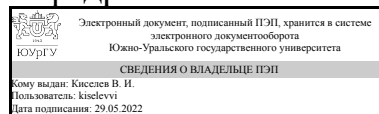


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



В. И. Киселев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С1.11 Вибропрочность конструкций летательных аппаратов  
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и  
ракетно-космических комплексов

**уровень** Специалитет

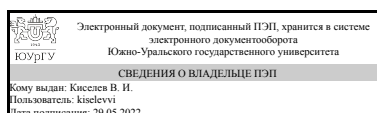
**специализация** Ракетные транспортные системы

**форма обучения** очная

**кафедра-разработчик** Прикладная математика и ракетодинамика

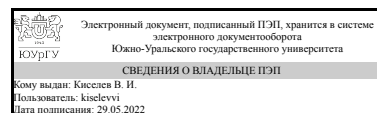
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению  
подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-  
космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 №  
964

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



В. И. Киселев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой



В. И. Киселев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Дать будущим инженерам основы знаний для решения задач вибрационной прочности, возникающих при конструировании и экспериментальной отработке силовой конструкции ракеты.

## Краткое содержание дисциплины

Введение; Основные закономерности сопротивления усталости элементов конструкции; Случаи и режимы вибрационного нагружения; Конструирование с учётом требований вибрационной прочности; Экспериментальная отработка вибрационной прочности.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-5 Способен осуществлять техническую поддержку отработки динамики и прочности конструкций РКТ	Знает: Основы расчётно-экспериментального метода исследования вибропрочности силовой конструкции ракет Умеет: Проводить расчеты на вибропрочность; Планировать экспериментальную отработку вибропрочности и анализировать результаты этой отработки Имеет практический опыт: Расчета на вибропрочность; Планирования экспериментальной отработки вибропрочности и анализа результатов этой отработки

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Строительная механика ракет, Прочность конструкции ракет	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Прочность конструкции ракет	Знает: Методы расчета на прочность и устойчивость элементов конструкций ракет; Правила перехода от реального объекта к расчетной схеме для элементов конструкций ракет. Умеет: Применять методики расчета на прочность и устойчивость элементов конструкций ракет. Имеет практический опыт: Расчета на прочность.
Строительная механика ракет	Знает: Методику проведения проектных и поверочных расчетов на прочность, определения

	оптимальных параметров элементов конструкции корпуса ракеты при различных видах нагрузок и определения напряженно-деформированного состояния оболочек и пластин из изотропных и композиционных материалов, для различных видов нагрузок. Умеет: Определять расчетные случаи на основе анализа условий эксплуатации; Проводить проектные и поверочные расчеты на прочность. Имеет практический опыт: Проведения расчетов на прочность и устойчивость конструкций.
--	--

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
Подготовка к зачету	25	25	
Решение задач	28,75	28.75	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение.	2	2	0	0
2	Основные закономерности сопротивления усталости элементов конструкции.	6	6	0	0
3	Случай и режимы вибрационного нагружения.	6	6	0	0
4	Конструирование с учётом требований вибрационной прочности.	16	8	8	0
5	Экспериментальная отработка вибрационной прочности.	18	10	8	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во
----------	-----------	---	--------

