

Министерство образования Красноярского края
краевое государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е. Бочкина»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения текущей и промежуточной аттестации
ОП. 06 Техническая механика
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности

22.02.08 Металлургическое производство (по видам производства)

г. Дивногорск 2025г.

Фонд оценочных средств разработан на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 22.02.08 Металлургическое производство (по видам производства) и рабочей программы ОП 06. Техническая механика

Рассмотрено и одобрено
на заседании комиссии
профессионального цикла
специальности
22.02.08 Металлургическое производство
(по видам производства)
Протокол № ____
« ____ » 2025 г.
Председатель комиссии
_____ Юдина Е.С.

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР
_____ Попова И.Е.
« ____ » 2025 г.

АВТОР: Дмитриева К.И., преподаватель КГБПОУ «Дивногорский гидроэнергетический техникум имени А.Е. Бочкина»

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

<u>1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</u>	4
<u>1.1 Перечень умений, знаний, общих и профессиональных компетенций</u>	4
<u>1.2 Результаты освоения дополнительного учебного предмета, подлежащие проверке</u>	4
<u>1.3 Контроль и качество освоения дополнительного учебного предмета</u>	7
<u>2 ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ</u>	13
<u>2.1 Оценочные средства текущего контроля успеваемости</u>	13
<u>2.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации</u>	14
<u>3 ПРИЛОЖЕНИЕ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</u>	18
<u>Приложение 1</u>	18
<u>Приложение 2</u>	21
<u>Приложение 3</u>	35
<u>Приложение 4</u>	38
<u>Приложение 5</u>	44
<u>Лист регистрации изменений и дополнений ФОС</u>	46

1 Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

Фонд оценочных средств (далее – ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, осваивающих программу общепрофессионального цикла ОП.06 Техническая механика. ФОС разработан в соответствии с требованиями ОПОП-П ППССЗ по специальности 22.02.08 Металлургическое производство (по видам производства), квалификация: техник, рабочей программы общепрофессионального цикла ОП.06 Техническая механика.

Дисциплина общепрофессионального цикла ОП.06 Техническая механика осваивается в течение одного семестра, в объеме 82 часов.

ФОС содержит типовые оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формой аттестации по дисциплине ОП.06 Техническая механика является дифференцированный зачет.

1.1 Перечень умений, знаний, общих и профессиональных компетенций

В результате освоения дисциплины ОП.06 Техническая механика обучающийся должен обладать следующими умениями, знаниями, профессиональными компетенциями и общими компетенциями:

Код ПК, ОК	Уметь	Знать	Владеть навыками
OK 02.	У1. Определять задачи для поиска информации;	31. Номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;	
	У2. Определять необходимые источники информации;	32. Приемы структурирования информации;	
	У3. Выделять наиболее значимое в перечне информации;	33. Формат оформления результатов поиска информации	
	У4. Оценивать практическую значимость результатов поиска;		
	У5. Оформлять результаты поиска		
OK 04.	У6. Организовывать работу коллектива и команды;	34. Основы проектной деятельности	
	У7. Эффективно взаимодействовать с коллективом и работать в команде в процессе профессиональной деятельности.		
OK 05.	У8. Грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике	35. Правила оформления документов и построения устных сообщений	

	на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе		
ПК 2.3	У9. Производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;	36. Основы технической механики;	
	У10. Читать кинематические схемы;	37. Виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;	
	У11. Определять напряжения в конструкционных элементах.	38. Методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;	
		39. Основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения	
ПК 2.3	У12. Анализировать нормативные правовые акты при составлении технологических карт.	310. Требования к оформлению производственно-технической документации	

1.2 Результаты освоения дополнительного учебного предмета, подлежащие проверке

Освоенные знания и умения	Показатели оценки результата
31. Номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;	Знает номенклатуру информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;
32. Приемы структурирования информации;	Применяет приемы структурирования информации;
33. Формат оформления результатов поиска информации	Знает формат оформления результатов поиска информации
34. Основы проектной деятельности	Знает основы проектной деятельности
35. Правила оформления документов и построения устных сообщений	Знает правила оформления документов и построения устных сообщений
36. Основы технической механики;	Знает основы технической механики;
37. Виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;	Знает виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;

38. Методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;	Знает методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
39. Основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения	Знает основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения
310. Требования к оформлению производственно- технической документации	Знает требования к оформлению производственно-технической документации
У1. Определять задачи для поиска информации;	Определяет задачи для поиска информации;
У2. Определять необходимые источники информации;	Определяет необходимые источники информации;
У3. Выделять наиболее значимое в перечне информации;	Выделяет наиболее значимое в перечне информации;
У4. Оценивать практическую значимость результатов поиска;	Оценивает практическую значимость результатов поиска;
У5. Оформлять результаты поиска	Оформляет результаты поиска
У6. Организовывать работу коллектива и команды;	Организовывает работу коллектива и команды;
У7. Эффективно взаимодействовать с коллективом и работать в команде в процессе профессиональной деятельности.	Эффективно взаимодействует с коллективом и работает в команде в процессе профессиональной деятельности.
У8. Грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе	Грамотно излагает свои мысли и оформляет документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе
У9. Производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;	Производит расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
У10. Читать кинематические схемы;	Читает кинематические схемы;
У11. Определять напряжения в конструкционных элементах.	Определяет напряжения в конструкционных элементах.
У12. Анализировать нормативные правовые акты при составлении технологических карт.	Анализирует нормативные правовые акты при составлении технологических карт.

1.3 Контроль и качество освоения дополнительного учебного предмета

Оценивание сформированности профессиональных и общих компетенций, а также освоения знаний и умений проводится в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации.

Контроль и оценка сформированности профессиональных компетенций осуществляется по пятибалльной системе, общих компетенций - на качественном уровне (без отметки).

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля			
	Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые ОК, ПК, З, У	Форма контроля	Проверяемые ОК, ПК, З, У
Раздел 1. Теоретическая механика				
Тема 1.1 Статика Содержание дисциплины, ее роль и значение в технике. Основные понятия и аксиомы статики. Материальная точка. Сила. Система сил. Равнодействующая сила. Свободное и несвободное тело. Связи и их реакции. Плоская система сил. Сходящаяся система сил. Геометрическое и аналитическое определение равнодействующей силы. Условие и уравнение равновесия. Пара сил. Момент силы относительно точки. Приведение силы к точке. Приведение плоской системы сил к центру. Условия равновесия. Виды уравнений равновесия плоской произвольной системы сил уравнений равновесия плоской произвольной системы сил. Балочные системы. Классификация нагрузок и опор. Трение. Пространственная система сил. Пространственная система сходящихся сил. Уравнения равновесия. Пространственная система произвольно расположенных сил. Центр тяжести.	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа № 1 Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил Контрольная работа № 2 Определение опорных реакций балок Контрольная работа № 3 Определение центра тяжести плоских простых фигур Практическое занятие № 1 Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил. Практическое занятие № 2 Определение опорных реакций балок Практическое занятие № 3 Определение центра тяжести	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа № 1 Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил Контрольная работа № 2 Определение опорных реакций балок Контрольная работа № 3 Определение центра тяжести плоских простых фигур Практическое занятие № 1 Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил. Практическое занятие № 2 Определение опорных реакций балок Практическое занятие № 3 Определение центра тяжести	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10

Центр тяжести простых геометрических фигур	Определение опорных реакций балок Практическое занятие № 3 Определение центра тяжести сечения, составленного из стандартных фигур		сечения, составленного из стандартных фигур Дифференцированный зачет	
Тема 1.2 Кинематика Основные понятия кинематики. Виды движения. Скорость, ускорение, траектория, путь. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Ускорение полное, нормальное, касательное. Сложное движение точки. Сложное движение твердого тела Плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей.	Устный опрос Письменный опрос Решение задач	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10
Тема 1.3Динамика Основные понятия. Сила инерции. Аксиомы динамики. Основной закон динамики. Динамика материальной точки. Принцип Даламбера. Метод кинетостатики. Работа и мощность Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа равнодействующей силы. Работа и мощность при вращательном движении. КПД Общие теоремы динамики. Теоремы динамики для материальной точки. Динамические нагрузки в технике	Устный опрос Письменный опрос Решение задач	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10
Раздел 2. Сопротивление материалов				
Тема 2.1 Основные положения Основные задачи сопротивления материалов. Деформации упругие и	Устный опрос Письменный опрос Решение задач	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3

пластиические. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции. Силы внешние и внутренние Метод сечений. Напряжение полное, нормальное, касательное			Дифференцированный зачет	У 8-12, З 5-10
Тема 2.2 Растяжение и сжатие Характеристика деформации. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные. Расчеты на прочность	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа №4 Построение эпюр расчета материалов на прочность при растяжении и сжатии Практическое занятие № 4 Расчет материалов на прочность при растяжении и сжатии	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа №4 Построение эпюр расчета материалов на прочность при растяжении и сжатии Практическое занятие № 4 Расчет материалов на прочность при растяжении и сжатии Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10
Тема 2.3 Срез и смятие Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности. Смятие. Допускаемые напряжения	Устный опрос Письменный опрос	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10	Устный опрос Письменный опрос Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10
Тема 2.4 Сдвиг и кручение Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Условие прочности	Устный опрос Решение задач Практическое занятие № 5 Расчет на прочность и жесткость при кручении	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10	Устный опрос Решение задач Практическое занятие № 5 Расчет на прочность и жесткость при кручении Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, З 1-3 У 8-12, З 5-10
Тема 2.5 Изгиб Изгиб, основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа № 5	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Контрольная работа № 5	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, З 1-10

факторы, правила построения эпюр. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности. Рациональная форма поперечных сечений балок	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов Практическое занятие № 6 Расчет на прочность при изгибе		Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов Практическое занятие № 6 Расчет на прочность при изгибе Дифференцированный зачет	
Тема 2.6 Устойчивость сжатых стержней Критическая сила, критическое напряжение, гибкость. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Категории стержней в зависимости от гибкости. Понятие продольного изгиба	Устный опрос Письменный опрос	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, 3 1-3 У 8-12, 3 5-10	Устный опрос Письменный опрос Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, 3 1-3 У 8-12, 3 5-10
Раздел 3. Детали машин				
Тема 3.1 Основные понятия и определения Цель и задачи курса «Детали машин». Машины и механизмы. Современные направления в развитии машиностроения. Основные задачи научно-технического прогресса в машиностроении. Требования, предъявляемые к машинам и их деталям	Устный опрос Письменный опрос Решение задач	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, 3 1-3 У 8-12, 3 5-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 05 У 1-5, 3 1-3 У 8-12, 3 5-10
Тема 3.2 Соединения деталей. Разъемные и неразъемные соединения Общие сведения о соединениях, достоинства, недостатки, область применения. Неразъемные и разъемные соединения, их достоинства и недостатки. Сварные соединения. Заклепочные соединения. Клеевые соединения. Соединения с натягом	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Практическое занятие № 7 Расчет разъемных и неразъемных соединений на срез и смятие	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, 3 1-10	Устный опрос Письменный опрос Решение задач Практическое занятие № 7 Расчет разъемных и неразъемных соединений на срез и смятие Дифференцированный зачет	ПК 2.3 ОК 02, ОК 04, ОК 05 У 1-12, 3 1-10

2 формы и методы оценивания

2.1 Оценочные средства текущего контроля успеваемости

Цель текущей аттестации – контроль освоения запланированных по дисциплине знаний и умений.

В ходе текущего контроля отслеживается формирование общих и профессиональных компетенций через наблюдение за деятельностью обучающегося (проявление интереса к дисциплине, эффективный поиск, отбор и использование дополнительной литературы, работа в команде).

Формы текущей аттестации:

Периодичность текущей аттестации – текущая аттестация проводится в соответствии с рабочей программой и планами занятий. Периодичность проведения текущей аттестации не реже одного занятия.

Порядок проведения. Текущая аттестация проводится на учебных занятиях, а также включает в себя оценку выполнения практических занятий и устного опроса.

Порядок проведения текущей аттестации определяется оценочными средствами (методическими указаниями по выполнению практических занятий).

Оценочные средства текущей аттестации являются частью фонда оценочных средств по ОП 06. Техническая механика специальности 22.02.08 Металлургическое производство (по видам производства) и рабочей программы и позволяют оценить освоение обучающимся следующих знаний и умений:

Освоенные знания и умения	Оценочные средства	
	лекций	практических занятий
31. Номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;	+	+
32. Приемы структурирования информации;	+	+
33. Формат оформления результатов поиска информации	+	+
34. Основы проектной деятельности	+	+
35. Правила оформления документов и построения устных сообщений	+	+
36. Основы технической механики;	+	+
37. Виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;	+	+
38. Методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;	+	+
39. Основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения	+	+
310. Требования к оформлению производственно- технической документации	+	+
У1. Определять задачи для поиска информации;	+	+

У2. Определять необходимые источники информации;	+	+
У3. Выделять наиболее значимое в перечне информации;	+	+
У4. Оценивать практическую значимость результатов поиска;	+	+
У5. Оформлять результаты поиска	+	+
У6. Организовывать работу коллектива и команды;	+	+
У7. Эффективно взаимодействовать с коллективом и работать в команде в процессе профессиональной деятельности.	+	+
У8. Грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе	+	+
У9. Производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;	+	+
У10. Читать кинематические схемы;	+	+
У11. Определять напряжения в конструкционных элементах.	+	+
У12. Анализировать нормативные правовые акты при составлении технологических карт.	+	+

ФОС для текущего контроля по дисциплине включает оценочные материалы для проверки результатов освоения программы теоретического и практического курса дисциплины.

2.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Изучение дисциплины ОП 06. Техническая механика для специальности 22.02.08 Металлургическое производство (по видам производства), согласно рабочей программе, завершается дифференцированным зачетом.

Целью дифференцированного зачета является комплексная проверка знаний, умений, приобретенных обучающимися, а также уровня развития общих и профессиональных компетенций.

Дифференцированный зачет проводится в форме тестирования и решения задач.

Место проведения: кабинет «Техническая механика», № 108

Продолжительность: 2 урока по 45 минут

Требования к условиям проведения: Перечень вопросов

Форма проведения: ответы на поставленные вопросы

Проверяемые результаты обучения:

31. Номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;
32. Приемы структурирования информации;
33. Формат оформления результатов поиска информации
34. Основы проектной деятельности
35. Правила оформления документов и построения устных сообщений
36. Основы технической механики;
37. Виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
38. Методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
39. Основы расчетов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения

310. Требования к оформлению производственно- технической документации

У1. Определять задачи для поиска информации;

У2. Определять необходимые источники информации;

У3. Выделять наиболее значимое в перечне информации;

У4. Оценивать практическую значимость результатов поиска;

У5. Оформлять результаты поиска

У6. Организовывать работу коллектива и команды;

У7. Эффективно взаимодействовать с коллективом и работать в команде в процессе профессиональной деятельности.

У8. Грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе

У9. Производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;

У10. Читать кинематические схемы;

У11. Определять напряжения в конструкционных элементах.

У12. Анализировать нормативные правовые акты при составлении технологических карт.

Формирование общих и профессиональных компетенций:

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде+

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста

Профессиональная направленность реализуется через формирование элементов следующих профессиональных компетенций:

ПК 2.3 Вести технологический процесс производства цветных металлов и сплава в соответствии с требованиями технологических инструкций и с использованием автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУПТ).

При проведении промежуточной аттестации учитываются следующие результаты текущей аттестации:

Перечень практических занятий

№	Наименование
Практическое занятие №1	Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил
Практическое занятие №2	Определение опорных реакций балок
Практическое занятие №3	Определение центра тяжести сечения, составленного из стандартных фигур
Практическое занятие №4	Расчет материалов на прочность при растяжении и сжатии
Практическое занятие №5	Расчет на прочность и жесткость при кручении
Практическое занятие №6	Расчет на прочность при изгибе
Практическое занятие №7	Расчет разъемных и неразъемных соединений на срез и смятие

Перечень тем

№	Тема
Раздел 1 Теоретическая механика	
Тема 1.1	Статика
Тема 1.2	Кинематика
Тема 1.3	Динамика
Раздел 2 Сопротивление материалов	
Тема 2.1	Основные положения
Тема 2.2	Растяжение и сжатие

Тема 2.3	Срез и смятие
Тема 2.4	Сдвиг и кручение
Тема 2.5	Изгиб
Тема 2.6	Устойчивость сжатых стержней
Раздел 3 Детали машин	
Тема 3.1	Основные понятия и определения
Тема 3.2	Соединения деталей. Разъемные и неразъемные соединения

Время на подготовку и выполнение практических занятий:

Подготовка: 10 минут;

Выполнение: 70 минут

Оформление и сдача: 10 минут

Всего: 1 час 30 минут

Каждое практическое задание имеет критерии оценивания, которые указаны в методических рекомендациях к практическим работам (Приложение 2).

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине «Техническая механика», направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие формы контроля: текущий, промежуточный контроль (дифференцированный зачет), контроль самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль успеваемости обучающихся, осуществляется по всем видам работы, предусмотренным рабочей программой дисциплины, осуществляется преподавателем, ведущим аудиторные занятия.

Текущий контроль успеваемости проводится в следующих формах:

- устная (устный опрос, защита письменной работы, доклад по результатам самостоятельной работы и т.д.);
- письменная (письменный опрос и т.д.);
- тестовая (письменное, компьютерное тестирование).

Результаты текущего контроля успеваемости фиксируются в журнале занятий с соблюдением требований по его ведению.

Промежуточная аттестация – это элемент образовательного процесса, призванный определить соответствие уровня и качества знаний, умений и навыков обучающихся, установленным требованиям согласно ФГОС рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине определяется рабочим учебным планом и рабочей программой дисциплины, проводится в форме дифференцированного зачета - компьютерное тестирование.

Формы и методы оценивания

№	Тип (вид) задания	Критерии оценки
1	Тестирование	«5» - 100 – 90% правильных ответов «4» - 89 - 80% правильных ответов «3» - 79 – 70% правильных ответов «2» - 69% и менее правильных ответов
2	Устные ответы	Оценка « отлично » ставится, если студент полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал
3	Письменные ответы	

		<p>последовательно и правильно с точки зрения нормального литературного языка.</p> <p>Оценка «хорошо» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.</p> <p>Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировок; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.</p>
4	Практические работы	<p>Критерии оценивания</p> <p>Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:</p> <p>Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.</p> <p>Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».</p> <p>Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных</p>

	<p>программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.</p> <p>Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.</p>
--	--

Критерии оценки дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет проводится в письменной форме с решением задач. Зачет предусматривает выполнение 30 заданий, которые включают в себя весь материал, призванный определить соответствие уровня и качества знаний, умений и навыков студентов, согласно рабочей программе дисциплины.

В результате работы должны соответствовать следующим требованиям.

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий.

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

3 ПРИЛОЖЕНИЕ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Приложение 1

Типовые задания для текущего контроля успеваемости

Продолжительность устного (письменного) опроса – 10-15 минут, проводится в начале занятия, в виде фронтального или индивидуального опроса.

Устный опрос (устный ответ обучающегося на один или систему вопросов в форме рассказа, беседы, собеседования)

Устного опроса:

Раздел 1 Теоретическая механика

Тема 1.1 Статика

1.1.1 Содержание дисциплины, ее роль и значение в технике. Основные понятия и аксиомы статики. Материальная точка. Сила. Система сил. Равнодействующая сила. Свободное и несвободное тело. Связи и их реакции

Вопросы для устного опроса

1. Что такое статика и какова её роль в технической механике? Приведите примеры практического применения статики в технике.
2. Дайте определение материальной точки. В каких случаях реальное тело можно заменить материальной точкой при решении задач статики?
3. Что такое сила как физическая величина? Перечислите основные характеристики силы и объясните их физический смысл.
4. Система сил: определение и классификация. Приведите примеры различных систем сил, встречающихся в технике.
5. Равнодействующая сила: определение, способы нахождения и практическое значение при решении задач статики.

Вопросы для письменного опроса

6. Свободное и несвободное тело: определения и различия. Приведите по два примера каждого типа тел из технической практики.
7. Связи и их реакции: дайте определение связи, перечислите основные типы связей и направления их реакций.
8. Аксиомы статики: перечислите основные аксиомы статики и сформулируйте их физический смысл. Приведите примеры применения каждой аксиомы.
9. Принцип освобождаемости от связей: сформулируйте принцип и объясните его практическое значение при решении задач статики.
10. Взаимосвязь основных понятий статики: составьте схему взаимосвязей между понятиями «сила», «система сил», «равнодействующая сила», «связи», «реакции связей» и поясните её.

