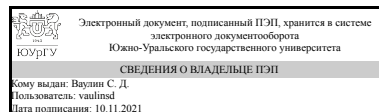


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



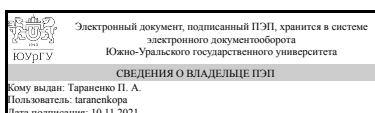
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины П.1.В.07.02 Современные расчётно-экспериментальные методы исследования рабочих процессов машин и оборудования для направления 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника**  
**уровень аспирант тип программы**  
**направленность программы**  
**форма обучения очная**  
**кафедра-разработчик Техническая механика**

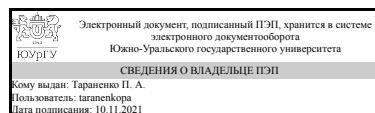
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 29.07.2014 № 890

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



П. А. Тараненко

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



П. А. Тараненко

## 1. Цели и задачи дисциплины

1. Формирование у аспирантов теоретических и практических знаний в области применения современного программного обеспечения для выполнения сквозного проектирования изделий машиностроения. 2. Ознакомление студентов с продвинутыми возможностями современных CAD/CAM/CAE-систем. 3. Развитие системного мышления студентов. 4. Ознакомление студентов с основами экспериментального модального анализа. 5. Ознакомление студентов с возможностями корректировки расчетных 3D моделей динамических систем по результатам экспериментального модального анализа

Задачами изучения дисциплины являются: 1. Освоение современных CAD/CAM/CAE/PLM-систем; 2. Изучение современных теорий, физико-математических и вычислительных методов для решения профессиональных задач динамики и прочности машин; 3. Изучение основ функционального моделирования систем. 4. Изучение основ экспериментального модального анализа

## Краткое содержание дисциплины

Тема 1. Введение в Ansys Workbench  
Тема 2. Методы решения задач динамики сборки абсолютно твердых тел с применением пакета Ansys Workbench Rigid Body Dynamics  
Тема 3. Методы решения задач о собственных колебаниях с применением пакета Ansys Workbench (классический модальный анализ, модальный анализ с учетом демпфирования (Modal Damping))  
Тема 4. Методы решения задач о вынужденных колебаниях с применением пакета Ansys Workbench (метод комплексных амплитуд, метод суперпозиции собственных форм)  
Тема 5. Теоретические основы экспериментального модального анализа (метод суперпозиции собственных форм)  
Тема 6. Введение в Siemens Simcenter Amesim  
Тема 7. Методы решения задач динамики машин и теории колебаний с применением пакета Siemens Simcenter Amesim  
Тема 8. Введение в Matlab/Simulink  
Тема 9. Методы решения задач динамики машин и теории колебаний с применением пакета Matlab/Simulink

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
УК-5 способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности	Знать: современные подходы к решению задач построения расчетных моделей конструкций, верифицированных по результатам модальных испытаний
	Уметь: выполнять расчеты собственных частот и форм, вынужденных колебаний конструкций.
	Владеть: Владеть методами имитационного и функционального моделирования для определения перемещений, скоростей ускорений механизмов при нестационарном возбуждении
ОПК-3 способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской	Знать: современные теории, физико-математические и вычислительные методы, метод конечных элементов; теоретические

деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав	основы экспериментального модального анализа; современные программные системы компьютерного проектирования; языки программирования, встроенные в САЕ-системы.
	Уметь:применять современные методы компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях; применять современные методы компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях; выявлять сущность решаемой задачи, привлекать для ее решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии.
	Владеть:современными расчетными и экспериментальными методами анализа собственных частот и форм конструкций; современными программами функционального моделирования Simcenter Amesim и Matlab/Simulink.
УК-6 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Знать:существующие методы расчета силовых и кинематических параметров, напряженно-деформированного состояния машин и механизмов при нестационарном возбуждении
	Уметь:использовать современные расчетные средства для определения кинематических параметров и напряженно-деформированного состояния машин и механизмов
	Владеть:навыками выполнения расчетных работ по анализу динамики и прочности механизмов с использованием современного программного обеспечения

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
П.1.В.06.02 Прочность и долговечность высоконагруженных конструкций	Не предусмотрены

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

Нет

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах

		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	38	38
Лекции (Л)	38	38
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	70	70
Подготовка к экзамену	70	70
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Динамика сборки из абсолютно твердых тел (Rigid Body Dynamics)	6	6	0	0
2	Решение задач динамики с применением пакета Ansys Workbench	12	12	0	0
3	Основы экспериментального модального анализа	8	8	0	0
4	Основы функционального моделирования	12	12	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основы графического интерфейса Ansys Workbench	2
2	1	Решение задачи о кривошипно-шатунном механизме в Ansys Workbench	2
3	1	Решение задачи о кривошипно-шатунном механизме в Ansys Workbench. Расчет нагрузок. Импорт в Static Structural. Методика расчета на прочность.	2
4	2	Собственные частоты балки с распределенной массой	2
5	2	Собственные частоты изгибных колебаний шарнирно опертого стержня с учетом продольной силы	2
6	2	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы	2
7	2	Метод разложения по собственным формам	2
8	2	Модальный анализ с учетом демпфирования (Modal Damping)	2
9	2	Применение команд APDL (Command Snippet) в интерфейсе Ansys Workbench	2
31	3	Методы решения задач о вынужденных колебаниях с применением пакета Ansys Workbench (метод комплексных амплитуд)	2
32	3	Методы решения задач о вынужденных колебаниях с применением пакета Ansys Workbench (метод суперпозиции собственных форм)	2
35	3	Теоретические основы экспериментального модального анализа (метод суперпозиции собственных форм)	2
36	3	Решение задачи о колебаниях системы с двумя степенями свободы при большом непропорциональном демпфировании методом суперпозиции собственных форм.	2
39	4	Введение в Siemens Simcenter Amesim	2
40	4	Введение в Matlab/Simulink	2

