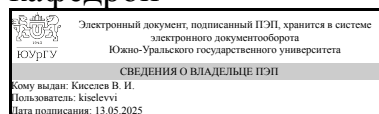


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



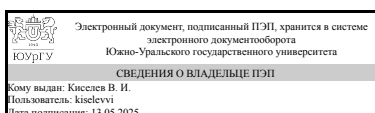
В. И. Киселев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.С0.04 Динамика 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

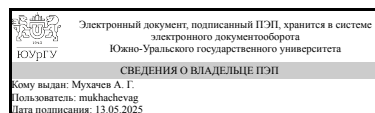
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 964

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



В. И. Киселев

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доцент



А. Г. Мухачев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение теоретических основ динамики управляемого летательного аппарата и стандартных методов решения типовых задач расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций при динамическом нагружении. Основными задачами дисциплины являются: 1. Изучение методов динамического расчета конструкций; 2. Овладение методами расчета стержневых конструкций, ферм; 3. Формирование навыков расчета конструкций с учетом динамики.

## Краткое содержание дисциплины

В дисциплину включены следующие основные разделы: 1. Принципы системного подхода, задачи курса. 2. Режимы нагружения конструкции летательного аппарата, расчетные случаи и расчетные условия нагружения конструкции аппарата. 3. Расчет параметров вынужденных колебаний при воздействиях. 4. Проектировочные методы определения внутренних силовых факторов.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                  | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-6 Способен проводить расчеты нагрузок и сопровождение на всех этапах жизненного цикла изделий РКТ | Знает: Основные принципы проектирования конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.<br>Умеет: Составлять расчетную схему для сложных инженерных конструкций и их элементов при выполнении динамических расчетов; Выполнять расчеты конструкций на динамические воздействия и устойчивость.<br>Имеет практический опыт: Расчета конструкции на динамические воздействия и устойчивость, в том числе и с помощью современных программных комплексов. |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                                            | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники, Инструментальные средства инженерных расчетов | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина                                 | Требования                              |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Компьютерный инженерный анализ конструкций | Знает: современные программные средства |

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| авиационной и ракетной техники                | анализа систем РКТ Умеет: использовать при разработке конструкции ракеты современные программные средства математических, проектировочных и прочностных расчетов Имеет практический опыт: методами обработки результатов вычислительных экспериментов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Инструментальные средства инженерных расчетов | Знает: принципы математического и компьютерного моделирования объектов и систем, методы декомпозиции сложных систем на подсистемы и организации связей между элементами систем. Умеет: осуществлять выбор оптимальных для поставленной задачи программных средств моделирования. синтезировать с помощью выбранных программных средств необходимые функциональные модели поведения объектов и систем Имеет практический опыт: математического моделирования разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия |

#### 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                     |
|                                                                            |             | 8                                  |
| 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 экзамену                                                      | 23,75       | 23.75                              |
| Выполнение, оформление и защита практических работ                         | 30          | 30                                 |
| 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  | Роль динамики в общем процессе создания современных летательных аппаратов. Принципы системного подхода, задачи курса.                                                                                              | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2  | Режимы нагружения конструкции летательного аппарата. Виды предельного состояния частей и элементов конструкции при динамическом воздействии. Расчетные случаи и расчетные условия нагружения конструкции аппарата. | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 3  | Общая характеристика внешних воздействий на конструкцию. Основные особенности ракеты как динамической системы. Выбор динамической модели конструкции летательного аппарата.                                        | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 4  | Принципы динамической отработки конструкции на различных этапах проектирования летательного аппарата.                                                                                                              | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 5  | Теоретические основы метода конечных элементов. Применение метода конечных элементов для формализованного описания поперечных колебаний упругих конструкций.                                                       | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 6  | Применение метода конечных элементов для формализованного описания продольных колебаний упругих конструкций. Описание колебаний с учетом диссипативных свойств конструкций.                                        | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 7  | Определение форм и частот собственных колебаний конструкций.                                                                                                                                                       | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 8  | Расчет параметров вынужденных колебаний при детерминированном и случайном воздействиях.                                                                                                                            | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 9  | Описание вынужденных колебаний конструкций на основе метода разложения по формам собственных колебаний.                                                                                                            | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 10 | Проектировочные методы определения внутренних силовых факторов.                                                                                                                                                    | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 11 | Общие принципы оценки динамического совершенства конструкций и пути улучшения их динамических характеристик.                                                                                                       | 4 | 4 | 0 | 0 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                            | Кол-во часов |
|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Роль динамики в общем процессе создания современных летательных аппаратов. Принципы системного подхода, задачи курса.                                                                                              | 2            |
| 2-3      | 2         | Режимы нагружения конструкции летательного аппарата. Виды предельного состояния частей и элементов конструкции при динамическом воздействии. Расчетные случаи и расчетные условия нагружения конструкции аппарата. | 4            |
| 4        | 3         | Общая характеристика внешних воздействий на конструкцию. Основные особенности ракеты как динамической системы. Выбор динамической модели конструкции летательного аппарата.                                        | 2            |
| 5        | 4         | Принципы динамической отработки конструкции на различных этапах проектирования летательного аппарата.                                                                                                              | 2            |
| 6        | 5         | Теоретические основы метода конечных элементов. Применение метода конечных элементов для формализованного описания поперечных колебаний упругих конструкций.                                                       | 2            |
| 7-8      | 6         | Применение метода конечных элементов для формализованного описания продольных колебаний упругих конструкций. Описание колебаний с учетом диссипативных свойств конструкций.                                        | 4            |
| 9        | 7         | Определение форм и частот собственных колебаний конструкций.                                                                                                                                                       | 2            |
| 10-11    | 8         | Расчет параметров вынужденных колебаний при детерминированном и случайном воздействиях.                                                                                                                            | 4            |
| 12       | 9         | Описание вынужденных колебаний конструкций на основе метода разложения по формам собственных колебаний.                                                                                                            | 2            |

