проекция силы на ось – это алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между положительным направлением оси и вектором силы (т.е. это отрезок, откладываемый силой на соответствующие оси) (рис.1.):

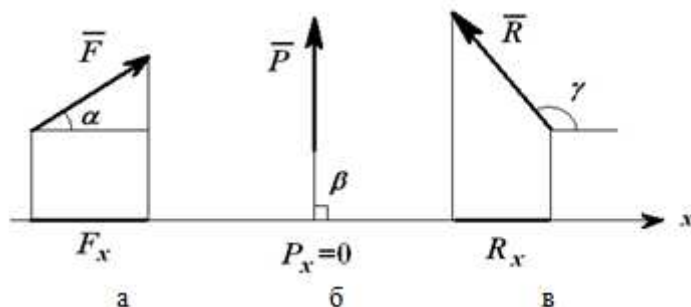


Рисунок 1 - Примеры определения проекций сил

- а) Проекция силы на ось положительная ($0 \leq \alpha < \pi/2$): $F_x = F \cos \alpha$;
- б) Сила перпендикулярна к оси проецируется в точку и ее проекция равна нулю: $P_x = P \cos \beta = P \cdot \cos 90^\circ = 0$;
- в) Проекция силы на ось отрицательная ($\pi/2 < \gamma \leq \pi$): $R_x = R \cos \gamma = -R \cdot \cos(180^\circ - \gamma)$.

Последовательность решения задачи:

1. Выбор тела (или точки), равновесие которого должно быть рассмотрено.
2. Освобождение от связей, т. е. действие связей нужно заменить действием сил (активных, реактивных).

Примечание: Направление реакции связи назначают произвольно. Если направление окажется неверным, то значение реакций в ответе получится со знаком минус.

3. Выбрать систему координат, совместив ее начало с точкой пересечения линии действия сил. Расположить оси координат таким образом, чтобы одна из осей совпадала с направлением какой-либо неизвестной силы.

4. Составление уравнений равновесий:

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0$$

предварительно определив углы между осями и линиями действия сил.

5. Решение уравнений равновесия. Решение рекомендуется, как правило, проводить в общем виде (алгебраически): получить формулы для искоемых величин, подставить числовые значения и найти результат.

Пример 1.

К вертикальной стене АВ на тросе АС подвешен шар с центром О (рис. 2, а) и весом $F = 120$ Н. Трос составляет со стеной угол $\alpha = 30^\circ$. Определить реакции N натяжения троса и давления шара в точке D стены АВ.

Решение:

Задачу решаем аналитическим методом.

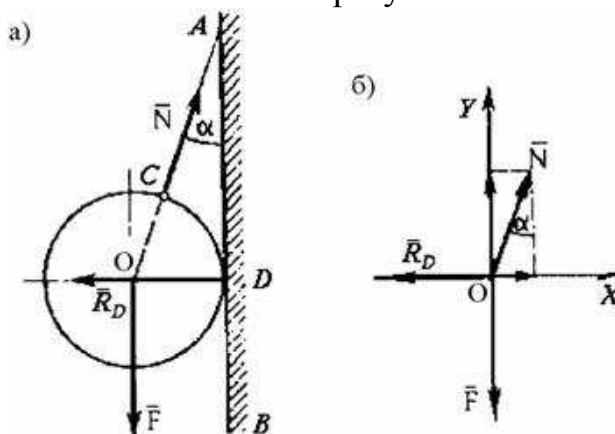


Рисунок 2. а - Исходная схема,
б - Расчетная схема

1. Из данного устройства рассматриваем т.О, находящейся в состоянии покоя под действием активных сил F и N и удерживаемую связями (трос АС и стена АВ).

2. Освобождаем т.О от связей, получим в этой точке плоскую систему трех сходящихся уравновешенных сил: F , N и R_D , при этом реакция N направлена по тросу, а реакция R_D - перпендикулярно стене АВ.

3. Выбираем систему координат, приняв точку О за начало координат, перенесем в эту точку силы F , N и R_D параллельно самим себе и спроецируем силы на оси X и Y (рис. 2, б).

4. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum X = 0, N \cdot \sin \alpha - R_D = 0;$$

$$\sum Y = 0, N \cdot \cos \alpha - F = 0.$$

Подставим значение угла:

$$N \sin 30^\circ - R_D = 0;$$

$$N \cos 30^\circ - F = 0.$$

Решив второе уравнение, находим значение N :

$$N = \frac{F}{\cos 30^\circ} = \frac{120 \cdot 2}{\sqrt{3}} = \frac{240}{\sqrt{3}} = 138,6 \text{ Н}$$

Из первого уравнения определяем реакцию R_D :

$$R_D = N \cdot \sin 30^\circ = \frac{240}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{120}{\sqrt{3}} = 69,3 \text{ Н.}$$

Пример 2.

Определить опорные реакции рамы, где: $F = 50$ кН, $M = 60$ кН·м,

$q = 20 \text{ кН/м}$.

Решение:

1. Рассмотрим равновесие рамы. Мысленно освобождаем раму от связей на опорах (рис. 3, б) и выделяем объект равновесия.

2. Рама загружена активной нагрузкой в виде произвольной плоской системы сил. Вместо отброшенных связей прикладываем к объекту равновесия реакции: на шарнирно-неподвижной опоре А - вертикальную V_A и горизонтальную H_A , а на шарнирно-подвижной опоре В - вертикальную реакцию V_B . Предполагаемое направление реакций показано на рисунке 3, б.

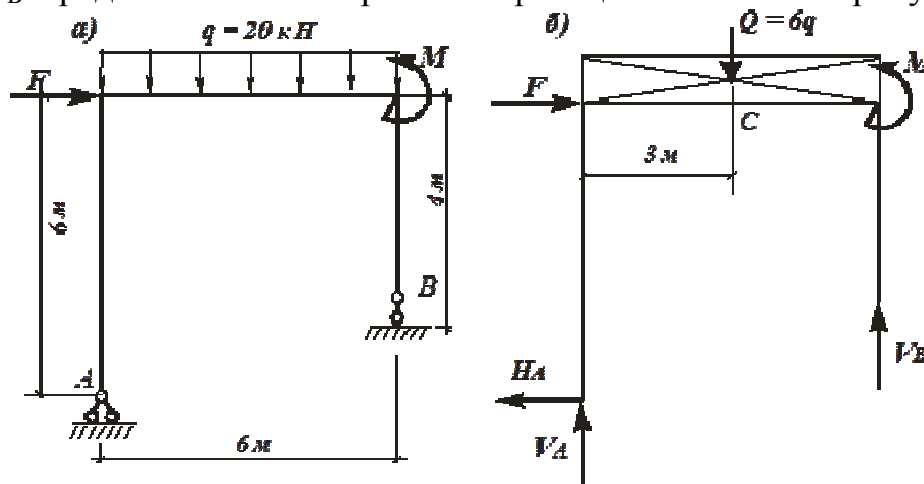


Рисунок 3 - Расчетная схема рамы и объект равновесия:
а – расчетная схема; б – объект равновесия

3. Составляем следующие условия равновесия:

Здесь условно принято направление вращения вокруг моментных точек против движения часовой стрелки за положительное.

