

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

Лейфа А.В. Лейфа

14 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ»

Направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

Направленность (профиль) образовательной программы – Ракетно-космическая техника

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5,6

Экзамен 5,6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 288.0 (академ. час), 8.00 (з.е)

Составитель В.В. Сердакова, Старший преподаватель,

Институт компьютерных и инженерных наук

Кафедра стартовых и технических ракетных комплексов

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 05.02.18 № 71

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры стартовых и технических ракетных комплексов

01.02.2024 г. , протокол № 7

Заведующий кафедрой Соловьев В.В. Соловьев

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

14 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

14 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Соловьев В.В. Соловьев

14 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

14 июня 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Создание достаточной теоретической базы для последующего освоения студентами курсов.

### Задачи дисциплины:

1. Усвоение студентами гипотез и подходов, лежащих в основе расчёта стержневых систем, пластин и оболочек;
2. Знакомство с постановкой, математическим аппаратом и приёмами решения конкретных задач;
3. Овладение навыками расчёта типовых конструктивных элементов на прочность и устойчивость.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и компетенциях студента, полученных при изучении предшествующих дисциплин, среди которых наиболее важное значение имеют:

1. Высшая математика.
2. Теоретическая механика.
3. Сопроотивление материалов

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1. Универсальные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Системное критическое мышление и	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД - 1УК-1 Знать: - методики поиска, сбора и обработки информации; - актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; - метод системного анализа. ИД - 2УК-1 Уметь: - применять методики поиска, сбора и обработки информации; - осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; - применять системный подход для решения поставленных задач. ИД - 3УК-1 Владеть: - методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; - методикой системного подхода для решения поставленных задач

### 3.2 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен осуществлять проектирования, конструирования и сопровождения на всех этапах жизненного цикла КА, КС и составных частей	<p>ИД – 1 ПК-1 Знать: - последовательность и содержание основных этапов проектирования КА и КС, ключевые требования массогабаритного совершенства конструкции и надёжности.</p> <p>ИД – 2 ПК-1 Уметь: - разрабатывать проекты КА, КС и их составных частей, оформлять проектно-конструкторскую и рабоче- конструкторскую документацию</p> <p>ИД – 3 ПК-1. Владеть: - практическим опытом сопровождения процесса и испытания КА, КС и их составных частей, анализа и оценки их работы в процессе эксплуатации</p>

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8.00 зачетных единицы, 288.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	5	6		6		6						6	Самостоятельная работа. Тест

2	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	5	6		4		6						10	Самостоятельная работа. Тест
3	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	5	6		6		4						6	Самостоятельная работа. Тест
5	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	6	11		4		4						14	Самостоятельная работа. Тест
6	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	6	11		6		6						18	Самостоятельная работа. Тест
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное	6	12		6		6						24	Самостоятельная работа. Тест

	уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно												
8	Курсовая работа	6						2				20	Защита КР
9	Экзамен	5								0.3	35.7		
10	Экзамен	6								0.3	35.7		
	Итого		52.0	32.0	32.0	2.0	0.0	0.6	71.4	98.0			

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Балочная теория расчёта тонкостенных конструкций. Нормальные напряжения. Касательные напряжения в тонкостенной конструкции с открытым, однозамкнутым и многозамкнутым сечением.
2	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Безмоментная теория оболочек вращения. Основные уравнения при осесимметричном нагружении.
3	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Изгиб пластин. Дифференциальное уравнение изгиба. Расчёт напряжений
4	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической оболочки. Решение уравнения изгиба для длинной оболочки. Расчёт короткой цилиндрической оболочки.
5	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в	Метод конечных элементов. Плоский треугольный и прямоугольный конечные элементы.

	полярных координатах	
6	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Уравнение Лагранжа. Теория упругости. Основы принципа Кастильяно».

### 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Расчёт балки на изгиб методом Ритца.
Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Расчёт тонкостенных конструкций с открытым контуром поперечного сечения
Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Расчёт тонкостенных конструкций с однозамкнутым контуром поперечного сечения.
Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Расчёт оболочек вращения по безмоментной теории.
Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Расчёт тонкостенной конструкции с однозамкнутым контуром поперечного сечения, имеющего вертикальную ось симметрии.
Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической оболочки. Решение уравнения изгиба для длинной оболочки. Расчёт короткой цилиндрической оболочки.

### 5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Исследование напряжённого состояния плоской сварной стержневой системы.
Строительная механика статически определимых ферм.	Исследование напряжённого состояния круглого шпангоута.

Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	
Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Исследование напряжённого состояния четырёхпоясного кессона при изгибе.
Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Исследование закритической работы балки с тонкой стенкой типа лонжерона
Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов.
Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Расчёт составной оболочки вращения при осесимметричном нагружении по безмоментной теории.

