

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

« 1 » сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА РАКЕТ»

Специальность 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация образовательной программы – Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем жизнеобеспечения

Квалификация выпускника – Инженер

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5,6

Экзамен 5,6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 288 (академ. час), 8.00 (з.е)

Составитель М.А. Аревков, Ассистент,

Инженерно-физический факультет

Кафедра стартовых и технических ракетных комплексов

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.2020 № 964

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры стартовых и технических ракетных комплексов

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Соловьев В.В. Соловьев

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Соловьев В.В. Соловьев

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Годосейчук А.А. Годосейчук

« 1 » сентября 2022 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 ОП ВО

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 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	ИД – 1 ПК-1 Знать: - последовательность и содержание основных этапов проектирования КА и КС, ключевые требования массогабаритного совершенства конструкции и надёжности. ИД – 2 ПК-1 Уметь: - разрабатывать проекты КА, КС и их составных частей, оформлять проектно-конструкторскую и рабоче- конструкторскую документацию 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

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8.00 зачетных единицы, 288 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		5		5						14	Самостоятельная работа. Тест
2	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	5	6		5		5						14	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		6						14	Самостоятельная работа. Тест
4	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	6	8		5		5						14	Самостоятельная работа. Тест
5	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций.	6	8		5		5						14	Самостоятельная работа. Тест

	Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях													
6	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	6	8		3		3						14	Самостоятельная работа. Тест
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	6	10		3		3						16	Самостоятельная работа. Тест
8	Экзамен	5									0.3	35.7		
9	Экзамен	6									0.3	35.7		
	Итого		52.0		32.0		32.0		0.0	0.0	0.6	71.4	100.0	

## 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 для перемещений	Изгиб пластин. Дифференциальное уравнение изгиба. Расчёт напряжений

	<p>стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений</p>	
4	<p>Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность</p>	<p>Устойчивость пластин. Дифференциальное уравнение устойчивости пластины. Расчёт пластины на устойчивость за пределом пропорциональности</p>
5	<p>Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях</p>	<p>Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической оболочки. Решение уравнения изгиба для длинной оболочки. Расчёт короткой цилиндрической оболочки.</p>
6	<p>Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах</p>	<p>Метод конечных элементов. Плоский треугольный и прямоугольный конечные элементы.</p>
7	<p>Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно</p>	<p>Уравнение Лагранжа. Теория упругости. Основы принципа Кастильяно»</p>

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
<p>Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции</p>	<p>Расчёт балки на изгиб методом Ритца.</p>
<p>Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм</p>	<p>Расчёт тонкостенных конструкций с открытым контуром поперечного сечения</p>
<p>Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений</p>	<p>Расчёт тонкостенных конструкций с однозамкнутым контуром поперечного сечения.</p>

Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Решение задач в случае, когда обшивка работает только на сдвиг.
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. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Исследование напряжённого состояния круглого шпангоута.
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.
Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Исследование напряжённого состояния цилиндрического бака со сферическими днищами.
Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в	Исследование закритической работы балки с тонкой стенкой типа лонжерона

перемещениях и напряжениях	
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	14
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	14
3	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 3, конспект по теме, подготовка к защите работы	14
4	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 4, конспект по теме, подготовка к защите работы	14
5	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 5, конспект по теме, подготовка к защите работы	14



	деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях		
6	Плоская задача теории упругости. Плоская де-формация 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	14
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 7, конспект по теме, подготовка к защите работы	16

## 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

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) литература**

1. Савельев, Л. М. Строительная механика летательных аппаратов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие. - Самара, 2011.- 235 с. – Режим доступа : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Stroitel'naya-mehanika-letatelnyh-apparatov-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-54695>
2. Дарков, А.В. Строительная механика [Электронный ресурс] : учеб. / А.В. Дарков, В.А. Шапошников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/121>
3. Васильков, Г.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Элек-тронный ресурс] : учеб. пособие / Г.В. Васильков, З.В. Буйко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5110>
4. Зацепина, М. В. Балочная теория расчета тонкостенных конструкций [Электронный ре-сурс] : [учеб. пособие]. - Самара.: Изд-во СГАУ, 2012. – Режим доступа : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Balochnaya-teoriya-rascheta-tonkostennyh-konstrukcii-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-54967>.
5. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / В.С. Абакумов [и др.]. —

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	MS Office 2013/2016 PRO PLUS Academic	Сублицензионный договор № Tr000027462 от 10.12.2015.
3	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> .
4	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	Электронно-библиотечная система IPRbooks - научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
5	<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
6	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека журналов

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://ecoruspace.me/">http://ecoruspace.me/</a>	Ecoruspace.me. Информационный Интернет- сайт посвящен существующей и планируемой ракетно-космической технике
2	<a href="http://www.vniiem.ru">www.vniiem.ru</a>	АО «Научно- производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические системы имени А.Г. Иосифьяна»
3	<a href="http://www.samspace.ru">www.samspace.ru</a>	Современная энциклопедия промышленности России.

**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

Для проведения лабораторной работы №1 используются макеты и наглядные пособия, проясняющие процессы работы ТУА, для проведения №2 используется класс, оборудованный ПЭВМ.