			часов
1	1	Предмет вибропрочности. Её место и роль среди вопросов прочности конструкции и стойкости систем к воздействию механических нагрузок. Связи с другими дисциплинами профессионального цикла. Расчётно-экспериментальный метод исследования и обеспечения вибропрочности. Нормы вибропрочности. Порядок изучения дисциплины.	2
2	2	Кривые усталости материала и элемента конструкции. Природа усталости. Критерии предельного состояния, понятие остаточной прочности.	2
3	2	Уравнения кривых усталости, их зависимость от вида конструкционного материала, критерия предельного состояния и вероятности достижения этого состояния.	2
4	2	Влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на сопротивление усталости.	2
5	3	Общая характеристика источников и режимов вибронагружения. Понятия случая и режима вибронагружения изделия.	2
6	3	Основные источники, тип и обобщённые характеристики процессов вибронагружения изделия на этапах транспортирования, эксплуатации в пусковой установке, полёта.	2
7	3	Анализ условий эксплуатации и определение расчётных случаев вибронагружения. Понятие расчётных по вибропрочности элемента конструкции и случая вибронагружения. Критерии выделения расчётных случаев вибронагружения.	2
8-9	4	Качественный анализ конструкции и проектные критерии вибропрочности: проводимые работы и выпускаемые документы по вибропрочности на стадиях проектирования и разработки рабочей документации; порядок проведения качественного (дорасчётного) анализа конструкции и выдвигаемые при нём требования, направленные на обеспечение вибропрочности; проектные критерии вибропрочности.	4
10-11	4	Расчёт на вибропрочность.	4
12-14	5	Планирование экспериментальной отработки вибропрочности: цель и задачи экспериментальной отработки вибропрочности; проводимые работы и выпускаемые документы при планировании экспериментальной отработки вибропрочности; критерии выбора объектов испытаний и случаев испытательного нагружения для стендовых (лабораторных) испытаний на вибропрочность, типовые объекты и случаи нагружения; способы оценки технического состояния, включая остаточную прочность, объектов стендовых испытаний на вибропрочность.	6
15-16	5	Установление схем, методов и режимов вибронагружения для стендовых испытаний на вибропрочность.	4

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	4	Расчёт на вибропрочность конструкций, несущих навесные агрегаты.	4
3-4	4	Расчёт на вибропрочность корпусных конструкций.	4
5-6	5	Установление схем, методов и режимов вибронагружения для стендовых испытаний на вибропрочность конструкций, несущих навесные агрегаты.	4
7-8	5	Установление схем, методов и режимов вибронагружения для стендовых испытаний на вибропрочность корпусных конструкций.	4

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп. лит. 1; ЭУМД, осн. лит. 1-3; доп. лит. 4-6; метод. пос. 1, 2,3.	10	25
Решение задач	ПУМД, осн. лит. 1-2; доп. лит. 1; ЭУМД, осн. лит. 1-3; доп. лит. 4-6; метод. пос. 1, 2,3.	10	28,75

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

##### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	10	Текущий контроль	Задание 1	1	3	Задание оценивается 3 баллами, если студент успешно освоил инструмент программы и может продемонстрировать преподавателю работу программы с произвольными заданными параметрами, а так же может объяснить для чего нужна та или иная функция. 1-2 балла - студент не может ответить на вопросы преподавателя по заданию или отвечает частично . Невыполнение задание оценивается в 0 баллов.	зачет
2	10	Текущий контроль	Задание 2	1	3	Задание оценивается 3 баллами, если студент успешно освоил инструмент программы и может продемонстрировать преподавателю работу программы с произвольными заданными параметрами, а так же может объяснить для чего нужна та или иная функция. 1-2 балла - студент не может ответить на вопросы преподавателя по заданию или отвечает частично . Невыполнение задание оценивается в 0 баллов.	зачет
3	10	Текущий контроль	Задание 3	1	3	Задание оценивается 3 баллами, если студент успешно освоил инструмент программы и может продемонстрировать преподавателю работу программы с	зачет