1.1.2 Плоская система сил. Сходящаяся система сил. Геометрическое и аналитическое определение равнодействующей силы

Вопросы для устного опроса

1. Что такое плоская система сил? При каких условиях система сил считается плоской? Приведите примеры из практики.
2. Дайте определение сходящейся системы сил. Как располагаются линии действия сил в такой системе? Приведите 2-3 примера сходящихся сил в технике.
3. В чем заключается геометрический метод определения равнодействующей силы? Опишите порядок построения силового многоугольника.
4. Какие существуют способы аналитического определения равнодействующей силы?
5. Сформулируйте условия равновесия для плоской системы сходящихся сил. Как эти условия записываются в аналитической форме?

Вопросы для письменного опроса

6. Постройте силовой многоугольник для заданной системы трех сходящихся сил. Определите графически равнодействующую силу и объясните каждый шаг построения.
7. Запишите аналитические условия равновесия для плоской системы сходящихся сил через проекции сил на координатные оси. Докажите их справедливость.
8. Сравните геометрический и аналитический методы определения равнодействующей. В каких случаях предпочтительнее использовать каждый из них?
9. Как можно определить равнодействующую силу аналитическим методом для системы из четырех сходящихся сил, заданных своими модулями и направлениями.
10. Составьте алгоритм решения задачи на равновесие плоской системы сходящихся сил аналитическим способом. Приведите пример его применения.

1.1.3 Условие и уравнение равновесия. Пара сил

Вопросы для устного опроса

1. Что такое равновесие тела? Сформулируйте основные условия равновесия абсолютно твёрдого тела в механике. Приведите примеры из техники.
2. Какие существуют виды равновесия? Опишите их характеристики и приведите по одному примеру каждого вида равновесия из практики.
3. Дайте определение пары сил. Каковы основные характеристики пары сил? В чём заключается особенность действия пары сил на тело?
4. Что такое момент силы относительно точки? Как определяется его направление и величина? Приведите пример практического применения момента силы.
5. Сформулируйте теорему о переносе пары сил в плоскости её действия. Объясните физический смысл этой теоремы и её практическое значение.

Вопросы для письменного опроса

6. Запишите уравнения равновесия для произвольной плоской системы сил. Объясните физический смысл каждого уравнения и условия их применения.
7. Решите задачу на определение реакций связей для заданной конструкции под действием системы сил, используя уравнения равновесия.
8. Составьте алгоритм решения задач на равновесие тела под действием произвольной плоской системы сил. Приведите пример его применения.
9. Докажите теорему о том, что алгебраическая сумма моментов сил пары относительно любой точки плоскости равна моменту этой пары. Приведите пример применения этой теоремы.
10. Решите задачу на определение равнодействующей системы сил, включающей пару сил. Покажите все этапы решения, включая построение схемы и проверку результата

1.1.4 Момент силы относительно точки. Приведение силы к точке. Приведение плоской системы сил к центру

Вопросы для устного опроса

1. Что такое момент силы относительно точки? Как определяется его величина и направление? В каких единицах измеряется момент силы?
2. Сформулируйте правило определения знака момента силы относительно точки. Приведите примеры положительного и отрицательного момента силы.
3. В чём заключается теорема о переносе силы вдоль линии её действия? Докажите эту теорему и объясните её практическое значение.
4. Что означает приведение силы к точке? Опишите процесс приведения и поясните, какие величины при этом получаются.
5. Какие существуют способы приведения плоской системы сил к центру? Объясните физический смысл каждого способа.

Вопросы для письменного опроса

6. Решите задачу на вычисление момента силы относительно точки для заданной системы сил. Покажите все этапы решения, включая построение схемы.
7. Докажите теорему о том, что момент равнодействующей относительно точки равен алгебраической сумме моментов составляющих сил относительно той же точки.
8. Выполните приведение заданной силы к произвольной точке плоскости. Определите главный вектор и главный момент системы.
9. Составьте алгоритм приведения плоской системы сил к центру. Примените его к конкретной задаче с заданной системой сил.
10. Решите комплексную задачу на определение главного вектора и главного момента плоской системы сил относительно выбранного центра приведения. Проверьте правильность решения.

1.1.5 Условия равновесия. Виды уравнений равновесия плоской произвольной системы сил

Вопросы для устного опроса

1. Сформулируйте условия равновесия произвольной плоской системы сил. Объясните физический смысл каждого условия. Приведите примеры из технической практики.
2. Какие существуют формы уравнений равновесия плоской системы сил? Опишите особенности каждой формы и условия их применения.
3. В чём заключается особенность первой формы уравнений равновесия? При каких условиях она наиболее эффективна? Приведите пример.
4. Что такое вторая форма уравнений равновесия? В каких случаях её использование предпочтительно? Объясните на конкретном примере.
5. Опишите третью форму уравнений равновесия. Какие преимущества она даёт при решении задач? Приведите практический пример применения.

Вопросы для письменного опроса

6. Запишите все формы уравнений равновесия для заданной плоской системы сил. Выберите оптимальную форму для решения конкретной задачи и обоснуйте выбор.

7. Проанализируйте влияние расположения точек, относительно которых составляются уравнения равновесия, на сложность решения задачи. Приведите пример, демонстрирующий это влияние.
8. Составьте алгоритм решения задач на равновесие плоской системы сил с выбором оптимальной формы уравнений. Примените его к конкретной задаче.
9. Докажите эквивалентность различных форм уравнений равновесия плоской системы сил. Покажите на примере, как переход от одной формы к другой влияет на решение задачи.
10. Проанализируйте особенности составления уравнений равновесия для системы сил с параллельными и пересекающимися линиями действия. Приведите примеры решения таких задач.

1.1.6 Балочные системы. Классификация нагрузок и опор. Трение

Вопросы для устного опроса

1. Что такое балочная система? Опишите основные элементы балочной конструкции и их назначение в технической механике.
2. Какие существуют типы опор в балочных системах? Дайте характеристику каждой опоры и объясните особенности их работы.
3. Опишите классификацию нагрузок, действующих на балки. Приведите примеры различных видов нагрузок из технической практики.
4. Что такое реакция опоры? Как направление реакций опор зависит от типа опоры и характера нагрузки?
5. Дайте определение трения. Опишите физическую природу трения и его роль в работе технических устройств.

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните различные типы опор балочных систем. Составьте таблицу, отражающую основные характеристики каждой опоры.
7. Опишите механизм возникновения трения покоя и трения скольжения. В чём заключается различие между этими видами трения?
8. Сформулируйте законы трения. Объясните физический смысл коэффициента трения и факторы, влияющие на его величину.
9. Классифицируйте нагрузки по характеру действия на конструкцию. Составьте схему, иллюстрирующую различные виды распределённых нагрузок.
10. Опишите влияние различных факторов на величину силы трения. Составьте перечень основных факторов и поясните их воздействие на процесс трения.

1.1.7 Пространственная система сил. Пространственная система сходящихся сил. Уравнения равновесия. Пространственная система произвольно расположенных сил

Вопросы для устного опроса

1. Что такое пространственная система сил? В чём отличие от плоской системы сил? Приведите примеры пространственных систем сил из технической практики.
2. Дайте определение пространственной системы сходящихся сил. Как располагаются линии действия сил в такой системе? Опишите особенности их действия на тело.
3. Какие существуют способы разложения пространственной силы по трём взаимно перпендикулярным осям координат? Объясните физический смысл каждого способа.
4. Сформулируйте условия равновесия для пространственной системы сходящихся сил. Как эти условия записываются в векторной форме?

5. Опишите особенности действия пространственной системы произвольно расположенных сил на твёрдое тело. Какие дополнительные факторы необходимо учитывать по сравнению с плоской системой?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните пространственную и плоскую системы сил. Составьте таблицу, отражающую основные различия между ними в терминах условий равновесия и методов анализа.
7. Опишите процесс приведения пространственной системы сил к центру. Какие величины при этом получаются и каков их физический смысл?
8. Сформулируйте и объясните принцип действия пары сил в пространстве. В чём заключаются особенности момента пары сил в трёхмерном пространстве?
9. Охарактеризуйте виды связей и реакций в пространственных системах. Как направление реакций связей зависит от типа связи в трёхмерном пространстве?
10. Проанализируйте особенности записи уравнений равновесия для пространственной системы произвольно расположенных сил. Какие дополнительные уравнения появляются по сравнению с плоской системой?

1.1.8 Центр тяжести. Центр тяжести простых геометрических фигур

Вопросы для устного опроса

1. Что такое центр тяжести тела? Дайте определение и объясните физический смысл этой характеристики. В чём заключается отличие центра тяжести от центра масс?
2. Какие существуют методы определения положения центра тяжести тела? Опишите каждый метод и укажите условия его применения.
3. Охарактеризуйте свойства центра тяжести. Как положение центра тяжести влияет на устойчивость тела?
4. Объясните принцип определения центра тяжести составного тела. Какие основные правила необходимо учитывать при нахождении центра тяжести сложной фигуры?
5. Расскажите о расположении центра тяжести у основных геометрических фигур (прямоугольник, треугольник, круг, полукруг). Как влияет симметрия фигуры на положение её центра тяжести?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните методы определения центра тяжести для однородных и неоднородных тел. Составьте таблицу, отражающую основные различия между этими методами.
7. Опишите особенности расположения центра тяжести у тел неправильной формы. Какие факторы влияют на смещение центра тяжести в таких случаях?
8. Проанализируйте влияние положения центра тяжести на устойчивость различных конструкций. Приведите примеры из технической практики.
9. Охарактеризуйте способы экспериментального определения центра тяжести. Опишите основные приёмы и технические средства, используемые при этом.
10. Составьте классификацию геометрических фигур по расположению их центров тяжести. Укажите общие закономерности для каждой группы фигур

Тема 1.2 Кинематика

1.2.1 Основные понятия кинематики. Виды движения. Скорость, ускорение, траектория, путь

Вопросы для устного опроса

1. Что такое кинематика? В чём заключается её роль в механике? Перечислите основные понятия кинематики и дайте их краткую характеристику.
2. Какие существуют виды механического движения? Опишите каждый вид движения и приведите примеры из реальной жизни.
3. Дайте определение траектории движения. Какие виды траекторий существуют? Как вид траектории влияет на характеристики движения?
4. Что такое скорость как физическая величина? Опишите различные виды скорости (мгновенная, средняя) и их физический смысл.
5. Объясните понятие ускорения. Какие виды ускорения существуют в механике? В чём заключается их физический смысл?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните поступательное и вращательное движение. Составьте таблицу, отражающую основные различия между этими видами движения.
7. Охарактеризуйте основные способы описания движения материальной точки. В чём преимущества и недостатки каждого способа?
8. Проанализируйте взаимосвязь между путём и перемещением. В каких случаях эти величины совпадают, а в каких различаются?
9. Опишите классификацию движений по характеру изменения скорости. Приведите примеры каждого типа движения.
10. Сравните нормальное и тангенциальное ускорение. В чём заключается физический смысл каждого из них? Как они связаны с видом траектории движения?

1.2.2 Кинематика точки. Способы задания движения точки. Ускорение полное, нормальное, касательное. Сложное движение точки. Сложное движение твёрдого тела Плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей

Вопросы для устного опроса

1. Что такое кинематика точки? Опишите основные способы задания движения точки (векторный, координатный, естественный) и укажите условия их применения.
2. Объясните понятие ускорения точки. Как связаны между собой полное, нормальное и касательное ускорения? В каких случаях они проявляются?
3. Что такое сложное движение точки? Опишите относительное, переносное и абсолютное движения. Как они взаимосвязаны?
4. Дайте определение плоскопараллельного движения твёрдого тела. Какие виды движения входят в его состав? Приведите примеры из практики.
5. Что такое мгновенный центр скоростей? Как он определяется и каково его практическое значение при анализе движения тела?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните различные способы задания движения точки. Составьте таблицу, отражающую преимущества и недостатки каждого способа.
7. Охарактеризуйте взаимосвязь между различными видами ускорений точки. Опишите условия, при которых одно из ускорений равно нулю.
8. Проанализируйте особенности сложного движения твёрдого тела. Как определяются скорости и ускорения при таком движении?
9. Опишите методику определения положения мгновенного центра скоростей для различных типов движения. В чём заключается практическое значение этого понятия?

10. Сравните кинематические характеристики плоскопараллельного движения и сложного движения точки. Составьте схему, отражающую их взаимосвязь.

Тема 1.3 Динамика

1.3.1 Основные понятия. Сила инерции. Аксиомы динамики. Основной закон динамики. Динамика материальной точки

Вопросы для устного опроса

1. Что такое динамика как раздел механики? В чём заключается её основная задача? Перечислите основные понятия динамики и дайте их краткую характеристику.
2. Сформулируйте основные аксиомы динамики. Объясните физический смысл каждой аксиомы и приведите примеры их проявления в природе.
3. Что такое сила инерции? Опишите природу возникновения сил инерции и условия их появления. Приведите примеры действия сил инерции.
4. Сформулируйте основной закон динамики (второй закон Ньютона). Объясните физический смысл этого закона и его практическое значение.
5. Дайте определение материальной точки в динамике. Какие условия позволяют рассматривать тело как материальную точку при решении динамических задач?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните первый и третий законы динамики. Составьте таблицу, отражающую основные различия между этими законами и условия их применения.
7. Охарактеризуйте взаимосвязь между массой тела и его инертностью. Объясните, почему масса является мерой инертности тела.
8. Проанализируйте условия, при которых тело движется с постоянной скоростью. Опишите случаи, когда на тело не действуют силы, и случаи, когда действующие силы уравновешены.
9. Опишите классификацию сил в механике. Составьте схему, отражающую основные виды сил и их характеристики.
10. Сравните инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Опишите особенности применения законов динамики в различных системах отсчёта и условия их применимости.

1.3.2 Принцип Даламбера. Метод кинетостатики. Работа и мощность Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа равнодействующей силы. Работа и мощность при вращательном движении

Вопросы для устного опроса

1. Что такое принцип Даламбера? Объясните его физический смысл и область применения в механике. Как этот принцип помогает в решении динамических задач?
2. В чём заключается метод кинетостатики? Опишите основные положения метода и условия его применимости при анализе движения тел.
3. Дайте определение работы силы в механике. Какие виды работы существуют и как они классифицируются? Приведите примеры различных видов работы.
4. Что такое мощность как физическая величина? Опишите связь между работой и мощностью. В каких единицах измеряется мощность?
5. Объясните особенности работы при вращательном движении. Как вычисляется работа силы при вращении тела? Что такое момент силы относительно оси вращения?

Вопросы для письменного опроса

- Сравните принцип Даламбера с другими принципами механики. Составьте таблицу, отражающую основные отличия и области применения каждого принципа.
- Охарактеризуйте условия, при которых работа силы равна нулю. Опишите различные случаи, когда работа силы может быть положительной, отрицательной или равной нулю.
- Проанализируйте взаимосвязь между работой и энергией при различных видах движения. Как работа силы влияет на изменение энергии тела?
- Опишите методику определения работы равнодействующей силы. Как связаны между собой работы составляющих сил и работа их равнодействующей?
- Сравните характеристики работы и мощности при поступательном и вращательном движении. Составьте схему, отражающую основные различия и сходства этих видов движения с точки зрения энергетических характеристик.

1.3.3 КПД Общие теоремы динамики. Теоремы динамики для материальной точки. Динамические нагрузки в технике

Вопросы для устного опроса

- Что такое коэффициент полезного действия (КПД)? Объясните физический смысл КПД и приведите формулу его вычисления. В каких единицах измеряется КПД?
- Перечислите основные теоремы динамики. Дайте краткую характеристику каждой теоремы и укажите их практическое значение.
- Опишите теоремы динамики для материальной точки. Как они связаны с основными законами динамики?
- Что такое динамическая нагрузка? В чём отличие динамических нагрузок от статических? Приведите примеры динамических нагрузок в технике.
- Объясните влияние динамических нагрузок на работу технических устройств. Какие меры защиты применяются для снижения их негативного воздействия?

Вопросы для письменного опроса

- Сравните различные виды КПД (механический, тепловой, электрический). Составьте таблицу, отражающую особенности каждого вида КПД и области их применения.
- Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на величину КПД технических устройств. Опишите способы повышения КПД механизмов.
- Проанализируйте взаимосвязь между теоремами динамики и законами сохранения. Как теоремы динамики помогают в изучении движения тел?
- Опишите классификацию динамических нагрузок в технике. Составьте схему, отражающую основные виды динамических нагрузок и их характеристики.
- Сравните методы учёта динамических нагрузок при проектировании технических устройств. Опишите современные подходы к расчёту конструкций на динамические воздействия.

Раздел 2 Сопротивление материалов

Тема 2.1 Основные положения

2.1.1 Основные задачи сопротивления материалов. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции. Силы внешние и внутренние Метод сечений. Напряжение полное, нормальное, касательное

Вопросы для устного опроса

- Что такое сопротивление материалов как наука? Опишите основные задачи, которые решает эта дисциплина в инженерной практике.

- Объясните понятия упругой и пластической деформации. В чём заключается различие между этими видами деформации? Приведите примеры материалов, демонстрирующих каждый тип деформации.
- Перечислите основные гипотезы и допущения в сопротивлении материалов. Объясните физический смысл каждой гипотезы и её практическое значение.
- Опишите классификацию нагрузок в сопротивлении материалов. Как различаются внешние и внутренние силы, действующие на элементы конструкции?
- Что такое метод сечений? Объясните суть этого метода и его роль в определении внутренних силовых факторов в элементах конструкции.

Вопросы для письменного опроса

- Сравните различные виды напряжений (полное, нормальное, касательное). Составьте таблицу, отражающую особенности каждого вида напряжения и условия их возникновения.
- Охарактеризуйте основные элементы конструкций в сопротивлении материалов. Опишите классификацию элементов по геометрическим признакам и условиям работы.
- Проанализируйте влияние различных факторов на характер деформации материалов. Как свойства материала влияют на его поведение под нагрузкой?
- Опишите методику определения внутренних силовых факторов методом сечений. Составьте схему последовательности действий при применении этого метода.
- Сравните способы представления напряжённого состояния в точке тела. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между различными видами напряжений и их влияние на прочность конструкции.

Тема 2.2 Растяжение и сжатие

2.2.1 Характеристика деформации. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации.

Вопросы для устного опроса

- Что такое деформация? Опишите основные виды деформации, встречающиеся в сопротивлении материалов. В чём заключается их принципиальное различие?
- Объясните понятие продольной деформации. Как она связана с изменением длины тела? Приведите примеры продольной деформации в технических конструкциях.
- Что такое поперечная деформация? Как она проявляется при растяжении и сжатии? Опишите взаимосвязь между продольной и поперечной деформациями.
- Дайте определение нормального напряжения. В каких случаях возникают нормальные напряжения при растяжении и сжатии? Как они распределяются по поперечному сечению бруса?
- Что такое эпюра? Для чего строятся эпюры продольных сил и нормальных напряжений? Опишите алгоритм построения эпюр.

Вопросы для письменного опроса

- Сравните продольные и поперечные деформации. Составьте таблицу, отражающую основные характеристики каждого вида деформации и условия их возникновения.
- Охарактеризуйте особенности распределения нормальных напряжений по поперечному сечению стержня при растяжении и сжатии. Опишите случаи неравномерного распределения напряжений.
- Проанализируйте методику построения эпюр продольных сил. Какие правила следует учитывать при построении эпюр? Как интерпретировать полученные графики?
- Опишите процесс построения эпюр нормальных напряжений. Какие факторы влияют на форму и характер эпюры напряжений?

10. Сравните способы графического представления напряжённо-деформированного состояния. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между эпюрами продольных сил, нормальных напряжений и деформациями.

2.2.2. Закон Гука. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные. Расчеты на прочность

Вопросы для устного опроса

1. Что такое закон Гука? Сформулируйте его математическую запись и объясните физический смысл. В каких пределах применим закон Гука?
2. Опишите методику испытаний материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Какие характеристики материала определяются при таких испытаниях?
3. Дайте определение предельных, допускаемых и расчётных напряжений. В чём заключается различие между этими понятиями? Как они связаны между собой?
4. Что такое прочность материала? Перечислите основные критерии прочности и объясните их физический смысл.
5. Охарактеризуйте виды разрушений материалов при статическом нагружении. В чём заключается различие между хрупким и вязким разрушением?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните диаграммы растяжения и сжатия для различных материалов (сталь, чугун, цветные металлы). Составьте таблицу, отражающую основные характеристики этих диаграмм.
7. Опишите процесс определения механических характеристик материала при испытаниях на растяжение. Какие параметры определяются по диаграмме растяжения?
8. Проанализируйте влияние различных факторов на величину допускаемых напряжений. Как выбирается коэффициент запаса прочности?
9. Охарактеризуйте основные виды расчётов на прочность. В чём заключается различие между проектным, проверочным и определением допускаемой нагрузки?
10. Сравните методы оценки прочности материалов при статическом нагружении. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между механическими характеристиками материала и критериями прочности.