Для проверки правильности вычисления реакций используем условие равновесия, в которое входили бы все опорные реакции, например:

$$\sum m_C = 0; V_B \cdot 3 + M - H_A \cdot 6 - V_A \cdot 3 = 0.$$

После подстановки численных значений получаем тождество $0=0$.

Таким образом, направления и величины опорных реакций определены верно.

2.1.2. Кинематика

В задачах кинематики время t принимается за независимое переменное. Все другие переменные величины (расстояние, скорость, ускорение и т.д.) рассматриваются как функции времени t . Отсчет времени ведется от некоторого начального момента ($t = 0$).

Для решения задач кинематики необходимо, чтобы изучаемое движение было как-то задано (описано). Движение тела считается заданным, если известно положение всех его точек (относительно выбранной системы отсчета) в любой момент времени.

Основными задачами кинематики являются:

а) установление математических способов задания движения тел в произвольно выбранной системе отсчета,

б) определение по заданному движению тела всех основных кинематических характеристик (траектории, скорости, ускорения) любой из его точек.

Пример 3.

Тело, двигаясь с места равноускоренно, проходит за четвертую секунду от начала движения 7 м. Какой путь пройдет тело за первые 10 с?

Решение:

Распишем путь за четвертую секунду как разность пути за $t_4=4$. секунды и пути за $t_3=3$. секунды:

$$s_4 = \frac{at_4^2}{2} - \frac{at_3^2}{2}$$

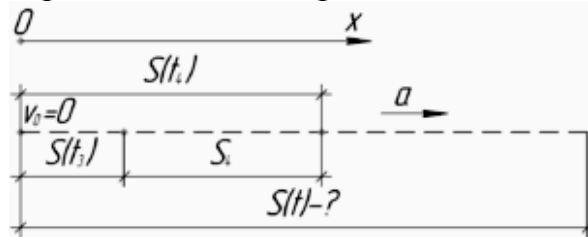


Рисунок 4 - Расчетная схема

$$a = \frac{2s_4}{t_4^2 - t_3^2}$$

Выразим ускорение a:

Учитывая, что тело движется с места, то есть начальная скорость v_0 тела равна нулю, поэтому путь S за $t=10$ секунд легко определить из формулы:

$$s = \frac{at^2}{2}$$

мулы:

Воспользуемся полученной формулой для ускорения a:

$$s = \frac{2s_4 t^2}{2(t_4^2 - t_3^2)} = \frac{s_4 t^2}{(t_4^2 - t_3^2)}$$

Подставив численные значения получим ответ к задаче: $S=100$ м.

2.1.3 Динамика

Работа силы физическая величина, равная произведению модулей векторов силы и перемещения на косинус угла между этими векторами:

$$A = F s \cos \alpha \quad (1.2)$$

где F – сила, действующая на тело, Н;

S – перемещение, м;

Работа постоянной силы F на прямолинейном участке пути s определяется по формуле (направление силы совпадает с направлением перемещения):

$$A = Fs \quad (1.3)$$

Мощность - величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена:

$$N = A/t = Fs/t \quad (1.4)$$

Из уравнения (1.4) найдем формулу для определения мощности:

$$N=Fv \quad (1.5)$$

Если точка массой m , находясь под действием постоянной силы F в течение t с, движется прямолинейно, то теорема об изменении количества движения выражается формулой:

$$mV-mV_0=Ft \quad (1.6)$$

где $mV-mV_0$ – величина изменения проекции количества движения на ось, совпадающую с направлением движения;
 Ft – проекция импульса силы на ту же ось.

Если, рассматривая действие силы на материальную точку массой m , учитывать не продолжительность ее действия, а протяженность, то есть то расстояние, на котором действует сила, то получим теорему об изменении кинетической энергии точки:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = W \quad (1.7)$$

где W – работа всех сил, приложенных к точке, Дж;
 $\frac{mV_0^2}{2}$ – кинетическая энергия точки в начале действия сил;
 $\frac{mV^2}{2}$ – кинетическая энергия точки в конце действия сил.

Изменение кинетической энергии при вращательном движении тела также равно работе, но при вращении. Тогда работа производится не силой, а моментом силы при повороте твердого тела на некоторый угол ϕ , т.е. $W=M_{вр} \phi$ и тогда закон изменения кинетической энергии твердого тела при вращении:

$$M_{вр} \phi = \frac{I_z \omega^2}{2} - \frac{I_z \omega_0^2}{2} \quad (1.8)$$

где I_z – момент инерции твердого тела относительно оси Z ;
 ω, ω_0 – угловые скорости соответственно в начале и в конце вращения.

Коэффициент полезного действия, равен отношению полезной работы к затраченной, либо же полезной мощности к затраченной:

$$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} \quad \eta = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} \quad (1.9)$$

Какая работа полезная, а какая затраченная определяется из условия конкретной задачи путем логического рассуждения. К примеру, если подь-

емный кран совершает работу по подъему груза на некоторую высоту, то полезной будет работа по поднятию груза (так как именно ради нее создан кран), а затраченной – работа, совершенная электродвигателем крана. В общем случае КПД показывает, как эффективно механизм преобразует один вид энергии в другой.

Пример 4.

Груз массой 2 кг подвешен на динамометре. Снизу груз тянут с силой 10 Н. Что показывает динамометр?

Решение:

Динамометр покажет силу натяжения нити, на которой подвешен груз. Внутри него есть пружина и проградуированная шкала. Когда груз потянут, пружина динамометра растянется, в конце концов сила упругости пружины уравнивается с силой натяжения нити. По тому, куда указывает стрелка динамометра можно узнать силу натяжения нити.

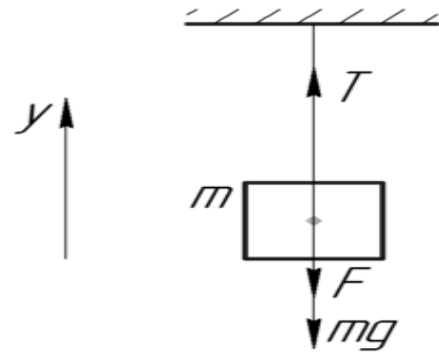


Рисунок 5 - Расчетная схема

Запишем первый закон Ньютона в проекции на ось у.

$$T - mg - F = 0$$

Сила натяжения нити равна:

$$T = mg + F$$

Численно же динамометр покажет усилие:

$$T = 2 \cdot 10 \text{ Н} + 10 \text{ Н} = 30 \text{ Н}$$

2.2. Сопротивление материалов

Сопротивление материалов базируется на понятии "прочность", что является способностью материала противостоять приложенным нагрузкам и воздействиям без разрушения.

Сопротивление материалов оперирует такими понятиями как: внутренние усилия, напряжения, деформации. Приложенная внешняя нагрузка к некоторому телу порождает внутренние усилия в нём, противодействующие активному действию внешней нагрузки. Внутренние усилия, распределенные по сечениям тела, называются напряжениями.

