Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.11.2026 11:57:59
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической деятельности
_____Ю.А. Устименко
«10» сентября 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.О.11.05 Сопротивление материалов

Направление подготовки: 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Направленность (профиль): Конструкция, технология эксплуатации и ремонта авиационной техники

Форма обучения: очная
Курс – 2
Семестр – 3, 4
Всего зачетных единиц – 7; часов – 252
Форма аттестации – зачет – 3 семестр, экзамен – 4 семестр

Смоленск
2026

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.О.11.05 Сопротивление материалов относятся к обязательной части учебного плана образовательной программы по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей. Данная дисциплина формирует фундаментальные навыки и знания о материалах, их свойствах и применении в промышленности. Она занимает ключевое место в подготовке инженера, обеспечивая переход от фундаментальных физико-математических законов к практическим расчетам реальных авиационных конструкций. Курс базируется на прочном фундаменте ранее изученных студентами дисциплин модуля «Математика», Общей физики и Теоретической механики. Приобретенные знания и навыки служат прямой основой для освоения профильных дисциплин, таких как «Конструкция и прочность летательных аппаратов», «Теория и конструкция авиационных двигателей» и «Ремонт авиационной техники». В процессе обучения будущие специалисты овладевают методами оценки напряженно-деформированного состояния элементов планера и деталей двигателей при различных видах нагружения. Освоение дисциплины позволяет выпускникам проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость деталей, что критически важно для безопасной эксплуатации воздушных судов. Таким образом, дисциплина формирует общепрофессиональные компетенции, необходимые для проведения технической диагностики, анализа усталостных повреждений и поддержания летной годности авиационной техники в течение всего срока службы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции	Индикаторы достижения
ОПК –1 Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов	Знать: типовые методики расчётов на прочность, жёсткость и устойчивость стержней и стержневых систем Уметь: проводить расчёты при сложном напряжённом состоянии и динамическом нагружении Владеть: методами построения эпюр напряжений при различных условиях нагружения, а также методами решения простейших задач расчёта стержневых систем
ОПК – 6 Способен применять основные методы анализа современных тенденций развития материалов, технологий их производства и авиационной техники в своей профессиональной деятельности	Знать: классификацию, свойства и маркировку современных авиационных материалов (включая композиционные материалы, титановые и жаропрочные сплавы, функциональные покрытия); инновационные технологии производства авиационной техники (аддитивные технологии, высокоточную обработку, методы модификации поверхностей) и их влияние на эксплуатационные характеристики деталей; методы сбора, систематизации и анализа научно-технической информации, нормативно-технической документации и статистических данных о надежности авиатехники Уметь: анализировать влияние новых материалов и технологий на показатели надежности, долговечности и безопасности эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей Владеть: навыками оценки технического состояния элементов конструкции летательных аппаратов и

	авиационных двигателей, выполненных из инновационных материалов, в процессе их технической эксплуатации; инструментами прогнозирования эффективности внедрения современных материалов и технологий в практику поддержания летной годности воздушных судов

3. Содержание дисциплины

Введение и основы механики деформируемого тела.

Введение в сопротивление материалов. Реальный объект и его абстрактная расчетная схема, классификация элементов конструкций по геометрическому признаку (брус/стержень, пластина, оболочка, массивное тело), свойства материалов (однородность, сплошность, изотропия, идеальная упругость, пластичность).

Нагрузки и внутренние усилия. Внешние силы (поверхностные, объемные, сосредоточенные, распределенные, статические, динамические), метод сечений (РОЗУ), внутренние силовые факторы (продольная сила, поперечные силы, крутящий момент, изгибающие моменты), эпюра внутреннего усилия.

Напряжения и деформации. Вектор полного напряжения, нормальное напряжение, касательное напряжение, линейная (продольная) деформация, угловая деформация (сдвиг), закон Гука (модуль продольной упругости Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона).

Простые виды деформаций стержней.

Растяжение и сжатие. Осевая сила, жесткость поперечного сечения при растяжении, абсолютное удлинение, условие прочности, допускаемое напряжение, коэффициент запаса прочности, диаграмма растяжения материала (предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности/временное сопротивление).

Сдвиг, смятие и кручение. Чистый сдвиг, условие прочности на сдвиг и смятие (в заклепочных и болтовых авиационных соединениях), чистый крутящий момент, полярный момент инерции, полярный момент сопротивления, удельный угол закручивания, жесткость при кручении.