Тема 2.3 Срез и смятие

2.3.1 Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности. Смятие. Допускаемые напряжения

Вопросы для устного опроса

1. Что такое срез как вид деформации? Опишите механизм возникновения деформации среза и приведите примеры элементов конструкций, работающих на срез.
2. Какие основные расчетные предпосылки принимаются при расчете на срез? Объясните физический смысл каждой предпосылки.
3. Что такое смятие как вид деформации? В чём заключается отличие смятия от других видов деформации? Приведите примеры смятия в конструкциях.
4. Опишите условия прочности при расчете на срез и смятие. Какие факторы учитываются при составлении этих условий?
5. Как определяются допускаемые напряжения при расчетах на срез и смятие? От чего зависит выбор коэффициента запаса прочности?

Вопросы для письменного опроса

- Сравните расчетные формулы для определения напряжений при срезе и смятии. Составьте таблицу, отражающую различия в подходах к расчету.
- Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на прочность соединения при срезе. Опишите способы повышения прочности срезных соединений.
- Проанализируйте особенности расчета на смятие для различных типов соединений (болтовые, заклепочные). В чем заключаются различия в подходах к расчету?
- Опишите методику определения площади среза и смятия для типовых соединений. Как влияет форма поверхности контакта на величину расчетных площадей?
- Сравните требования к прочности при расчетах на срез и смятие для различных материалов. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между механическими свойствами материала и допускаемыми напряжениями.

Тема 2.4 Сдвиг и кручение

2.4.1 Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения

Вопросы для устного опроса

- Что такое чистый сдвиг? Опишите механизм возникновения деформации сдвига и приведите примеры элементов конструкций, работающих на сдвиг.
- Сформулируйте закон Гука при сдвиге. Объясните физический смысл этого закона и его отличие от закона Гука для растяжения-сжатия.
- Что такое модуль сдвига? Как он связан с другими механическими характеристиками материала? В каких единицах измеряется модуль сдвига?
- Опишите внутренние силовые факторы при кручении. Как определяется крутящий момент и как он распределяется по длине бруса?
- Что такое кручение бруса круглого поперечного сечения? В чём особенности напряжённого состояния при кручении круглых валов?

Вопросы для письменного опроса

- Сравните деформации при чистом сдвиге и других видах деформации. Составьте таблицу, отражающую основные характеристики и особенности каждого вида деформации.
- Охарактеризуйте методику построения эпюр крутящих моментов. Какие правила следует учитывать при построении таких эпюр?
- Проанализируйте особенности напряжённого состояния при кручении круглого бруса. Как распределяются касательные напряжения по сечению?
- Опишите взаимосвязь между углом сдвига и углом закручивания при кручении. Как эти характеристики связаны с геометрией бруса и приложенными нагрузками?
- Сравните характеристики прочности при сдвиге для различных материалов. Составьте схему, отражающую зависимость между механическими свойствами материала и допускаемыми напряжениями при сдвиге.

2.4.2 Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Условие прочности

Вопросы для устного опроса

- Какие основные гипотезы принимаются при расчёте элементов конструкций на кручение? Объясните физический смысл каждой гипотезы и её практическое значение.
- Что такое напряжение в поперечном сечении при кручении? Опишите механизм возникновения касательных напряжений и их распределение по сечению.

3. Объясните понятие угла закручивания. Как он связан с крутящим моментом и геометрией бруса? В каких единицах измеряется угол закручивания?
4. Сформулируйте условие прочности при кручении. Какие параметры учитываются при его составлении?
5. Опишите влияние геометрических характеристик сечения на прочность при кручении. Как форма сечения влияет на распределение напряжений?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните различные виды напряжённого состояния при кручении. Составьте таблицу, отражающую особенности распределения напряжений в разных типах сечений.
7. Охарактеризуйте методику определения напряжений в произвольной точке поперечного сечения при кручении. Какие факторы влияют на величину напряжений?
8. Проанализируйте взаимосвязь между крутящим моментом, углом закручивания и жесткостью сечения. Как эти параметры связаны между собой?
9. Опишите процесс определения допускаемых напряжений при расчёте на прочность при кручении. Как выбирается коэффициент запаса прочности?
10. Сравните условия прочности для различных материалов при кручении. Составьте схему, отражающую зависимость между механическими свойствами материала и допускаемыми напряжениями.

Тема 2.5 Изгиб

2.5.1 Изгиб, основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы, правила построения эпюр

Вопросы для устного опроса

1. Что такое изгиб как вид деформации? Опишите механизм возникновения деформации изгиба и приведите примеры элементов конструкций, работающих на изгиб.
2. Перечислите и охарактеризуйте основные виды изгиба (чистый, поперечный, косой). В чём заключается принципиальное различие между ними?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают при изгибе? Объясните физический смысл каждого фактора и способ их определения.
4. Что такое эпюра в сопротивлении материалов? Для чего строятся эпюры при изгибе и какую информацию они предоставляют?
5. Опишите основные правила знаков для внутренних силовых факторов при изгибе. Как определяются положительные и отрицательные значения?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните различные виды изгиба по характеру возникающих напряжений и деформаций. Составьте таблицу, отражающую особенности каждого вида изгиба.
7. Охарактеризуйте методику построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Опишите последовательность действий при построении эпюр.
8. Проанализируйте взаимосвязь между эпюрами поперечных сил, изгибающих моментов и характером нагружения балки. Как влияют типы опор на вид эпюр?
9. Опишите особенности распределения внутренних силовых факторов в балках при различных видах нагружения (сосредоточенные силы, распределённая нагрузка).
10. Сравните способы представления результатов расчёта при изгибе. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между эпюрами внутренних силовых факторов и геометрией балки.

2.5.2 Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности. Рациональная форма поперечных сечений балок

Вопросы для устного опроса

1. Что такое эпюра поперечных сил и изгибающих моментов? Объясните физический смысл этих графических зависимостей и их практическое значение при расчёте балок.
2. Как определяются нормальные напряжения при изгибе? Опишите механизм их возникновения и распределение по поперечному сечению балки.
3. Сформулируйте условие прочности при изгибе. Какие параметры учитываются при его составлении и как они взаимосвязаны?
4. Что такое рациональная форма поперечного сечения балки? Объясните, почему некоторые формы сечений считаются более эффективными при изгибе.
5. Опишите влияние формы поперечного сечения на прочность балки при изгибе. Приведите примеры рациональных форм сечений для различных условий нагружения.

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Составьте таблицу, отражающую основные различия в методиках построения и интерпретации этих эпюр.
7. Охарактеризуйте особенности распределения нормальных напряжений по высоте сечения при изгибе. Опишите случаи неравномерного распределения напряжений.
8. Проанализируйте взаимосвязь между эпюрами внутренних силовых факторов и характером деформации балки. Как влияют типы нагрузок на форму эпюр?
9. Опишите методику определения опасных сечений балки по эпюрам внутренних усилий. Какие признаки указывают на наличие опасного сечения?
10. Сравните различные типы поперечных сечений балок с точки зрения их рациональности при изгибе. Составьте схему, отражающую зависимость между формой сечения и его прочностными характеристиками.

Тема 2.6 Устойчивость сжатых стержней

2.6.1 Критическая сила, критическое напряжение, гибкость. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Категории стержней в зависимости от гибкости. Понятие продольного изгиба

Вопросы для устного опроса

1. Что такое продольный изгиб? Объясните механизм возникновения продольного изгиба и приведите примеры конструкций, подверженных этому виду деформации.
2. Дайте определение критической силы и критического напряжения. В чём заключается их физический смысл и практическое значение при расчётах на устойчивость?
3. Что такое гибкость стержня? Как она определяется и как влияет на устойчивость сжатого элемента?
4. Сформулируйте формулу Эйлера для определения критической силы. При каких условиях применима эта формула и какие ограничения она имеет?
5. Опишите формулу Ясинского и область её применения. В чём заключается отличие формулы Ясинского от формулы Эйлера?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните формулы Эйлера и Ясинского. Составьте таблицу, отражающую условия применения каждой формулы и их основные отличия.

7. Охарактеризуйте категории стержней в зависимости от гибкости. Опишите особенности расчёта на устойчивость для каждой категории.
8. Проанализируйте факторы, влияющие на величину критической силы. Как влияют длина стержня, условия закрепления и форма поперечного сечения на устойчивость?
9. Опишите методику определения допускаемой сжимающей силы с учётом устойчивости. Как выбирается коэффициент запаса устойчивости?
10. Сравните способы обеспечения устойчивости сжатых элементов конструкций. Составьте схему, отражающую взаимосвязь между гибкостью, критической силой и прочностью материала.

Раздел 3 Детали машин

Тема 3.1 Основные понятия и определения

3.1.1 Цель и задачи курса «Детали машин». Машины и механизмы. Современные направления в развитии машиностроения. Основные задачи научно-технического прогресса в машиностроении. Требования, предъявляемые к машинам и их деталям

Вопросы для устного опроса

1. Что включает в себя содержание курса «Детали машин»? Опишите основные разделы дисциплины и их взаимосвязь с другими техническими дисциплинами.
2. Дайте определение машины и механизма. В чём заключается различие между этими понятиями? Приведите примеры типовых механизмов и машин.
3. Охарактеризуйте современные направления развития машиностроения. Какие тенденции определяют развитие отрасли в настоящее время?
4. Какие факторы определяют развитие современного машиностроения? Опишите влияние научно-технических достижений на совершенствование машин и механизмов.
5. Какие основные принципы лежат в основе проектирования машин? Опишите основные этапы проектирования машиностроительных конструкций.

Вопросы для письменного опроса

6. Опишите структуру современной машиностроительной отрасли. Составьте схему, отражающую основные направления и взаимосвязи между различными отраслями машиностроения.
7. Проанализируйте взаимосвязь между требованиями к машинам и их конструктивными особенностями. Как конструктивные решения влияют на выполнение заданных требований?
8. Опишите систему показателей качества машин. Какие показатели определяют надёжность, долговечность и ремонтопригодность машин?
9. Сравните современные тенденции в проектировании машин с традиционными подходами. Составьте схему, отражающую эволюцию конструктивных решений в машиностроении.
10. Охарактеризуйте основные направления совершенствования конструкций машин. Опишите методы повышения эффективности, надёжности и экономичности машиностроительных конструкций.

Тема 3.2 Соединения деталей. Разъемные и неразъемные соединения

3.2.1 Общие сведения о соединениях, достоинства, недостатки, область применения. Неразъемные и разъемные соединения, их достоинства и недостатки. Сварные соединения. Заклепочные соединения. Клеевые соединения. Соединения с натягом

Вопросы для устного опроса

1. Что такое соединение деталей? Дайте классификацию соединений по различным признакам и объясните их практическое значение.
2. Охарактеризуйте основные отличия между неразъемными и разъемными соединениями. Приведите примеры применения каждого типа.
3. Перечислите основные достоинства и недостатки сварных соединений. В каких случаях их применение наиболее эффективно?
4. Опишите принцип работы заклепочных соединений. Какие факторы влияют на прочность и надежность таких соединений?
5. В чем заключаются особенности клеевых соединений?

Вопросы для письменного опроса

6. Сравните различные типы неразъемных соединений (сварные, заклепочные, клеевые). Составьте таблицу, отражающую их основные характеристики, преимущества и недостатки.
7. Охарактеризуйте технологию выполнения соединений с натягом. Опишите условия, при которых такие соединения обеспечивают необходимую прочность.
8. Проанализируйте факторы, влияющие на выбор типа соединения при проектировании машин и механизмов. Как влияют условия эксплуатации на выбор типа соединения?
9. Опишите методику оценки надежности различных типов соединений. Какие критерии используются для оценки качества соединения?
10. Сравните современные способы выполнения неразъемных соединений с традиционными методами. Составьте схему, отражающую эволюцию технологий соединения деталей и их влияние на развитие машиностроения.

Критерии оценивания устного опроса:

Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Критерии оценивания:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

Оценка «**отлично**» ставится, если студент полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения нормального литературного языка.

Оценка «**хорошо**» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировок; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Письменный опрос

1. Описание

Письменный опрос проводится с целью контроля усвоенных умений и знаний и последующего анализа типичных ошибок и затруднений обучающихся.

На проведение опроса отводится 10-15 минут.

При работе обучающийся может использовать следующие источники: *указать используемые таблицы, литературу, оборудование и т.д.*

2. Критерии оценки письменных ответов

Оценка «**отлично**» ставится, если в работе дан полный, развернутый ответ на поставленные вопросы. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

Оценка «**хорошо**» ставится, если в работе дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки. Имеющиеся у обучающегося знания соответствуют минимальному объему содержания предметной подготовки. Изложение знаний в письменной форме полное, системное в соответствии с требованиями учебной программы. Возможны несущественные ошибки в формулировках. Ответ логичен, изложен литературным языком с использованием научной терминологии.

Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Оформление требует поправок, коррекции.

Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Изложение неграмотно, допущены существенные ошибки. Отсутствует интерес, стремление к добросовестному и качественному выполнению учебных заданий.

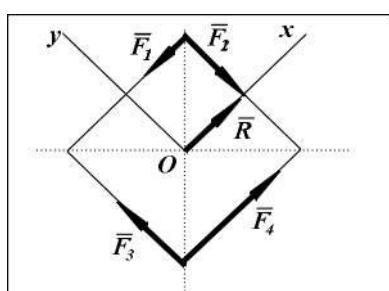
Примеры аудиторных задач

Статика

Решение задачи

Определение главного вектора и главного момента. (пример).

К вершинам квадрата со стороной $a = 0.5\text{м}$ приложены силы: $F_1 = 4(\text{Н})$; $F_2 = F_3 = 8(\text{Н})$; $F_4 = 12(\text{Н})$. Определить главный вектор этой системы сил и ее алгебраический главный момент относительно центра квадрата O .



Кинематика

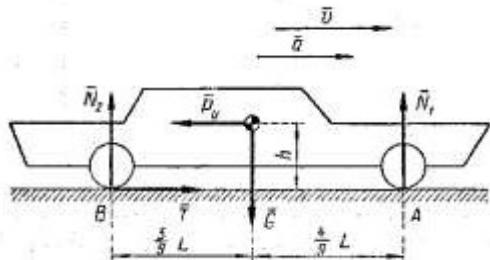
Определение параметров движения материальной точки (пример)

Определить координату, скорость и ускорение материальной точки через 2, 4, 6 секунд после начала движения. Закон движения

$$S=f(t)=t^3-2t^2+3t-8:$$

Динамика

Определить давление, оказываемое на грунт передними ведомыми и задними ведущими колесами автомобиля силой тяжести $G = 15 \text{ кН}$ если при трогании с места при трогании с места развивается ускорение $a = 4 \text{ м/сек}^2$. Центр тяжести находится на высоте $h = 1 \text{ м}$ над грунтом и делит расстояние между осями (базу) $L = 4,5 \text{ м}$ в отношении $4:5$. Сопротивлением движению пренебречь



Критерии оценивания

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Приложение 2

Инструкционная карта к практическому занятию №1

Тема: «Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил»

Цель занятия: Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил графическим и аналитическим методами, а также установить, находится ли система сил в состоянии равновесия.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочитайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Исследование любой системы сил начинают с определения взаимного расположения этих сил. Если линии действия всех сил расположены в одной плоскости и пересекаются в одной точке, то они образуют плоскую систему сходящихся сил.

Число сил, образующих данную систему может быть любым. Последовательно складывая силы, их приводят к одной равнодействующей силе. Один из главных вопросов, который следует

решить, исследуя систему сил, - это вопрос о том, является ли данная система уравновешенной или неуравновешенной.

Необходимым и достаточным признаком уравновешенности системы сходящихся сил, является равенство нулю их равнодействующей силы. Точка, к которой приложена уравновешенная система сил, находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Сложение сил можно производить двумя способами: графическим и аналитическим. Графическое сложение плоской системы сходящихся сил производят путем построения силового многоугольника. Последовательность построения силового многоугольника приведена в таблице 1.

Графический способ позволяет довольно быстро и наглядно произвести сложение системы сил, но точность определения величины и направления сил зависит от точности выполненных построений.

Более точные результаты можно получить, применяя аналитический способ, основанный на вычислении проекций сил на оси координат. Последовательность вычисления равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитически способом приведена в таблице 2.

Определение проекций силы на ось для различных вариантов расположения силы относительно оси представлено на рисунке 1.

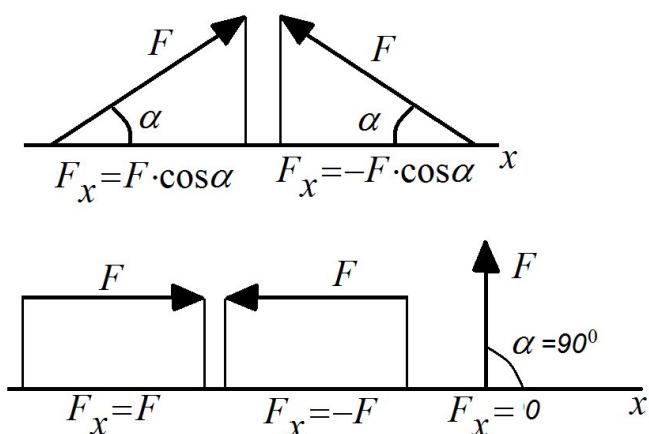


Рисунок 1

Алгоритм решения задачи

Таблица 1 — Последовательность действий при построении силового многоугольника

№ п/п	Наименование операций	Эскиз
1	Из произвольной точки отложить первый вектор силы	
2	Из конца первого вектора отложить вектор второй силы	
3	Из конца второго вектора отложить вектор третьей силы и т. д. Повторить n-1 раз	

№ п/п	Наименование операций	Эскиз
4	Направить замыкающий вектор от начала первого вектора в конец последнего	
5	Определить величину и направление равнодействующей и сделать вывод об уравновешенности системы: а) система уравновешена, если силовой многоугольник замкнут б) если силовой многоугольник не замкнут, то система сил не уравновешена	

Таблица 2 — Последовательность действий при определении равнодействующей аналитическим способом

№ п/п	Наименование операций	Эскиз
1	Изобразить схематически тело и заданные силы. Найти точку пересечения этих сил.	
2	Провести оси координат так, чтобы одна ось была перпендикулярна некоторым силам. Начало координат совместить с точкой пересечения сил. Указать острые углы, образованные с осями координат.	
3	Вычислить величину проекций равнодействующей силы на оси координат. Она определяется как сумма проекций всех сил системы на эти оси.	$F_{Sx} = SF_{nx} = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 - F_3$ $F_{Sy} = SF_{ny} = F_1 \cos(90^\circ - \alpha_1) - F_2 \cos(90^\circ - \alpha_2)$
4	Вычислить равнодействующую по формуле	$F_S = \sqrt{F_{Sx}^2 + F_{Sy}^2}$
5	Вычислить тангенс угла наклона равнодействующей к оси абсцисс и определить угол α	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{ F_{Sy} }{ F_{Sx} } \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{ F_{Sy} }{ F_{Sx} }$
6	Определить, уравновешена ли система	a) при $F_S = 0$ система уравновешена б) при $F_S \neq 0$ система сил не уравновешена

Пример: Для заданной плоской системы сходящихся сил (рисунок 2) определить равнодействующую аналитическим и графическим способами. Выявить, уравновешена ли система.