|       |    |                                                                                                              |   |
|-------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 13-14 | 10 | Проектировочные методы определения внутренних силовых факторов.                                              | 4 |
| 15-16 | 11 | Общие принципы оценки динамического совершенства конструкций и пути улучшения их динамических характеристик. | 4 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 2         | Колебания систем со многими степенями свободы                       | 2            |
| 2         | 3         | Продольные колебания стержней                                       | 2            |
| 3         | 5         | Крутильные колебания стержней                                       | 2            |
| 4         | 6         | Изгибные колебания балок                                            | 2            |
| 5         | 7         | Колебания оболочек                                                  | 2            |
| 6         | 8         | Построение стержневых динамических моделей конструкций ЛА           | 2            |
| 7         | 9         | Построение оболочечных динамических моделей конструкций ЛА          | 2            |
| 8         | 10        | Конечно элементное моделирование конструкций ЛА                     | 2            |

## 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 экзамену                              | ПУМД осн. лит. 1; доп. лит. 1, 2, 3; ЭУМД осн. лит. 1; доп. лит. 2, 3; метод. пос. 1. | 8       | 23,75        |
| Выполнение, оформление и защита практических работ | ПУМД осн. лит. 1; доп. лит. 1, 3; ЭУМД доп. лит. 2, 3; метод. пос. 1.                 | 8       | 30           |

## 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    | 8        | Текущий контроль | Тест                              | 1   | 50         | За каждый правильный ответ 1 балл. Неправильный ответ 0 баллов. Тест состоит из 50 вопросов. | зачет            |
| 2    | 8        | Текущий контроль | Задача 1                          | 1   | 3          | Каждому студенту дается по 1 задаче. Правильное решение задачи соответствует 3               | зачет            |

[illegible]

|    |   |                          |       |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |
|----|---|--------------------------|-------|---|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|    |   | контроль                 |       |   |    | Правильное решение задачи соответствует 3 баллам. Частично правильное решение соответствует 2 баллам. Неправильное решение соответствует 0 баллов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
| 14 | 8 | Промежуточная аттестация | Зачет | - | 20 | 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 опрашивается устно по билету, сформированному из вопросов, выносимых на зачет. Билет содержит два вопроса. Правильный ответ на вопрос соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 10. | 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 20 минут. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы в пределах выданного билета. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                 | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
|             |                                                                                                                                                                                                     | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| ПК-6        | Знает: Основные принципы проектирования конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.                                                                                                        | +    | + | + | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  | +  |
| ПК-6        | Умеет: Составлять расчетную схему для сложных инженерных конструкций и их элементов при выполнении динамических расчетов; Выполнять расчеты конструкций на динамические воздействия и устойчивость. | +    |   |   | + | + | + | + | + | + | +  | +  | +  | +  | +  |
| ПК-6        | Имеет практический опыт: Расчета конструкции на динамические воздействия и устойчивость, в том числе и с помощью современных программных комплексов.                                                |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | +  |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. 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. 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. Основы расчета и конструирования деталей и механизмов летательных аппаратов : учебное пособие для вузов / Н. А. Алексеева, Л. А. Бонч-Осмоловский, В. В. Волгин и др. ; Под ред. В. Н. Кестельмана, Г. И. Рощина. - М. : Машиностроение, 1989. - 456 с. : ИЛ

3. Прочность ракетных конструкций : учебное пособие для машиностроительных спец. Вузов / В. И. Моссаковский, А. Г. Макаренков, П. И. Никитин и др. ; Под ред. В. И. Моссаковского. - М. : Высшая школа, 1990. - 359 с. : ИЛ.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*  
Не предусмотрены

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

1. Основы расчета и конструирования деталей и механизмов летательных аппаратов : учебное пособие для вузов / Н. А. Алексеева, Л. А. Бонч-Осмоловский, В. В. Волгин и др. ; Под ред. В. Н. Кестельмана, Г. И. Рощина. - М. : Машиностроение, 1989. - 456 с. : ИЛ

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

1. Основы расчета и конструирования деталей и механизмов летательных аппаратов : учебное пособие для вузов / Н. А. Алексеева, Л. А. Бонч-Осмоловский, В. В. Волгин и др. ; Под ред. В. Н. Кестельмана, Г. И. Рощина. - М. : Машиностроение, 1989. - 456 с. : ИЛ

**Электронная учебно-методическая документация**

Нет

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                          | 227<br>(5) | 1. Доска; 2. Мел; 3. Парты.                                                                                                                   |
| Практические занятия и семинары | 305<br>(5) | 1. Мультимедийный (ММ) и интерактивный информационный комплекс "Строительная механика и динамика конструкции ЛА"; 2. Доска; 3. Мел; 4. Парты. |