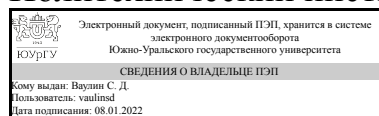


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



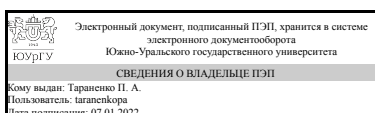
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.11.02 Исследование динамики конструкций  
для направления 15.03.03 Прикладная механика  
уровень бакалавр тип программы Академический бакалавриат  
профиль подготовки Прикладная механика, динамика и прочность машин  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Техническая механика

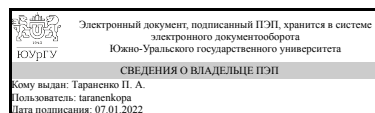
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 220

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

Целью дисциплины является изучение основных положений проведения экспериментов, выработка практических навыков в проведении экспериментов, обработке результатов для их использования в инженерной деятельности.

## Краткое содержание дисциплины

Внедрение в практику эксперимента современных экспериментальных методов позволяет существенно повысить эффективность исследований. В рамках дисциплины: 1) приводятся основные сведения о проведении испытаний по определению свойств материалов и конструкций; 2) излагается теория модальных испытаний; 3) приводятся сведения о типовых виброиспытаниях; 4) рассматриваются методы обработки результатов, предназначение результатов испытаний для построения математических моделей изделий по результатам испытаний.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	Знать: особенности работы с информационными ресурсами.
	Уметь: пользоваться информационными ресурсами, грамотно распределять время на решение поставленных задач.
	Владеть: основами самоорганизации и самообразования.
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Знать: основные проблемы и задачи, возникающие в ходе планирования и организации эксперимента; терминологию, применяемую в данной дисциплине; междисциплинарный характер планирования и организации эксперимента.
	Уметь: применять результаты и методы планирования для решения практических проблем в области научных исследований; выбирать оптимальный план эксперимента; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента.
	Владеть: методами планирования эксперимента по поиску функции отклика; математическим аппаратом для статистической обработки результатов эксперимента; способностью применять физико-математический аппарат и методы математического компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.
ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-	Знать: основные проблемы и задачи, возникающие в ходе планирования и

<p>технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям</p>	<p>организации эксперимента; терминологию, применяемую в данной дисциплине; междисциплинарный характер планирования и организации эксперимента.</p> <p>Уметь: применять результаты и методы планирования для решения практических проблем в области научных исследований; выбирать оптимальный план эксперимента; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента; решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям.</p> <p>Владеть: методами планирования эксперимента по поиску функции отклика; математическим аппаратом для статистической обработки результатов эксперимента.</p>
<p>ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований</p>	<p>Знать: основные проблемы и задачи, возникающие в ходе планирования и организации эксперимента; терминологию, применяемую в данной дисциплине; междисциплинарный характер планирования и организации эксперимента.</p> <p>Уметь: применять результаты и методы планирования для решения практических проблем в области научных исследований; выбирать оптимальный план эксперимента; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента.</p> <p>Владеть: методами планирования эксперимента по поиску функции отклика; математическим аппаратом для статистической обработки результатов эксперимента; способностью применять физико-математический аппарат и методы математического компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.</p>
<p>ОПК-3 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат</p>	<p>Знать: основные проблемы и задачи, возникающие в ходе планирования и организации эксперимента; терминологию, применяемую в данной дисциплине; междисциплинарный характер планирования и организации эксперимента.</p> <p>Уметь: применять результаты и методы планирования для решения практических проблем в области научных исследований; выбирать оптимальный план эксперимента; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента; решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе математических и компьютерных моделей,</p>

обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям.  
 Владеть: методами планирования эксперимента по поиску функции отклика; математическим аппаратом для статистической обработки результатов эксперимента.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
В.1.13 Экспериментальная механика, Б.1.05.01 Математический анализ	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Б.1.05.01 Математический анализ	Умение решать дифференциальные уравнения и другие задачи математического анализа
В.1.13 Экспериментальная механика	Знание особенностей и современных методов выполнения эксперимента

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36	
Лекции (Л)	12	12	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	36	36	
Подготовка к зачету	36	36	
Вид итогового 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	Основные понятия и определения при проведении испытаний.	4	4	0	0
2	Виброиспытания	8	2	6	0