Дано: $F_1 = 20\text{Н}$, $\alpha_1 = 45^\circ$

$$F_2 = 30H, \alpha_2 = 0^\circ$$

$$F_3 = 42H, \alpha_3 = 240^\circ$$

Найти: F_s , α

Решение

I. Аналитический способ

- Перестраиваем силы согласно заданных углов (рисунок 2)

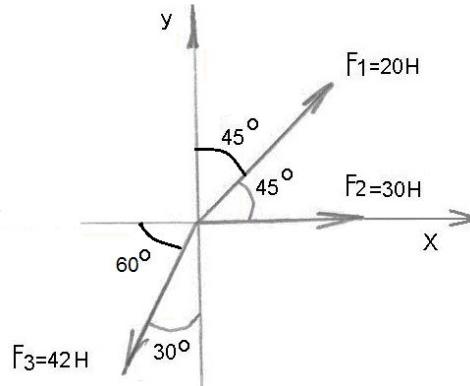


Рисунок 2

- Задаем оси координат так, чтобы одна ось была перпендикулярна некоторым силам. Начало координат совмещаем с точкой пересечения сил. Указываем острые углы, образованные силами с осями координат
- Определяем проекции равнодействующей на з данные оси координат.

$$F_{sx} = SF_{nx} = F_1 \cos 45^\circ + F_2 - F_3 \cos 60^\circ = 20 \times 0,707 + 30 - 42 \times 0,5 = 23,1H$$

$$F_{sy} = SF_{ny} = F_1 \cos 45^\circ - F_3 \cos 30^\circ = 20 \times 0,707 - 42 \times 0,866 = -24,1H$$

- Определяем величину равнодействующей

$$F_s = \sqrt{F_{sx}^2 + F_{sy}^2} = \sqrt{23,1^2 + (-24,1)^2} = 33,4H$$

- Вычисляем тангенс угла наклона равнодействующей к оси абсцисс и определяем угол α

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{F_{sy}}{F_{sx}} \right| = \left| \frac{-24,1}{23,1} \right| = \left| -1,043 \right| = 1,043$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left| \frac{F_{sy}}{F_{sx}} \right| = \operatorname{arctg} 1,043 \approx 46^\circ$$

- Определяем, уравновешена ли система. Т.к. $F_s = 33,4H \neq 0$, то система не уравновешена

II. Графический способ.

- Выбираем масштаб построения, исходя из величины заданных сил. Для нашей задачи принимаем масштаб $m = 5 \frac{H}{cm}$

- Определяем длины отрезков, изображающих силы.

$$oa = l_1 = \frac{F_1}{m} = \frac{20}{5} = 4cm$$

$$ab = l_2 = \frac{F_2}{m} = \frac{30}{5} = 6cm$$

$$bc = l_3 = \frac{F_3}{m} = \frac{42}{5} = 8,4 \text{ см}$$

3. Строим силовой многоугольник (рисунок 3). Из произвольной точки o откладываем отрезок oa , изображающий вектор силы F_1 . Следует помнить, что силы необходимо строить так, как они заданы на рисунке, т.е. с учетом расположения сил под определенными углами и с учетом их направления. К концу отрезка oa (сила F_1) достраиваем отрезок ab , изображающий вектор силы F_2 . Далее к концу отрезка ab достраиваем отрезок bc , изображающий вектор силы F_3 . Проводим равнодействующую силу – это будет вектор, выходящий из начала первого вектора (точки o) и идущий в конец последнего вектора (к точке c)

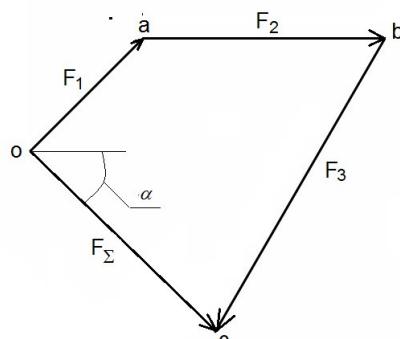


Рисунок 3

4. Определяем величину равнодействующей и угол ее наклона к оси абсцисс. Для определения величины равнодействующей линейкой замеряем отрезок oc . $oc = 6,6 \text{ см}$

Определяем равнодействующую: $F_S = oc \times m = 6,6 \times 5 = 33 \text{ Н}$

С помощью транспортира измеряем угол наклона равнодействующей к оси абсцисс (угол α): $\alpha = 46^\circ$

5. Делаем вывод об уравновешенности системы. Т.к. силовой многоугольник не замкнут, то система не уравновешена.

III. Окончательный вывод по задаче: т.к. результаты определения равнодействующей и угла ее наклона к оси абсцисс в обоих способах решения примерно равны, то задача решена верно. Данная система не уравновешена.

Критерии оценивания

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший

погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

Вариант 1

Задание 1. Определить равнодействующую силу графическим и аналитическим способами.

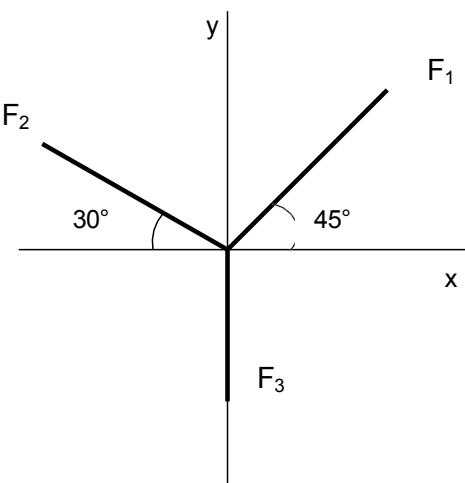
Дано:

$$F_1 \bullet 44\text{kH}$$

$$F_2 \bullet 22\text{kH}$$

$$F_3 \bullet 11\text{kH}$$

Определить: $F_{\text{рв}}$



Вариант 2

Задание 2. Определить равнодействующую силу графическим и аналитическим способами.

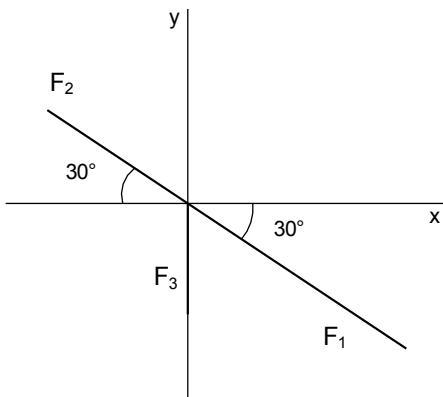
Дано:

$$F_{\text{рв}} \bullet 60\text{kH}$$

$$F_2 \bullet 15\text{kH}$$

$$F_3 \bullet 30\text{kH}$$

Определить $F_{\text{рв}}$



Контрольные вопросы

1. Какая система сил приложена в точке, находящейся в покое?
2. Чему равна равнодействующая уравновешенной системы сил?
3. Укажите последовательность построения силового многоугольника для системы сходящихся сил.
4. Можно ли, построив силовой многоугольник, определить, уравновешена ли система?
5. Как методом проекций вычислить величину равнодействующей плоской системы сходящихся сил и угол, определяющий ее направление?

Вывод о достигнутых целях работы

Инструкционная карта к практическому занятию №2

Тема: Определение опорных реакций балок

Цель занятия: Закрепить теоретические знания и приобрести практические навыки определения опорных реакций балок различных типов, научиться применять уравнения равновесия для расчёта реакций опор

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтите теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Очень часто в машинах и конструкциях встречаются тела удлиненной формы, называемые балками (или балочными системами). Балки в основном предназначены для восприятия поперечных нагрузок. Балки имеют специальные опорные устройства для сопряжения их с другими элементами и передачи на них усилий.

Балка в технической механике — линейный элемент несущих конструкций, работающий преимущественно на изгиб.

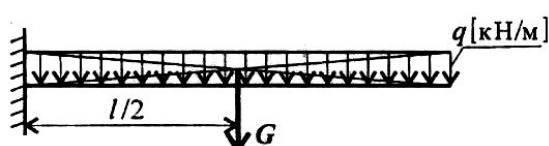
Длина балки значительно превосходит по значению и ширину, и высоту. Она широко применяется в конструкциях зданий, сооружений, машин, станков и пр..

Балки могут быть различных сечений: круглая, квадратная (брус), коробчатая, трубчатая, тавровая, двутавровая, швеллер и другие.

По способу приложения нагрузки делятся на:

- сосредоточенные — если реально передача нагрузки происходит на пренебрежимо малой площадке (в точке);
- распределенные — если нагрузка распределена по значительной площадке или линии (давление воды на плотину, давление снега на крышу и т.п.).

В задачах статики для абсолютно твердых тел распределенную нагрузку можно заменить равнодействующей сосредоточенной силой (рис. 1).



q — интенсивность нагрузки;
 I — длина стержня;
 $G = ql$ — равнодействующая распределенной нагрузки.

Рис. 1

Жесткая заделка (защемление) (рис. 2)

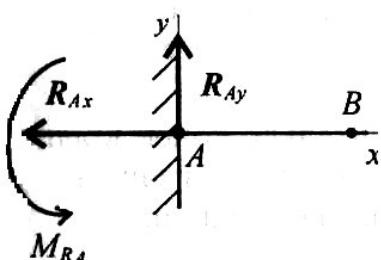


Рис. 2

Опора не допускает перемещений и поворотов. Заделку заменяют двумя составляющими силы R_{Ax} и и парой с моментом M_{Ra} .

Для определения этих неизвестных удобно использовать систему уравнений в виде

$$\sum_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum_0^n m_{kA} = 0.$$

Каждое уравнение имеет одну неизвестную величину и решается без подстановок.

Для контроля правильности решений используют дополнительное уравнение моментов относительно любой точки на балке, например

$$\sum_0^n m_{kB} = 0.$$

Шарнирно-подвижная опора (рис. 3)

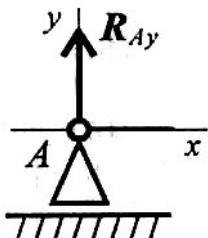


Рис. 3

Опора допускает поворот вокруг шарнира и перемещение вдоль опорной поверхности. Реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности.

Шарнирно-неподвижная опора (рис. 4)

Опора допускает поворот вокруг шарнира и может быть заменена двумя составляющими силы вдоль осей координат.

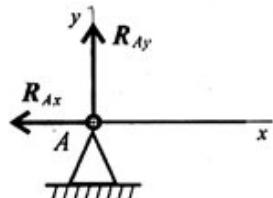


Рис. 4

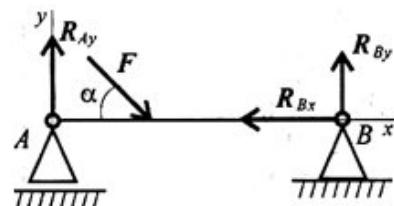


Рис. 5

Балка на двух шарнирных опорах (рис. 5)

Не известны три силы, две из них — вертикальные, следовательно, удобнее для определения неизвестных использовать систему уравнений во второй форме:

$$\sum_0^n m_{kA}(F_k) = 0; \quad \sum_0^n m_{kB}(F_k) = 0; \quad \sum_0^n F_{kx} = 0.$$

Составляются уравнения моментов относительно точек крепления балки. Поскольку момент силы, проходящей через точку крепления, равен 0, в уравнении останется одна неизвестная сила.

Из уравнения $\sum_0^n F_{kx} = 0$ определяется реакция R_{Bx} .

Из уравнения $\sum_0^n m_{kA}(F_k) = 0$ определяется реакция R_{By} .

Из уравнения $\sum_0^n m_{kB}(F_k) = 0$ определяется реакция R_{Ay} .

Для контроля правильности решения используется дополнительное уравнение

$$\sum_0^n F_{ky} = 0.$$

Алгоритм выполнения

- Общепринято их обозначать буквами А и В. Простая балка имеет одну шарнирно – неподвижную и вторую шарнирно – подвижную опору.
- Выбрать расположение координатных осей: совместить ось x с балкой, а ось y направить перпендикулярно оси x.
- Произвести необходимые преобразования: силу, наклоненную к оси балки под углом а, заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими.
- Освобождают от опор и заменяют их действие на балку реакциями опор. В задачах на балку действуют только вертикальные нагрузки и сосредоточенные моменты. Реакции опор при

нагрузке будут только вертикальными. Обычно их направляют вверх (против действия основной нагрузки) и обозначают реакцию.

5. Составляют уравнения равновесия вида: $\Sigma MA = 0$, $\Sigma MB = 0$

Напомним, что моментом силы относительно точки называется произведение этой силы на плечо – кратчайшее расстояние от этой точки приложения силы (в общем случае до линии действия силы). Если сила стремится повернуть балку относительно рассматриваемой точки по часовой стрелке, то будем считать ее момент положительным, а если против – отрицательным. Сосредоточенный момент не умножается на расстояние до опоры, а правило знаков остается тем же, что для момента силы.

6. Выполняют проверку решения: Для этого составляют уравнение равновесия: $\Sigma Fy = 0$

7. Сделать вывод о наиболее нагруженной опоре.

Примеры решения задач

Пример №1. Одноопорная (зашемленная) балка нагружена сосредоточенными силами и парой сил (рис. 6). Определить реакции заделки.

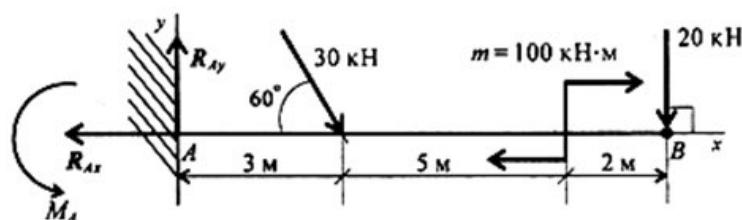


Рис. 6

Решение

1. В заделке может возникнуть реакция, представляемая двумя составляющими (R_{Ay}, R_{Ax}), и реактивный момент M_A . Наносим на схему балки возможные направления реакций.

Замечание. Если направления выбраны неверно, при расчетах получим отрицательные значения реакций. В этом случае реакции на схеме следует направить в противоположную сторону, не повторяя расчета.

В силу малой высоты считают, что все точки балки находятся на одной прямой; все три неизвестные реакции приложены в одной точке. Для решения удобно использовать систему уравнений равновесия в первой форме. Каждое уравнение будет содержать одну неизвестную.

2. Используем систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 \sum_{k=0}^n F_{kx} &= 0; \quad \sum_{k=0}^n F_{ky} = 0; \quad \sum_{k=0}^n m_{kA} = 0. \\
 \sum_{k=0}^n F_{kx} &= -R_{Ax} + 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 0. \\
 R_{Ax} &= 30 \cdot \cos 60^\circ + 20 \cdot \cos 90^\circ = 15 \text{ кН.} \\
 \sum_{k=0}^n F_{ky} &= R_{Ay} - 30 \cdot \cos 30^\circ - 20 \cdot \cos 0^\circ = 0. \\
 R_{Ay} &= 30 \cdot 0,866 + 20 \cdot 1 = 45,98 \text{ кН.} \\
 \sum_{k=0}^n m_{kA} &= -M_A + 30 \cdot 3 \cdot \sin 60^\circ + 100 + 20 \cdot 10 = 0. \\
 M_A &= 377,94 \text{ кН·м.}
 \end{aligned}$$

Знаки полученных реакций (+), следовательно, направления реакций выбраны верно.

3. Для проверки правильности решения составляем уравнение моментов относительно точки В.

$$\sum m_{kB} = -M_A + R_{Ay} \cdot 10 - 30 \cdot 7 \cdot \sin 60^\circ + 100 = 0.$$

Подставляем значения полученных реакций:

$$\begin{aligned}
 -377,94 + 45,98 \cdot 10 - 210 \cdot 0,866 + 100 &= 0; \\
 -559,8 + 559,8 &= 0.
 \end{aligned}$$

Ответ: Решение выполнено верно.

Пример №2. Двухопорная балка с шарнирными опорами A и B нагружена сосредоточенной силой F , распределенной нагрузкой с интенсивностью q и парой сил с моментом m (рис. 7). Определить реакции опор.

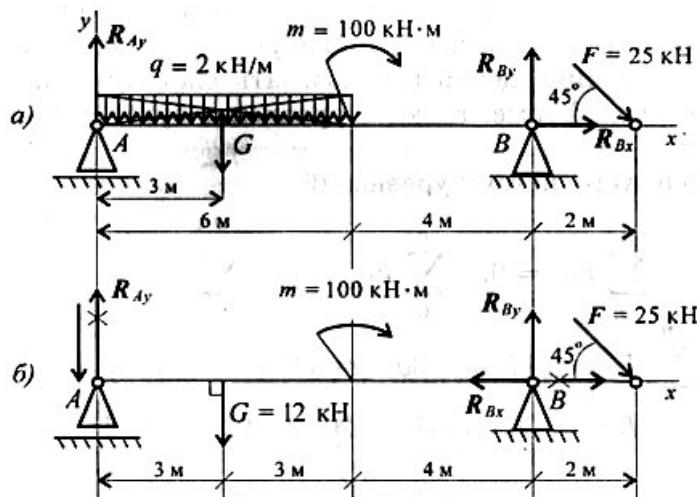


Рис. 7

Решение

1. Левая опора (точка A) — подвижный шарнир, здесь реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности.

Правая опора (точка B) — неподвижный шарнир, здесь наносим две составляющие реакции вдоль осей координат. Ось Ox совмещаем с продольной осью балки.

2. Поскольку на схеме возникнут две неизвестные вертикальные реакции, использовать первую форму уравнений равновесия нецелесообразно.

3. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной:

$$G = ql; G = 2*6 = 12 \text{ кН.}$$

Сосредоточенную силу помещаем в середине пролета, далее задача решается с сосредоточенными силами.

4. Наносим возможные реакции в опорах (направление произвольное).
5. Для решения выбираем уравнение равновесия в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=0}^n m_{kA} = 0; \\ \sum_{k=0}^n m_{kB} = 0; \\ \sum_{k=0}^n F_{kx} = 0. \end{array} \right| \quad \text{Проверка: } \sum_{k=0}^n F_{ky} = 0.$$

6. Составляем уравнения моментов относительно точек крепления:

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^n m_{kA} &= G \cdot 3 + m - R_{By} \cdot 10 + F \cdot 12 \cdot \sin 45^\circ = 0. \\ R_{By} \cdot 10 &= G \cdot 3 + m + F \cdot 12 \cdot \sin 45^\circ; \\ R_{By} \cdot 10 &= 12 \cdot 3 + 100 + 25 \cdot 12 \cdot 0,7; \quad R_{By} = \frac{346}{10} = 34,6 \text{ кН.} \\ \text{Реакция направлена верно.} \\ \sum_{k=0}^n m_{kB} &= R_{Ay} \cdot 10 - G \cdot 7 + m + F \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ = 0. \\ R_{Ay} \cdot 10 &= G \cdot 7 - m - F \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ; \\ R_{Ay} \cdot 10 &= 12 \cdot 7 - 100 - 50 \cdot 0,7; \quad R_{Ay} = -\frac{51}{10} = -5,1 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Реакция отрицательная, следовательно, R_{Ay} нужно направить в противоположную сторону.

7. Используя уравнение проекций, получим:

$$\sum_{k=0}^n F_{kx} = R_{Bx} + F \cos 45^\circ = 0; \quad R_{Bx} = -F \cos 45^\circ; \quad R_{Bx} = -17,5 \text{ кН.}$$

R_{Bx} — горизонтальная реакция в опоре В.

Реакция отрицательна, следовательно, на схеме ее направление будет противоположно выбранному.

8. *Проверка правильности решения.* Для этого используем четвертое уравнение равновесия

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^n F_{ky} &= 0; \\ -R_{Ay} - G + R_{By} - F \cos 45^\circ &= 0. \end{aligned}$$

Подставим полученные значения реакций. Если условие выполнено, решение верно:

$$-5,1 - 12 + 34,6 - 25 \cdot 0,7 = 0.$$

Ответ: Решение выполнено верно.

Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их

значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

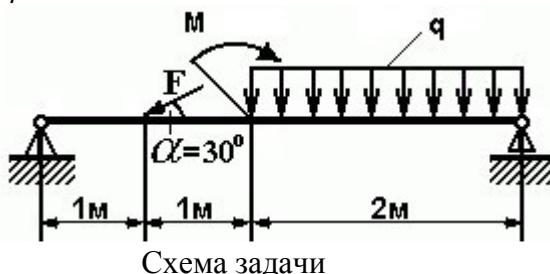
Порядок выполнения работы:

1. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей и указать точку ее приложения (если действует на балку).
2. Освободить балку от связей, заменив их реакциями.
3. Выбрать систему уравнений равновесия.
4. Решить уравнения равновесия.
5. Выполнить проверку решения.

Задания 1:

Определить реакции опор балки, если известно

$$F = 20 \text{ кН}, M = 10 \text{ кН}\cdot\text{м}, q = 1 \text{ кН/м}$$



Задания 2:

Определить реакции заделки, если известно

$$F = 20 \text{ кН}, M = 10 \text{ кН}\cdot\text{м}, q = 1 \text{ кН/м.}$$

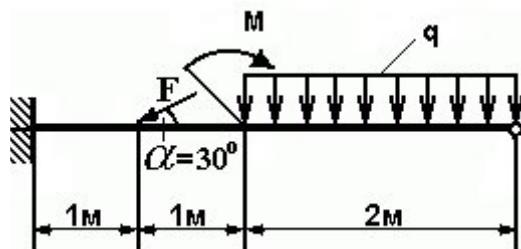


Схема задачи

Контрольные вопросы

1. Какую из форм уравнений равновесия целесообразно использовать при определении реакций в заделке?
2. Какую форму системы уравнений равновесия целесообразно использовать при определении реакций в опорах двухпорной балки и почему?
3. Сколько уравнений равновесия необходимо составить при параллельных внешних силах?
4. Как определить равнодействующую силу равномерно распределённой нагрузки?
5. Назовите формулу для определения момента силы относительно точки.
6. Сформулируйте правила знаков для определения моментов сил.
7. Как проверить правильность определения реакций опор балочных систем?
8. В каком случае момент силы равен 0?

Вывод о достигнутых целях работы

Инструкционная карта к практическому занятию №3

Тема: Определение центра тяжести сечения, составленного из стандартных фигур

Цель занятия: Закрепление теоретических знаний по теме; Формирование практических навыков расчета координат центра тяжести плоских фигур; Формирование общих компетенций.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Сила, с которой тела притягиваются к Земле, называется **силой тяжести**.

Сила тяжести — равнодействующая сил притяжения к Земле, она распределена по всему объему тела. Силы притяжения, приложенные к частицам твердого тела, образуют систему сил, линии действия которых сходятся в центре Земли. Поскольку радиус Земли значительно больше размеров любого земного тела, силы притяжения можно считать параллельными.

Центром тяжести тела называется центр параллельных сил тяжести всех элементарных частиц тела.

