

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОФ СахГУ

УТВЕРЖДАЮ

Директор _____



20 19 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению внеаудиторной самостоятельной работы

Дисциплина: Техническая механика

специальность 13.02.03 Электрические станции, сети и системы
(базовый уровень среднего профессионального образования)

квалификация – техник-электрик

Форма обучения: очная

Методические рекомендации по выполнению внеаудиторной самостоятельной работы составлены на основе ФГОС СПО по специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы (базовый уровень среднего профессионального образования) квалификация техник – электрик и в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Разработчики:

преподаватель ОПД и ПМ - Н.И.Чубарова

(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Рассмотрено и одобрено на заседании ПЦК ()

Протокол № 5 от 04.06.2019

Председатель ПЦК

Лаз

СОДЕРЖАНИЕ

1 Тематический план и содержание учебной дисциплины.....	4
2 Содержание самостоятельной работы	7
3 Список информационных источников	17

1 Тематический план и содержание учебной дисциплины Техническая механика

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся		Объем часов	Уровень освоения
1	2		3	4
Раздел 1 Теоретическая механика			25	
Тема 1.1 Условия равновесия систем	Содержание учебного материала		6	
	1	Аксиомы статики. Понятие силы, систем сил. Плоская система сходящихся сил. Виды нагрузок и опор. Проекция сил на координатные оси. Условия равновесия плоской системы сходящихся сил.		2
	2	Понятие пары сил, момента, правило знаков. Сложение пар сил, условие равновесия пар сил, момент силы относительно точки и оси. Понятие плоской системы произвольно расположенных сил. Условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.		2
	3	Центр параллельных сил. Нахождение центров тяжести плоских сечений.		1
	Практические занятия		4	
	1	Определение опорных реакций систем сходящихся сил. Определение опорных реакций статически определимых двухопорных балок. Определение центров тяжести плоских составных сечений.		
	Самостоятельная работа обучающихся: Составление и решение задач, выполнение домашних индивидуальных заданий			
	Консультации по решению задач		1	
Тема 1.2 Кинематика	Содержание учебного материала		6	
	1	Основные понятия кинематики. Простейшие движения твердого тела. Виды движения и способы их задания.		2
	2	Сложное движение твердого тела		1
Тема 1.3 Динамика	Содержание учебного материала		6	
	1	Основные понятия и аксиомы динамики. Понятие о трении. Трение скольжения и трение качения. Угол трения, коэффициент трения. Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа переменной силы на криволинейном пути.		2
	2	Движение материальной точки. Метод кинетостатики.		2
	3	Работа и мощность. Коэффициент полезного действия. Работа силы тяжести. Работа и мощность при вращательном движении.		2
Раздел 2 Сопротивление материалов			37	
Тема 2.1 Основные положения сопротивления материалов	Содержание учебного материала		2	
	1	Роль, место и 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.		2
Тема 2.2 Растяжение и сжатие	Содержание учебного материала		6	
	1	Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука и следствие из него. Коэффициент Пуассона.		2
	2	Механические характеристики. Виды испытаний материалов. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные.		2

		Коэффициент запаса прочности. Условие прочности, расчеты на прочность.		
	Практические занятия		2	
	1	Расчёт статически определимых систем на растяжение и сжатие.		
Тема 2.3 Практические расчеты на срез и смятие	Содержание учебного материала		2	2
	1	Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности. Смятие, условия расчета, расчетные формулы, условие прочности. Допускаемые напряжения. Примеры расчетов.		
Тема 2.4 Деформации при кручении	Содержание учебного материала		4	2
	1	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. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональное расположение колес на валу. Выбор рационального сечения вала при кручении.		
	Практические занятия		2	
	1	Расчёт на прочность и жёсткость при кручении круглого бруса.		
Тема 2.5 Изгиб	Содержание учебного материала		8	2
	1	Изгиб. Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Понятие о касательных напряжениях при изгибе. Понятие о теориях прочности.		
	Практические занятия		4	
	1	Расчёт на прочность при изгибе.		
	Самостоятельная работа обучающихся: - выполнение индивидуального задания на тему «Расчет на прочность одноопорной и двухопорной балок»		2	
	Консультация по решению задач		1	
Тема 2.6 Устойчивость сжатых стержней	Содержание учебного материала		2	2
	1	Устойчивость сжатых стержней. Критическая сила, критическое напряжение, гибкость. Формула Эйлера, формула Ясинского. Категория стержней в зависимости от их гибкости. Примеры расчета на устойчивость.		
	Практические занятия		2	
	1	Расчет на устойчивость сжатых стержней		
Раздел 3 Детали машин			26	
Тема 3.1 Характеристика машин и механизмов. Соединение деталей	Содержание учебного материала		4	2
	1	Цели и задачи раздела. Механизм, машина, деталь, сборочная единица. Требования, предъявляемые к машинам, сборочным единицам и их деталям. Основные понятия о надежности машин и их деталей.		
	2	Общие сведения о передачах. Назначение и классификация. Основные кинематические и силовые соотношения. Неразъемные соединения: сварные, клеевые, паяные. Основные типы сварных швов и сварных соединений. Общие сведения о клеевых и паяных соединениях. Разъемные соединения. Резьбовые соединения. Шпоночные и шлицевые соединения. Классификация, сравнительная характеристика. Проверочный расчет соединений.		
	Самостоятельная работа обучающихся: -составление сообщения с презентацией по теме «Деталь, механизм, машина»;		2	