						произвольными заданными параметрами, а так же может объяснить для чего нужна та или иная функция. 1-2 балла - студент не может ответить на вопросы преподавателя по заданию или отвечает частично . Невыполнение задание оценивается в 0 баллов.	
4	10	Текущий контроль	Задание 4	1	3	Задание оценивается 3 баллами, если студент успешно освоил инструмент программы и может продемонстрировать преподавателю работу программы с произвольными заданными параметрами, а так же может объяснить для чего нужна та или иная функция. 1-2 балла - студент не может ответить на вопросы преподавателя по заданию или отвечает частично . Невыполнение задание оценивается в 0 баллов.	зачет
5	10	Промежуточная аттестация	Зачет	-	10	На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся. Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. При условии выполнения всех мероприятий текущего контроля и достижении 60% рейтинга обучающийся получает зачет. При желании повысить рейтинг за курс обучающийся на очном зачете выполняет расчет на прочность предлагаемой конструкции. Задание оценивается 8-10 баллов - задание выполнено полностью, предоставлено в виде оформленного отчёта, студент ответил на большинство вопросов преподавателя. 5-7 баллов - задание выполнено, оформлено в виде отчёта, студент не смог ответить на дополнительные вопросы. 1-4 баллов - задание выполнено, отчёт не предоставлен, студент смог ответить на некоторые вопросы. 0 баллов - задание не выполнено.	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет) для улучшения своего рейтинга. Зачет проводится в соответствии с расписанием. На зачет отводится 40 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданного задания.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5

ПК-5	Знает: Основы расчётно-экспериментального метода исследования вибропрочности силовой конструкции ракет	+	+	+	+	+	+
ПК-5	Умеет: Проводить расчеты на вибропрочность; Планировать экспериментальную отработку вибропрочности и анализировать результаты этой отработки	+	+	+	+	+	+
ПК-5	Имеет практический опыт: Расчета на вибропрочность; Планирования экспериментальной отработки вибропрочности и анализа результатов этой отработки	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Коробко, В.И. Строительная механика. Динамика и устойчивость стержневых систем :учебник /В.И.Коробко, А.В.Коробко. - М. Издательство АСВ, 2008. -400 с.: ил.
2. Динамика ракет : учебник для студентов вузов / К. А. Абгарян, Э. Л. Калязин, В. П. Мишин и др. - М. : Машиностроение, 1990. - 464 с. : ИЛ.

#### б) дополнительная литература:

1. Пановко, Г. Я. Лекции по основам теории вибрационных машин и технологий [Текст] : учебное пособие / Г. Я. Пановко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие [Электрон. текстовые дан.] / В. А. Романов, О. К. Слива. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011.
2. 1. Шашурин, В.Д. Аппаратное обеспечение испытаний изделий на воздействие вибрации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Д. Шашурин, О.С. Нарайкин, С.А. Воронов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. — 76 с.
3. Яборов, В. Г. Надежность и отработка летательных аппаратов : Методическое пособие. В 2-х ч. - Б/м, 1997. - 44 с.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Романов, В. А. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие [Электрон. текстовые дан.] / В. А. Романов, О. К. Слива. - Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011.
2. 1. Шашурин, В.Д. Аппаратное обеспечение испытаний изделий на воздействие вибрации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Д. Шашурин, О.С. Нарайкин, С.А. Воронов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им.

Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. — 76 с.

3. Яборов, В. Г. Надежность и отработка летательных аппаратов : Методическое пособие. В 2-х ч. - Б/м, 1997. - 44 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Латыев, С.М. Конструирование точных (оптических) приборов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 555 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60655">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60655</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс] : монография. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2015. — 281 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71993">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71993</a>
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Титух, И.Н. Устойчивость механических систем. Статика: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Н. Титух, С.П. Яковлев. — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова (Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова), 2014. — 122 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63707">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63707</a>
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Петрухин, В.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Петрухин, С.В. Петрухин. — Электрон. дан. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2010. — 176 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65092">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65092</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 549 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63259">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=63259</a>
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2007. — 400 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=753">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=753</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет



## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	205 (5)	Компьютер, проектор, доска.
Практические занятия и семинары	302 (5)	1. Типовой комплект учебного оборудования «Основы сопротивления материалов» ОСМ-ЭЛ-11ЛР-11 2. Учебная универсальная испытательная машина «Механические испытания материалов» МИМ-9ЛР-010 3. Учебно-исследовательский лабораторный комплекс ЭГСРП-015-21ЛР 4. Стенд «Напряжения в ферменных несущих конструкциях ЛА» НФНК-ЛА-015-3Ф