Геометрические характеристики плоских сечений. Статический момент сечения, центр тяжести сечения, осевые, полярный и центробежный моменты инерции, главные центральные оси и главные моменты инерции тонкостенных авиационных профилей.

Прямой изгиб балок. Чистый изгиб, поперечный изгиб, нейтральный слой (нейтральная ось), момент сопротивления при изгибе, кривизна оси балки, дифференциальное уравнение изогнутой оси, прогиб, угол поворота сечения, жесткость балки при изгибе.

Сложное нагружение, теории прочности и устойчивость

Напряженное состояние в точке. Плоское и объемное напряженное состояние, главные площадки, главные напряжения, тензор напряжений.

Теории прочности. Критерий разрушения, эквивалентное напряжение (по теории наибольших линейных деформаций, теории наибольших касательных напряжений Треска-Сен-Венана, энергетической теории Губера-Мизеса).

Сложное сопротивление. Косой изгиб, внецентренное растяжение-сжатие, ядро сечения, совместный изгиб с кручением (расчет валов авиадвигателей).

Устойчивость сжатых стержней. Устойчивая и неустойчивая формы равновесия, критическая сила, формула Эйлера, коэффициент приведения длины, гибкость стержня, предельная гибкость, критическое напряжение, формула Ясинского.

Динамическое нагружение и усталость материалов. Коэффициент динамичности, ударное нагружение, цикл напряжений (симметричный, асимметричный, отнулевой),

амплитуда и среднее напряжение цикла, предел выносливости (усталости), кривая Велера (кривая усталости).

4. Тематический план и виды образовательной деятельности

п/п	Темы лекционных занятий / практических занятий / лабораторных работ/ самостоятельной работы студента	Формы занятий				
		Всего часов	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	**Модуль 1. Введение и основы механики деформируемого тела**	**34**	**4**	**4**	**2**	**24**
2.	Тема 1.1. Введение в сопротивление материалов. Гипотезы и допущения. Расчетные схемы.	10	2			8
3.	Тема 1.2. Внешние и внутренние силы. Метод сечений (РОЗУ). Эпюры усилий.	12	2	2		8
4.	Тема 1.3. Понятия о напряжениях и деформациях. Закон Гука.	14	2	2	2	8
5.	**Модуль 2. Простые виды деформаций стержней**	**98**	**22**	**24**	**4**	**48**
6.	Тема 2.1. Растяжение и сжатие. Испытания материалов. Расчеты на прочность.	18	4	4	2	8
7.	Тема 2.2. Сдвиг и смятие (расчет авиационных заклепочных и болтовых соединений).	12	2	2		8
8.	Тема 2.3. Кручение круглых и тонкостенных валов (валы авиадвигателей).	18	4	4	2	8
9.	Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских авиационных сечений	16	4	4		8
10.	Тема 2.5. Прямой поперечный изгиб балок (моделирование	18	4	6		8

	лонжеронов). Эпюры.					
11.	Тема 2.6. Напряжения и перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение оси	16	4	4		8
12.	**Модуль 3. Сложное нагружение, теории прочности и устойчивость**	**91**	**22**	**22**	**4**	**43**
13.	Тема 3.1. Напряженное состояние в точке. Главные напряжения. Теории прочности.	18	6	4		8
14.	Тема 3.2. Сложное сопротивление: косой изгиб, изгиб с кручением.	20	6	6		8
15.	Тема 3.3. Устойчивость сжатых стержней. Формулы Эйлера и Ясинского (подкосы шасси).	19	4	4	2	9
16.	Тема 3.4. Динамическое нагружение (ударные посадочные нагрузки)	17	4	4		9
17	Тема 3.5. Циклическое нагружение и усталость металлов. Кривая выносливости.	19	4	4	2	9
	Подготовка к экзамену	27				27
ИТОГО		**252**	**50**	**50**	**10**	**142**

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (перечень)

1. Лабораторная работа

Лабораторная работа состоит из пяти последовательных этапов:

1. Входной контроль. Проверка готовности студента к занятию (знание целей, теоретических основ, формул и правил техники безопасности при работе со сложным гидравлическим и электрическим оборудованием).

2. Экспериментальная часть. Непосредственная работа на испытательных машинах (разрывная машина, крутильный и усталостный стенды). Студенты проводят замеры начальных параметров образцов, управляют процессом нагружения и фиксируют показания приборов (деформометров, тензодатчиков, индикаторов часового типа).