	- составление сообщения с презентацией по темам «Разъемные и неразъемные соединения», «Прогрессивные способы сварки»			
Тема 3.2 Передачи трением	Содержание учебного материала		4	
	1	Принцип работы фрикционных передач с нерегулируемым передаточным числом. Цилиндрическая фрикционная передача. Виды разрушения и критерии работоспособности. Вариаторы, область применения, определение диапазона регулирования. Общие сведения: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, классификация, область применения. Типы передач.		1
	2	Детали ременных передач. Основные геометрические соотношения в передачах. Силы и напряжения в ветвях ремней. Виды разрушений и критерии работоспособности. Расчет ременных передач по тяговой способности.		2
Тема 3.3 Передачи зацеплением	Содержание учебного материала		4	
	1	Общие сведения о зубчатых передачах: принцип работы, устройство, достоинство и недостатки, область применения. Классификация. Краткие сведения об изготовлении зубчатых колес. Виды разрушения зубьев и критерии работоспособности. Материалы зубчатых колес и допускаемые напряжения. Конические прямозубые передачи. Основные геометрические соотношения. Передачи с зацеплением Новикова. Планетарные передачи: принцип работы устройство. Общие сведения, принцип работы, устройство, достоинства, недостатки, область применения червячных передач. Геометрические соотношения. Передаточное число и КПД червячной передачи. Виды разрушения зубьев червячных колес. Материалы звеньев червячной пары.		2
	2	Общие сведения о редукторах. Назначение, устройство, классификация. Конструкции одно- и двухступенчатых редукторов. Основные параметры редукторов. Общие сведения о цепных передачах: принцип работы, устройство, достоинства, недостатки, область применения. Детали цепных передач и смазка цепи. Геометрические соотношения. Критерии работоспособности.		2
	Практические занятия		2	
	1	Кинематический и силовой расчет многоступенчатого привода		
	Самостоятельная работа обучающихся: - составление сообщения с презентацией по теме «Зубчатые передачи»; - составление сообщения с презентацией по теме «Цепные передачи»		2	
	Консультация по выполнению сообщения и оформлению презентации		2	
	Тема 3.4 Валы и оси. Опоры валов и осей	Содержание учебного материала		4
1		Назначение, классификация валов и осей. Элементы конструкции. Материалы валов и осей. Проверочный и проектировочный расчет валов и осей.	2	
2		Подшипники скольжения: конструкция, достоинства и недостатки, область применения, материалы и смазки. Виды разрушения и основные критерии работоспособности. Расчет на износостойкость и теплостойкость. Подшипники качения: устройство, классификация, основные типы. Особенности работы и причины выхода из строя.	2	
Тема 3.5 Техническое обслуживание и ремонт деталей машин	Содержание учебного материала		2	
	Устройство и назначение инструментов, контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте деталей машин.			1
Всего:			88	

2 Содержание самостоятельной работы:

Тема	Кол-во часов	Название работы	Вид работы
Тема 1.1 Условия равновесия систем	2	Задачи (индивидуальные задания) на условия равновесия плоских систем сходящихся и произвольно расположенных сил	Расчетно- графическая работа
Тема 2.5 Изгиб	2	Индивидуальные задания на тему «Расчет на прочность одноопорной и двухопорной балок»	Расчетно- графическая работа
Тема 3.1 Характеристика машин и механизмов. Соединение деталей	2	Сообщения с презентацией по теме «Деталь, механизм, машина»	Выполнение сообщений и эл. презентаций к ним
Тема 3.3 Передачи зацеплением	2	Сообщения с презентацией по темам «Зубчатые передачи», «Цепные передачи»	Выполнение сообщений и эл. презентаций к ним
	8		

Методические рекомендации и критерии оценки самостоятельной работы

2.1 Методические рекомендации по выполнению сообщений и критерии их оценки.

2.1.1 Подготовка сообщения

Регламент устного публичного выступления – не более 10 минут.

Работу по подготовке устного выступления можно разделить на два основных этапа: докоммуникативный этап (подготовка выступления) и коммуникативный этап (взаимодействие с аудиторией).

Работа по подготовке устного выступления начинается с формулировки темы. Лучше всего тему сформулировать таким образом, чтобы ее первое слово обозначало наименование полученного в ходе выполнения проекта научного результата.

Само выступление должно состоять из трех частей – вступления (10-15% общего времени), основной части (60-70%) и заключения (20-25%).