Таким образом, внешняя нагрузка порождает внутреннюю реакцию материала, характеризующуюся напряжениями, которые в свою очередь

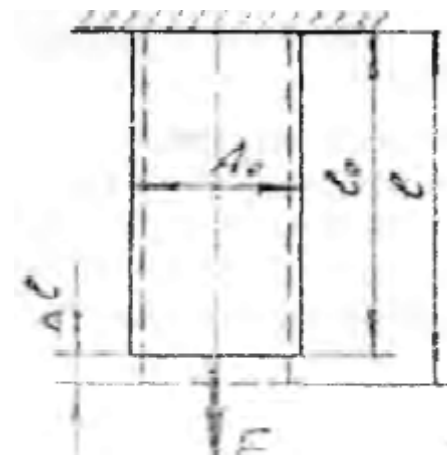


Рисунок 6 - Изменение длины при растяжении

прямо пропорциональны деформациям тела. Деформации бывают линейными (удлинение, укорочение, сдвиг) и угловыми (поворот сечений). Жесткостью определяется сопротивляемость детали изменению формы в пределах упругих деформаций. Чтобы разобраться в этих расчетах, рассмотрим всю сложность деформированного состояния тела на более

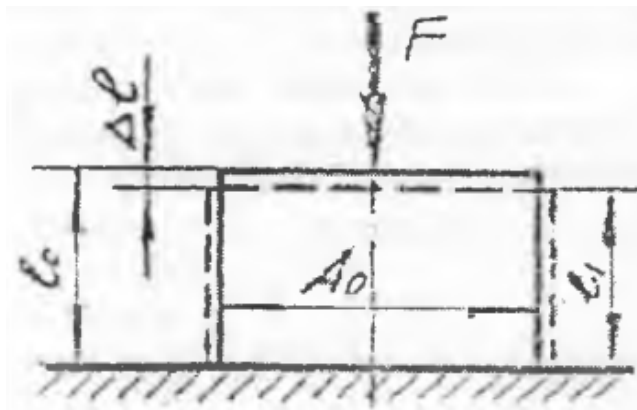


Рисунок 7 - Изменение длины при сжатии

простых четырех видах деформаций; растяжение (сжатие), сдвиг (срез), изгиб и кручение. И так, жесткость при растяжении (сжатии) определяется абсолютным удлинением (укорочением).

Здесь будет применима формула для определения жесткости при растяжении (сжатии), вывод и пояснение которой хорошо изложены в учебниках, предлагаемых в методическом пособии:

$$\Delta l = \frac{F l_0}{E A_0} \quad (1.10)$$

где F – сила, действующая на брус, Н;

l_0 – первоначальная длина бруса, м;

A_0 – первоначальная площадь бруса, м²;

E – модуль упругости, определяющий упругие свойства материала, Н/мм²

Примечание: Для определения внутренних сил пользуются методом сечений, который заключается в мысленном рассечении детали секущей плоскостью, перпендикулярной детали.

2.2.1. Растяжение (сжатие)

Растяжением или сжатием называется такой вид деформации, при котором в любом поперечном сечении бруса возникает только продольная сила.

Пример 5.

Для двухступенчатого бруса (рис. 8) определить и построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Определить удлинение (укорочение) бруса, если $F_1 = 40$ кН, $F_2 = 50$ кН, $A_1 = 314$ мм², $A_2 = 1256$ мм², $a = 1,2$ м, $b = 0,6$ м, $c = 1,0$ м. Модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ Н/мм².

Решение:

Разделим брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяется площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. При составлении уравнений равновесия надо использовать правила знаков, проекций сил, принятых в теоретической механике, а именно: про-

екция силы берется со знаком плюс, если ее направление совпадает с положительным, направлением оси. Мысленно рассечем брус в пределах первого участка и отбросим верхнюю часть бруса. Вместо отброшенной верхней части приложим внутреннюю силу N_1 , которая уравнивается силой F_1 : $N_1 = F_1 = 40 \cdot 10^3 \text{ Н} = 40 \text{ кН}$

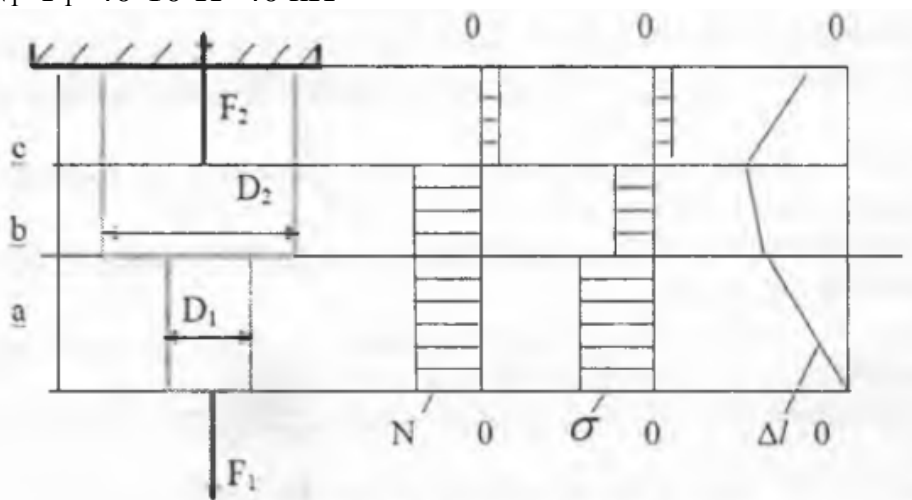


Рисунок 8 - Эпюры N, Q, Δ

Аналогично, в пределах участка II отбросим верхнюю часть бруса и рассмотрим оставленную часть бруса с действующей силой F_1 , которая уравнивается продольной силой N_{II} :

$$N_{II} = F_1 = 40 \cdot 10^3 \text{ Н} = 40 \text{ кН.}$$

Продольная сила на участке III уравнивается в сечении внешними силами F_1 и F_2 и равна их алгебраической сумме:

$$N_{III} = F_1 - F_2 = 40 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3 = -10 \cdot 10^3 = -10 \text{ кН.}$$

В пределах каждого участка нагружения продольная сила постоянна, а потому на эпюре изобразится линией, параллельной оси бруса. Эпюра заполняется векторными линиями, перпендикулярными оси бруса.