Любое тело состоит из большого количества элементарных частиц.

Центр тяжести есть геометрическая точка, которая может лежать вне тела (кольцо, цилиндр с отверстием).

Координаты центра тяжести тела находят по тем же формулам, что и координаты центра параллельных сил.

Очень часто приходится определять центры тяжести геометрических плоских фигур сложной формы. Координаты центра тяжести вычисляются по формулам:

$$X_c = \frac{\sum A_i \times X_i}{\sum A_i}, \quad Y_c = \frac{\sum A_i \times Y_i}{\sum A_i};$$

где A_i – площадь простой фигуры (элементарной площади);

X_i, Y_i – координаты центра тяжести элементарной площади.

Для вычисления координат центра тяжести геометрических плоских фигур используются следующие методы:

1. Метод симметрии:

- если однородное тело имеет ось симметрии, то центр тяжести лежит на оси симметрии;
- если однородное тело имеет две оси симметрии, то центр тяжести лежит в точке их пересечения;
- центр тяжести однородного тела вращения лежит на оси вращения.

2. Метод разделения: сложные сечения разделяем на минимальное количество простых частей, положение центров тяжести которых, легко определить;

3. Метод отрицательных площадей: полости (отверстия) рассматриваются как часть сечения с отрицательной площадью.

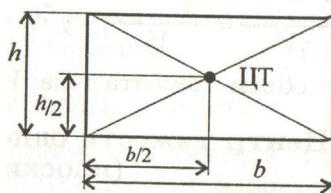
Методика решения задач по определению координат центра тяжести площади.

Для решения задач плоской системы параллельных сил и определения координат центра тяжести плоской фигуры сложной конфигурации применяем следующую методику:

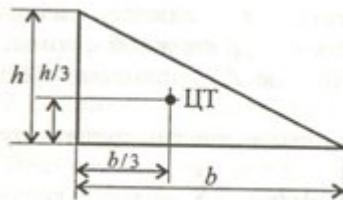
1. Сложную фигуру разбиваем на элементарные площади.
2. В каждой элементарной площади определяем центр тяжести
3. Выбираем оси координат
4. Относительно этих осей координат определяем координаты центра тяжести каждой элементарной площади
5. Составив уравнения, решаем задачу по определению центра тяжести сложной фигуры.
6. При решении задач необходимо помнить, если фигура имеет вырез, то в уравнениях для X_c Y_c A_x A_y площадь выреза ставится со знаком «минус»

Сведения о координатах центра тяжести простейших фигур

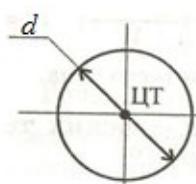
Прямоугольник. Так как прямоугольник имеет две оси симметрии, то его центр тяжести находится на пересечении осей симметрии, т.е. в точке пересечения диагоналей прямоугольника. $A=b \times h$.



Треугольник. Центр тяжести лежит в точке пересечения его медиан. Из геометрии известно, что медианы треугольника пересекаются в одной точке и делятся в отношении 1:2 от основания. $A = b \times h / 2$.

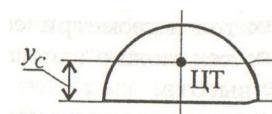


Круг. Так как круг имеет две оси симметрии, то его центр тяжести находится на пересечении осей симметрии. $A = \pi d^2 / 4$.

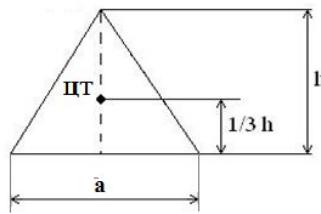


Полукруг. Полукруг имеет одну ось симметрии, его центр тяжести лежит на этой оси.

Другая координата центра тяжести вычисляется по формуле: $y_c = \frac{4R}{3\pi}$.



Равнобедренный треугольник. Центр тяжести лежит на оси симметрии, которой является высота треугольника. В равнобедренном треугольнике медиана совпадает с высотой h треугольника. $A = a \times h / 2$.



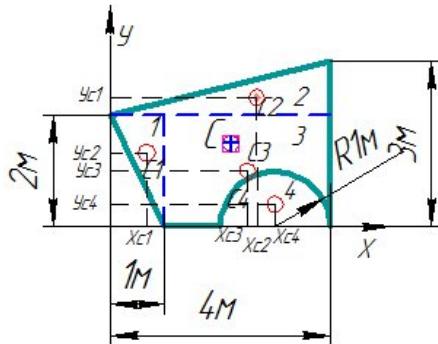
Примеры расчета

Задание 1.

Определить координаты центра тяжести заданного сечения.

Решение:

1. Разбиваем фигуру на простые отдельные части, положение центров тяжести которых известны. Представляем фигуру в виде двух треугольников 1, 2, прямоугольника 3 и выреза 4 в виде полукруга.



2. Вычисляем площадь и координаты центра тяжести каждого элемента:

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 = 1 \text{ м}^2, \quad x_1 = \frac{2}{3} \cdot 1 = 0,667 \text{ м}, \quad y_1 = \frac{2}{3} \cdot 2 = 1,333 \text{ м};$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 1 = 2 \text{ м}^2, \quad x_2 = \frac{2}{3} \cdot 4 = 2,667 \text{ м}, \quad y_2 = 2 + \frac{1}{3} \cdot 1 = 2,333 \text{ м};$$

$$A_3 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ м}^2, \quad x_3 = 1 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2,5 \text{ м}, \quad y_3 = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1 \text{ м};$$

$$A_4 = -\frac{3,142 \cdot 1^2}{2} = -1,571 \text{ м}^2, \quad x_4 = 3 \text{ м}, \quad y_4 = \frac{4 \cdot 1}{3 \cdot \pi} = 0,424 \text{ м}.$$

Площадь выреза берем со знаком минус.

3. Площадь фигуры $A = \sum A_i = 1 + 2 + 6 - 1,571 = 7,429 \text{ м}^2$.

4. Находим координаты центра тяжести всей фигуры:

$$x_c = \frac{\sum A_i x_i}{A} = \frac{0,667 \cdot 1 + 2,667 \cdot 2 + 2,5 \cdot 6 - 3 \cdot 1,571}{7,429} = 2,192 \text{ м};$$

$$y_c = \frac{\sum A_i y_i}{A} = \frac{1,333 \cdot 1 + 2,333 \cdot 2 + 1 \cdot 6 - 0,424 \cdot 1,571}{7,429} = 1,526 \text{ м}.$$

Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, умения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом,

обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

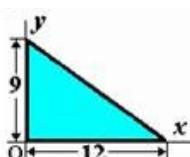
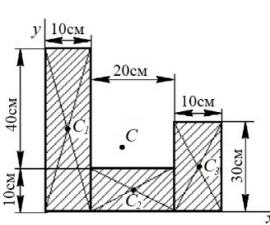
Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

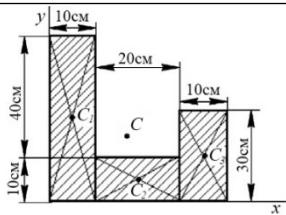
Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности..

Задания для практической работы

Проверка знаний и умений (необходимых для выполнения практической работы)

Задание 1. Определить координаты заданного сечения.

№	Задание	Вариант ответа
1.	Чему равны координаты X_c и Y_c однородной пластины в виде прямоугольного треугольника?	A. 4; 6 B. 4; 3 C. 8; 3 D. 8; 6
		
2.	Чему равны координаты C_3 однородной пластины?	A. 35;15 B. 15;35 C. 5;25 D. 25;5
		
3.	Чему равны координаты X_c , Y_c однородной пластины?	A. 15;18 B. 5; 25 C. 17;18 D. 25;5



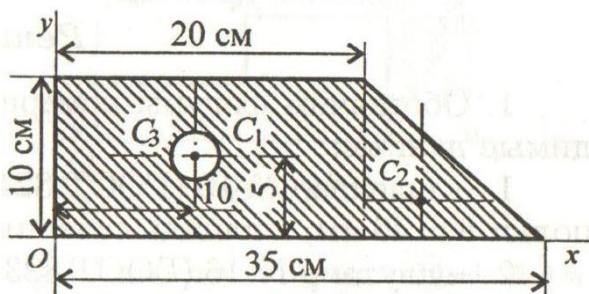
Задание 2. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами $a \times \delta$.

Порядок выполнения работы:

- 1) Разбить фигуру на простые геометрические фигуры, положение центров тяжести которых известны.
- 2) Выбрать систему координат.
- 3) Определить площади геометрических фигур.
- 4) Определить центр тяжести каждой фигуры относительно координат x, y.
- 5) Определить общую площадь фигуры по формуле $A = \sum A_i$.
- 6) Определить координаты центра тяжести всей фигуры.

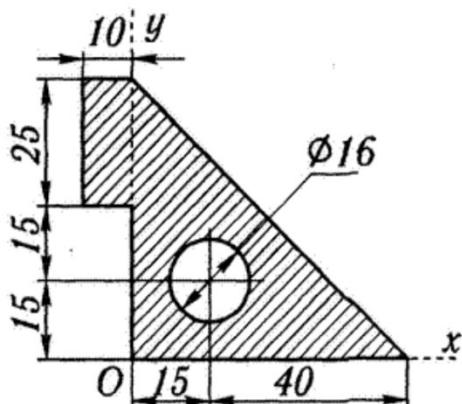
Задача 1.

Определить положение центра тяжести фигуры, представленной на рисунке.



Сложная плоская фигура 1

Задача 2



Сложная плоская фигура 2

Контрольные вопросы

1. Можно ли рассматривать силу тяжести тела как равнодействующую систему параллельных сил?
2. Может ли располагаться центр тяжести вне самого тела?

3. В чем сущность опытного определения центра тяжести плоской фигуры?
4. Как определяется центр тяжести сложной фигуры, состоящей из нескольких простых фигур?
5. Как следует рационально производить разбиение фигуры сложной формы на простые фигуры при определении центра тяжести всей фигуры?
6. Какой знак имеет площадь отверстий в формуле для определения центра тяжести?
7. На пересечении каких линий треугольника находится его центр тяжести?
8. Если фигуру трудно разбить на небольшое число простых фигур, какой способ определения центра тяжести может дать наиболее быстрый ответ?

Вывод о достигнутых целях работы

Инструкционная карта к практическому занятию №4

Тема: Расчет материалов на прочность при растяжении и сжатии

Цель занятия: Освоить методику расчёта на прочность при растяжении и сжатии, научиться определять максимальные продольные силы в опасных сечениях и решать основные задачи сопротивления материалов с использованием уравнения прочности.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Закон Гука: нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению или укорочению

$$\sigma = \epsilon \cdot E \quad (1)$$

Здесь E – коэффициент пропорциональности, который характеризует жесткость материала бруса, т. е. его способность сопротивляться деформации; его называют модулем продольной упругости, или модулем упругости первого рода.

Модуль упругости, как и напряжение, выражаются в паскалях (Па).

Значения E для различных материалов устанавливаются экспериментально-опытным путем, и их величину можно найти в соответствующих справочниках.

Так, для стали $E = (1,96 \dots 2,16) \times 10^5$ МПа, для меди $E = (1,00 \dots 1,30) \times 10^5$ МПа

Чем тверже материал, тем выше модуль упругости.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

относительное удлинение, продольная деформация

где l – первоначальная длина (рисунок 1)

l_1 – конечная длина после растяжения

$\Delta l = l_1 - l$ – абсолютное удлинение

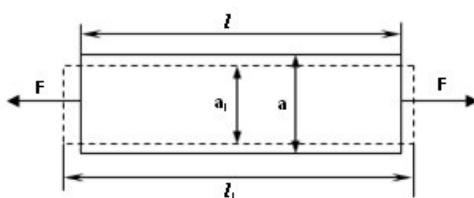
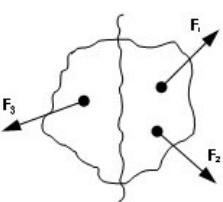
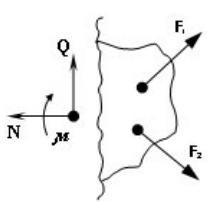


Рисунок 1.Растяжение (сжатие) бруса

Метод сечений

Метод сечений – основной метод в сопромате, с помощью которого определяются внутренние силовые факторы (ВСФ), схема представлена в таблице 1.

Таблица 1. Метод РОЗУ

Силы действующие на плоскость	Рассеченная плоскость	Обозначения	Уравнения равновесия
		<p>P – рассекаем О – отбрасываем З – заменяем У – составляем уравнение равновесия N (H) – продольная сила рассматривается при деформации растяжения и сжатия. Q (H) – поперечная сила – деформация поперечного изгиба</p>	$\sum F_y = 0$ $\sum F_x = 0$ $\sum M = 0$

Условие прочности при деформации растяжения или сжатия

$$s = \frac{N}{A} \leq [s] \quad (3)$$

На основании данного условия прочности решаются 3 задачи:

$$s_{\text{раб}} \leq [s] \quad (4)$$

Проверочный расчет. Надо определить $\sigma_{\text{раб}}$

Проверочный расчет – рабочий расчет.

1. Проектный расчет. Определяются размеры конструкций. В нашей формуле они характеризуются площадью A.

$$A \leq \frac{N}{[s]} \quad (5)$$

2. Определение допустимой нагрузки. Определяются N – внутренние силы.

$$N \leq A [s] \quad (6)$$

Пример.

Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1; F_2; F_3$ (рисунок 2). Площади поперечных сечений $A_1=2\text{см}^2$; $A_2=4\text{см}^2$. Проверить прочность бруса. Определить перемещение rl свободного конца бруса. Для материала бруса (сталь 3) принять: допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma_p] = 160\text{МПа}$; допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma_c] = 120\text{МПа}$; длина участка $l_1 = l_2 = 0,6\text{мм}$; модуль упругости $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

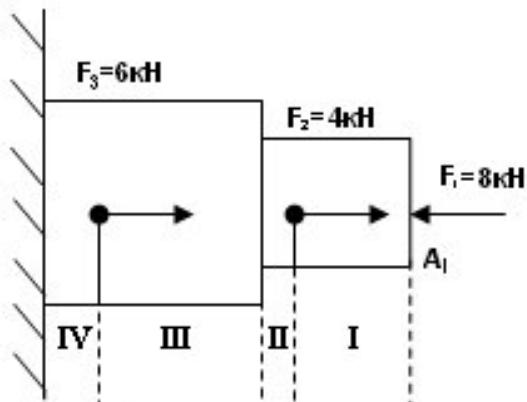
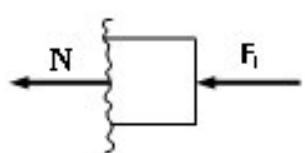


Рисунок 2. Двухступенчатый стальной брус

Решение

1. Разделим брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяется площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки.
2. Определяем продольные силы, нормальные напряжения и относительное удлинение (укорочение) каждого участка.

I Участок



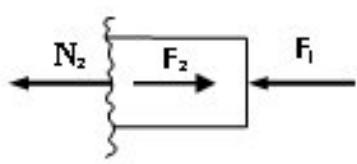
$$- F_1 - N = 0$$

$$- N_1 = F_1 \quad N_1 = - 8 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{- 8 \times 10^3 \text{ H}}{200 \text{ mm}^2} = - 40 \text{ MPa}$$

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \times l_1}{A_1 \times E} = \frac{- 8 \times 10^3 \times 0,6 \times 10^3}{2 \times 10^2 \times 2 \times 10^5} = - 1,2 \times 10^{-1} = - 0,12 \text{ mm}$$

II Участок



$$- F_1 + F_2 - N_2 = 0$$

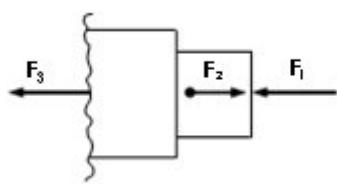
$$- N_2 = F_1 - F_2$$

$$N_2 = - 4 \text{ kN}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_1} = \frac{- 4 \times 10^3}{200 \text{ mm}^2} = - 20 \text{ MPa}$$

III Участок

$$\Delta l_1 = \frac{N_2 \times l_1}{A_1 \times E} = \frac{- 4 \times 10^3 \times 0,6 \times 10^3}{2 \times 10^2 \times 2 \times 10^5} = - 6 \times 10^{-1} = - 0,6 \text{ mm}$$



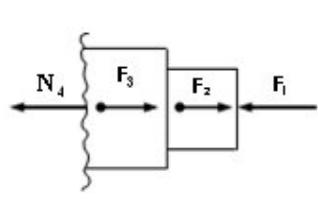
$$- F_1 + F_2 - N_3 = 0$$

$$N_3 = -4kH$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{-4 \times 10^3}{400 \text{мм}^2} = 10 \text{МПа}$$

$$Dl_1 = \frac{N_3 \times l}{A_2 E} = \frac{-4 \times 10^3 \times 0,6 \times 10^3}{4 \times 10^2 \times 2 \times 10^5} = -3 \times 10^{-1} = -0,3 \text{мм}$$

VI Участок



$$- F_1 + F_2 + F_3 - N_3 = 0$$

$$- 8 + 4 + 6 - N_3 = 0$$

$$+ N_4 = +2kH$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{A_2} = \frac{2 \times 10^3 H}{400 \text{мм}^2} = 5 \text{МПа}$$

$$Dl_1 = \frac{N_4 \times l}{A_2 E} = \frac{2 \times 10^3 \times 0,6 \times 10^3}{4 \times 10^2 \times 2 \times 10^5} = 0,15 \times 10^{-1} = 0,015 \text{мм}$$

3. Строим эпюры продольных сил и напряжений (рисунок 3)

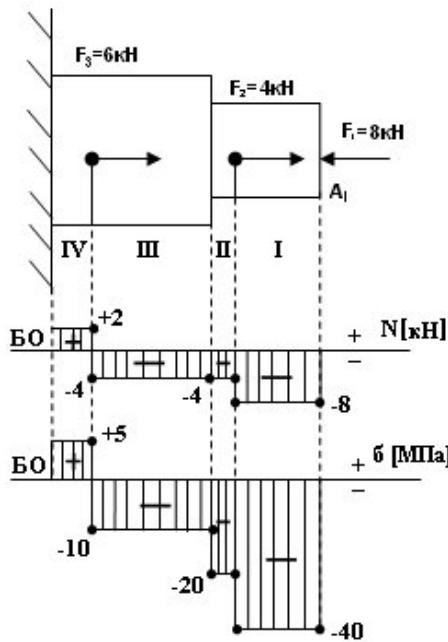


Рисунок 3. Эпюры поперечных сил и напряжений

Выход: Наибольшее расчетное напряжение на участке 1 и составляет $\sigma = -40 \text{ МПа}$, что меньше допускаемого напряжения на сжатие $[\sigma_c] = 120 \text{ МПа}$. Брус можно сжать на 33,3%.

Укорочение бруса возможно $Dl = Dl_1 + Dl_2 + Dl_3 + Dl_4 = -0,12 - 0,6 - 0,3 + 0,15 = -0,6 \text{мм}$

Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

1. Внимательно изучить методические указания, предложенный теоретический материал.

2. В соответствии с вариантом выполнить задание.

Для этого необходимо:

- ~ полностью переписать условие задания;
- ~ выполнить задание в соответствии с методикой, приведенной выше;
- ~ располагать действия в таком порядке, чтобы был виден логический ход выполнения работы. (Рисунки и схемы следует выполнять с помощью чертежных принадлежностей).

3. Сделать выводы о проделанной работе.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения заданий

1. По исходным данным своего варианта начертить рисунок.

2. Из таблицы 1 выбрать размер а, указать размеры на чертеже.

3. Из таблицы 1 выбрать значения сил и сечений.

4. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяется площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки.
5. Определить продольные силы, нормальные напряжения и относительное удлинение (укорочение) каждого участка.
6. Построить эпюры продольных сил и напряжений.
7. Определить наибольшее расчетное напряжение и относительное удлинение (укорочение) бруса

Задания для выполнения работы

Двухступенчатый стальной брус нагружен силами F_1, F_2, F_3 . Площади поперечных сечений A_1, A_2 . Проверить прочность бруса. Определить перемещение r_1 свободного конца бруса. Для материала бруса (сталь 3) принять: допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma_p] = 160 \text{ МПа}$; допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma_c] = 120 \text{ МПа}$; модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	Рисунок	Исходные данные					
		$F_1, \text{ кН}$	$F_2, \text{ кН}$	$F_3, \text{ кН}$	$A_1, \text{ см}$	$A_2, \text{ см}$	$a, \text{ м}$
1	1	12	18	34	1,0	1,8	0,2
2	2	23	35	12	1,5	1,9	0,3
3	3	22	34	18	1,6	2,1	0,4
4	4	14	26	35	1,2	1,9	0,6
5	5	16	40	34	1,6	1,8	0,9
6	6	26	24	26	1,3	1,5	1
7	7	28	18	40	1,0	1,6	1,2
8	8	32	10	24	2	3,2	0,8
9	9	34	12	18	2,1	3,0	0,2
10	10	12	23	35	2	2,5	0,3
11	11	18	22	34	1,8	2,2	0,4
12	12	35	14	26	1,5	1,9	0,6
13	13	34	16	40	1,6	2,6	0,2
14	14	26	26	24	1,2	2,8	0,3
15	15	40	28	18	1,0	2,0	0,4
16	16	24	32	12	0,9	1,0	0,6
17	17	18	40	23	2,1	2,9	0,9
18	18	16	24	22	1,9	2,1	0,2
19	1	24	18	14	1,0	1,9	0,2
20	2	25	12	16	2,5	2,8	0,3
21	3	34	23	26	2,4	2,5	0,4
22	4	36	22	28	1,9	2,6	0,6
23	5	40	14	32	2,6	3,2	0,9
24	6	38	16	10	2,8	3,0	0,1
25	7	20	10	14	1,8	2,9	0,5

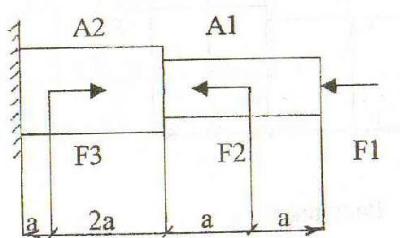


Рисунок 1

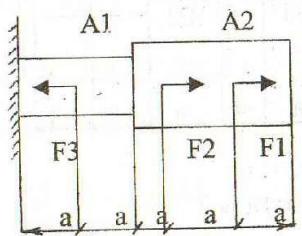


Рисунок 2

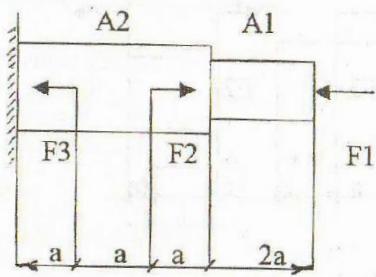


Рисунок 3

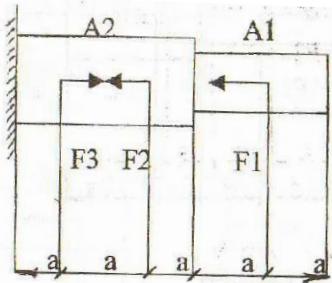


Рисунок 4

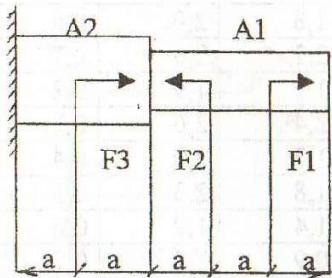


Рисунок 5

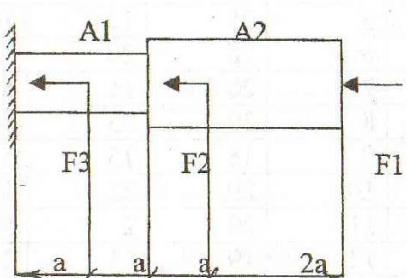


Рисунок 6

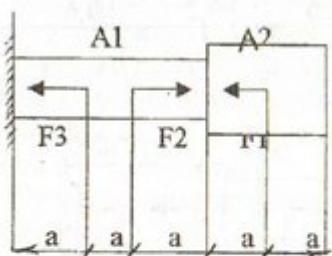


Рисунок 7

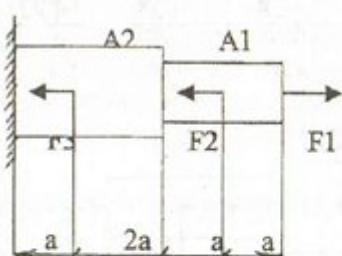


Рисунок 8

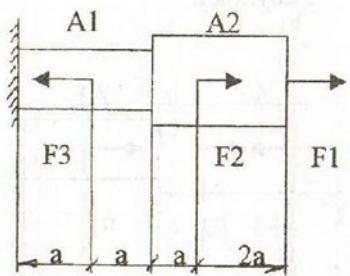


Рисунок 9

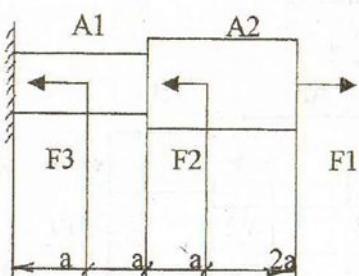


Рисунок 10

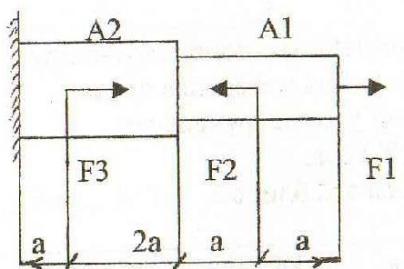


Рисунок 11

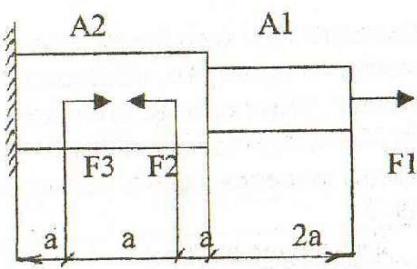


Рисунок 12

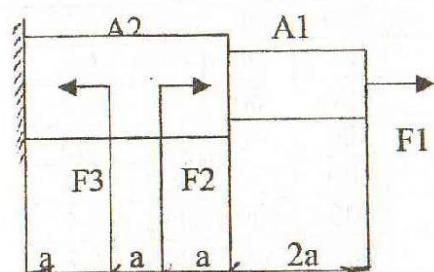


Рисунок 13

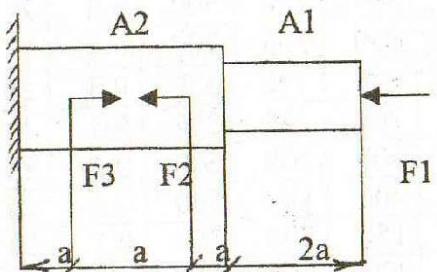


Рисунок 14

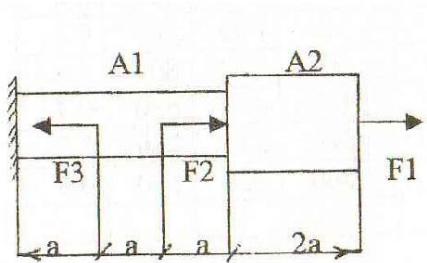


Рисунок 15

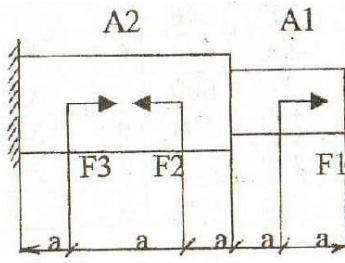


Рисунок 16

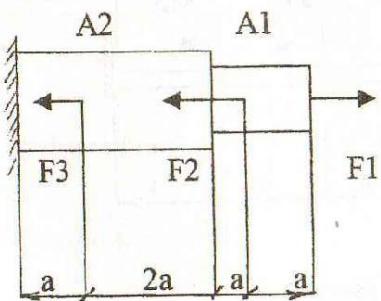


Рисунок 17

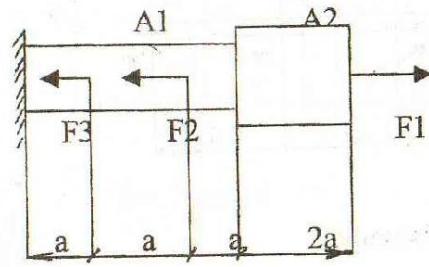


Рисунок 18

Выводы

Выводы формулируются в свободной форме.

В выводах необходимо отразить следующие моменты:

- 1) В какой степени достигнута цель работы;
- 2) Какие знания и умения приобретены в процессе выполнения работы.

Контрольные вопросы:

1. В чем суть метода сечений?
2. Какие внутренние силовые факторы вы знаете?
3. Где возникают нормальные и касательные напряжения?
4. Сформулируйте закон Гука.
5. Какое состояние называется осевым растяжением и сжатием?
6. Как вычисляется нормальное напряжение?
7. Как вычислить абсолютное удлинение (укорочение)?
8. Поясните принцип построения эпюор продольных сил и нормальных напряжений.
9. Условие прочности при деформации растяжения или сжатия
10. Правило знаков нахождения продольной силы.

Инструкционная карта к практическому занятию №5

Тема: Расчет на прочность и жесткость при кручении

Цель занятия: Закрепить знания, умения и приобрести практические навыки расчета при кручении. Научиться определять крутящие моменты (пользуясь методом сечений), касательные напряжения и угловые перемещения вала. Научиться строить эпюры крутящих моментов, касательных напряжений и угловых перемещений вала.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.

5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Под **кручением** понимается такой вид деформации, когда в поперечных сечениях бруса действует только крутящий момент M_k , Н·м (другое обозначение T_{kp} , M_z).

Стержни круглого или кольцевого сечения, работающие на кручение, называют **валами**.

Внешние крутящие моменты передаются на вал в местах посадки на него шкивов, зубчатых колес, там, где поперечная нагрузка смещена относительно оси вала.

Для определения крутящих моментов целесообразно пользоваться методом сечений, а для этого:

1. Рассекаем вал сечением 1-1 за точкой приложения скручивающего момента M ;
2. Отбрасываем левую (правую) часть с опорой;
3. Заменяем действие отброшенной части на оставшуюся внутренним силовым фактором – крутящим моментом T_{kp} ;
4. Составляем уравнение равновесия статики:

$\Sigma M_{iz} = 0$ (алгебраическая сумма всех внешних моментов, приложенных к валу слева или справа от сечения равна нулю) и находим искомое значение T_{kp1} .

Для построения эпюры T_{kp} необходимо задаться правилом знаков (общепринятого не существует!): **крутящий момент T_{kp} в произвольно выбранном сечении считается «+», если скручивающий момент M стремится повернуть вал по часовой стрелке и «-», если скручивающий момент M стремится повернуть вал против часовой стрелки.**

Будем ориентироваться по первой формулировке правила.

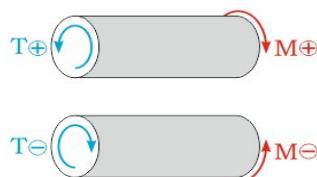


Рисунок 1 - Правило знаков для крутящих моментов

При кручении возникают только **касательные напряжения τ** – это напряжения возникающие в точках поперечного сечения вала, перпендикулярны радиусу, соединяющему эти точки с осью кручения.

Для определения касательного напряжения τ , Н/мм² или МПа пользуются формулой:

$$\tau = T_{kp}/W_p, \quad (1)$$

где T_{kp} – крутящий момент (внутренний силовой фактор), Н·м;

W_p – полярный момент сопротивления, мм³, который можно найти по формуле:

а) для круга

$$W_p = \frac{I_p}{0,5d} = \frac{\pi d^3}{16}, \quad (2)$$

где $I_p = \frac{\pi d^4}{32} \gg 0,1d^4$ – полярный момент инерции поперечного сечения, мм⁴;

d – диаметр сечения вала, мм.

б) для кольца

$$W_p = \frac{I_p}{0,5D} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D}, \quad (3)$$

где $I_p = \frac{\pi d^4}{32} \gg 0,1d^4$ - полярный момент инерции поперечного сечения, мм^4 ;

d – внутренний диаметр кольца, мм ;

D – внешний диаметр кольца, мм .

Эпюра – это наглядное представление об изменении В.С.Ф. или напряжений по всей длине вала, представленное графически.

Для построения эпюры T_{kp} проводим линию параллельную оси вала и на нее переносим начало и конец вала, точки приложения всех моментов.

Эпюра штрихуется строго вертикальными линиями, каждая из которых показывает значение момента в данном сечении.

Положительные значения T_{kp} от линии 0-0 откладываем вверх в определенном масштабе, а отрицательные от линии 0-0 откладываем вниз в определенном масштабе.

Построение эпюры напряжений τ аналогично построению эпюры T_{kp} .

Для кручения справедлив **закон Гука**: напряжение прямо пропорционально продольной деформации и записывается формулой:

$$\tau = G \cdot \gamma_p, \quad (4)$$

где τ – напряжение, МПа ;

G – модуль упругости 2 рода (модуль Юнга), МПа ;

γ_p – угловая (относительный сдвиг) деформация, %, которую можно определить по формуле:

$$\gamma_p = \rho \phi / l, \quad (5)$$

где ρ – расстояние до оси кручения, м ;

ϕ – полный угол закручивания, рад .

Пример: На ступенчатом валу (рисунок 2) жестко закреплены четыре шестерни. Ведущая шестерня сообщает валу вращающий момент $M_0 = 1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Другие шестерни передают вращательные моменты на валы параллельные первому: $M_1 = 400 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_2 = 600 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_3 = 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$, допускаемые напряжения $[\tau] = 32 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$. Построить эпюру крутящих моментов, определить диаметры ступеней вала и полный угол закручивания.

Решение: 1). Определяем крутящий момент по участкам вала, пользуясь методом сечений и правилом знаков:

$$- M_{z1} + M_3 = 0$$

$$M_{z1} = 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$- M_{z2} + M_3 + M_2 = 0$$

$$\begin{aligned} M_{z2} &= 200 + 600 = 800 \text{ Н}\cdot\text{м} \\ - M_{z3} + M_3 + M_2 + M_1 &= 0 \end{aligned}$$

$$M_{z3} = 200 + 600 + 400 = 1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

2). Выбираем масштаб и строим эпюру M_z (рисунок 2б).

3). Из условия прочности определяем диаметры вала по участкам:

$$d_I \geq \sqrt[3]{\frac{M_{z1}}{0,2 \cdot [\tau]}}$$

$$d_I \geq \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 32}} \geq 31,8 \text{ мм}$$

принимаем $d_I = 32$ мм (по $R_a 40$, см. таблицу 2)

$$d_{II} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{z2}}{0,2 \cdot [\tau]}}$$

$$d_{II} \geq \sqrt[3]{\frac{800 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 32}} \geq 50,4 \text{ мм}$$

принимаем $d_{II} = 50$ мм (по $R_a 40$, см. таблицу 2)

$$d_{III} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{z3}}{0,2 \cdot [\tau]}}$$

$$d_{III} \geq \sqrt[3]{\frac{1200 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 32}} \geq 57,6 \text{ мм}$$

принимаем $d_{III} = 58$ мм (по $R_a 40$, см. таблицу 2).

Выбираем масштаб и вычерчиваем эскиз вала (рисунок 2в).

4). Для определения полного угла закручивания вычисляем φ^0 по участкам и сечениям
 $\varphi_A^0 = 0$,

считаем, что левый конец вала жестко защемлен.

$$\varphi_B^0 = \frac{M_{z3} \cdot l_3}{I_{\rho3} \cdot G} \cdot \frac{180^0}{\pi}$$

$$\varphi_B^0 = \frac{1200 \cdot 10^3 \cdot 0,12 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 58^4 \cdot 8 \cdot 10^4} \cdot \frac{180^0}{3,14} = 0,094^0$$

$$\varphi_C^0 = \varphi_{AB}^0 + \varphi_{BC}^0$$

$$\varphi_C^0 = 0,094^0 + \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 50^4 \cdot 8 \cdot 10^4} \cdot \frac{180^0}{3,14} = 0,262^0$$

$$\varphi_D^0 = \varphi_{AC}^0 + \varphi_{CD}^0$$

$$\varphi_D^0 = 0,262^0 + \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 32^4 \cdot 8 \cdot 10^4} \cdot \frac{180^0}{3,14} = 0,405^0$$

Полный угол закручивания вала $\varphi^0 = 0,405^0$ или $\varphi = 24'$.

По полученным данным построим эпюру углов поворота сечений (рисунок 2г).

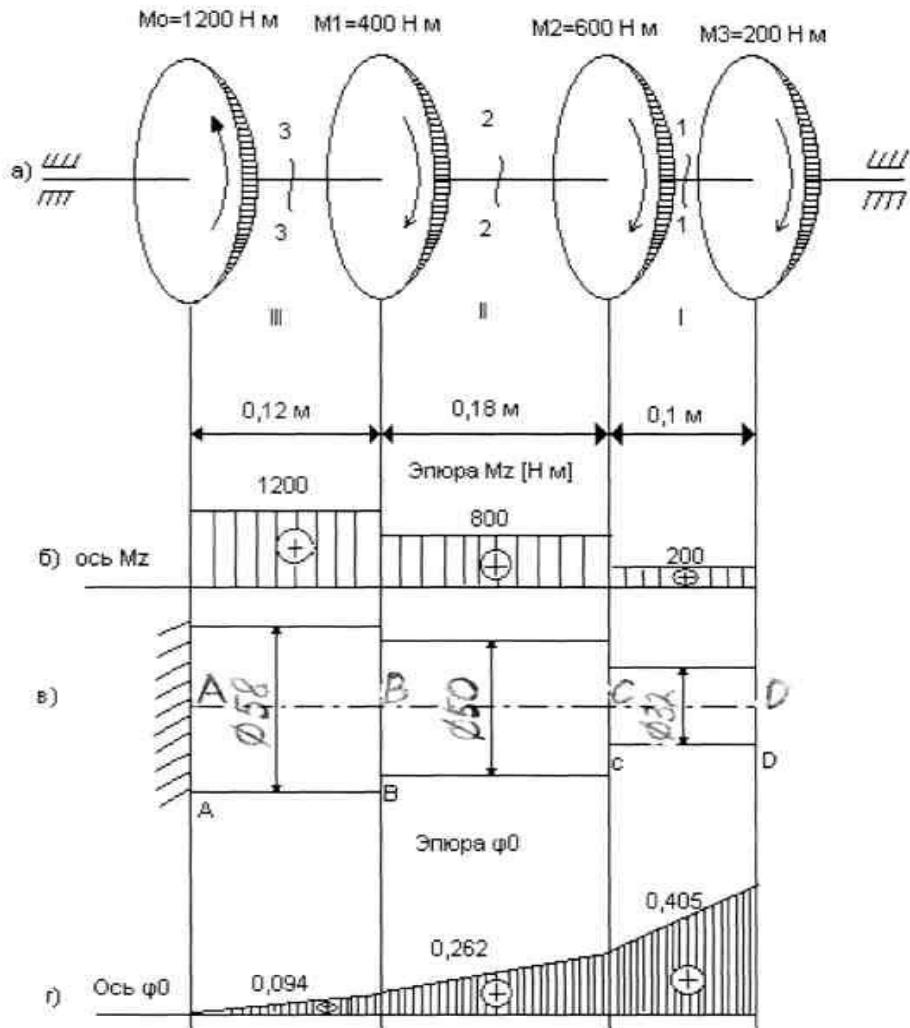


Рисунок 2 – Схема вала

Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий

профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

Алгоритм выполнения

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала для предложенной в задании схемы.

2. Выбрать рациональное расположение колес на валу и дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенным шкивами. (Рациональное расположение колес – расположение, при котором максимальное значение крутящего момента на валу – наименьшее из всех возможных.) Для экономии металла сечение бруса рекомендуется выполнить кольцевым

3. Определить потребные диаметры вала круглого и кольцевого сечения из расчета на прочность и жесткость и выбрать наибольшее из полученных значений, округлив величину диаметра.

4. Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площадям поперечных сечений валов.

$$A_{1\text{круг}} \cong A'_{1\text{кольцо}}$$

Площади валов рассчитать в наиболее нагруженном сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов).

Задание

Для заданного бруса (рис. 28.1) построить эпюры крутящих моментов, рациональным расположением шкивов на валу добиться уменьшения значения максимального крутящего момента. Построить эпюру крутящих моментов при рациональном расположении шкивов.

Из условия прочности определить диаметры вала для сплошного и кольцевого сечений, приняв $c = \frac{d_{\text{вн}}}{d} = 0,5$. Сравнить полученные результаты по полученным площадям поперечных сечений. $[\tau_k] = 35 \text{ МПа}$.

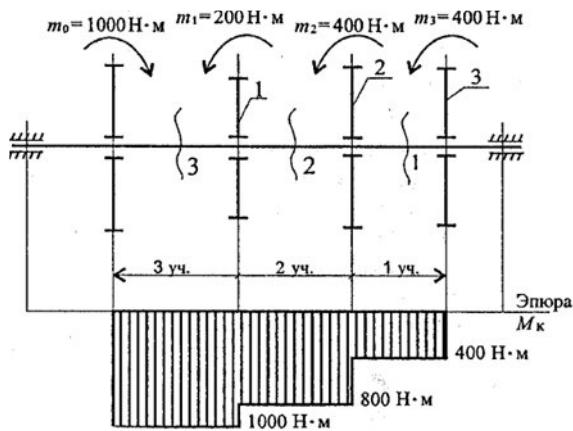


Рис. 28.1

1. Какие деформации возникают при кручении?
2. Какие гипотезы выполняются при деформации кручения?
3. Изменяются ли длина и диаметр вала после скручивания?
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
5. Что такое рациональное расположение колес на валу?