3	Расчетный модальный анализ и расчетные виброиспытания	8	0	8	0
4	Экспериментальный модальный анализ	16	6	10	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Объект исследования. Подготовка и проведение испытаний. Виброиспытания. Три вида виброиспытаний: частотные, вибропрочностные, испытания на виброустойчивость. Цели и методы. Режимы виброиспытаний	2
2	1	Способы возбуждения вибраций. Механический, гидравлический, электромагнитный, электродинамический, магнитострикционный, пьезоэлектрический акустический. Характеристики вибровозбудителей, достоинства и недостатки, области применения. Схема и принцип работы электродинамического вибростенда	2
3	2	Виброиспытания при синусоидальном, случайном и ударном воздействии. Оборудование для виброиспытаний. Схема управления с обратной связью.	2
4	4	Основные положения экспериментального модального анализа.	2
5	4	Частотная передаточная функция	2
6	4	Метод суперпозиции собственных форм (Modal Superposition Method)	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Проведение виброиспытаний при синусоидальном возбуждении	2
2	2	Проведение виброиспытаний при случайном возбуждении	2
3	2	Проведение виброиспытаний при ударном возбуждении	2
4	3	Расчетный модальный анализ механической системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования (Ansys, Modal Damping)	2
5	3	Расчетный модальный анализ механической системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования (MathCAD)	2
6	3	Определение расчетных передаточных функций системы с двумя степенями свободы	2
7	3	Проведение виброиспытаний расчетным путем (Ansys Workbench). Кинематическое возбуждение основания. Получение главных координат. Получение расчетной АЧХ методом суперпозиции собственных форм	2
8	4	Проведение модальных испытаний с использованием ударного молотка. Определение экспериментальных передаточных функций.	2
9	4	Проведение модальных испытаний с использованием модального вибростенда при синусоидальном и случайном возбуждении. Определение экспериментальных передаточных функций.	2
10	4	Идентификация собственных частот, форм и декрементов колебаний по экспериментальным передаточным функциям	2
11	4	Обработка результатов модальных испытаний. MAC критерий. Сравнение расчетных и экспериментальных собственных форм	2
12	4	Синтез экспериментальных передаточных функций	2

### 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 зачету	Романов В.А. Тараненко П.А. "Аналитическая динамика и теория колебаний".	36

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

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Интерактивные лекции	Лекции	Проведение лекций в форме вопрос-ответ стимулирует мыслительные процессы у студентов, а также облегчает понимание и запоминание материала	12

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

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Задания для самостоятельной работы студентов основаны на реальных научных и хозяйственных работах, выполняемых нашей и другими кафедрами университета.

#### 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	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	зачет	1-2
Все разделы	ПК-3 готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности	зачет	3-4

	реальным процессам, машинам и конструкциям		
Все разделы	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	зачет	5-6
Все разделы	ОПК-3 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат	зачет	7-9
Все разделы	ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	зачет	10-12
Все разделы	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Текущий контроль	1-8

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

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачет	Зачет проводится письменно. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Контрольное мероприятие состоит из двух заданий. Каждое задание оценивается по 4-балльной шкале. 4 балла - задание выполнено полностью правильно. 3 балла - задание выполнено правильно, но есть несущественные ошибки, 2 балла - задание выполнено с существенными ошибками, 1 балл - задание выполнено полностью неверно, 0 баллов - задание не выполнено. Вычисляется рейтинг мероприятия в процентах путем деления набранного на зачете числа баллов на максимальное число баллов. Определяется итоговый рейтинг - путем суммирования рейтинга на зачете с рейтингом, набранным за работу в семестре.	Зачтено: Величина итогового рейтинга обучающегося по дисциплине 60...100 % Не зачтено: Величина итогового рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.
Текущий контроль	При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Контрольное мероприятие состоит из 4 заданий. По 4 балла за каждое задание. 4 балла - задание выполнено полностью правильно. 3 балла - задание выполнено правильно, но есть несущественные ошибки, 2 балла - задание выполнено с существенными ошибками, 1 балл - задание выполнено полностью неверно, 0 баллов - задание не выполнено	Зачтено: Величина рейтинга за каждое задание 60...100 % Не зачтено: Величина рейтинга за каждое задание 0...59 %.