Вступление включает в себя представление авторов, название сообщения, расшифровку подзаголовка с целью точного определения содержания выступления, четкое определение стержневой идеи. Стержневая идея проекта понимается как основной тезис, ключевое положение.

План развития основной части должен быть ясным. Должно быть отобрано оптимальное количество фактов и необходимых примеров.

В *заключении* необходимо сформулировать выводы, которые следуют из основной идеи (идей) выступления. Правильно построенное заключение способствует хорошему впечатлению от выступления в целом. В заключении имеет смысл повторить стержневую идею и, кроме того, вновь (в кратком виде) вернуться к тем моментам основной части, которые вызвали интерес слушателей. Закончить выступление можно решительным заявлением.

При подготовке к выступлению необходимо выбрать способ выступления: устное изложение с опорой на конспект (опорой могут также служить заранее подготовленные слайды) или чтение подготовленного текста.

После выступления нужно быть готовым к ответам на возникшие у аудитории вопросы.

2.1.2 Критерии оценки подготовки сообщения:

Оценка 5 ставится, если выполнены все требования к выполнению сообщения: обозначена проблема и обоснована её актуальность, обозначены цель и задачи, дана полная и качественная информация по заданной теме, сформулированы выводы, имеется качественный презентационный материал.

Оценка 4 – основные требования к сообщению выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала, отсутствует логическая последовательность в суждениях, не наблюдается логичность и четкость в изложении материала.

Оценка 3 – имеются существенные отступления от требований к сообщению. В частности, тема освещена лишь частично, допущены фактические ошибки в содержании материала сообщения или отсутствует вывод.

Оценка 2 – тема сообщения не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Оценка 1 – сообщение студентом не подготовлено.

2.2 Методические рекомендации по выполнению презентаций и критерии их оценки

2.2.1 Подготовка презентации

Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS Power Point. Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов - то есть электронных страничек, занимающих весь экран монитора. Чаще всего демонстрация презентации проецируется на большом экране, реже – раздается собравшимся как печатный материал. Количество слайдов адекватно содержанию и продолжительности выступления (например, для 5-минутного выступления рекомендуется использовать не более 10 слайдов).

На первом слайде обязательно представляется тема выступления и сведения об авторах. Следующие слайды можно подготовить, используя две различные стратегии их подготовки:

1 стратегия: на слайды выносятся опорный конспект выступления и ключевые слова с тем, чтобы пользоваться ими как планом для выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- объем текста на слайде – не больше 7 строк;
- маркированный/нумерованный список содержит не более 7 элементов;
- отсутствуют знаки пунктуации в конце строк в маркированных и нумерованных списках;
- значимая информация выделяется с помощью цвета, кегля, эффектов анимации.

Особо внимательно необходимо проверить текст на отсутствие ошибок и опечаток. Основная ошибка при выборе данной стратегии состоит в том, что выступающие заменяют свою речь чтением текста со слайдов.

2 стратегия: на слайды помещается фактический материал (таблицы, графики, фотографии и пр.), который является уместным и достаточным средством наглядности, помогает в раскрытии стержневой идеи выступления. В этом случае к слайдам предъявляются следующие требования:

- выбранные средства визуализации информации (таблицы, схемы, графики и т. д.) соответствуют содержанию;
- использованы иллюстрации хорошего качества (высокого разрешения), с четким изображением (как правило, никто из присутствующих не заинтересован вчитываться в текст на ваших слайдах и всматриваться в мелкие иллюстрации);

Максимальное количество графической информации на одном слайде – 2 рисунка (фотографии, схемы и т.д.) с текстовыми комментариями (не более 2 строк к каждому). Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана.

Особо тщательно необходимо отнестись к *оформлению презентации*. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24 пунктов, для информации - для информации не менее 18. В презентациях не принято ставить переносы в словах.

2.2.2 Критерии оценки презентации:

Для оценки качества мультимедийной презентации предлагается система накопления баллов.

Параметры	Максимальное количество баллов	Баллы преподавателя
<i>Оформление</i>		
Соответствие оформления теме	3	
Использование спецэффектов (анимация, звук и т.п.)	3	
Количество слайдов не более 20	3	
<i>Содержательная часть</i>		
Содержание слайдов соответствует теме	5	
Грамотность изложения	5	
Научность информации	5	
Доступность информации	5	
Логичность представления информации	5	
Наличие и полнота выводов по проблеме	7	
Приведен список использованных ресурсов	3	
<i>Итого</i>	44	

От 41 до 44 баллов - оценка «5»

30 - 40 баллов - оценка «4»

16 - 29 баллов - оценка «3»

6 - 15 баллов - оценка «2»

1 - 5 баллов - оценка «1»

2.3 Порядок выполнения письменных работ в рамках самостоятельной работы

К выполнению письменных работ в рамках любого вида самостоятельной работы можно приступать только после изучения соответствующей темы (раздела, подраздела). При выполнении письменных работ в рамках самостоятельных работ необходимо соблюдать следующие общие требования: - при написании конспекта, письменных ответов на вопросы, эссе и т.п. текст не должен дословно повторять текст учебника (учебного пособия), Интернет-ресурса или инструкции; - текст необходимо писать грамотно, разборчиво, графический материал оформлять в соответствии с ГОСТом.

