

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Сопротивление материалов

Образовательная программа: 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, специализация: Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов

Курс: 2, семестры : 3 4

Факультет летательных аппаратов,

№	Вид деятельности	Семестр	
		3	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	4
2	Всего часов	108	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	61	80
4	Лекции, час.	36	36
5	Практические занятия, час.	18	18
6	Лабораторные занятия, час.	0	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	9	27
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	5	6
10	Самостоятельная работа, час.	47	64
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.	КР
12	Вид аттестации	ДЗ	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

ФГОС введен в действие приказом №1165 от 12.09.2016 г. , дата утверждения: 23.09.2016 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПЛА, протокол заседания кафедры №5/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Моховнёв Д. В.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Пустовой Н. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Чичиндаев А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.3 способность освоить и использовать передовой опыт авиастроения и смежных областей техники в разработки авиационных конструкций; в части следующих результатов обучения:
з2. основы сопромата и применения метода конечных элементов для анализа конструкций
у2. иметь навыки применения сопромата к расчету и анализу авиационных конструкций

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
---	---------------------------

Сопротивление материалов

ПК.3.2 основы сопромата и применения метода конечных элементов для анализа конструкций	
1.иметь представление о месте науки о сопротивлении материалов в механике деформируемого твердого тела, об основных гипотезах, используемых при расчете на прочность элементов конструкций	Лекции; Самостоятельная работа
2.иметь представление о принципах построения расчетных схем при расчете основных простейших деформаций: растяжение-сжатие, сдвиг, кручение и изгиб стержней	Лекции; Самостоятельная работа
3.иметь представление о геометрических характеристиках сечения	Лекции; Самостоятельная работа
4.иметь представление о методах вычисления прогибов стержней при поперечном изгибе	Лекции; Самостоятельная работа
5.иметь представление об энергетических методах определения перемещений	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6.иметь представление о явлении потери устойчивости сжатых стержней	Лекции; Самостоятельная работа
7.иметь представление о явлении усталостной прочности	Лекции
8.знать основные гипотезы, используемые в курсе сопротивление материалов	Лекции
9.знать вывод расчетных формул при расчете на прочность и жесткость элементов конструкций, работающих при простейших деформациях	Лекции; Самостоятельная работа
10.знать вычисление геометрических характеристик при изменении системы координат	Лекции; Самостоятельная работа
11.знать дифференциальные уравнения упругой линии и граничные условия для их решения, вывод этих уравнений	Лекции; Самостоятельная работа
12.знать энергетические методы определения перемещений, основные вариационные принципы	Лекции; Самостоятельная работа
13.знать методы и формулы расчета на устойчивость и продольно-поперечный изгиб сжатых стержней	Лекции
14.знать определение пределов выносливости элементов конструкций при циклическом нагружении	Лекции
15.знать элементы рационального проектирования простейших систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
16.иметь представление о методах расчета на прочность элементов конструкций, работающих в сложном напряженном состоянии (теории прочности)	Лекции; Самостоятельная работа
17.иметь представление о сложном сопротивлении материалов	Лекции; Самостоятельная работа
18.знать расчетные формулы и их вывод для расчета на прочность элементов конструкций, работающих в сложном напряженном состоянии	Лекции; Самостоятельная работа

19.знать основные принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, работающих при сложном нагружении (совместное действие нескольких простейших деформаций)	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.3.у2 иметь навыки применения сопромата к расчету и анализу авиационных конструкций	
20.уметь определять внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня	Практические занятия; Самостоятельная работа
21.уметь проводить расчет на прочность и жесткость элементов конструкций, работающих при простейших деформациях	Практические занятия; Самостоятельная работа
22.уметь вычислять геометрические характеристики составных сечений	Практические занятия; Самостоятельная работа
23.уметь решать задачи об определении прогибов и углов поворота балки при поперечном изгибе	Практические занятия; Самостоятельная работа
24.уметь определять прогибы и углы поворота в стержнях энергетическими методами	Практические занятия; Самостоятельная работа
25.уметь рассчитывать на устойчивость и продольно-поперечный изгиб сжатые стержни	Практические занятия; Самостоятельная работа
26.уметь рассчитывать на выносливость элементы конструкций, работающих при циклических нагрузках	Лекции; Самостоятельная работа
27.уметь рассчитывать по несущей способности простейшие статически неопределимые стержневые системы, балки	Практические занятия; Самостоятельная работа
28. иметь опыт в определении механических характеристик материалов	Самостоятельная работа
29. иметь опыт в обработке результатов эксперимента	Самостоятельная работа
30. иметь опыт в определении основных погрешностях эксперимента	Самостоятельная работа
31.уметь проводить расчет на прочность элементов конструкций, работающих в сложном напряженном состоянии	Практические занятия; Самостоятельная работа
32.уметь рассчитывать на прочность элементы конструкций, работающих в условиях сложного нагружения	Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Введение в курс				
1. Введение	0	4	1, 2	Задачи курса. Классификация тел и сил. Международная система единиц. Гипотеза сплошности сечения. Понятие о деформациях, перемещениях и напряжениях. Основные положения курса. Принцип начальных размеров, независимости действия сил, Сен-Венана. Недопустимость замены системы сил статически эквивалентной. Метод сечения при определении напряжений. Основные виды простых деформаций.
Дидактическая единица: Растяжение и сжатие				