Построим эпюру N . Для этого параллельно оси бруса проведем базовую (нулевую) линию. Левее ее откладываем значение продольной силы, вызванной сжатием участка, а правее - растяжением. В пределах участка III брус сжат ($N_{III} = -10 \text{ кН}$), в пределах участков II и I брус растянут ($N_{II} = N_1 = 40 \text{ кН}$):

$$\sigma_1 = N_1 / A_1 = 40 \cdot 10^3 / 314 = 127 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_2 = N_2 / A_2 = 40 \cdot 10^3 / 1256 = 31,8 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_3 = -N_3 / A_3 = 10 \cdot 10^3 / 1256 = -10,2 \text{ Н/мм}^2;$$

В соответствии с полученными значениями напряжений строим эпюру нормальных напряжений. При построении эпюр продольных сил и нормальных напряжений нет необходимости изображать отдельные отсеченные части бруса, достаточно обратить внимание на то, что продольная сила, возникающая в произвольном сечении, равна алгебраической сумме всех

внешних сил, приложенных к брусу по одну сторону от рассматриваемого сечения, а нормальное напряжение, равно отношению продольной силы к соответствующей площади поперечного сечения. Кроме того, при построении эпюр и проверке их правильности следует руководствоваться следующими правилами:

1. Скачки на эпюрах N имеют место не только в точках приложения сосредоточенных сил, но и в местах изменения поперечного сечения.
2. На эпюре σ скачки имеют место не только в точках приложения сосредоточенных сил, но и в местах изменения площади поперечного сечения.
3. Знаки на участках эпюры σ должны совпадать со знаками на соответствующих участках эпюры N .
4. Поле эпюр заполняется равномерно удаленными друг от друга векторами без стрелочек.

Полное удлинение бруса можно найти, воспользовавшись эпюрой N , равно алгебраической сумме удлинений, его участков:

$$\Delta l = N_1 l_1 / A_1 E + N_2 l_2 / A_2 E - N_3 l_3 / A_2 E = 1/2, 1 \cdot 10^5 \cdot [(40 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^3) / 314 + (40 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 10^3) / 1256 - (10 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^3) / 1256] = 0,79 \text{ мм}$$

2.2.2. Изгиб

Для подбора сечения балки (проектного расчета) из условия прочности определяют необходимое значение осевого момента сопротивления:

$$W_x \geq \frac{M_{x \max}}{[\sigma]} \quad (1.11)$$

По найденному моменту сопротивления W_x подбирают соответствующее сечение по сортаменту. Для закрепленной одним концом балки расчет целесообразно вести со свободного конца.

Последовательность решения задачи:

1. Балку разделить на участки по характерным точкам.
2. Определить вид эпюры поперечных сил на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить поперечные силы в характерных сечениях и построить эпюру поперечных сил.
3. Определить вид эпюры изгибающих моментов на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить изгибающие моменты в характерных сечениях и построить эпюру изгибающих моментов.
4. Исходя из эпюры M_x (рис.9,10): определения экстремальных значений изгибающих моментов дополнительно определить моменты в сечениях, где эпюра поперечных сил проходит через нуль (сечение К).
5. Для подбора сечения из условия прочности определить W_x , в опасном сечении, т.е. в сечении, где изгибающий момент имеет наибольшее по модулю значение.

Пример 6.

Для заданной консольной балки (поперечное сечение - двутавр, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$). Построить эпюры Q_y и M_x и подобрать сечение по сортаменту.

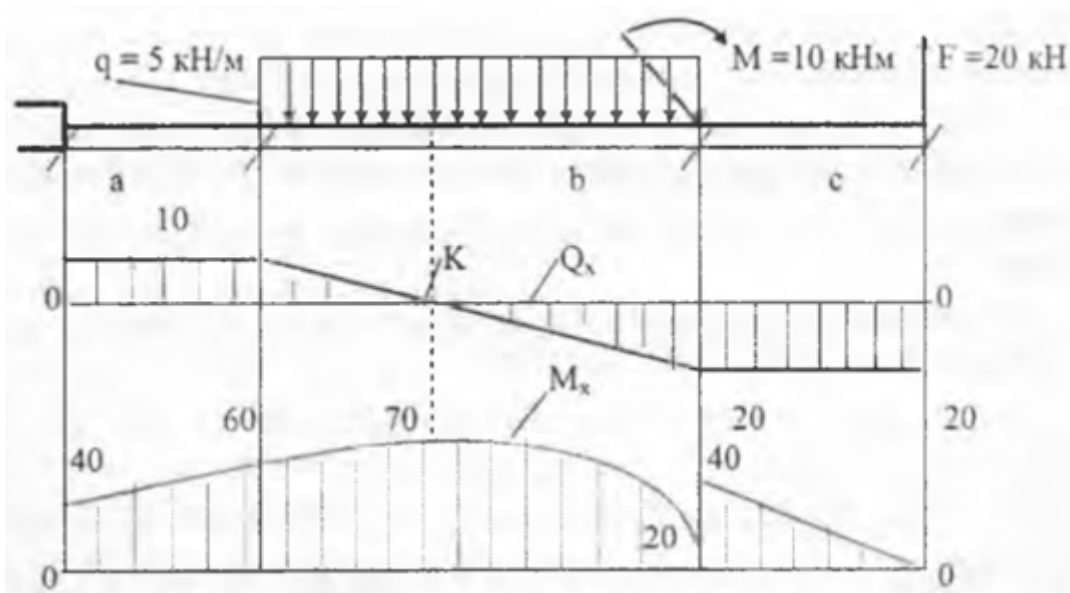


Рисунок 9 - Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

Решение:

1. Делим балку на участки по характерным точкам: по вертикальным линиям связи.

2. Определяем ординаты и строим эпюру Q_y :

$$Q_0^{\text{лев}} = -F = -20 \text{ кН};$$

$$Q_B = -F = -20 \text{ кН};$$

$$Q_C = -F + g \cdot CB = -20 + 30 = 10 \text{ кН};$$

$$Q_D^{\text{пр}} = -F + g \cdot CB = -20 + 30 = 10 \text{ кН}.$$

3. Определяем ординаты и строим эпюру M_x .

$$M_0 = 0; M^{\text{пр}}_B = F \cdot OB = 20 \cdot 2 = 40 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M^{\text{лев}}_B = F \cdot OB - M = 20 \cdot 2 - 10 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C = F \cdot OC - M - G \cdot CB^2 / 2 = 20 \cdot 8 - 10 - 5 \cdot 6^2 / 2 = 60 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M^{\text{пр}}_D = F \cdot OD - M - g \cdot CB(CB/2 + DC) = 20 \cdot 10 - 10 - 5 \cdot 6 \cdot 5 = 40 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Для определения экстремального значения момента в сечении К, где $Q_y = 0$, определяем длину KB.

$\Delta CC_1, k$ подобен ΔKBV_1 . Отсюда:

$$CC_1 / BV_1 = CB - KB / KB, CC_1 \cdot KB_1 = BV_1 \cdot CB - BV_1 \cdot KB;$$

$$KB(CC_1 + BV_1) = BV_1 \cdot CB; KB = BV_1 \cdot CB / CC_1 + BV_1 = 20 \cdot 6 / 10 + 20 = 4 \text{ м}; M_{x \text{ max}} = 70 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$W_x = M_{x \text{ max}} / [\sigma] = 70 \cdot 10^3 / 160 \cdot 10^6 = 0,438 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 438 \text{ см}^2.$$

В соответствии с ГОСТ 8239-72 выбираем двутавр № 30 (см таблицы сортового проката сталей).

Пример 7.

Для заданной двухопорной балки (рис. 10) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и определить размеры поперечного сечения (h , b , d) в форме прямоугольника или круга, приняв для прямоугольника $h/b = 1,5$. Считать $[\sigma] = 160$ МПа.