41	4	Построение АЧХ системы с одной степенью свободы в Siemens Simcenter Amesim и Matlab/Simulink	2
42	4	Анализ переходных процессов (постоянная нагрузка, линейно нарастающая нагрузка, ударный импульс) с использованием Siemens Simcenter Amesim	2
43	4	Анализ переходных процессов (постоянная нагрузка, линейно нарастающая нагрузка, ударный импульс) с использованием Matlab/Simulink	2
44	4	Сопряжение Ansys Workbench Rigid Body Dynamics и Ansys Simplorer	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний [Текст] Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил. Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/90112">https://e.lanbook.com/book/90112</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель : самоучитель / В. П. Дьяконов. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 784 с. — ISBN 978-5-94074-423-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/1177">https://e.lanbook.com/book/1177</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	70

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Не предусмотрены

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-3 способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав	Экзамен	№1-№16
Все разделы	УК-5 способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности	Экзамен	№1-№16
Все разделы	УК-6 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Экзамен	№1-№16

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Экзамен	Аспирант получает билет. Билет содержит одну задачу. Задача оценивается по 5-балльной шкале. На выполнение задания отводится 120 минут.	Отлично: изложено правильное понимание вопроса и дан исчерпывающий на него ответ, содержание раскрыто полно, профессионально, грамотно; даны четкие и самостоятельные ответы на вопрос билета (без наводящих вопросов) Хорошо: изложено правильное понимание вопроса, дано достаточно подробное описание предмета ответа, приведены и раскрыты в тезисной форме основные понятия, относящиеся к предмету ответа, ошибочных положений нет Удовлетворительно: продемонстрировано знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии; допущены неточности в ответе, которые устранены с помощью наводящих вопросов преподавателя Неудовлетворительно: имеются существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допущены принципиальные ошибки

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Экзамен	Экзаменационные вопросы приведены в приложении Вопросы к экзамену Современные экспериментальные методы.docx

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний [Текст] Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
2. Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера [Текст] практ. рук. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. ил.
3. Чигарев, А. В. ANSYS для инженеров Справ. пособие А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - М.: Машиностроение: Машиностроение-1, 2004. - 511 с. ил.
4. Мэтьюз, Д. Г. Численные методы: Использование Matlab Д. Г. Мэтьюз, К. Д. Финк; Пер. с англ. Л. Ф. Козаченко; Под ред Ю. В. Козаченко. - 3-е изд. - М. и др.: Вильямс, 2001. - 711 с. ил.
5. Дьяконов, В. Matlab 6 Учеб. курс Д. Дьяконов. - СПб. и др.: Питер, 2001. - 592 с. ил.
6. Дьяконов, В. П. Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании В. П. Дьяконов. - М.: Солон-Пресс, 2003. - 565 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Ибряева, О. Л. Вычислительная математика с использованием Matlab [Текст] учеб. пособие по направлению 02.03.01 "Фундам. информатика и информ. технологии" и др. О. Л. Ибряева, Н. М. Япарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. математика и высокопроизвод. вычисления ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2017. - 63, [1] с. ил. электрон. версия
2. Некрасов, С. Г. Идентификация динамических объектов с инструментами System Identification Toolbox в системе Matlab [Текст] учеб. пособие к лаб. работам по направлению 200100 "Приборостроение" С. Г. Некрасов, Р. А. Хажиев, Н. В. Николайзин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Информ.-измер. техника ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 107, [1] с. ил. электрон. версия
3. Потемкин, В. Г. Вычисления в среде MATLAB В. Г. Потемкин. - М.: Диалог-МИФИ: Д и М, 2004. - 714 с. ил.
4. Черных, И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений И. В. Черных; Под общ. ред. В. Г. Потемкина. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2004. - 491 с. ил.

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

Не предусмотрены

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

1. Романов В.А., Тараненко П.А. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Романов В.А., Тараненко П.А. Аналитическая динамика и теория колебаний. Учебное пособие

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Основы работы в ANSYS 17 / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов, Ю. В. Захарова. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 210 с. — ISBN 978-5-97060-425-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/90112">https://e.lanbook.com/book/90112</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Поршнеv, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие / С. В. Поршнеv. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-1063-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167842">https://e.lanbook.com/book/167842</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Тарасян, В. С. Моделирование кинематики плоских многозвенных механизмов в среде MatLab : учебное пособие / В. С. Тарасян, Г. В. Васильева. — Екатеринбург : , 2018. — 94 с. — ISBN 978-5-94614-442-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/121360">https://e.lanbook.com/book/121360</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics) : учебное пособие / В. М. Мусалимов, Г. Б. Заморуев, И. И. Калапышина, А. Д. Перечесова. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. — 114 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/70925">https://e.lanbook.com/book/70925</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ермак, В. Н. Практикум по теории механизмов и машин в среде MatLab : учебное пособие / В. Н. Ермак. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2009. — 86 с. — ISBN 978-5-89070-701-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/6665">https://e.lanbook.com/book/6665</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства	Дьяконов, В. П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения / В. П. Дьяконов. — 2-е изд. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2008. — 800 с. — ISBN 978-5-91359-042-8. — Текст : электронный // Лань :



		Лань	электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/13774">https://e.lanbook.com/book/13774</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель : самоучитель / В. П. Дьяконов. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 784 с. — ISBN 978-5-94074-423-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/1177">https://e.lanbook.com/book/1177</a> (дата обращения: 03.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютерная техника, ПО Ansys for Students
Лекции	336 (2)	Компьютер, проектор, экран