2.1.2 Критерии оценки письменных работ (домашняя работа)

Оценка	Знания, умения, навыки и другие компетенции, которые должен продемонстрировать студент
Отлично	Письменная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к такого рода работам. Тема письменной работы полностью раскрыта, четко выражена авторская позиция, имеются логичные и обоснованные выводы, работа оформлена на высоком уровне. В работе использованы практические кейсы по выбранной теме, содержится анализ российского и зарубежного опыта, проведен обзор научных школ и направлений. Автор свободно ориентируется в материале, оперирует научной терминологией по рассматриваемой проблеме, может аргументировано отстаивать свою точку зрения и ответить на возникающие вопросы
Хорошо	Тема письменной работы в целом раскрыта, прослеживается авторская позиция, сформулированы необходимые выводы; использованы соответствующая основная и дополнительная литература, а также нормативные правовые акты и другие источники. Автор уверенно ориентируется в материале. Имеются замечания / неточности в части изложения и отдельные недостатки по оформлению работы
Удовлетворительно	Тема письменной работы раскрыта недостаточно полно, использовались только основные источники; имеются ссылки на литературные источники и нормативные правовые акты, однако не выражена авторская позиция; выводы не обоснованы; материал изложен непоследовательно, без соответствующей аргументации и необходимого анализа. Имеются недостатки в оформлении
Неудовлетворительно	Тема письменной работы не раскрыта; материал изложен без собственной оценки и выводов; отсутствуют ссылки на литературные источники и другие источники. Имеются недостатки в оформлении работы. Автор плохо ориентируется в представленном материале. Содержание работы заимствовано из какого-либо источника
	Эссе является плагиатом (более чем на 20% состоит из не принадлежащего автору текста, который не оформлен как цитата и/или не снабжен ссылками на источники)

2.1.3 Критерии оценки практических работ:

Оценка «5» (отлично) выставляется при выполнении следующих требований:

- практическая работа выполнена в полном объеме (работа выполнена в соответствии с методическими указаниями, в изложенной последовательности, с измерениями и вычислениями величин
- работа выполнена самостоятельно;
- работа оформлена в тетради для графических работ в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях, своевременно, с пояснениями к каждому выполненному этапу.

Оценка «4» (хорошо) выставляется при выполнении следующих требований:

- работа имеет не более двух недочетов или одну ошибку (см. требования на «5»);
- работа выполнена под руководством педагога или консультанта;

- в оформлении работы допущены отклонения от требований или работа оформлена без соблюдения единого орфографического режима;

Оценка «3» (удовлетворительно) выставляется при выполнении следующих требований:

- работа имеет не более четырех недочетов или две ошибки (см. требования на «5»);

- работа выполнена под руководством педагога или консультанта;

- в оформлении работы допущены отклонения от требований или работа оформлена без соблюдения единого орфографического режима (оформление работы синей пастой, чертежи выполняются по линейке и карандашом), при оформлении нет последовательности и логики изложения.

Оценка «2» (неудовлетворительно) выставляется при отсутствии в тетради для графических работ оформленной работы.

2.4 Примеры решения некоторых задач

Тема: Изгиб

Примеры выполнения задач

Пример 1.

Для трех заданных расчетных схем требуется:

1. разбить балку на участки, обозначив длину каждого из них;
2. при необходимости определить реакции опор;
3. используя уравнения равновесия, записать аналитические выражения для внутренних усилий Q и M в произвольном сечении каждого из участков;
4. построить эпюры внутренних усилий в выбранном масштабе;
5. проверить правильность построения эпюр, используя дифференциальные зависимости между M , Q и q .

Исходные данные к задачам выбираются по табл.7 и схемам на рис. 7.