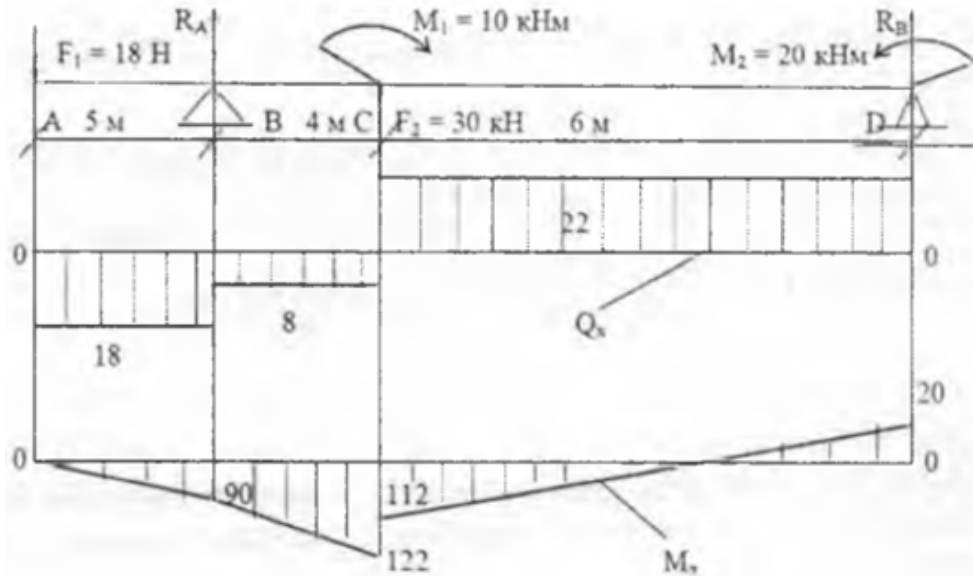


Рисунок 10 - Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов однопролетной балки с консолью

Решение:

1. Определяем опорные реакции и проверяем их найденные значения:

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

$$R_B = (M_1 - F_2 \cdot CD - M_2 + F_1 \cdot OD) / BD = 20 - 30 \cdot 6 - 10 + 18 \cdot 15 / 10 = 10 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = 0; \sum M_B = -F_1 \cdot OB + M_2 - F_2 \cdot BC - R_D \cdot BD - M_1 = 0;$$

$$R_D = -F_1 \cdot OB + M_2 - F_2 \cdot BC - M_1 / BD = -18 \cdot 5 + 10 - 30 \cdot 4 - 20 / 10 = -22 \text{ кН}.$$

Так как реакция R_D получилась со знаком минус, то изменяем ее первоначальное направление на противоположное. Истинное направление реакции R_D - вниз (рис. 10).

Проверка:

1. $\sum Y = -F_1 + R_B + F_2 - R_D = -18 + 10 - 30 - 22 = 0$ - условие статически $\sum Y = 0$ выполняется, следовательно, реакции опор определены верно. При построении эпюр используем только истинные направления реакции опор.

2. Делим балку на участки по характерным точкам (рис. 10).

3. Определяем ординаты и строим эпюру (рис. 10) Q_y слева направо:

$$Q_0^{\text{пр}} = -F_1 = -18 \text{ кН};$$

$$Q_B^{\text{лев}} = -F_1 = -18 \text{ кН};$$

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

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

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

$$Q_D^{лсв} = -F_1 + R_B + F_2 = 22 \text{ кН.}$$

4. Вычисляем ординаты и строим эпюру M_x (рис.10):

$$M_0 = 0; M_B = -F_1 \cdot AB = -18 \cdot 5 = -90 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_C^{лсв} = -F_1 \cdot OC + R_B \cdot BC = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 = -122 ;$$

$$M_C^{пр} = -F_1 \cdot OC + R_B \cdot BC + M_2 = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 + 10 = 112 \text{ кНм}$$

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

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

а) сечение-прямоугольник с заданным соотношением сторон ;

б) сечение-круг.

Вычисление размеров прямоугольного сечения:

$$W_x = M_{x \max} / [\sigma] = 122 \cdot 10^3 / 160 \cdot 10^6 = 0.76 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 0.762 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Из формулы $W_x = bh^2/6$, учитывая , что $h = 1.5 b$, находим диаметр круглого сечения:

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

Из формулы $W_x = \pi d^3/32$ находим диаметр круглого сечения:

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

2.3 Детали машин

При проектировании работоспособность деталей обеспечивают рациональной конструктивной формой, выбором материала и расчетом по главному критерию. Критерием работоспособности называют причину отказа детали.

Основными критериями для расчета являются: прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, виброустойчивость. Выбор критерия обусловлен характером возможного разрушения (видом отказа).

2.3.1. Основные геометрические соотношения ременных передач

1. Межосевое расстояние a ременной передачи (рис.8) определяет в основном конструкция привода машины. Рекомендуется для передач плоским ремнем:

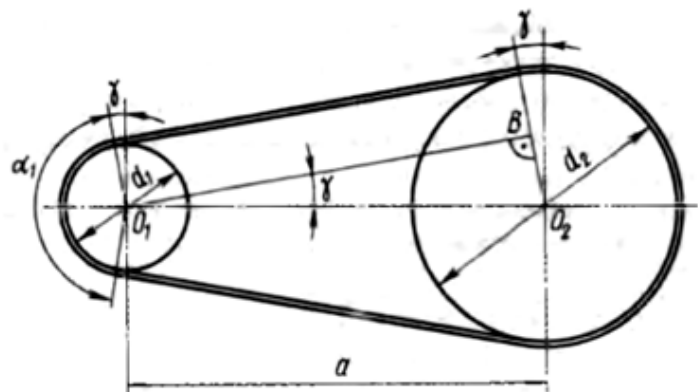


Рисунок 8 - Геометрические параметры ременной передачи

$$a \geq 1,5 (d_2 + d_1) \quad (1.12)$$

для передачи клиновым и подклиновым ремнями:

$$a \geq 0,55 (d_2 + d_1) + h, \quad (1.13)$$

где d_1, d_2 – диаметры шкивов, м;
 h – высота сечения ремня, м.

2. Расчетная длина ремня L_p равна сумме длин прямолинейных участков и дуг обхвата шкивов:

$$L_p = 2a + 0,5\pi(d_2 + d_1) + 0,25(d_2 - d_1)^2 / a \quad (1.14)$$

По найденному значению из стандартного ряда принимают ближайшую расчетную длину ремня L_p . При соединении концов длину ремня увеличивают на 30...200 мм.

3. Угол обхвата ремнем малого шкива:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 2\gamma \quad (1.15)$$

Из треугольника O_1BO_2 (рис.8):

$$\sin \gamma = \frac{BO_2}{O_1O_2} = \frac{(d_2 - d_1)}{2a} \quad (1.16)$$

Практически γ не превышает $\frac{\pi}{6}$, поэтому приближенно принимают $\sin \gamma = \gamma$ рад, тогда :

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} \quad (1.17)$$

Для передачи плоским ремнем рекомендуют $\alpha_1 \geq 150^\circ$, клиновым или поликлиновым $\alpha_1 \geq 110^\circ$.