3. Обработка данных и расчеты. Математический анализ полученных результатов, расчет напряжений, деформаций и упругих констант. Обязательным элементом является расчет погрешностей измерений.
4. Оформление отчета. Составление письменного отчета, включающего расчетные схемы, таблицы с экспериментальными данными, графики (например, диаграмму растяжения или кривую усталости Велера) и финальные выводы.
5. Защита работы. Устное собеседование по контрольным вопросам, где студент должен объяснить физический смысл наблюдаемых явлений и связать их с условиями работы реальных узлов воздушного судна (лопаток ГТД, стоек шасси, обшивки).
Темы лабораторных работ:
ЛР № 1 (2 часа): «Определение модуля упругости (Юнга) и коэффициента Пуассона для стали/авиационного дюралюминия при растяжении».
ЛР № 2 (2 часа): «Экспериментальное построение диаграммы растяжения и определение механических характеристик материалов до разрушения».
ЛР № 3 (2 часа): «Испытание стального вала на кручение и проверка закона Гука при сдвиге».
ЛР № 4 (2 часа): «Экспериментальное исследование продольного изгиба и проверка формулы Эйлера для стержней различной гибкости».
ЛР № 5 (2 часа): «Испытание конструкционных материалов на усталость при циклическом изгибе».

2. Тестовые задания (пример)

Тест по теме «Напряженно-деформированное состояние и гипотезы»

1. Какая гипотеза утверждает, что поперечные сечения стержня, плоские до деформации, остаются плоскими и перпендикулярными его оси после деформации?
а) Принцип Сен-Венана
б) Гипотеза Бернулли (плоских сечений)
в) Закон Гука
г) Гипотеза изотропности

2. Для какого элемента конструкции авиационного ГТД наиболее критичен расчет на деформацию кручения?
а) Обшивка крыла
б) Вал турбокомпрессора
в) Остекление кабины
г) Шпангоут фюзеляжа

3. Расчетно-графические работы (РГР)
РГР № 1 «Построение эпюр внутренних силовых факторов и расчет на прочность балки при прямом поперечном изгибе».
Объект моделирования: Лонжерон крыла самолета (представлен в виде консольной или двухопорной балки с распределенной аэродинамической нагрузкой).
РГР № 2 «Расчет ступенчатого стального вала авиационного привода на совместное действие изгиба и кручения».
Объект моделирования: Элемент трансмиссии вертолета или вал коробки самолетных агрегатов. Требуется построить эпюры крутящих и изгибающих моментов в двух плоскостях, определить опасное сечение и рассчитать его диаметр по энергетической теории прочности.

4. Контрольные работы (Пример практического билета)

Контрольная работа № 2 «Устойчивость сжатых стержней»

Задача. Стойка-подкос самолетного шасси представляет собой трубчатый стержень из алюминиевого сплава В95 длиной L = 1.2 м с наружным диаметром D = 60 мм и толщиной стенки δ = 4 мм. Стержень закреплен шарнирно по обоим концам.
Задание:
1. Определить гибкость стержня λ.
2. Проверить применимость формулы Эйлера (предельная гибкость для данного материала λ пред = 80).
3. Вычислить величину критической силы $P_{кр}$, при которой подкос потеряет устойчивость.
4. Определить допускаемую нагрузку на подкос при нормативном авиационном коэффициенте запаса устойчивости $n_y = 2.5$.

5. Форма промежуточной аттестации – экзамен

В экзаменационный билет входят два теоретических вопроса и одна комплексная задача.

Перечень вопросов к экзамену (примеры)

1. Метод сечений (РОЗУ) для определения внутренних силовых факторов. Виды деформаций.
2. Напряжения при растяжении и сжатии. Диаграмма растяжения пластичного материала, ее характерные точки и прочностные характеристики.
3. Геометрические характеристики сечений. Главные центральные оси и главные моменты инерции.
4. Кручение круглого бруса. Определение касательных напряжений и углов закручивания. Жесткость при кручении.
5. Чистый и поперечный изгиб. Нормальные напряжения при изгибе, формула Навье. Момент сопротивления.
6. Касательные напряжения при изгибе, формула Журавского. Анализ опасных точек сечения.
7. Линейные и угловые перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки и методы его интегрирования.
8. Понятие о напряженном состоянии в точке. Главные площадки и главные напряжения.
9. Классические теории прочности (Треска, Губера-Мизеса). Эквивалентные напряжения.
10. Сложное сопротивление. Изгиб с кручением круглого стержня.
11. Продольный изгиб. Критическая сила Эйлера для различных условий закрепления стержня. Границы применимости формулы Эйлера, формула Ясинского.
12. Циклическое нагружение. Усталость металлов, предел выносливости. Факторы, влияющие на усталостную прочность авиационных конструкций.