Таблица 7

a , 1м

q , 10 кН/м

F , 15 кН

M , 20 кНм

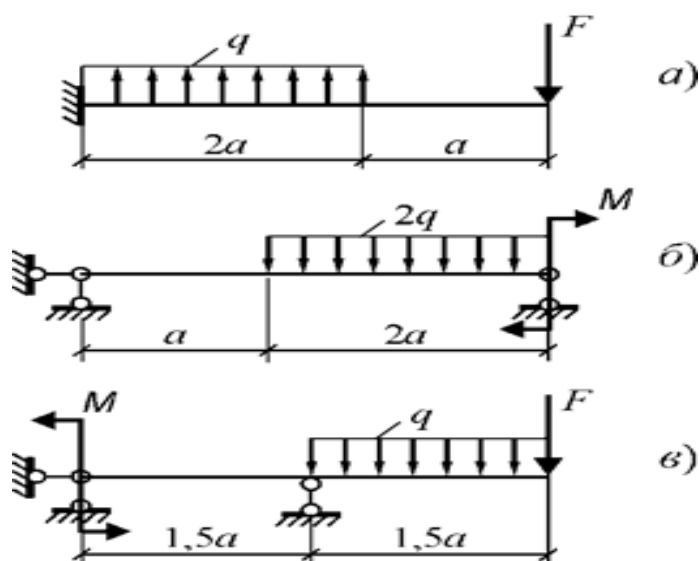


Рис. 7. Расчетные схемы балок

Задача по расчетной схеме а) рис.7

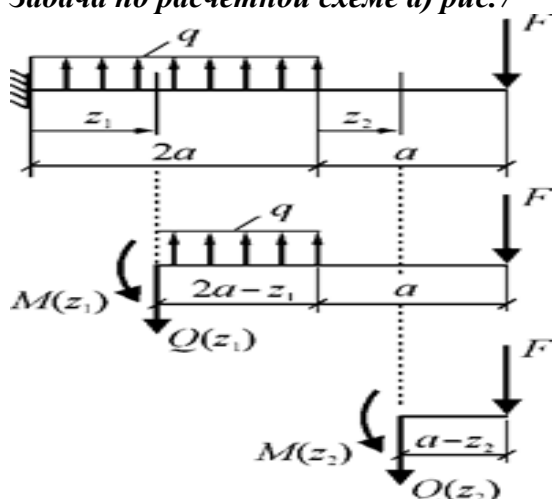


Рис. 8. Координаты сечений и схемы нагружения выделяемых частей балки

Построение эпюр внутренних усилий

Участок 1: $0 \leq z_1 \leq 2a$.

Выражения для $Q(z_1)$ и $M(z_1)$, полученные из уравнений равновесия **правой** части балки (рис. 8):

$$Q(z_1) = q(2a - z_1) - F;$$

$$M(z_1) = q(2a - z_1) \cdot \frac{2a - z_1}{2} - F(2a - z_1 - a).$$

Для построения эпюр вычисляются значения $Q(z_1)$ и $M(z_1)$ в характерных точках участка 1.

$$Q(0) = 2q \cdot a - F = 2 \cdot 10 \cdot 1 - 15 = 5 \text{ кН.}$$

$$Q(2a) = F - 15 \text{ кН.}$$

$$M(0) = q \cdot 2a^2 - F \cdot 3a = 10 \cdot 2 \cdot 1^2 - 15 \cdot 3 \cdot 1 = 25 \text{ кНм.}$$

$$M(a) = q \cdot a^2/2 - F \cdot 2a = 0,5 \cdot 10 \cdot 1^2 - 15 \cdot 2 \cdot 1 = 25 \text{ кНм.}$$

$$M(2a) = F \cdot a = 15 \cdot 1 = 15 \text{ кНм.}$$

В пределах участка знак поперечной силы изменяется, следовательно, $M(z_1)$ имеет на участке точку экстремума. Координата точки $Q(z_1) = 0$: $z_1 = 0,5a$. Момент в точке экстремума:

$$M(0,5a) = 0,5q(2a - 0,5a)^2 - F(3a - 0,5a) = 0,5 \cdot 10 \cdot (1,5 \cdot 1)^2 - 15 \cdot (2,5 \cdot 1) = 26,25 \text{ кНм.}$$

Участок 2: $0 \leq z_2 \leq a$.

Выражения для $Q(z_2)$ и $M(z_2)$, полученные из уравнений равновесия **правой** части балки (см. рис. 8):

$$Q(z_2) = -F = \text{const};$$

$$M(z_2) = -F(a - z_2).$$

Для построения эпюр вычисляются значения Q и M в характерных точках участка 2.

$$Q = \text{const} = -F = -15 \text{ кН.}$$

$$M(0) = -F \cdot a = -15 \cdot 1 = -15 \text{ кНм.}$$

$$M(a) = 0.$$

Эпюры Q и M , построенные по вычисленным значениям внутренних усилий в выбранных точках участков, изображены на рис. 9.

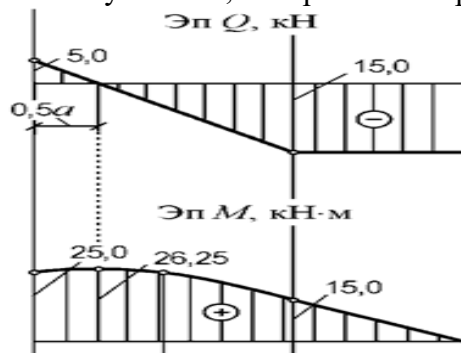


Рис. 9. Эпюры Q и M для расчетной схемы а) рис.7.