2. Растяжение (сжатие)	0	6	15, 19, 2, 8, 9	Вычисление напряжений в площадках поперечного сечения при одноосном нагружении. Продольная и поперечная деформация стержня при одноосном нагружении. Экспериментальное изучение растяжения и сжатия. Диаграммы растяжения и напряжений. Диаграмма сжатия. Закон разгрузки. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям. Допускаемое напряжение. Запас прочности. Потенциальная энергия упругих деформаций при одноосном нагружении. Понятие о расчете статически неопределимых стержневых систем. Влияние неточности изготовления элементов статически неопределимых систем на величину их усилий. Напряжения в статически неопределимых системах при изменении температуры.
Дидактическая единица: Сдвиг. Кручение				
3. Сдвиг	0	4	2, 8, 9	Чистый сдвиг. Деформация при сдвиге, напряжения, расчет на прочность. Закон Гука при сдвиге. Зависимость между модулями Юнга первого и второго рода и коэффициентом Пуассона. Общий случай среза. Потенциальная энергия упругих деформаций при сдвиге. Смятие.
4. Кручение	0	6	2, 8, 9	Напряжение, деформации и потенциальная энергия при кручении валов с круглым поперечным сечением. Расчет на прочность и жесткость Свободное кручение валов некруглого поперечного сечения и тонкостенных стержней с открытым профилем. Кручение тонкостенных стержней с замкнутыми односвязными профилями. Определение напряжений, углов закручивания и потенциальной энергии упругих деформаций.
Дидактическая единица: Напряженно-деформированное состояние в точке				

5. Основы теории напряженного и деформированного состояния	0	10	16, 17, 18	Виды напряженного состояния. Напряжения в наклонных сечениях при плоском и объемном напряженных состояниях. Главные напряжения и их вычисление. Использование зависимостей плоского напряженного состояния при исследовании объемного напряженного состояния. Вычисление деформаций. Обобщенный закон Гука. Условия неизменяемости объема и формы элемента. Потенциальная энергия упругих деформаций при объемном напряженном состоянии. Критерии пластичности и разрушения. Теория Мора.
Дидактическая единица: Геометрические характеристики сечений				
6. Основные геометрические характеристики плоских сечений	0	6	10, 3	Моменты инерции. Статические моменты. Радиусы инерции. Центральные, главные оси инерции. Моменты сопротивления при кручении и изгибе. Вычисление главных, центральных осевых моментов инерции, полярных моментов инерции и моментов сопротивления простейших сечений. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей. Вычисление моментов инерции и моментов сопротивления сложных сечений.
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Плоский прямой изгиб				

7. Плоский (прямой) изгиб балок.	0	12	11, 15, 2, 3, 4, 8, 9	Изгибающие моменты, перерезывающие силы и правило их знаков. Дифференциальные зависимости между M , Q и q . Определение нормальных напряжений и кривизны бруса при чистом изгибе. Расчет на прочность при чистом изгибе. Рациональные формы поперечного сечения при чистом изгибе. Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе. Расчет на прочность при поперечном изгибе. Главные напряжения при поперечном изгибе. Деформации балки при поперечном изгибе. Дифференциальные уравнения второго и четвертого порядка упругой линии балки. Граничные условия и условия непрерывности деформаций при переходе с одного силового участка на другой. Расчет на жесткость при изгибе. Потенциальная энергия упругих деформаций.
Дидактическая единица: Статически-неопределимые системы				
8. Энергетический метод определения перемещений при статическом нагружении	0	4	12, 5, 8	Понятие о принципе возможных перемещений. Вариационные уравнения строительной механики. Принцип Лагранжа и формула Кастильяно. Вариационные методы вывода дифференциального уравнения упругой линии и граничных условий при поперечном изгибе. Интегралы Максвелла-Мора. Метод Верещагина.
9. Раскрытие статической неопределимости стержневых систем с помощью уравнений метода сил.	0	4	12, 5, 8	Канонические уравнения метода сил. Раскрытие статической неопределимости многопролетной балки с помощью уравнений метода сил. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости.
Дидактическая единица: Сложное сопротивление				