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 1, конспект по теме, подготовка к защите работы	6
2	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 2, конспект по теме, подготовка к защите работы	10
3	Матричный метод перемещений для стержневых систем.	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 3, конспект по теме, подготовка к защите работы	6

	Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений		
4	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 5, конспект по теме, подготовка к защите работы	14
5	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 6, конспект по теме, подготовка к защите работы	18
6	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 7, конспект по теме, подготовка к защите работы	24
7	Курсовая работа	Тема курсовой работы: "Расчет тонкостенной конструкции с однозамкнутым контуром поперечного сечения" (По вариантам)	20

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интегральная модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления, самоуправление. На занятиях используются методы активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля. При чтении лекции используются мультимедийные презентации. При выполнении практических работ используется прием интерактивного обучения «Кейс- метод»:

студентам выдается задание для подготовки к выполнению работы; с преподавателем обсуждается цель работы и ход её выполнения; цель анализируется с разных точек зрения, выдвигаются гипотезы, делаются выводы, анализируются полученные результаты.

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникаций со студентами для предоставления информации, выдача рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта).

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Вопросы для сдачи экзамена

5 семестр

1. Способы образования ферм
2. Прикрепление ферм к опорам
3. Необходимые условия геометрической неизменяемости и статической определимости ферм
4. Методы исследования геометрической неизменяемости ферм
5. Методы определения усилий в стержнях ферм
6. Понятие о матрице жесткости
7. Преобразование координатных осей
8. Матрица жесткости ферменного элемента
9. Матрица жесткости балочного элемента в местной системе координат
10. Матрица жесткости балочного элемента при изгибе его в одной
11. плоскости
12. Матрица жесткости балочного элемента в общих координатах
13. Учет внеузловой нагрузки
14. Объединение элементов в стержневую систему и построение ее матрицы жесткости
15. Сокращение матрицы жесткости стержневой системы и определение узловых перемещений
16. Определение нормальных напряжений при изгибе тонкостенных конструкций
17. Расчет касательных напряжений
18. Работа тонкостенных конструкций с многозамкнутым контуром

6 семестр

1. Гипотезы теории упругости
2. Основные определения и обозначения
3. Дифференциальные уравнения равновесия
4. Напряжения в наклонных площадках. Статические граничные условия
5. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений
6. Соотношения между деформациями и перемещениями (соотношения Коши)
7. Уравнения совместности деформаций
8. Закон Гука для трехосного напряженного состояния
9. Схемы решения задач теории упругости
10. Решение задачи теории упругости в перемещениях
11. Решение задачи теории упругости в напряжениях
12. Плоская деформация
13. Обобщенное плоское напряженное состояние
14. Основные соотношения плоской задачи
15. Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях
16. Понятие о функции напряжений
17. Решение плоской задачи теории упругости в полиномах
18. Решение плоской задачи в тригонометрических рядах

Тема курсовой работы: "Расчет тонкостенной конструкции с односторонним контуром поперечного сечения"

(По вариантам)

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) литература

1. Шапошников, Н. Н. Строительная механика : учебник / Н. Н. Шапошников, Р. Х. Кристаллинский, А. В. Дарков. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 692 с. — ISBN 978-5-8114-0576-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/212861](https://e.lanbook.com/book/212861) (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Васильков, Г. В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений : учебное пособие / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1334-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/211133](https://e.lanbook.com/book/211133) (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования : учебно- методическое пособие / В. С. Абакумов, В. А. Зверев, В. В. Ломакин, А. В. Ульянчиков. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/book/52105](https://e.lanbook.com/book/52105) (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	7-Zip	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="http://www.7-zip.org/license.txt">http://www.7-zip.org/license.txt</a> .
2	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="https://ru.libreoffice.org/about-us/license/">https://ru.libreoffice.org/about-us/license/</a>
3	<a href="http://www.e.lanbook.com">http://www.e.lanbook.com</a>	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия

### в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://www.gostexpert.ru">www.gostexpert.ru</a>	Единая база ГОСТов РФ по категориям. Общероссийского Классификатора Стандартов.
2	<a href="http://www.multitran.ru">www.multitran.ru</a>	Мультитран. Информационная справочная система «Электронные словари»
3	<a href="http://scholar.google.ru">scholar.google.ru</a>	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекции и практические занятия проводятся в стандартной аудитории, оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа- проектор. При изучении дисциплины используется основное необходимое материально- техническое оборудование: мультимедийные средства, Интернет- ресурсы, доступ к полнотекстовым электронным базам, книжный фонд научной библиотеки Амурского государственного университета.

Данное оборудование применяется при изучении дисциплины.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, которые предусмотрены учебным планом и соответствуют действующим санитарным

и противопожарным правилам и нормам.

Различные элементы систем заправки, газоснабжения и термостатирования, приборы для измерения технических параметров систем, средства встроенного контроля технического состояния оборудования, средства неразрушающего контроля технического состояния оборудования, стенды для испытания систем заправки, газоснабжения и термостатирования.