Задача по расчетной схеме б) рис.7

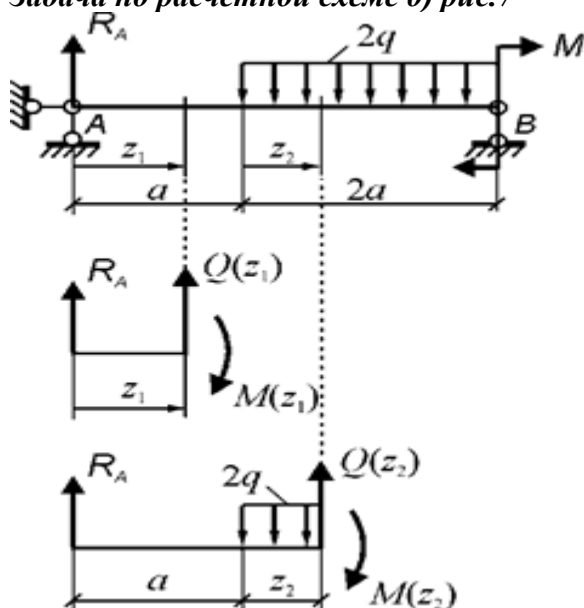


Рис. 10. Координаты сечений и схемы нагружения выделяемых частей балки

Определение реакции R_A (рис. 10)

$$\sum M_B = 0. \quad R_A \cdot 3a - 2q \cdot 2a \cdot 2a/2 - M = 0.$$

Отсюда

$$R_A = (4q \cdot a^2 - M) / 3a = \frac{1}{3 \cdot 1} (4 \cdot 10 \cdot 1^2 - 20) = 6,67 \text{ кН}.$$

Построение эпюр внутренних усилий

Участок 1: $0 \leq z_1 \leq a$.

Выражения для $Q(z_1)$ и $M(z_1)$, полученные из уравнений равновесия *левой* части балки (см. рис. 10):

$$Q(z_1) = R_A;$$

$$M(z_1) = R_A \cdot z_1.$$

Для построения эпюр вычисляются значения Q и M в характерных точках участка 1.

$$Q \text{ const } R_A = 6,67 \text{ кН}.$$

$$M(0) = 0.$$

$$M(a) = R_A \cdot a = 6,67 \cdot 1 = 6,67 \text{ кНм}.$$

Участок 2: $0 \leq z_2 \leq 2a$.

Выражения для $Q(z_2)$ и $M(z_2)$, полученные из уравнений равновесия *левой* части балки (см. рис. 10):

$$Q(z_2) = R_A - 2q \cdot z_2;$$

$$M(z_2) = R_A(a + z_2) - 2q \cdot z_2 \cdot (a + z_2)/2.$$

Для построения эпюр вычисляются значения Q и M в характерных точках участка 2.

$$Q(0) = R_A = 6,67 \text{ кН}.$$

$$Q(2a) = R_A - 2q \cdot 2a = 6,67 - 4 \cdot 10 \cdot 1 = -33,33 \text{ кН}.$$

$$M(0) = R_A \cdot a = 6,67 \cdot 1 = 6,67 \text{ кНм}.$$

$$M(a) = R_A \cdot 2a - q \cdot a^2 = 6,67 \cdot 2 \cdot 1 - 10 \cdot 1^2 = -3,33 \text{ кНм}.$$

$$M(2a) = R_A(a + 2a) - q(2a)^2 = 6,67 \cdot 3 \cdot 1 - 10 \cdot (2 \cdot 1)^2 = -20 \text{ кНм}.$$

Так как в пределах участка знак поперечной силы изменяется, то $M(z_2)$ имеет на участке точку экстремума. Координата точки экстремума: $z_2 = 0,334a$. Момент в точке экстремума:

$$M(0,334a) = R_A(a + 0,334a) - q(0,334a)^2 = 6,67 \cdot 1,334 \cdot 1 - 10 \cdot (0,334 \cdot 1)^2 = 7,78 \text{ кНм}.$$

Эпюры Q и M , построенные по вычисленным значениям внутренних усилий в выбранных точках участков, изображены на рис. 11.

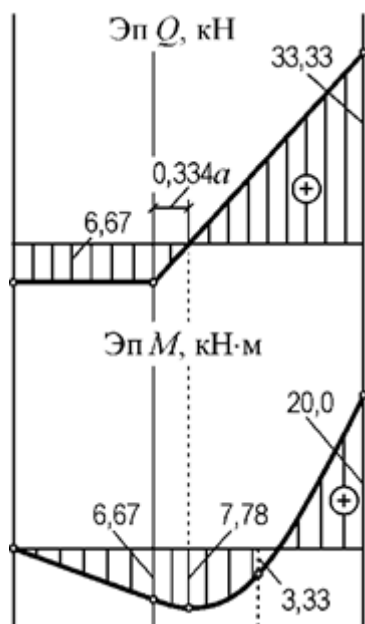


Рис. 11. Эпюры Q и M для расчетной схемы б) рис.7.