10. Сложное сопротивление.	0	6	19, 8	Косой изгиб. Положение нейтральной линии при косом изгибе. Расчет на прочность при косом изгибе и вычисление прогибов. Внецентренное сжатие. Расчет на прочность. Понятие о ядре сечения. Совместное действие изгиба, кручения, растяжения и среза. Расчет витых пружин с малым шагом. Расчет круглых валов.
Дидактическая единица: Устойчивость сжатых стержней				
11. Устойчивость равновесия деформируемых стержневых систем. Общие сведения.	0	6	13, 15, 6, 8	Определение критических сил для идеальных стержней при различном креплении концов. Определение критических сил с помощью дифференциального уравнения 4-го порядка. Граничные условия и условия непрерывности при переходе с одного силового участка на другой. Пределы применимости формул Эйлера. Определение критических сил за пределом пропорциональности. Расчет сжатых стержней по коэффициенту снижения допускаемого напряжения. Понятие о продольно-поперечном изгибе. Приближенный метод решения дифференциального уравнения продольно-поперечного изгиба. Недопустимость применения независимости действия сил при продольно-поперечном изгибе. Расчет реальных стержней на сжатие. Продольное сжатие стержней с начальным технологическим искривлением. Внецентренное сжатие гибкого стержня.
Дидактическая единица: Усталостная прочность				

12. Экспериментальное изучение стационарных циклически изменяющихся напряжений (усталостная прочность)	0	4	14, 26, 7	Общие сведения. Понятие об усталости материала. Основные характеристики цикла. Определение пределов выносливости при симметричном и асимметричном циклах. Аппроксимация кривой усталости при асимметричных циклах по Серенсену-Кинасошвили. Влияние основных факторов на предел выносливости (концентрация напряжений, состояние поверхности, размеры образцов и т.д.). Дополнительные факторы, влияющие на предел выносливости. Расчет на выносливость при простых деформациях. Определение коэффициента запаса прочности. Расчет на выносливость при сложном напряженном состоянии.
--	---	---	-----------	---

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Растяжение и сжатие				
1. Испытание на растяжение стального образца.	6	6		Выполнив работу, студент научится определять механические характеристики материалов при растяжении.
Дидактическая единица: Плоский прямой изгиб				
2. Определение НДС балки, свободно опертой на двух шарнирных опорах, с использованием тензометрии	2	4		Освоит определение НДС конструкций с использованием тензометрии. Получит представление о методе идентификации конструкций
Дидактическая единица: Статически-неопределимые системы				
3. Определение перемещений плоской рамы и бруса малой кривизны.	4	4		Научится экспериментально определять перемещения
4. Определение опорной реакции статически неопределимой рамы.	4	4		Научится экспериментально определять реакции для статически неопределимых конструкций

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Растяжение и сжатие				

1. Раскрытие статической неопределимости стержневых систем.	1	2	15, 21, 27	Решая задачи, студент должен освоить запись уравнений равновесия и совместности деформаций и их решение.
2. Расчет на прочность при растяжении, срезе и смятии	1	2	21	Решая задачи, студент должен освоить применение на практике теоретических знаний
Дидактическая единица: Сдвиг. Кручение				
3. Построение эпюр нормальных и перерезывающих сил, крутящих и изгибающих моментов.	4	8	20	Решая задачи, студент должен освоить правила проверки и контроля эпюр.
Дидактическая единица: Напряженно-деформированное состояние в точке				
4. Теории напряженного и деформированного состояний	1	2	31	Решая задачи, студент должен освоить правила преобразования тензора напряжений при повороте системы координат.
5. Теории прочности	1	2	31	Решая задачи, студент должен освоить расчет эквивалентных напряжений.
Дидактическая единица: Геометрические характеристики сечений				
6. Вычисление геометрических характеристик поперечных сечений	1	2	22	Решая задачи, студент должен освоить нахождение центров тяжести составных площадей и определение их моментов инерции.
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Плоский прямой изгиб				
7. Расчет на прочность при чистом и поперечном изгибах	2	2	20, 21, 22	Решая задачи, студент должен освоить расчет нормальных и касательных напряжений в сечении при поперечном изгибе
8. Определение деформаций (прогибов и углов поворота) при изгибе	1	2	21, 22, 23	Решая задачи, студент должен освоить методы записи дифференциальных уравнений упругой линии и постановки граничных условий.
Дидактическая единица: Статически-неопределимые системы				
9. Статически определимые рамы	2	2	24, 5	Решая задачи, студент должен освоить энергетические методы определения перемещений.
10. Раскрытие статической неопределимости	2	4	24, 27, 5	Решая задачи, студент должен освоить правила записи системы канонических уравнений метода сил, статическую и кинематическую проверки.
Дидактическая единица: Сложное сопротивление				