2.3.2. Проектировочный расчет валов

Проектировочный расчет валов выполняют на статическую прочность с целью ориентировочного определения диаметров ступеней вала. В начале расчета известен только вращающий момент T . Изгибающие моменты M можно определить лишь после разработки конструкции узла, когда, согласно его общей компоновке, определяют длины ступеней вала и сечения, где приложены нагрузки.

Поэтому проектировочный расчет вала выполняют условно только на кручение, а влияние изгиба, концентрации напряжений и характера нагрузки компенсируют понижением допускаемого напряжения $[\tau]_k$ на кру-

чение.

При проектировочном расчете валов редуктора обычно определяют диаметры концевых сечений входного и выходного валов, а для промежуточного вала - диаметр в месте посадки колеса. Диаметры других участков вала назначают при разработке его конструкции с учетом назначения, технологии изготовления, сборки и экономичности.

Диаметр d , мм, расчетного сечения вала вычисляют по формуле:

$$d \geq 10 \sqrt[3]{\frac{M_k}{0.2[\tau]_k}} \quad (1.18)$$

где $M_k=T$ – крутящий момент, действующий в расчетном сечении вала, Н·м;
 $[\tau]_k$ – допускаемое напряжение при кручении, Н/мм².

Для валов из сталей марок Ст5, Ст6, 45 принимают: при определении диаметров концевых участков всех валов (кроме червяков) $[\tau]_k = 20 \dots 28$ Н/мм²; диаметров валов в месте посадки колес $[\tau]_k = 14 \dots 20$ Н/мм²; для червяков $[\tau]_k = 10 \dots 12$ Н/мм².

Полученный диаметр вала округляют до ближайшего большего значения из ряда R40 нормальных линейных размеров, мм: 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 53, 56, 60, 63, 67, 71, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 240, 250, 260, 280 и др. Большие (меньшие) значения размеров получают умножением (делением) приведенных размеров ряда на 10 или 100.

При проектировании редукторов диаметр d конца входного вала можно принимать равным $d = (0,8 \dots 1,2)d_э$, где $d_э$ - диаметр вала электродвигателя, с которым вал редуктора соединяется с муфтой.

После подбора подшипников, расчета соединений, участвующих в передаче вращающего момента, принятия различных конструктивных элементов вала, связанных с фиксацией и регулировкой установленных на нем деталей, назначения вида механической обработки и качества поверхностей отдельных участков вала выполняют эскизную разработку конструкции вала, уточняя его форму и размеры.

Таблица 1

Номера вариантов для контрольной работы

№ варианта	Номера задач				
01	1	11	21	31	10
02	2	12	22	32	9
03	3	13	23	33	8
04	4	14	24	34	7
05	5	15	25	35	6
06	6	16	26	36	5
07	7	17	27	37	4
08	8	18	28	38	3
09	9	19	29	39	2
10	10	20	30	40	1

№ варианта	Номера задач				
	10	11	30	31	1
11	10	11	30	31	1
12	9	12	29	32	2
13	8	13	28	33	3
14	7	14	27	34	4
15	6	15	26	35	5
16	5	16	25	36	6
17	4	17	24	37	7
18	3	18	23	38	8
19	2	19	22	39	9
20	1	20	21	40	10
21	1	11	21	40	20
22	2	12	22	39	21
23	3	13	23	38	22
24	4	14	24	37	23
25	5	15	25	36	24
26	6	16	26	35	25
27	7	17	27	34	26
28	8	18	28	33	27
29	9	19	29	32	28
30	10	20	30	31	29

ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Из двух пунктов А и В прямолинейного шоссе, находящихся один от другого на расстоянии 100 км, одновременно выезжают навстречу друг другу два велосипедиста и движутся с постоянными скоростями. Велосипедист, выезжающий из пункта А имеет скорость 40 км/ч, велосипедист, выезжающий из пункта В-26 км/ч. Определить за какое время каждый из них проедет расстояние 100 км. Через сколько часов и где они встретятся.

2. Какое нормальное ускорение приобретет автомобиль, проезжающий со скоростью 60 км/ч арочный выпуклый мост, радиус кривизны которого 150 м?

3. К некоторой точке приложены силы: $F_1= 10$ Н, $F_2 =20$ Н, $F_3 =12$ Н, $F_4=18$ Н. Первые две силы действуют в одну сторону, а вторые две в противоположную. Определить уравнивающую силу для данной системы сил.

4. Движение точки по прямолинейной траектории описывается уравнением: $s = 0.2t^3 - t^2 + 0.6t$

Определить скорость и ускорение точки в начале движения. В какие моменты времени скорость и ускорение точки равны нулю?

5. Определить межосевое расстояние цилиндрической прямозубой передачи, если число зубьев шестерни (меньшего колеса) $z=20$, передаточное число $i=4$, модуль $m=2.5$ мм.

6. Маховое колесо вращается равномерно с угловой скоростью 16 рад/сек. Определить сколько оборотов сделает колесо за 5 мин вращения.

7. Определить угловую скорость секундной, минутной и часовой стрелок часов.

8. Колесо, вращающееся со скоростью 1500 об/мин, при торможении начинает вращаться равнозамедленно и через 30 сек. останавливается. Определить угловое ускорение и число оборотов колеса с момента начала торможения до остановки.

9. Записать условие прочности при смятии.

10. Рабочий вращает рукоятку лебедки силой $F=200$ Н, перпендикулярной радиусу вращения. Найти работу, затраченную в течение 25 с, если длина рукоятки $r=0,4$ м, а угловая скорость ее $\omega=\pi/3$ рад/с.

11. Определить сумму моментов относительно точки A . $F_1=15$ Н, $F_2=18$ Н, $F_3=7$ Н.

12. Чем отличается главный вектор системы от равнодействующей той же системы сил?

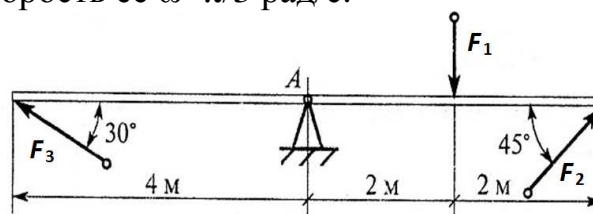


Рисунок 9 - Исходная схема

13. Закон вращательного движения тела $\varphi = 0,68t^3 + t$. Определить ω в момент $t = 1$ с.

14. Вагонетка массой 500 кг катится равномерно по рельсам и проходит расстояние 26 метров. Чему равна работа силы тяжести? Движение прямолинейное по горизонтальному пути

15. Вычислить вращающий момент на валу электродвигателя при заданной мощности 7 кВт и угловой скорости 150 рад/с

16. Маховой момент ротора электродвигателя равен $2,7$ Нм². Вращающий момент $T=40$ Нм. Определить время разгона, если конечная скорость вращения ротора $\omega=30\pi$ рад/с.