Задача по расчетной схеме в) рис.7

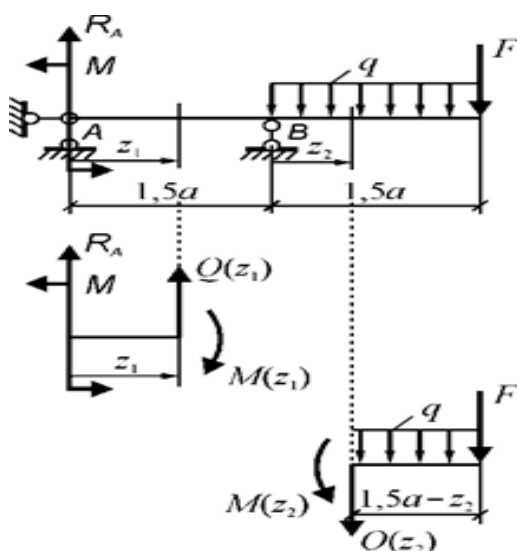


Рис. 12. Координаты сечений и схемы нагружения выделяемых частей балки

Определение реакции R_A (рис. 12)

$$\Sigma M_B = 0.$$

$$R_A \cdot 1,5a - M - q \cdot 1,5a \cdot 1,5a/2 - F \cdot 1,5a = 0.$$

Отсюда

$$R_A = \frac{1}{1,5a} (M + \frac{1}{2} q \cdot 1,5^2 a^2 + F \cdot 1,5a) = \frac{1}{1,5 \cdot 1} (20 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1,5^2 \cdot 1^2 + 15 \cdot 1,5 \cdot 1) = 9,17 \text{ кН}.$$

Построение эпюр внутренних усилий

Участок I: $0 \leq z_1 \leq 1,5a$.

Выражения для $Q(z_1)$ и $M(z_1)$, полученные из уравнений равновесия *левой* части балки (см. рис. 12):

$$Q(z_1) = R_A;$$

$$M(z_1) = R_A \cdot z_1 - M.$$

Для построения эпюр вычисляются значения Q и M в характерных точках участка I.

$$Q = \text{const} = R_A = 9,17 \text{ кН}.$$

$$M(0) = M = 20 \text{ кНм}.$$

$M(1,5a) = R_A \cdot 1,5a = 9,17 \cdot 1,5 = 13,75 \text{ кНм}$.

Участок 2: $0 \leq z_2 \leq 1,5a$.

Выражения для $Q(z_2)$ и $M(z_2)$, полученные из уравнений равновесия **правой** части балки (см. рис. 12):

$$Q(z_2) = F - q(1,5a - z_2);$$

$$M(z_2) = F(1,5a - z_2) - \frac{1}{2} q(1,5a - z_2)^2.$$

Для построения эпюр вычисляются значения Q и M в характерных точках участка 2.

$$Q(0) = F - q \cdot 1,5a = 15 - 10 \cdot 1,5 = 0 \text{ кН}.$$

$$Q(1,5a) = F = 15 \text{ кН}.$$

$$M(0) = F \cdot 1,5a - 0,5q(1,5a)^2 = 15 \cdot 1,5 - 0,5 \cdot 10 \cdot 1,5^2 = 0 \text{ кНм}.$$

$$M(0,5a) = F \cdot a - 0,5q \cdot a^2 = 15 \cdot 1 - 0,5 \cdot 10 \cdot 1^2 = 10,0 \text{ кНм}.$$

$$M(a) = F \cdot 0,5a - 0,5q(0,5a)^2 = 15 \cdot 0,5 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 2,5 \text{ кНм}.$$

$$M(1,5a) = 0.$$

Эпюры Q и M , построенные по вычисленным значениям внутренних усилий в выбранных точках участков, изображены на рис. 13.

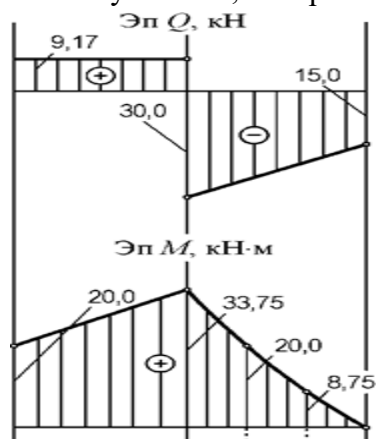


Рис. 13. Эпюры Q и M для расчетной схемы в) рис.7.