Выводы формулируются в свободной форме.

В выводах необходимо отразить следующие моменты:

- 1) В какой степени достигнута цель работы;
- 2) Какие знания и умения приобретены в процессе выполнения работы

Инструкционная карта к практическому занятию №6

Тема: Расчет на прочность при изгибе

Цель занятия: Освоить методику расчёта на прочность при изгибе, научиться строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, а также производить проверочные и проектные расчёты на прочность для различных типов балок.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтайте теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Расчеты на прочность при изгибе

Условие на прочность при изгибе заключается в том, что максимальное нормальное напряжение в опасном сечении не должно превышать допускаемое. Полагая, что гипотеза о не надавливании волокон справедлива не только при чистом, но и при поперечном изгибе, мы можем нормальные напряжения при поперечном изгибе определять по такой же формуле, что и при чистом изгибе, при этом расчетная формула выглядит так:

$$\sigma_{max} = Mu_{max} / W \leq [\sigma]$$

и читается так: нормальное напряжение в опасном сечении, определенное по формуле $\sigma_{max} = Mu_{max} / W \leq [\sigma]$ не должно превышать допускаемое. Допускаемое нормальное напряжение при изгибе выбирают таким же, как при растяжении и сжатии. Максимальный изгибающий момент определяют по эпюре изгибающих моментов или расчетом. Так как момент сопротивления изгибу W в расчетной формуле стоит в знаменателе, то чем больше W , тем меньшие напряжения возникают в сечении бруса.

Ниже приведены моменты сопротивления изгибу для наиболее часто встречающихся сечений:

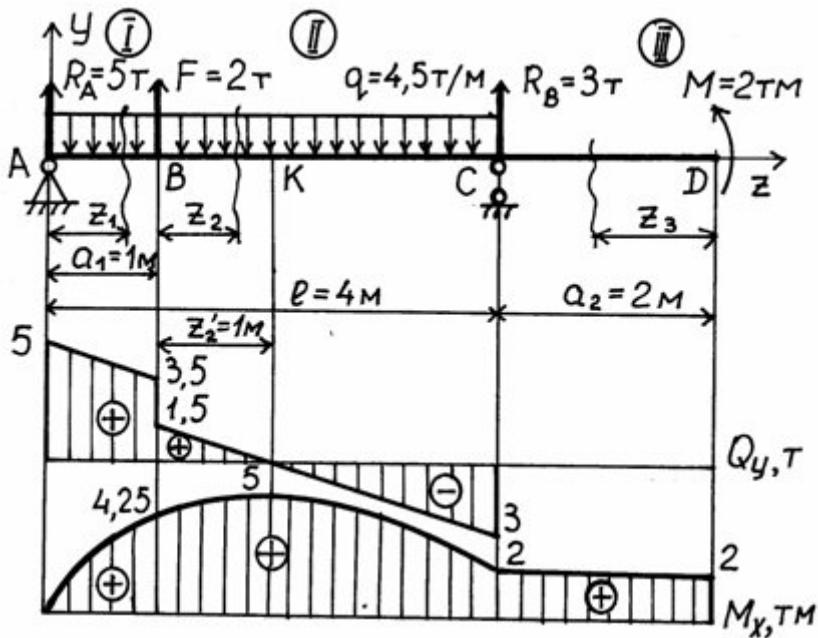
1. **Прямоугольное сечение** размером $b \times h$: $W_{np} = bh^2 / 6$.

2. **Круглое сечение** диаметром d : $W_{kpyz} = \pi d^3 / 32 \approx 0,1d^3$

3. **Кольцо** размером $D \times d$: $W_{кольца} = \approx 0,1 (D^4 - d^4) / D$; (момент сопротивления кольцевого сечения нельзя определять, как разность моментов сопротивления большого и малого кругов).

Пример:

Для заданной расчетной схемы двухопорной балки (см. рис.) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения, если $P = 20$ кН = 2 т, $M = 20$ кН·м = 2 тм, $q = 1,5$ кН/м = 1,5 т/м, $\square = 1$ м, $\square = 2$ м, $l = 4$ м, $\square = 160$ МПа = 1600 кг/см².



Решение

1. Вычерчиваем балку в масштабе, наносим все нагрузки и размеры и определяем опорные реакции R_A и R_C , используя уравнение статического равновесия:

[REDACTED] . [REDACTED]

© 2009 by the author. License granted to SAGE Publications, Inc. for distribution in the United States and Canada.

1. **What is the primary purpose of the study?**

$$R_C = \frac{Pa_1 + q\frac{l^2}{2} - M}{l} = \frac{2 \cdot 1 + 1,5 \frac{4^2}{2} - 2}{4} = 3 \text{ m.}$$

Проверка: [REDACTED];

2

$$5 - 1,5 \cdot 4 - 2 + 3 = 0$$

Наносим вычислен

2. Запишем для каждого участка I, II, III балки уравнения для Q_y и M_y .

построим их эпюры. Для этого применим метод сечений. На каждом участке проводим произвольные сечения и выбираем начало координат: для участка I – в точке A , для участка II – в точке B , для участка III – в точке D . Произвольные сечения каждого участка связываем с выбранным началом отсчета координат Z_1 , Z_2 и Z_3 . Тогда для каждого участка получим:

Участок I (██████████).

██;

██.

При составлении уравнения для M_x считаем, что равнодействующая (qZ_1) от равномерно распределенной нагрузки q приложена посередине рассматриваемого участка длиной Z_1 , и тогда плечо ее равно $Z_1/2$.

При $Z_1 = 0$; $Q_y = 5$ т, $M_x = 0$.

При $Z_1 = 1$ м; $Q_y = 5 - 1,5 \cdot 1 = 3,5$ т, $M_x = 5 \cdot 1 - 5 \cdot 1^2/2 = 4,25$ тм.

Участок II (████████████████████████████████).

██;

██.

При составлении уравнений для Q_y и M_x для участка II видим, что q , приложенная на участке a_1 , не зависит от Z_2 (отсчет начинается от точки B).

При $Z_2 = 0$; $Q_y = 5 - 1,5 \cdot 1 - 2 = 1,5$ т, $M_x = 5 \cdot 1 - 1,5 \cdot 1/2 = 4,25$ тм.

При $Z_2 = 3$ м; $Q_y = 5 - 1 \cdot 2 - 1,5 \cdot 3 = -3$ тм.

$M_x = 5 \cdot (1+3) - 1,5 \cdot 1(1/2+3) - 2 \cdot 3 - 1,5 \times 3^2/2 = 2$ тм.

Построив эпюру Q_y для этого участка, видим, что она меняет знак с (+) на (-). Исследуем на экстремум:

██; ███;

██

При $Z_2 = 1$ м, $M_x = 5 \cdot (1+1) - 1,5 \cdot 1(1/2+1) - 2 \cdot 1 - 1,5 \times 1^2/2 = 5$ тм.

Откладываем от точки B █████ = 1 м, где $Q_y = 0$, на эпюре изгибающих моментов откладываем $M_x = 5$ тм и через полученные три точки проводим параболу – эпюру M_x .

Участок III (████████████████ = 2 м).

$Q_y = 0$; $M_x = M = 2$ тм.

Выбираем масштаб, строим эпюры (см. рис.) и проверяем их правильность.

2. Определяем опасное сечение балки – сечение, в котором изгибающий момент принимает максимальное значение по абсолютной величине, если, как в нашем случае, материал балки пластичный.

Опасное сечение K , где █████ = 5 тм.

Для подбора сечения балки из условия прочности по нормальным напряжениям при изгибе:



(1)

получим формулу проектировочного расчета:



По сортаменту двутавровых балок (ГОСТ 8239-89) подбираем ближайший больший профиль – двутавр № 24а с осевым моментом сопротивления $\square = 317 \text{ см}^3$.

Максимальные рабочие напряжения будут равны, согласно формулы (1),



Недонапряжение составит:



Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

Алгоритм выполнения

1. Для участка балки с равномерно распределенной нагрузкой поперечная сила Q изменяется по линейному закону, эпюра ограничена наклонной прямой. Изгибающий момент изменяется по квадратичному закону, эпюра M_x ограничена параболой второго порядка.

2. В сечении, где эпюра Q переходит через ноль (наклонная линия пересекает ось абсцисс), изгибающий момент экстремален: касательная к эпюре M_x в этом месте параллельна оси абсцисс.

3. Параболическая и прямолинейная части эпюры моментов там, где кончается или начинается распределенная нагрузка, сопрягаются плавно, без излома, если в соответствующем сечении к балке не приложена сосредоточенная сила.

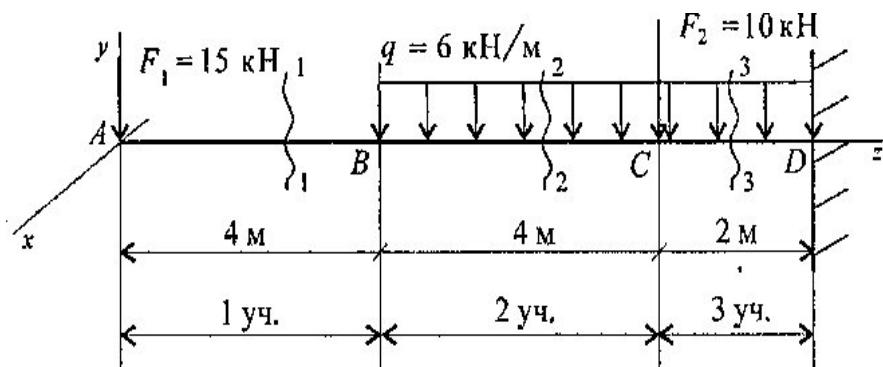
4. Если распределенная нагрузка направлена вниз, то эпюра момента очерчена параболой, обращенной выпуклостью вверх.

5. Из теоремы Журавского следует:

- если на участке $Q > 0$, M_u растет;
- если на участке $Q < 0$, M_u убывает;
- если на участке $Q = 0$, изгибающий момент постоянен (чистый изгиб);
- если в точке $Q = 0$, изгибающий момент достигает экстремального значения (M_{\min} или M_{\max}).

Задание

Одноопорная балка нагружена сосредоточенными силами и распределенной нагрузкой (рис. 1). Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.



Контрольные вопросы:

1. Напишите формулу для определения нормального напряжения при изгибе в любой точке поперечного сечения.
2. Напишите формулы для определения момента инерции и момента сопротивления для

прямоугольника. Что характеризуют эти величины? Укажите единицы измерения этих величин.

3. Напишите условие прочности при изгибе.
4. Как принято называть брусья, работающие на прямой изгиб?
5. Чем характеризуется изгиб?

Выводы формулируются в свободной форме.

В выводах необходимо отразить следующие моменты:

- 1) В какой степени достигнута цель работы;
- 2) Какие знания и умения приобретены в процессе выполнения работы

Инструкционная карта к практическому занятию № 7

Тема: Расчет разъемных и неразъемных соединений на срез и смятие

Цель занятия: Научиться определять допускаемые расчётные нагрузки для стержня из условия прочности его на растяжение и смятие. Растёт заклёпок на срез из условия прочности.

Оборудование: инструкция к практической работе, калькулятор, чертежные инструменты

Порядок выполнения работы

1. Запишите в отчет название работы и цель.
2. Прочтите теоретическое обоснование, внимательно рассмотрите алгоритм решения задачи и приведенные примеры.
3. Самостоятельно выполните задания по предложенному преподавателем варианту, сделайте вывод по решенной задаче.
4. Запишите в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сформулируйте вывод по практической работе

Теоретическая часть

Сдвиг – вид деформации, при котором в поперечных сечениях стержня возникает только поперечная сила Q , а остальные внутренние силовые факторы равны нулю.

Заклёпочные соединения относятся к неразъёмным соединениям, так как для их разборки необходимо разрушить соединительные элементы – заклёпки.

Срез – разрушение соединения в результате перерезывания заклёпок по плоскости соприкосновения деталей.

Односрезными называются соединения, у которых при разрушении заклёпок срез каждой из них происходит по одному поперечному сечению.

Двухсрезными называются соединения, у которых при разрушении заклёпок срез каждой из них происходит по двум поперечным сечениям.

Смятие – местное деформирование деталей в зоне их контакта.

Практические расчёты на срез и смятие базируются на следующих допущениях:

1. Предполагается, что в поперечных сечениях стержня *возникает только один* внутренний силовой фактор - поперечная сила Q ;

2. Предполагается, что касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении, распределены по его площади равномерно.

3. Предполагается, что если соединение осуществлено несколькими одинаковыми деталями (заклёпками), то все они нагружены одинаково.

Условие прочности на срез:

$$\tau_{cp} = Q/A_{cp} \leq [\tau_{cp}],$$

где τ_{cp} – расчетное напряжение среза, возникающее в поперечном сечении детали (заклёпки);

Q – поперечная сила;

A_{cp} – площадь среза одной заклёпки;

$[\tau_{cp}]$ - допускаемое напряжение на срез.

При нескольких одинаковых соединительных деталях:

$$Q = F/i,$$

где F – сила, общая нагрузка соединения;

i – число заклёпок.

Условие прочности на смятие:

$$\sigma_{cm} = F/(iA_{cm}) \leq [\sigma_{cm}],$$

где σ_{cm} - расчётоное напряжение смятия;

F - сила, общая нагрузка соединения;

i - число заклёпок;

A_{cm} - расчёчная площадь смятия;

$[\sigma_{cm}]$ - допускаемое напряжение на смятие.

Условие прочности при растяжении (сжатии):

$$\sigma_{max} = F/A \leq [\sigma],$$

где σ_{max} - максимальные напряжения, возникающие в листах;

F - сила, общая нагрузка соединения;

A – площадь сечения листа;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение на растяжение; (для стали $[\sigma]=160$ МПа);

Пример расчета:

Проверить прочность на срез и смятие заклепочное соединение (рис.1) и прочность листа по ослабленному сечению при растяжении силами P по следующим исходным данным:

$P=40\text{кН}$, $b=80\text{мм}$; $d=8\text{мм}$; $[\sigma_p]=14\frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $[\tau_{cp}]=10\frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$

$[\sigma_{cm}]=24\frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $b=b_1=1,0\text{ мм}$.

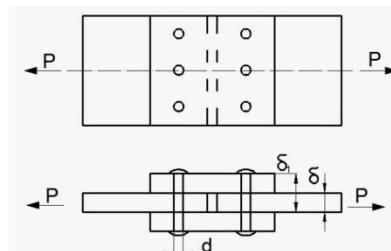


Рис. 1

Решение:

Проверить прочность на срез:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{2 \cdot 3 \cdot 50,24} \leq [\tau_{cp}],$$

где $n=2$ при двухсрезном соединении;

i – число заклепок по одну сторону от стыка. $i=3$;

F_{cp} – площадь сечения заклепки.

$$F_{cp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F_{cp} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24$$

$$\tau_{cp} = \frac{40}{2 \cdot 3 \cdot 50,24} = 0,13 \leq [10],$$

Из расчета видно, что прочность заклепочного соединения не нарушается.

Прочность заклепочного соединения на срез достигается.

2. Проверка прочности на смятие:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{i \cdot F_{cm}} \leq [\sigma_{cm}]$$

Так как в соединении 2 то принимаем в расчете меньшую площадь смятия:

$$F_{cm} = d \cdot \delta$$

$$F_{cm} = 1 \cdot 1 = 1,0 \text{ см}^2$$

$$\sigma_{cm} = \frac{40}{3} \leq [24]$$

13 [24].

Прочность заклепочного соединения на смятие достигается.

Критерии оценивания

Работа должна быть выполнена не менее, чем на 80%, оценивается следующим образом:

Оценки «5» (отлично) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно - программного материала, учения свободно выполнять профессиональные задачи с всесторонним творческим подходом, обнаруживший познания с использованием основной и дополнительной литературы, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь изучаемых и изученных дисциплин в их значении для приобретаемой специальности, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала, проявивший высокий профессионализм, индивидуальность в решении поставленной перед собой задачи, проявивший неординарность при выполнении практических заданий.

Оценки «4» (хорошо) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении заданий полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий профессиональную задачу или проблемную ситуацию, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний, умений и навыков при выполнении теоретических и практических заданий по дисциплине «Информатика».

Оценки «3» (удовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, допустивший погрешности в ответе при защите и выполнении теоретических и практических заданий, но обладающий необходимыми

знаниями для их устранения под руководством преподавателя, проявивший какую-то долю творчества и индивидуальность в решении поставленных задач.

Оценки «2» (неудовлетворительно) выставляется студенту, обнаруживший при выполнении практических и теоретических заданий проблемы в знаниях основного учебного материала, допустивший основные принципиальные ошибки в выполнении задания или ситуативной задачи, которую он желал бы решить или предложить варианты решения, который не проявил творческого подхода, индивидуальности.

Задания для практической работы

Задание

Для заданной схемы

1. определить допускаемое значение нагрузки для стержня из условия прочности его на растяжение и смятие и из условия прочности заклёпок на срез.
2. спроектировать равнопрочное заклёпочному соединению сварное соединение.

Дано:

$$[\zeta_p] = 160 \text{ МПа};$$

$$[\zeta_{cm}] = 320 \text{ МПа};$$

$$[\eta] = 100 \text{ МПа};$$

$$b \times \delta = 180 \times 10 \text{ мм} \quad d = 20 \text{ мм}$$

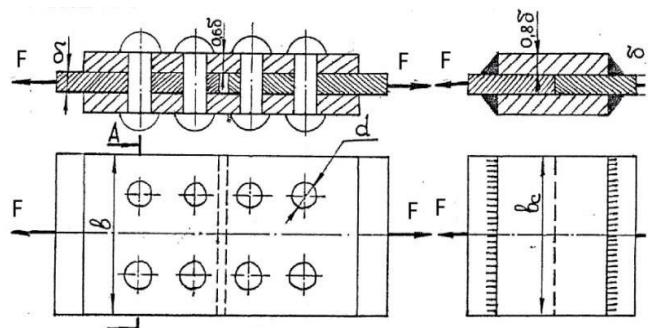


Рис. 2 - Схема задачи

Контрольные вопросы:

1. Какие внутренние силовые факторы возникают при сдвиге и смятии?
2. Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
3. Как обозначается деформация при сдвиге?
4. Запишите закон Гука при сдвиге.
5. Какой физический смысл у модуля упругости?
6. Укажите единицы измерения напряжений сдвига и смятия и модуля упругости.
7. Как учесть количество деталей, использованных для передачи нагрузки при расчетах на сдвиг и смятие?
8. Запишите условия прочности на сдвиг и смятие.
9. Почему при расчете на смятие цилиндрических деталей вместо боковой цилиндрической поверхности подставляют плоскость, проходящую через диаметр?

Выводы формулируются в свободной форме.

В выводах необходимо отразить следующие моменты:

- 1) В какой степени достигнута цель работы;
- 2) Какие знания и умения приобретены в процессе выполнения работы

Приложение 4

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ЗАЧЕТА

Внимательно прочтайте задание.

Вы можете воспользоваться плакатами, схемами, моделями

Время выполнения задания – 80 минут

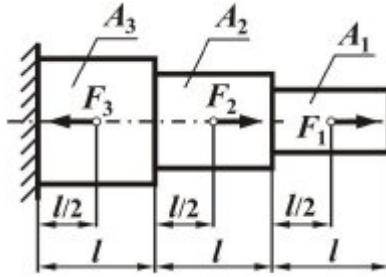
1. Основные понятия и аксиомы статики. Материальная точка. Сила. Система сил. Равнодействующая сила. Аксиомы статики. Свободное и несвободное тело. Связи и их реакции
2. Плоская система сил. Сходящаяся система сил. Графическое условие равновесия. Аналитический метод равновесия
3. Условия равновесия. Виды уравнений равновесия плоской произвольной системы сил. Пара сил. Момент силы относительно точки. Приведение силы к точке. Приведение плоской системы сил к центру
4. Балочные системы. Классификация нагрузок и опор
5. Классификация нагрузок и опор. Трение
6. Пространственная система сил. Пространственная система сходящихся сил. Уравнения равновесия

7. Центр тяжести. Центр тяжести простых геометрических фигур. Центр тяжести стандартных прокатных профилей
8. Основные понятия кинематики. Виды движения. Скорость, ускорение, траектория, путь. Кинематика точки. Способы задания движения точки
9. Ускорение полное, нормальное, касательное. Сложное движение точки. Плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей
10. Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа равнодействующей силы. Работа и мощность при вращательном движении. КПД
11. Принцип Даламбера. Метод кинетостатики. Работа и мощность
12. Сила инерции. Аксиомы динамики. Основной закон динамики
13. Основные задачи сопротивления материалов. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции. Силы внешние и внутренние
14. Характеристика деформации. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации
15. Закон Гука. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Метод сечений. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные. Расчеты на прочность
16. Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности.
17. Смятие. Допускаемые напряжения
18. Статические моменты плоских сечений. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Осевые и полярные моменты инерции сечений
19. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения
20. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Условие прочности. Изгиб, основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы, правила построения эпюр
21. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности. Рациональная форма поперечных сечений балок
22. Кривая усталости, предел выносливости. Факторы, влияющие на величину предела выносливости Коэффициент запаса выносливости
23. Основные понятия и определения раздела Детали машин
24. Общие сведения о соединениях, достоинства, недостатки, область применения

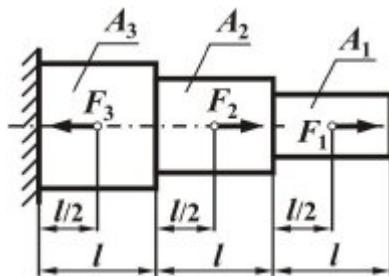
25. Неразъемные и разъемные соединения, их достоинства и недостатки. Сварные соединения. Заклепочные соединения. Клеевые соединения. Соединения с натягом

Задачи

1. Для бруса, закрепленного одним концом и нагруженного силами F_1 , F_2 , F_3 , направленными вдоль его оси, определить продольные силы и напряжения, возникающие в поперечных сечениях бруса, и построить эпюру продольных сил и напряжений. Принять: $F_1 = 20$ кН, $F_2 = 25$ кН, $F_3 = 40$ кН, $l = 1$ м, $A_1 = 100$ мм 2 , $A_2 = 200$ мм 2 , $A_3 = 300$ мм 2 , $E = 2 \times 10^5$ МПа.