11. Косой изгиб. Внецентренное сжатие	2	4	31, 32	Решая задачи, студент должен освоить правила расчета конструкций, работающих в условиях сложного сопротивления.
Дидактическая единица: Устойчивость сжатых стержней				
12. Потеря устойчивости и продольно-поперечный изгиб	2	4	25	Решая задачи, студент должен освоить методы решения задач устойчивости и продольно-поперечного изгиба.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	10, 19, 20, 21, 22, 3	4	1
На 17-й неделе проводится контрольная работа. Студент по заданной расчетной схеме должен построить эпюры перерезывающей силы и изгибающего момента и подобрать рациональные размеры сечения из условия прочности по нормальным напряжениям., подробная информация приведена в приложении №3 : Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.:А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar				
2	РГЗ	1, 2, 3	27	2
Студент должен выполнить и защитить две задачи расчетно-графического задания (РГЗ). Первая задача РГЗ - построение эпюр (срок сдачи 12 неделя), вторая задача РГЗ - расчет балки, работающей на изгиб (срок сдачи 17 неделя). : Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.:А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 4	8	1
Работа над конспектом лекций и практических занятий: Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил. Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.:А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3	8	1
Изучение конспекта лекций и практических занятий, дополнительной литературы.: Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил. Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.:А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar				

Семестр: 4				
1	Курсовая работа	11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 27, 4, 5, 9	46	4
Студент должен выполнить и защитить две задачи курсовой работы, подробная информация приведена в приложении №7 : Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	4, 5, 6	8	1
Работа над конспектом лекций и практических занятий: Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил. Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar				
3	Подготовка к аттестации	16, 17, 18, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	10	1
Изучение конспекта лекций и практических занятий, дополнительной литературы.: Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил. Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:moxovnyov@corp.nstu.ru
Консультирование	e-mail:moxovnyov@corp.nstu.ru
Контроль	e-mail:moxovnyov@corp.nstu.ru
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
<i>Лекция:</i>	5	10
<i>Практические занятия:</i>	7	15
<i>Контрольные работы:</i>	10	20
<i>РГЗ:</i>	17	35
Контролирующие материалы приводятся в "Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar "		
<i>Зачет:</i>	0	20
Семестр: 4		
<i>Лекция:</i>	5	10
<i>Лабораторная:</i>	5	10
Контролирующие материалы приводятся в "Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar "		
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Курсовая работа:</i>	0	30
Контролирующие материалы приводятся в "Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил."		
<i>Экзамен:</i>	0	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Защита КП/КР	Экзамен
ПК.3	32. основы сопромата и применения метода конечных элементов для анализа конструкций	+	+		+
	у2. иметь навыки применения сопромата к расчету и анализу авиационных конструкций	+	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

- Атапин В. Г. Сопротивление материалов : учебник / В. Г. Атапин, А. Н. Пель, А. И. Темников. - Новосибирск, 2006. - 555 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/atapin.pdf>
- Атапин В.Г. Сопротивление материалов. Базовый курс. Дополнительные главы [Электронный ресурс]: учебник/ В.Г. Атапин, А.Н. Пель, А.И. Темников— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 507 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45435.html>.— ЭБС «IPRbooks»
- Атапин В. Г. Сопротивление материалов. Базовый курс. Дополнительные главы : учебник / В. Г. Атапин, А. Н. Пель, А. И. Темников; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011 - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000158716

4. Сборник заданий по сопротивлению материалов : учебное пособие / [В. Г. Атапин и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 287 с. : табл., ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/atapin.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