17. Поезд идет со скоростью 36 км/ч. Мощность тепловоза 300кВт. Сила трения составляет 0,005 веса поезда. Определить вес всего состава.

18. Транспортер поднимает груз массой 200 кг за время, равной 1 сек. Длина ленты 3 м, а угол наклона 30° . КПД транспортера составляет 85 %. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортера.

19. Какую работу необходимо совершить, чтобы поднять равноускоренно груз массой 50 кг на высоту 20 м в течение 10 с? Какой мощности двигатель необходимо поставить для этого подъема, если КПД установки 80 %?

20. Чему равен момент равнодействующей пары?

21. Пренебрегая сопротивлением воздуха определить работу силы тяжести при планировании самолета массой $m=1390$ кг, из т. А в т.В. Высота на которой летит самолет, $h=4500$ км. Расстояние, которое пролетел самолет 2890 км.

22. Привод состоит из электродвигателя мощностью $P_{дв}=17$ кВт и двухступенчатого редуктора. Требуется определить общее КПД, если КПД

зубчатой передачи - 0.97, КПД пары подшипников - 0.99.

23. Построить эпюру напряжений в ступенчатом круглом брусе, нагруженном продольными силами $F_1=100$ кН, $F_2=400$ кН, площадь сечения бруса $A=0,1$ м² и указать наиболее напряженный участок. Весом бруса пренебречь.

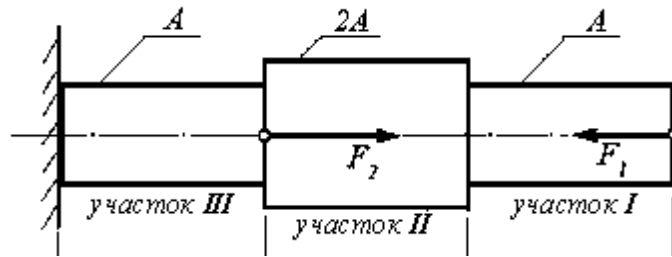


Рисунок 13 - Схема бруса

24. Стальной вал вращается с частотой $n=950$ об/мин., и передает мощность $P=40$ кВт. Определить диаметр вала, если $[\tau]=25$ Мпа.

25. Венец зубчатого колеса прикреплен к ступице болтовыми соединениями из шести болтов с гайками, размещенными равномерно по окружности диаметром D . Определить касательные напряжения сдвига (среза), действующие в каждом из болтов при номинальной нагрузке.

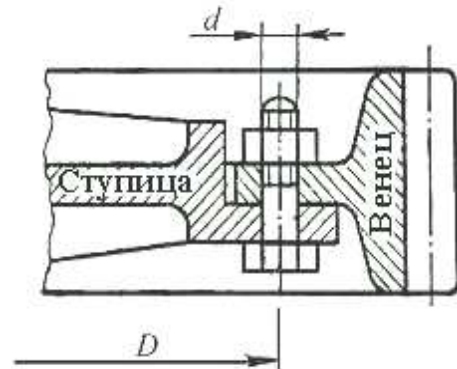


Рисунок 14 - Схема крепления зубчатого колеса

При расчете не учитывать ослабление стержня болта впадинами резьбы. Номинальный крутящий момент на валу шестерни: $M_{кр} = 10$ Нм;

Диаметр окружности, на которой размещены болтовые соединения $D = 0,4$ м; Диаметр стержня болта $d = 10$ мм.

26. Построить эпюру вращающих моментов для круглого однородного бруса, представленного на схеме. Указать наиболее нагруженный участок бруса и определить напряжение в его сечениях. Вращающие моменты:

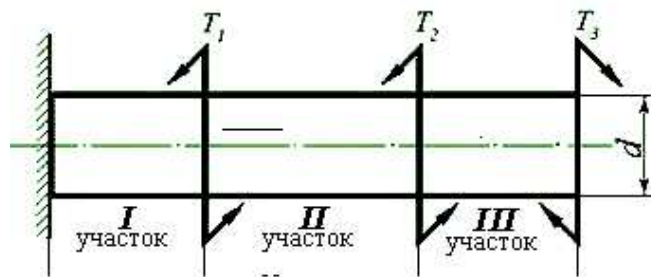


Рисунок 15 - Схема бруса

$T_1 = 150$ Нм; $T_2 = 400$ Нм; $T_3 = 50$ Нм; Диаметр бруса $d = 0,05$ м.

27. Для подъема 5000 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени по требуется для перекачки воды, если КПД насоса равен $0,8$?

28. Определить максимальное нормальное напряжение, возникающее в сечении круглого бруса, расположенном рядом с жесткой заделкой, если к свободному концу бруса приложена поперечная сила F . Вес бруса не учитывать.

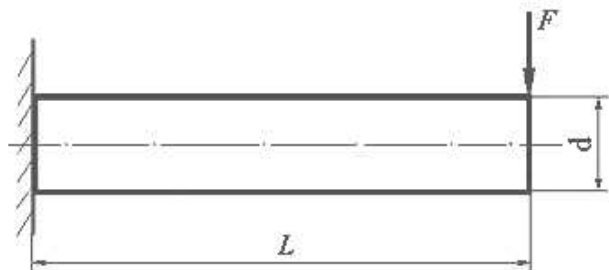


Рисунок 16 - Исходная схема

Поперечная сила $F = 1000$ Н; Длина бруса $L = 5$ м; Диаметр бруса $d = 0,1$ м.

29. Построить эпюру поперечных сил и изгибающих моментов, действующих на защемленный одним концом брус. Поперечная сила $F = 50$ Н; Распределенная нагрузка $q = 10$ Н/м; длина бруса $L = 12$ м; вес бруса не учитывать.

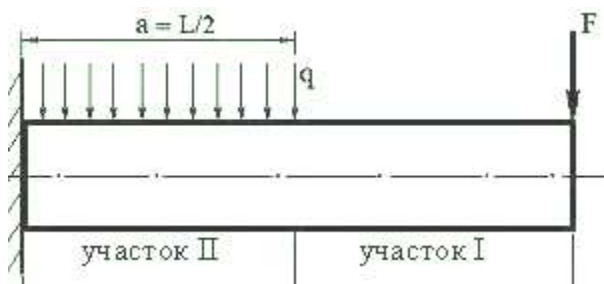


Рисунок 17 - Исходная схема

30. Дана балка с действующими на нее нагрузками. Требуется определить внутренние усилия – поперечную силу Q и изгибающий момент M в балке, построить графики их изменения вдоль оси стержня (эпюры Q и M).