Пример экзаменационной задачи
Задача 1. Расчёт пространственного бруса (вала)
Дано:
Конструкция: пространственный Г-образный брус круглого сплошного сечения диаметром d.
Геометрические размеры:
длина первого участка (вдоль оси Z): a=0.8м
длина второго участка (вдоль оси X): b=0.6м
Внешние нагрузки:
сосредоточенная сила на свободном конце: F=5кН
сосредоточенный крутящий момент: M=3кН·м
Механические свойства материала:
допускаемое напряжение на растяжение/сжатие: $[\sigma]$=160МПа

Критерий прочности: III энергетическая теория (критерий Треска-Сен-Венана, максимальные касательные напряжения).

Построить:

1. Эпюру крутящих моментов по длине бруса.
2. Эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости
3. Эпюры изгибающих моментов в горизонтальной плоскости

Найти:

1. Положение опасного поперечного сечения и координаты наиболее опасной точки в нем.
2. Величину суммарного изгибающего момента и эквивалентного момента по III теории прочности.
3. Минимально допустимый диаметр бруса из условия прочности.

КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ЭКЗАМЕНА

Оценка «Отлично» (5 баллов) - студент в полном объеме демонстрирует знания физического смысла гипотез, математически строго выводит экзаменационные уравнения. Практическая задача решена без ошибок с составлением корректной расчетной схемы. Уверенно увязывает сопротивление материалов с практикой ремонта и дефектоскопии планера самолета и узлов ГТД.

Оценка «Хорошо» (4 балла) - теория изложена правильно и подробно, но допущены мелкие погрешности в формулировках. Задача выполнена по верному алгоритму, но присутствуют незначительные расчетные ошибки (например, погрешности округления), не повлиявшие на правильность итогового инженерного вывода.

Оценка «Удовлетворительно» (3 балла - студент знает базовые законы (закон Гука, метод сечений), но путается в выводах сложных формул и построении эпюр (например, путает знаки моментов). Задача решена с серьезными ошибками в расчетной схеме или вычислениях, приведшими к некорректному результату, однако базовый подход к решению продемонстрирован.

Оценка «Неудовлетворительно» (2 балла) - у студента отсутствуют базовые знания по предмету. Не знает метода сечений, путает нормальные и касательные напряжения, не способен составить простейшее уравнение равновесия или прочности. Наводящие вопросы преподавателя не помогают исправить ответ. Задача не решена.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1 Основная литература

1. Гаршин, А. П. Материаловедение в 3 т. Том 1. Абразивные материалы : учебник для вузов / А. П. Гаршин, С. М. Федотова ; под общей редакцией А. П. Гаршина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 214 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8113-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/561656 (дата обращения: 27.06.2025)
2. Лихачев, В. Г. Материаловедение : учебник для вузов / В. Г. Лихачев, С. Г. Баранов, А. А. Кузьмин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 165 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19718-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/580922 (дата обращения: 27.06.2025)
3. Материаловедение в машиностроении : учебник для вузов / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва :

Издательство Юрайт, 2025. — 530 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20058-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568796 (дата обращения: 27.06.2025).

4. Материаловедение и технология материалов : учебник для вузов / под редакцией Г. П. Фетисова. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 808 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18111-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568795 (дата обращения: 27.06.2025).

6.2 Дополнительная литература

5. Материаловедение и технология материалов : учебник для вузов / под редакцией Г. П. Фетисова. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 808 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18111-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568795 (дата обращения: 27.06.2025).
6. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение : учебник для вузов / И. А. Рыбьев. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 724 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17969-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/568780 (дата обращения: 27.06.2025)

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

https://sopromat.site/ - Сопромат сайт
https://sopromatguru.ru/ - Сопромат гуру
https://ssopromat.ru/ - Сопромат
https://prosopromat.ru/ - Про сопромат
https://isopromat.ru/sopromat - решение задач

7. Материально - техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе: стандартная учебная мебель (70 посадочных мест); стол и стул для преподавателя (по 1 шт.); кафедра для лектора (1 шт.);доска настенная трехэлементная (1 шт.); мультимедиапроектор ViewSonic (1 шт.); ноутбук Lenovo (1 шт.); колонки Genius(1 пара); экран настенный переносной (1 шт.).

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, в том числе: компьютеры (12 шт.); компьютерный студенческий стол (12 шт.); стол и стул для преподавателя (по 1 шт.); доска настенная трехэлементная (1 шт.).

8. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.