являются: начало и конец балки, точки приложения внешних сосредоточенных сил (включая опорные реакции), начало и конец приложения распределенных сил q . Выберем начало координат на правом конце балки. Введем на основании формул $Q_y = \sum_{i=1}^n F_i$ и $M_x = \sum_{i=1}^n M_{из i}$ и правил знаков, составим выражения для Q_y и M_x в произвольных сечениях z для каждого участка. Участок I ($0 \leq z_1 \leq l$):

$$Q_y = -F + qz_1 = -2ql + qz_1;$$

$$M_x = Fz_1 - qz_1 \cdot z_1/2 = 2qlz_1 - qz_1^2/2;$$

здесь qz – равнодействующая распределенной нагрузки q в пределах отрезка длиной z ; она приложена посередине этого отрезка и поэтому момент ее

относительно сечения z_1 равен $(-qz_1 \cdot \frac{z_1}{2})$.

$$\text{При } z_1 = 0; Q_y = -F = -2ql; M_x = 0;$$

$$\text{при } z_1 = l; Q_y = -2ql + ql = -ql; M_x = 2ql^2 - ql^2/2 = 1,5ql^2.$$

$$\text{Участок II } (0 \leq z_2 \leq 2l): Q_y = -F + ql = -2ql + ql = -ql,$$

т.е. поперечная сила Q_y на участке II не зависит от z_2 (конец приложения нагрузки q совпал с началом этого участка).

$$M_x = Fz_2 - ql(z_2 - l/2) - M = 2qlz_2 - ql(z_2 - l/2) - ql^2;$$

$$\text{при } z_2 = l; M_x = 2ql^2 - ql(l/2) - ql^2 = 0,5ql^2;$$

$$\text{при } z_2 = 2l; M_x = 2ql \cdot 2l - ql(2l - l/2) + ql^2 = 1,5ql^2.$$

Выбрав масштаб, строим эпюры поперечных сил Q_y и изгибающих моментов M_x (рис. 14, б, в), а затем проверяем правильность их получения.

По данным образцам решаются задачи:

Задача 1. Проектный расчет.

Подбор сечений консольных и двухопорных балок, работающих на поперечный изгиб

Для заданных схем балок требуется:

- 1) построить эпюры внутренних усилий Q и изгибающего момента M .
- 2) подобрать поперечное сечение для схемы а) круглое $[\sigma] = 10$ МПа; б) двутавровое $[\sigma] = 150$ МПа.

Задача 2. Проверочный расчет.

Проверка прочности и подбор сечений консольных и двухопорных балок, работающих на поперечный изгиб

Даны две схемы стальных балок

Требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы Q и изгибающего момента M .
2. Проверить прочность по нормальным напряжениям в балке сложного поперечного сечения.
3. Вычислить коэффициент использования прочности стали балки.
4. Определить прогиб конца консоли аналитическим методом, составляя и интегрируя дифференциальные уравнения изогнутой оси балки.

Задача 3. Расчет допустимой нагрузки.

Определение внутренних усилий в балках при плоском поперечном изгибе

1. Нарисуйте схему балки в масштабе в соответствии со своими данными. Отрицательные нагрузки покажите действующими в сторону, противоположную указанной на рисунке. На рисунке поставьте размеры балки и значения нагрузки в численном виде.
2. Определите опорные реакции.
3. Составьте выражения для поперечной силы Q и изгибающего момента M на каждом участке балки и вычислите значения Q и M на границах участков.
4. Постройте эпюры Q и M и проанализируйте результаты в соответствии с дифференциальными зависимостями между Q , M и q .

3 Список информационных источников

- 1 ГОСТ Р 7.0.5 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления
- 2 ГОСТ 7.1–2.2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание: Общие требования и правила составления.
- 3 Мовнин М.С. и др. Основы технической механики: учебник для технологических немашиностроительных специальностей техникумов – Л.: Машиностроение, 2007.
- 4 Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов – М.: Наука, 2008.
- 5 Фролов М.И. Техническая механика. Детали машин. - М.: Высшая школа, 2010.
- 6 Эрдеди А.А. и др. Техническая механика. - М.: Высшая школа, 2010.

Дополнительные источники:

1. Атаров Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах. М.: Инфра-М, 2010-262с.
2. Варданян Г.С., Андреев В. И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов. Учебное пособие. М.: МГСУ. 2009-127с.
3. Винокуров А.И., Барановский Н.В. Сборник задач по сопротивлению материалов. - М.: Высшая школа, 2010.
4. Мишенин Б.В. Техническая механика. Задания на расчетно-графические работы для ССУЗов с примерами их выполнения. - М.: НМЦ СПОРФ, 2007.
5. Мовнин М.С. и др. Руководство к решению задач по технической механике. Учебное пособие для техникумов. М., «Высшая школа», 2007.
6. Паушкин А.Г. Практикум по технической механике. М.: КолосС, 2008-94с
7. Романов Н.Я., Константинов В.А., Покровский Н.А. Сборник задач по деталям машин. - М.: Машиностроение, 2008.
8. Файн А.М. Сборник задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2007.

Интернет-источники:

1. Министерство образования и науки РФ www.mon.gov.ru
2. Российский образовательный портал www.edu.ru
3. Интернет-ресурс «Техническая механика». Форма доступа:
<http://edu.vgasu.vrn.ru/SiteDirectory/UOP/DocLib13/Техническая%20механика.pdf>; ru.wikipedia.org sopromat.org