2. Для бруса, закрепленного одним концом и нагруженного силами F_1 , F_2 , F_3 , направленными вдоль его оси, рассчитать перемещение концевого сечения стержня. Принять: $F_1 = 120$ кН, $F_2 = 125$ кН, $F_3 = 140$ кН, $l = 10$ м, $A_1 = 100$ мм 2 , $A_2 = 200$ мм 2 , $A_3 = 300$ мм 2 , $E = 2 \times 10^5$ МПа.



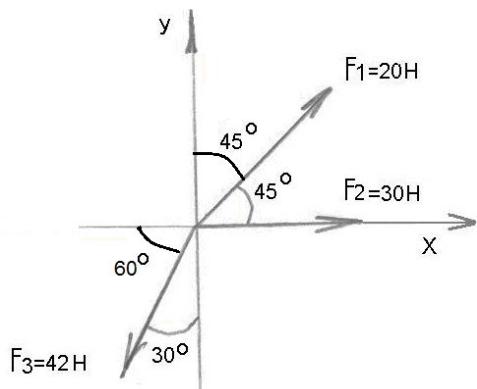
3. Для заданной плоской системы сходящихся сил определить равнодействующую аналитическим и графическим способами. Выявить, уравновешена ли система.

Дано: $F_1 = 20H$, $\alpha_1 = 45^0$

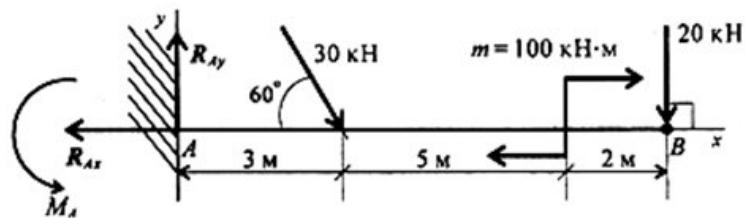
$F_2 = 30H$, $\alpha_2 = 0^0$

$F_3 = 42H$, $\alpha_3 = 240^0$

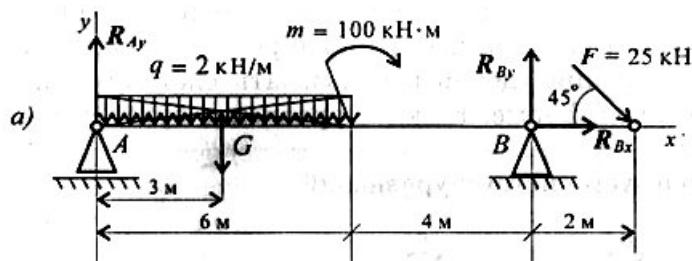
Найти: F_s , α



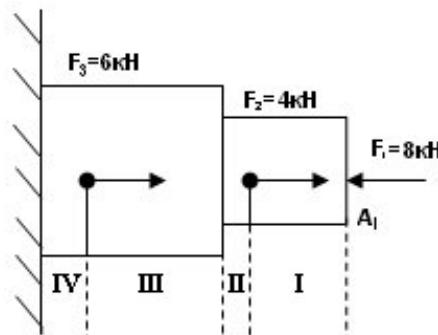
4. Одноопорная (зашемленная) балка нагружена сосредоточенными силами и парой сил. Определить реакции заделки.



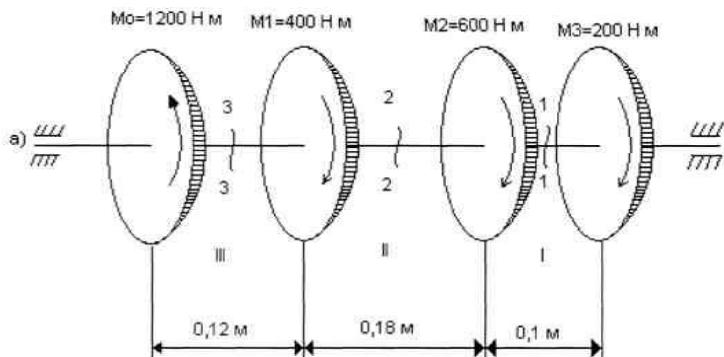
5. Двухпорная балка с шарнирными опорами A и B нагружена сосредоточенной силой F , распределенной нагрузкой с интенсивностью q и парой сил с моментом m . Определить реакции опор.



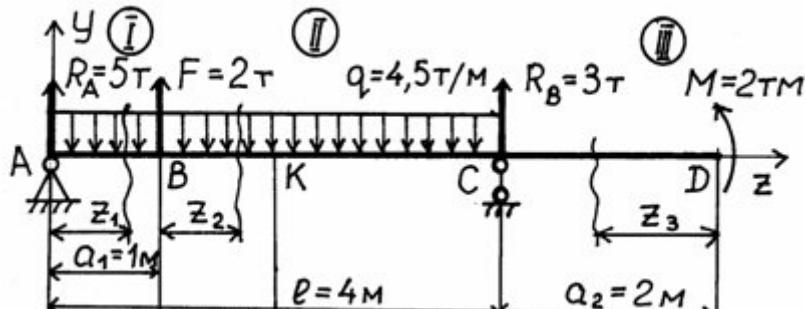
6. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами F_1, F_2, F_3 . Площади поперечных сечений $A_1=2\text{ см}^2$; $A_2=4\text{ см}^2$. Проверить прочность бруса. Определить перемещение \bar{u}_1 свободного конца бруса. Для материала бруса (сталь 3) принять: допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma_p] = 160\text{ МПа}$; допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma_c] = 120\text{ МПа}$; длина участка $l_1 = l_2 = 0,6\text{ мм}$; модуль упругости $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$



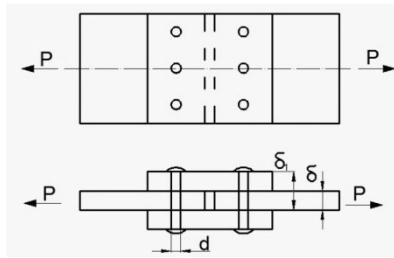
7. На ступенчатом валу (рисунок 2) жёстко закреплены четыре шестерни. Ведущая шестерня сообщает валу вращающий момент $M_0 = 1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Другие шестерни передают вращательные моменты на валы параллельные первому: $M_1=400 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_2=600 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_3=200 \text{ Н}\cdot\text{м}$, допускаемые напряжения $[\tau] = 32 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$. Построить эпюру крутящих моментов, определить диаметры ступеней вала и полный угол закручивания



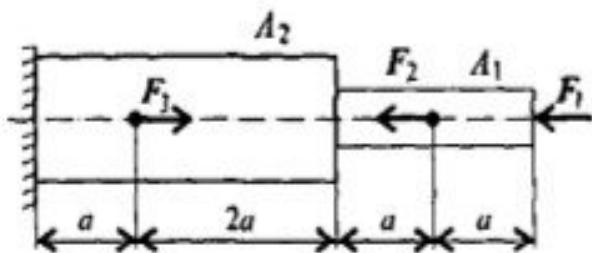
8. Для заданной расчетной схемы двухопорной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения, если $P=20 \text{ кН}=2 \text{ т}$, $M=20 \text{ кНм}=2 \text{ тм}$, $q=1,5 \text{ кН/м}=1,5 \text{ т/м}$, $\bar{z}_1=1 \text{ м}$, $\bar{z}_2=2 \text{ м}$, $l=4 \text{ м}$, $\sigma_{\text{сп}}=160 \text{ МПа}=1600 \text{ кг/см}^2$.



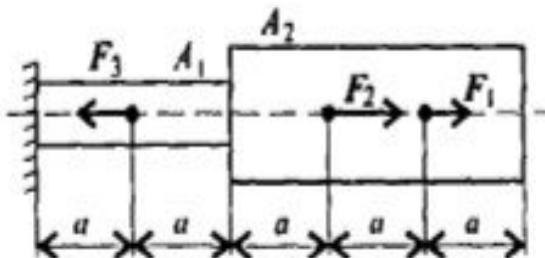
9. Проверить прочность на срез и смятие заклепочное соединение и прочность листа по ослабленному сечению при растяжении силами P по следующим исходным данным:
 $P=40 \text{ кН}$, $b=80 \text{ мм}$; $d=8 \text{ мм}$; $[\tau_{\text{сп}}]=14 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $[\sigma_{\text{сп}}]=10 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $[\sigma_{\text{см}}]=24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$; $b=b_1=1,0 \text{ мм}$.



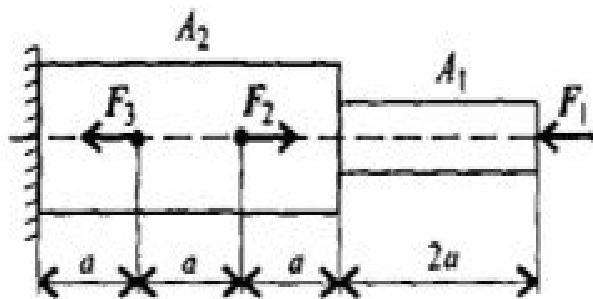
10. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=20$ кН, $F_2=10$ кН, $F_3=5$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=1,8$ см^2 , $A_2=3,2$ см^2 . $a=0,2$ м. Принять $E=2*10^5$ Н/мм 2 .



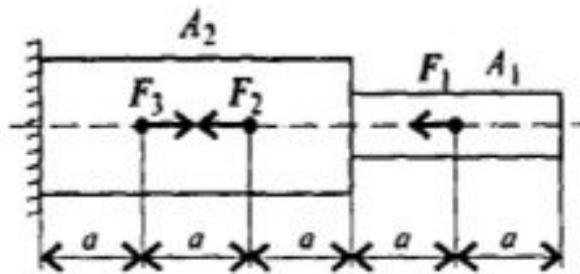
11. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=26$ кН, $F_2=20$ кН, $F_3=10$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=1,6$ см^2 , $A_2=2,4$ см^2 . $a=0,3$ м. Принять $E=2*10^5$ Н/мм 2 .



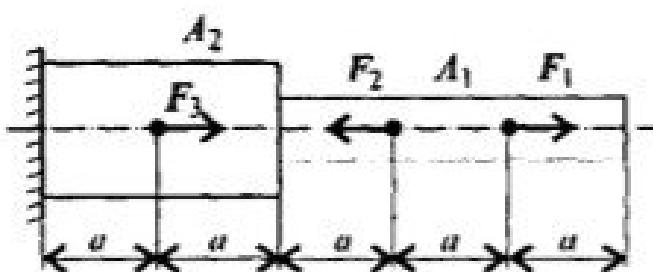
12. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=17$ кН, $F_2=13$ кН, $F_3=8$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=2$ см^2 , $A_2=2,5$ см^2 . $a=0,5$ м. Принять $E=2*10^5$ Н/мм 2 .



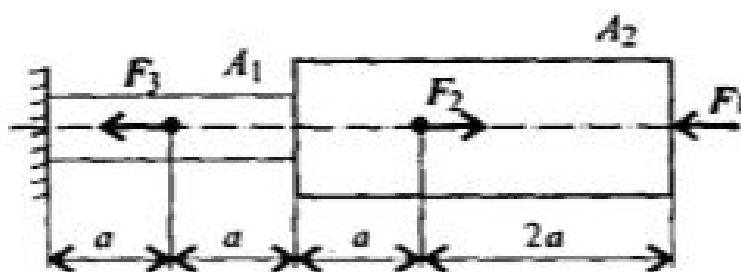
13. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=20$ кН, $F_2=8$ кН, $F_3=4$ кН. Площади поперечных сечений $A_1 = 1\text{ см}^2$, $A_2 = 1,5 \text{ см}^2$. $a=0,4$ м. Принять $E=2*10^5 \text{ Н/мм}^2$.



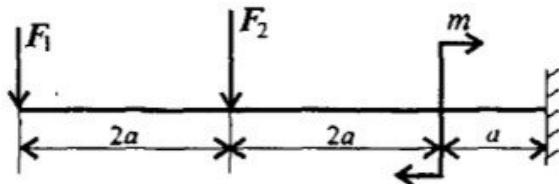
14. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=16$ кН, $F_2=20$ кН, $F_3=28$ кН. Площади поперечных сечений $A_1 = 1,2 \text{ см}^2$, $A_2 = 2,8 \text{ см}^2$. $a=0,6$ м. Принять $E=2*10^5 \text{ Н/мм}^2$.



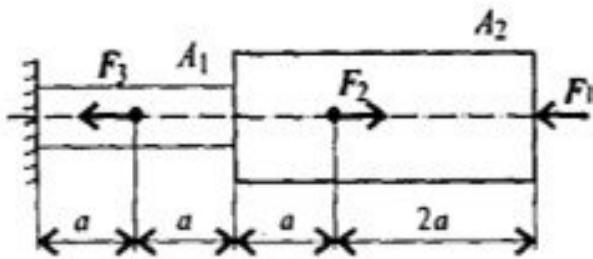
15. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=10$ кН, $F_2=12$ кН, $F_3=13$ кН. Площади поперечных сечений $A_1 = 0,9 \text{ см}^2$, $A_2 = 1,7 \text{ см}^2$. $a=0,4$ м. Принять $E=2*10^5 \text{ Н/мм}^2$.



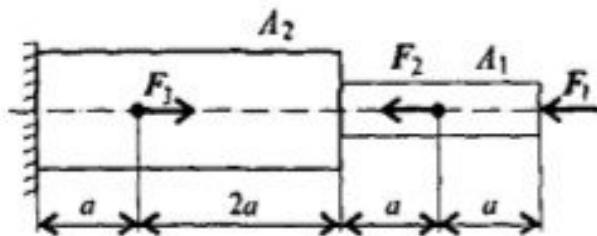
17. Для консольной балки нагруженной сосредоточенными силами $F_1=16$ кН, $F_2=8$ кН и парой сил и моментом $M=5$ кН·м, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Материал—сталь, $[\sigma]=160$ МПа, $a=0,3$ м.



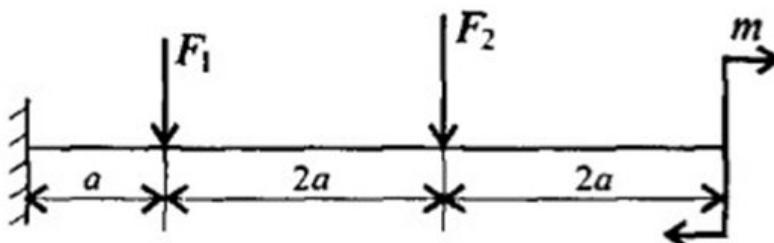
18. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=12$ кН, $F_2=7$ кН, $F_3=13$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=0,5$ см², $A_2=1,2$ см². $a=0,2$ м. Принять $E=2*10^5$ Н/мм².



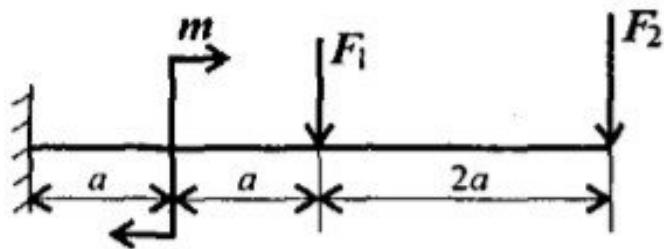
19. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить перемещение свободного конца бруса. Двухступенчатый стальной брус нагружен силами $F_1=2$ кН, $F_2=3$ кН, $F_3=5$ кН. Площади поперечных сечений $A_1=2$ см², $A_2=4$ см². $a=0,2$ м. Принять $E=2*10^5$ Н/мм².



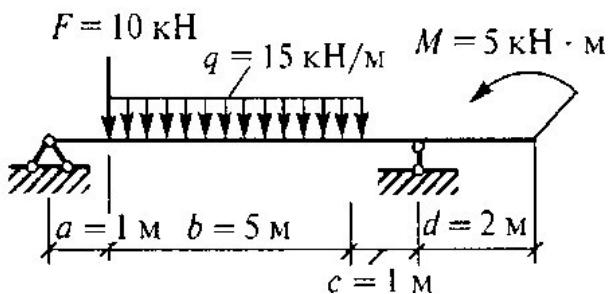
20. Для консольной балки нагруженной сосредоточенными силами $F_1=28$ кН, $F_2=24$ кН и парой сил и моментом $M=4$ кН·м, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Материал –сталь, $[\sigma]=160$ МПа, $a=0,6$ м.



21. Для консольной балки нагруженной сосредоточенными силами $F_1=18$ кН, $F_2=12$ кН и парой сил и моментом $M=4$ кН·м, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Материал –сталь, $[\sigma]=160$ МПа, $a=0,4$ м.



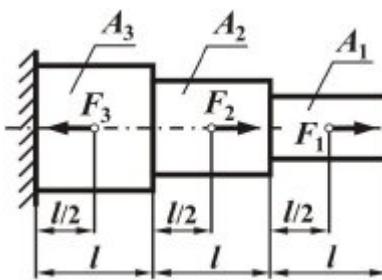
22. Определить реакции опор двухопорной балки, нагруженной со- гласно схемы



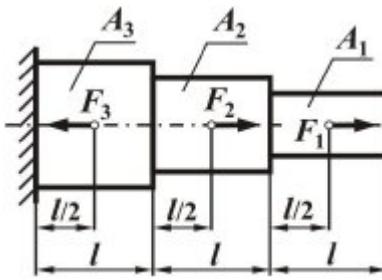
23. Для одним силами F_1 ,

брюса, закрепленного концом и нагруженного F_2 , F_3 , направленными

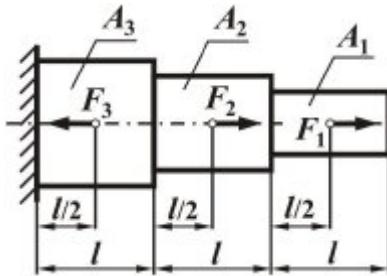
вдоль его оси, рассчитать перемещение концевого сечения стержня. Принять: $F_1 = 100$ кН, $F_2 = 120$ кН, $F_3 = 140$ кН, $l = 6$ м, $A_1 = 100$ мм 2 , $A_2 = 200$ мм 2 , $A_3 = 300$ мм 2 , $E = 2 \times 10^5$ МПа.



24. Для бруса, закрепленного одним концом и нагруженного силами F_1 , F_2 , F_3 , направленными вдоль его оси, рассчитать перемещение концевого сечения стержня. Принять: $F_1 = 80$ кН, $F_2 = 100$ кН, $F_3 = 110$ кН, $l = 6$ м, $A_1 = 100$ мм 2 , $A_2 = 200$ мм 2 , $A_3 = 300$ мм 2 , $E = 2 \times 10^5$ МПа.



25. Для бруса, закрепленного одним концом и нагруженного силами F_1 , F_2 , F_3 , направленными вдоль его оси, рассчитать перемещение концевого сечения стержня. Принять: $F_1 = 110$ кН, $F_2 = 100$ кН, $F_3 = 140$ кН, $l = 16$ м, $A_1 = 100$ мм², $A_2 = 200$ мм², $A_3 = 300$ мм², $E = 2 \times 10^5$ МПа.



**Лист регистрации изменений и дополнений ФОС
по дисциплине Техническая механика
Дополнения и изменения к комплекту ФОС на учебный год**

Дополнения и изменения к комплекту ФОС на _____ учебный год по дисциплине Техническая механика. В комплект ФОС внесены следующие изменения:

Дополнения и изменения в комплекте ФОС обсуждены на заседании комиссии профессионального цикла специальности Техническая эксплуатация подъемно – транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

«_____» 20____г.

Протокол №_____

Председатель _____ / _____ /