Дополнительная литература

1. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : [учебник для вузов] / В. И. Феодосьев. - М., 2005. - 590, [1] с. : ил., портр., табл. - На авантит.: к 175-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Сопротивление материалов : методические указания и варианты исходных данных к расчетно-граф. работе для 2 курса ФЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 43 с. : схемы. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2003_2469.rar
2. Сопротивление материалов : методические указания и варианты к курсовому проекту для 2 курса ФЛА дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2003. - 53 с. : ил.
3. Сопротивление материалов : методические указания и задания к лабораторным работам по курсу "Сопротивление материалов" для 2 курса факультета летательных аппаратов дневной формы обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Темников и др.]. - Новосибирск, 2008. - 47, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3489.rar>

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Office
- 2 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Универсальная испытательная машина Instron 300DX в к-те	Проведение лабораторных работ
2	Универсальный лабораторный стенд по сопротивлению материалов СМ-2 со столом	Проведение лабораторных работ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Сопротивление материалов

Образовательная программа: 24.05.07 Самолето- и вертолетостроение, специализация:
Системы жизнеобеспечения и оборудование летательных аппаратов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Сопротивление материалов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.3/ПК способность освоить и использовать передовой опыт авиастроения и смежных областей техники в разработке авиационных конструкций	32. основы сопротивления и применения метода конечных элементов для анализа конструкций	Введение Кручение Основные геометрические характеристики плоских сечений Основы теории напряженного и деформированного состояния Плоский (прямой) изгиб балок. Раскрытие статической неопределимости стержневых систем. Раскрытие статической неопределимости стержневых систем с помощью уравнений метода сил. Растяжение (сжатие) Сдвиг Сложное сопротивление. Статически определимые рамы Устойчивость равновесия деформируемых стержневых систем. Общие сведения. Экспериментальное изучение стационарных циклически изменяющихся напряжений (усталостная прочность) Энергетический метод определения перемещений при статическом нагружении	Контрольная работа РГЗ, задача 2	Зачет 3 семестра, вопросы 1-23 Экзамен 4 семестра, вопросы 1-4, 7-18
ПК.3/ПК	у2. иметь навыки применения сопротивления к расчету и анализу авиационных конструкций	Вычисление геометрических характеристик поперечных сечений Косой изгиб. Внецентренное сжатие Определение деформаций (прогибов и углов поворота) при изгибе Построение эпюр нормальных и перерезывающих сил, крутящих и изгибающих моментов. Потеря устойчивости и продольно-поперечный изгиб Раскрытие статической неопределимости Раскрытие статической неопределимости стержневых систем. Расчет на прочность при чистом и поперечном изгибах Статически определимые рамы Теории напряженного и деформированного состояний Теории прочности Экспериментальное изучение стационарных циклически изменяющихся напряжений	Курсовая работа, задача 1, задача 2. РГЗ, задача 1, задача 2 Контрольная работа	Зачет 3 семестра, вопросы 8-23 Экзамен 4 семестра, вопросы 4-18.

		(усталостная прочность)		
--	--	-------------------------	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.3/ПК.

Зачет проводится в устной форме, по билетам, список которых представлен в паспорте зачета.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Список вопросов к экзаменационным билетам приведен в паспорте к экзамену.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (РГЗ), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.3/ПК, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт зачета

по дисциплине «Сопротивление материалов», 3 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из двух вопросов, список которых приведен ниже. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Сопротивление материалов»

1. Внутренние силы. Метод сечений.
2. Модели статического разрушения.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-12 баллов*.
- Ответ на билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13-18 баллов*.

- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе проводит сравнительный анализ подходов, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *более 19-20 баллов*.

- **Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

3. Вопросы к зачету по дисциплине «Соппротивление материалов»

- 1) Внутренние силы. Метод сечений.
- 2) Определение напряжений. Связь напряжений с внутренними силовыми факторами.
- 3) Понятие о деформациях и перемещениях.
- 4) Закон Гука.
- 5) Принципы сопротивления материалов
- 6) Нормальные силы, напряжения в поперечном сечении и деформации при растяжении и сжатии. Эпюры нормальных сил и напряжений.
- 7) Напряжения в наклонных сечениях при растяжении и сжатии.
- 8) Деформации, перемещения и удлинения при растяжении и сжатии.
- 9) Испытание материалов на растяжение и сжатие.
- 10) Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Закон парности касательных напряжений.
- 11) Напряжения в площадке общего положения.
- 12) Главные оси. Главные напряжения. Тензор напряжений.
- 13) Исследование напряженного состояния с помощью круга Мора.
- 14) Деформированное состояние в точке тела. Тензор деформаций. Модели упругости.
- 15) Потенциальная энергия деформации. Разложение энергии деформации на две составляющие.
- 16) Модели статического разрушения.
- 17) Критерии прочности по максимальным нормальным напряжениям и по максимальным относительным линейным деформациям.
- 18) Критерии прочности по максимальным касательным напряжениям и удельной потенциальной энергии формоизменения.
- 19) Критерий (теория Мора)
- 20) Чистый сдвиг.
- 21) Кручение стержня с круглым поперечным сечением. Расчет на прочность и жесткость.
- 22) Статический момент площади поперечного сечения. Определение. Свойства. Центр тяжести.
- 23) Моменты инерции площади поперечного сечения. Определения. Свойства. Моменты инерции основных геометрических фигур.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Сопротивление материалов», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Поперечный изгиб», включает одну задачу. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Работа считается **не выполненной**, если решено менее половины задачи, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в БРС (табл. 6.1).