## 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачет	1. Метод разложения по собственным формам. 2. Экспериментальный модальный анализ. 3. Схема виброиспытаний с обратной связью.

	<p>4. Испытания с ударным молотком.</p> <p>5. МАС критерий.</p> <p>6. Виброиспытания при синусоидальном возбуждении.</p> <p>7. Виброиспытания при ударном возбуждении.</p> <p>8. Виброиспытания при случайном возбуждении.</p> <p>9. Измерение и нормирование вибраций. Основные понятия. Показатели интенсивности вибрации. Показатели спектрального состава вибрации.</p> <p>10. Три вида виброиспытаний. Их цели.</p> <p>11. Способы возбуждения вибраций. Краткая характеристика вибровозбудителей.</p> <p>12. Принцип действия, схема, характеристики электродинамического вибростенда.</p>
Текущий контроль	<p>1. Определение расчетных передаточных функций неконсервативной системы с двумя степенями свободы методом суперпозиции собственных форм с использованием Modal Damping (MathCAD или Matlab)</p> <p>2. Расчетный модальный анализ механической системы с двумя степенями свободы с учетом демпфирования (Ansys, Modal Damping).</p> <p>3. Проведение виброиспытаний расчетным путем (Ansys Workbench). Кинематическое возбуждение основания. Получение главных координат. Получение расчетной АЧХ методом суперпозиции собственных форм</p> <p>4. Сравнение расчетных и экспериментальных собственных форм по МАС критерию.</p> <p>5. Проведение модальных испытаний с использованием модального вибростенда при синусоидальном возбуждении. Определение экспериментальных передаточных функций.</p> <p>6. Проведение модальных испытаний с использованием модального вибростенда при случайном возбуждении. Определение экспериментальных передаточных функций.</p> <p>7. Проведение модальных испытаний с использованием модального молотка. Определение экспериментальных передаточных функций.</p> <p>8. Синтез экспериментальных передаточных функций</p>

## 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. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний [Текст] учеб. пособие для физ.-техн. вузов Г. Т. Алдошин. - 2-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2013. - 311 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Прочность. Устойчивость. Колебания Справ.: В 3 т. Т. 2 Под общ. ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко; Авт. т. А. Я. Александров, С. А. Амбарцумян, В. Л. Бидерман и др. - М.: Машиностроение, 1968. - 463 с. ил.
2. Прочность. Устойчивость. Колебания [Текст] справочник : в 3 т. Т. 1 Б. Л. Абрамян и др.; под общ. ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко. - М.: Машиностроение, 1968. - 831 с. ил.
3. Прочность. Устойчивость. Колебания [Текст] Т. 3 справочник : в 3 т. В. В. Болотин и др.; под общ. ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко. - М.: Машиностроение, 1968. - 567 с. черт.
4. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1991. - 255 с. ил.



5. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний Я. Г. Пановко. - 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1967. - 316 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.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

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

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7343-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/158954">https://e.lanbook.com/book/158954</a> (дата обращения: 06.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шашурин, В. Д. Аппаратное обеспечение испытаний изделий на воздействие вибрации : учебное пособие / В. Д. Шашурин, О. С. Нарайкин, С. А. Воронов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 74 с. — ISBN 978-5-7038-3334-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/52239">https://e.lanbook.com/book/52239</a> (дата обращения: 06.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Аринчев, С. В. Виброиспытания печатной платы в среде ABACUS: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Динамика конструкций аэрокосмических систем» : методические указания / С. В. Аринчев. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 18 с. — ISBN 978-5-7038-3801-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/62009">https://e.lanbook.com/book/62009</a> (дата обращения: 06.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Бернс, В. А. Диагностика дефектов органов управления самолетом по параметрам вибраций : учебное пособие / В. А. Бернс. — 2-е изд. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 71 с. — ISBN 978-5-7782-3307-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118130">https://e.lanbook.com/book/118130</a> (дата обращения: 06.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
4. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
5. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
6. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

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
Лекции	336 (2)	Компьютер, проектор, экран.
Практические занятия и семинары	334 (2)	Компьютерный класс – 12 шт. Компьютеры Intel Pentium Core i5, 8 Гб ОЗУ, 512 Мб HDD, монитор Acer 20", клавиатура, мышь, предустановленное лицензионное ПО Solidworks, Ansys, MathCAD