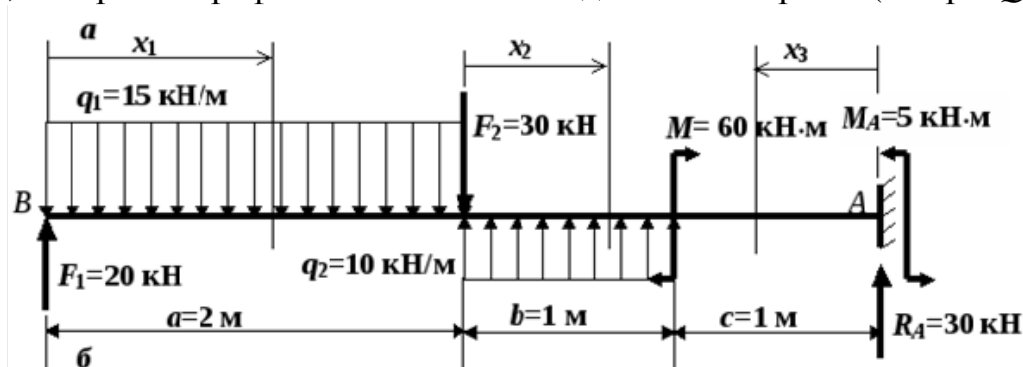


Рисунок 18 – Схема балки с нагрузками

31-40. Определить передаточное число без учета скольжения трехступенчатой передачи, если:

№№ Варианта	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	D_5 , мм	D_6 , мм
31	300	80	90	300	85	380
32	200	50	70	350	100	400
33	250	90	100	320	90	400
34	280	100	120	250	70	250
35	310	130	160	220	80	350
36	320	100	150	300	100	390
37	155	75	90	280	80	350
38	290	110	60	320	75	400
39	120	115	80	330	95	380
40	220	60	110	340	95	340

2.3. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Аксиомы статики.
2. Связи и их реакции.
3. Геометрический способ нахождения равнодействующей плоской системы сходящихся сил.
4. Аналитический способ определения равнодействующей плоской системы сходящихся сил.

5. Пара сил. Момент пары сил.
6. Момент силы относительно точки.
7. Плоская система произвольно-расположенных сил. Условия равновесия.
8. Формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
9. Пространственная система сходящихся сил. Условия равновесия пространственной системы сходящихся сил.
10. Пространственная система произвольно-расположенных сил.
11. Момент силы относительно оси.
12. Условия равновесия пространственной системы произвольно-расположенных сил.
13. Центр тяжести.
14. Способы определения центра тяжести.
15. Скорость точки.
16. Ускорение точки.
17. Поступательное движение твердого тела.
18. Вращательное движение твердого тела. Частные случаи вращательного движения твердого тела.
19. Угловая скорость.
20. Угловое ускорение.
21. Основные формулы равномерного движения.
22. Сложное движение твердого тела.
23. Мгновенный центр скоростей.
24. Частные случаи определения мгновенного центра скоростей.
25. Плоскопараллельное движение.
26. Аксиомы динамики.
27. Метод кинетостатики.
28. Работа постоянной силы при прямолинейном движении, при вращательном движении.
29. Работа силы тяжести.
30. Мощность. КПД.
31. Общие теоремы динамики.
32. III аксиома динамики. Привести примеры.
33. Основное уравнение динамики для вращательного движения твердого тела.
34. Основные гипотезы и допущения в сопротивлении материалов.
35. Метод сечений.
36. Внутренние силы в поперечных сечениях.
37. Растяжение, сжатие. Продольные силы и их эпюры.
38. Условие прочности при растяжении, сжатии.
39. Закон Гука при растяжении, сжатии.
40. Срез и смятие. Основные допущения при расчете на срез и смятие.
41. Допускаемые напряжения при деформациях.

42. Кручение. Деформации при кручении.
43. Правила построения эпюры крутящих моментов.
44. Изгиб. Основные понятия.
45. Поперечные силы. Правила построения эпюр поперечных сил.
46. Изгибающий момент. Правила построения эпюр изгибающих моментов.
47. Фрикционные передачи. Их достоинства и недостатки. Область применения.
48. Зубчатые передачи. Их достоинства и недостатки.
49. Классификация зубчатых передач
50. Виды разрушения зубьев.
51. Передача винт-гайка. Достоинства и недостатки. Область применения.
52. Червячные передачи. Достоинства и недостатки. Область применения.
53. Ременные передачи. Достоинства и недостатки. Область применения.
54. Цепные передачи. Достоинства и недостатки. Область применения.
55. Оси и валы.
56. Подшипники скольжения. Их достоинства, недостатки.
57. Подшипники качения. Их достоинства, недостатки.
58. Классификация подшипников качения.
59. Классификация муфт.
60. Неразъемные соединения. Общие сведения.
61. Резьбовые соединения.
62. Дать определение работоспособности
63. Дать определение прочности.
64. Дать определение безотказности
65. Правило определения знаков крутящих моментов при построении эпюр.
66. Классификация редукторов.

3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Основные источники:

1. Блажко Н.Р. Техническая механика раздел «Теоретическая механика». I часть. Краткий курс базовых лекций для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования всех форм обучения для всех специальностей в объеме до 200 часов максимальной учебной нагрузки – Нижневартовск: ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ», 2014.
2. Ахметзянов, М. Х. Техническая механика (сопротивление материалов): учебник для СПО / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 300 с. — (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа

<https://www.biblio-online.ru>

3. Эрдеди А. А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф образования, М.: Академия, 2015 – 528 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.academia-moscow.ru>]

4. Вереина Л. И. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф образования, М.: Академия, 2015 – 224 с. [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.academia-moscow.ru>]

Дополнительная литература:

1. Сафонова Г. Г., Артюховская Т. Ю., Ермакова Д. А. Техническая механика: Учебник – М.: ИНФРА-М, 2012. – 320 с.

2. Бахматова Л. П. Техническая механика. Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения специальности 131003 Бурение нефтяных и газовых скважин – Нижневартовск: ННТ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ», 2012.

3. Плакаты по разделам «Техническая механика»

4. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие для СПО / С. Н. Кривошапко, В. А. Копнов. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 353 с. — (Профессиональное образование) [Электронный ресурс; Режим доступа <https://www.biblio-online.ru>]

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	
ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	5
1.1. Тематический план учебной дисциплины.....	5
1.2. Содержание учебной дисциплины	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОН-	
ТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	11
2.1. Теоретическая механика.....	11
2.1.1. Статика.....	11
2.1.2. Кинематика	14
2.1.3. Динамика	15
2.2. Сопротивление материалов.....	17
2.2.1. Растяжение (сжатие).....	18
2.2.2. Изгиб.....	20
2.3. Детали машин.....	23
2.3.1. Основные геометрические соотношения ременных передач.....	23
2.3.2. Проектировочный расчет валов.....	24
ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	26
2.3. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ	29
3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ	31

ОП.05 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

21.00.00 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГОРНОЕ ДЕЛО, НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО И ГЕОДЕЗИЯ

по специальности

21.02.02 Бурение нефтяных и газовых скважин

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения образовательных учреждений среднего профессионального образования

Методические указания и контрольные задания
разработал преподаватель: Кульмасова Гульнара Зифовна

Подписано к печати *19.12.2017 г.*

Формат 60x84/16

Тираж

Объем **2** п.л.

Заказ

1 экз.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Югорский государственный университет»

НИЖНЕВАРТОВСКИЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИКУМ (филиал)

**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования**

«Югорский государственный университет»

628615 Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ,

г. Нижневартовск, ул. Мира, 37