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если решена половина задачи, оценка составляет менее 0,7 максимального балла.

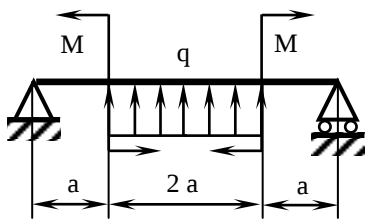
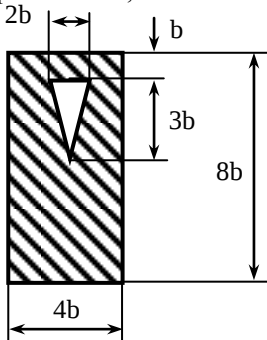
Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если решена вся задача, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования, оценка составляет менее 0,9 максимального балла.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если задача решена полностью, оформление соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,9 максимального балла.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

4. Пример варианта контрольной работы

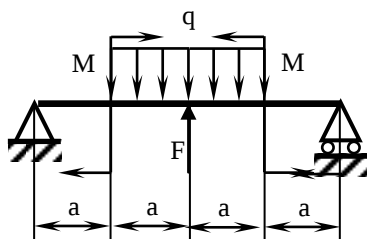
Вариант 1 Построить эпюры внутренних силовых факторов $M = 3qa^2$ 	Определить размер сечения b, если: $a = 1 \text{ м}$ $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ $q = 10 \text{ кН/м}$ 
---	---

Вариант 7

Построить эпюры внутренних силовых факторов

$$M=2qa^2$$

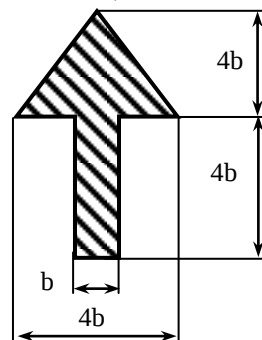
$$F=2qa$$

Определить размер сечения b , если:

$$a=1 \text{ м}$$

$$[\sigma]=160 \text{ МПа}$$

$$q=10 \text{ кН/м}$$



Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Сопротивление материалов», 3 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны решить задания в соответствии с методическими указаниями.

Обязательные структурные части РГЗ:

- Титульный лист
- Задание
- Решение, теоретическое обоснование решения
- Выводы

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в описании БРС (табл. 6.1) .
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования, оценка составляет менее 0,8 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет 0,8 максимального балла или более.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

4. Примерный перечень тем РГЗ

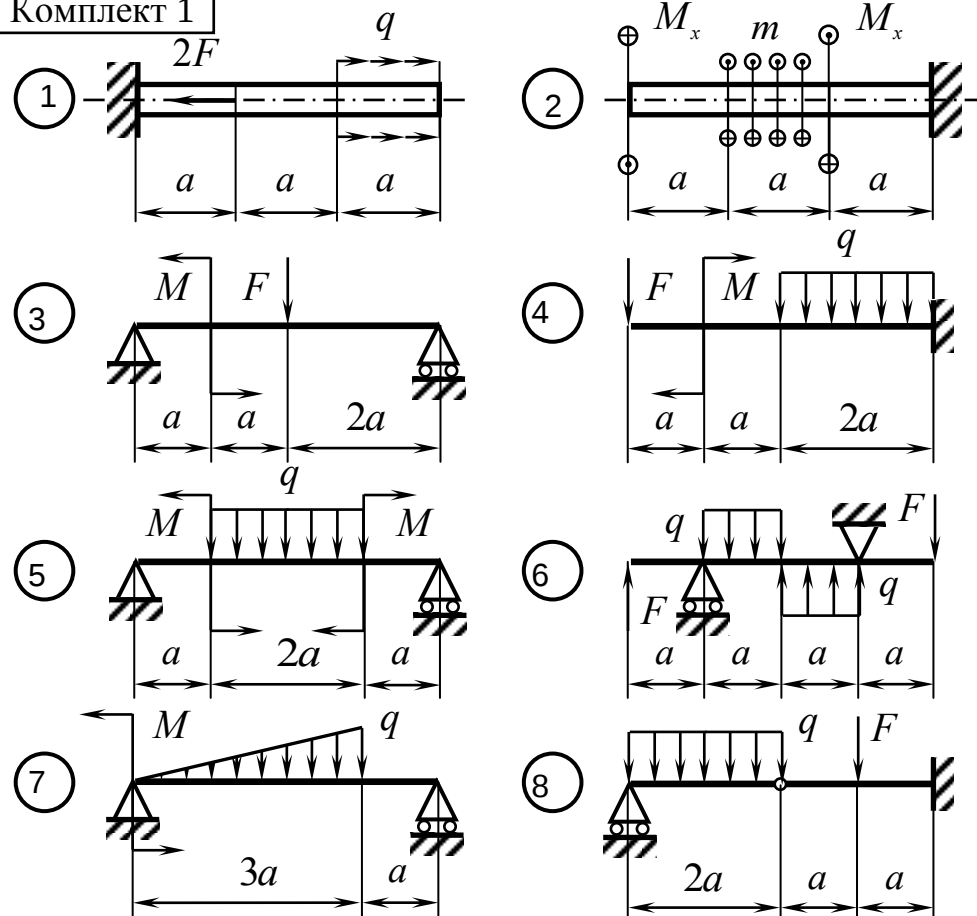
Задача 1 Построение эпюр ВСФ

Задача 2 Определение допускаемой нагрузки из условий прочности балки

Пример задания

Задача № 1

Комплект 1



Задача № 2

Чугунная балка нагружена в соответствии с заданной расчетной схемой. Требуется вычислить геометрические характеристики заданного сечения и определить допускаемую нагрузку при рациональном расположении сечения.

Номера расчетных схем, варианты нагрузок и геометрические размеры в расчетных схемах выбираются согласно [4].

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт экзамена

по дисциплине «Сопротивление материалов», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет составляется из вопросов, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Сопротивление материалов»

1. Плоский (прямой) изгиб стержня. Понятие об изгибающих моментах и перерезывающих силах. Правило их знаков. Эпюры.
2. Интеграл Максвелла-Мора. Способ Верещагина

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20-25 баллов*.
- Ответ на билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные

характеристики процессов, не допускает ошибок при ответе, оценка составляет 26-36 *балла*.

- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 37-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины (табл. 6.1).

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Соппротивление материалов»

- 1) Плоский (прямой) изгиб стержня. Понятие об изгибающих моментах и перерезывающих силах. Правило их знаков. Эпюры.
- 2) Напряжения в стержне при чистом изгибе.
- 3) Напряжения в стержне при поперечном изгибе.
- 4) Перемещения при изгибе.
- 5) Косой изгиб.
- 6) Внецентренное растяжение и сжатие.
- 7) Потенциальная энергия деформации стержня.
- 8) Теорема взаимности работ и перемещений и теорема Кастилиано.
- 9) Интеграл Максвелла-Мора. Способ Верещагина.
- 10) Метод сил.
- 11) Понятие об устойчивости. Формула Эйлера.
- 12) Зависимость критической силы от условий закрепления концов стержня. Критические напряжения.
- 13) Потеря устойчивости стержней при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Расчеты на устойчивость.
- 14) Продольно-поперечный изгиб.
- 15) Прочность при переменных напряжениях – основные определения.
- 16) Кривая усталости. Предел выносливости.
- 17) Диаграмма предельных амплитуд.
- 18) Факторы, влияющие на предел выносливости. Модели усталостного разрушения.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Сопротивление материалов», 4 семестр

1. Методика оценки.

Задание, структура, этапы выполнения и защиты, оцениваемые позиции подробно описаны в методических указаниях.

Структура курсовой работы:

- Титульный лист
- Задание
- Решение с подробным теоретическим обоснованием
- Выводы по выполненной работе
- Список литературы и интернет-источников

Этапы выполнения:

- Постановка задачи
- Изучение необходимого теоретического материала
- Изучение необходимого программного обеспечения
- Выполнение задания
- Оформление задания
- Защита по вопросам, приведенным ниже

Оцениваемые позиции:

- Правильность решения
- Подробность теоретического обоснования
- Правильность оформления: соответствие структуре
- Аккуратность и грамотность выполнения работы

2. Критерии оценки.

Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,5 максимального балла, указанного в описании БРС (табл. 6.1).

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,6 максимального балла.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,8 максимального балла.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет не менее 0,8 максимального балла

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами

балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. В качестве максимального берется балл из таблицы 6.1.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

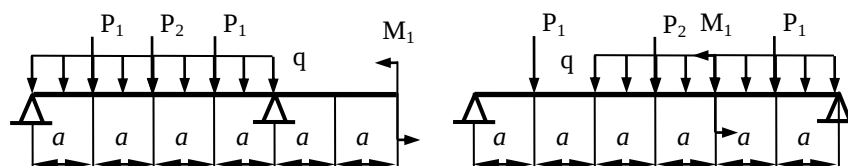
Задача №1. Расчет на изгиб двутавровой балки.

Стальная двутавровая балка закреплена на двух шарнирных опорах и нагружена в соответствии с заданной расчетной схемой

Требуется:

- 1) Записать выражения и построить эпюры для изгибающих моментов и перерезывающих сил по силовым участкам.
- 2) Из условия полной проверки на статическую прочность подобрать по ГОСТу требуемый номер двутаврового профиля.
- 3) С использованием универсального уравнения упругой линии записать выражения для прогибов и углов поворота по силовым участкам.
- 4) Построить эпюры углов поворота и прогибов.

Примеры расчетных схем



Задача №2. Расчет плоской статически-неопределимой рамы.

Плоская рама изготовлена из стальных балок двутаврового профиля. В точках 1,2,3 и 4 имеет опорные закрепления (шарнир или заделка), варианты которых даются в таблицах. Рама нагружена в соответствии с заданной расчетной схемой. Жесткость на изгиб поперечного сечения горизонтальных стержней равна EJ , вертикальных - $2EJ$.

Требуется:

Раскрыв статическую неопределимость по методу сил, построить эпюры внутренних силовых факторов.

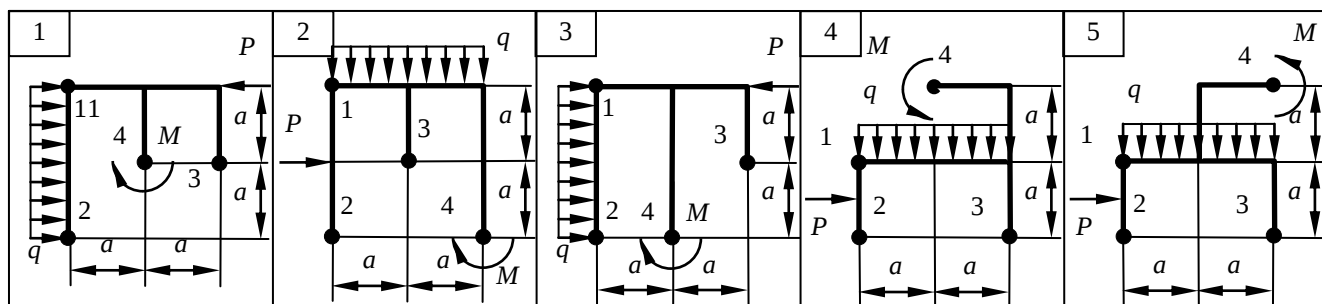
Обосновать правильность раскрытия статической неопределимости рамы статической и кинематической проверками.

Подобрать двутавровый профиль по ГОСТ 8239-72, сохранив заданное соотношение жесткостей.

Определить угол поворота сечения 3.

Исследовать напряженное состояние рамы при повреждении каждой из шарнирных опор.

Примеры расчетных схем



Номера расчетных схем, варианты нагрузок и геометрические размеры в расчетных схемах выбираются согласно [5]

5. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

Вопросы к задаче № 1:

- 1) Какой будет форма эпюр поперечной силы и изгибающего момента на участке с равномерно распределенной нагрузкой
- 2) В каких точках поперечного сечения достигают максимума нормальные и касательные напряжения
- 3) Записать универсальное уравнение упругой линии балки

Вопросы к задаче № 2:

- 1) Как найти степень статической неопределимости стержневой системы
- 2) Записать интеграл Мора
- 3) Сформулировать способ Верещагина вычисления интеграла Мора