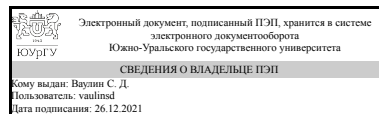


УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт



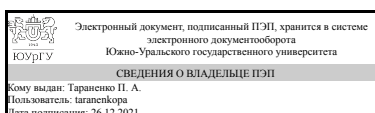
С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.08.02 Динамика и прочность турбомашин
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

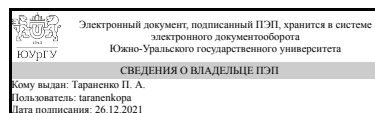
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 220

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

Главной целью дисциплины является формирование умения комплексно решать инженерные задачи о динамике и прочности машиностроительных конструкций и изделий путем построения расчетной схемы, записи дифференциальных уравнений движения, выбора метода решения, последующего анализа результатов расчета, оценки прочности конструкции и выработки практических рекомендаций. Достижение этой цели позволит выпускнику оценивать прочность машиностроительных конструкций при динамических воздействиях.

Краткое содержание дисциплины

Устойчивость механических систем. Устойчивость движения. Понятие устойчивости. Общая постановка задачи устойчивости по А.М. Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица. Устойчивость систем прямого регулирования: регулятор – турбина. Устойчивость простейшей модели крыла. Дивергенция и флаттер. Устойчивость иглы форсунки дизельного двигателя. Устойчивость пневмомеханической системы. Вихри Кармана. Груз на движущейся ленте. Динамика роторов. Устойчивость вращающегося вала. Критическая частота вращения. Самоцентрирование диска. Ротора жесткие и гибкие. Влияние гироскопического момента диска на критические частоты вращения ротора. Критические частоты вращения анизотропного ротора. Влияние веса диска при горизонтальном расположении ротора на его критические частоты. Влияние масляной пленки в подшипниках на устойчивость ротора. Влияние гистерезисных свойств вала на устойчивость ротора. Влияние венцовых, надбандажных и лабиринтных сил. Пороговая мощность турбоагрегата. Формы движения одномассового ротора. Автоколебания механических систем. Автоколебания. Классификация автоколебательных систем. Стационарные режимы и предельные циклы. Дельта-метод построения фазовых траекторий. Уравнения Рэлея и Ван-дер-Поля. Применение метода медленно меняющихся амплитуд. Хаотические колебания в динамических системах. Хаотическая динамика странного аттрактора. Разрывные автоколебания. Способ поэтапного интегрирования для кусочно-линейных систем. Система с сухим трением. Вынужденные колебания в автоколебательных системах. Явление синхронизации в природе и в технике. Динамика сосуществования видов. Параметрические колебания. Примеры параметрических колебаний. Энергетические соотношения. Уравнения параметрических колебаний. Диаграмма Айнса-Стретта. Влияние вязкого трения на параметрические колебания. Обращенный математический маятник. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов. Удар. Удар по пружине. Удар по буферу. Вертикальный удар по пружине. Вертикальный удар по балке. Модель "молот-наковальня". Распространение волн продольных деформаций. Задача С.П. Тимошенко. Изгибающий удар по балке. Учет местных и общих деформаций. Теория Герца о соударении массивных тел. Виброизоляция при ударном воздействии.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения	Планируемые результаты
---------------------------------	------------------------

ОП ВО (компетенции)	обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Знать: основы теории устойчивости движения.
	Уметь: оценивать устойчивость движения механических систем.
	Владеть: методами оценки устойчивости движения механических систем.
ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Знать: методы исследования автоколебательных систем.
	Уметь: выполнять расчеты динамики автоколебательных систем.
	Владеть: численными методами оценки установившихся режимов автоколебательных систем и пакетом MathCAD.
ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы 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	Знать: методы балансировки роторов.
	Уметь: выполнять расчет установившихся вынужденных колебаний роторов аналитически и численно.
	Владеть: пакетом Ansys Workbench в части расчета вынужденных колебаний роторов.
ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Знать: методы расчета критических частот роторов.
	Уметь: рассчитывать критические частоты роторов аналитически и численно.
	Владеть: пакетом Ansys Workbench в части расчета критических частот и построения диаграммы Кэмпбелла.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.16 Строительная механика машин, Б.1.12 Теоретическая механика, В.1.15 Теория колебаний континуальных систем, Б.1.05.02 Математический анализ, Б.1.13 Сопротивление материалов	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Б.1.16 Строительная механика машин	Умение выполнять расчет на прочность дисков, пластин и оболочек. Знание аналитических методов расчета прямоугольных и круглых пластин. Базовые понятия о методе конечных элементов.
Б.1.13 Сопротивление материалов	Умение строить эпюры в стержнях и в

	пространственных рамах. Умение выполнять расчеты на прочность и жесткость при простых видах нагружения. Умение раскрывать статическую неопределимость в стержневых системах. Метод сил и метод перемещений.
Б.1.05.02 Математический анализ	Умение выполнять интегрирование и дифференцирование функций. Умение вычислять определенные интегралы. Умение находить экстремумы функций одной и нескольких переменных. Умение раскладывать функцию в ряд Фурье.
В.1.15 Теория колебаний континуальных систем	Уметь решать задачи о собственных и вынужденных колебаниях систем с распределенной массой. Владеть пакетами Ansys Workbench и MathCAD.
Б.1.12 Теоретическая механика	Знания об обобщенных координатах. Знания о малых свободных колебаниях механической системы с конечным числом степеней свободы и их свойства. Знания об уравнениях движения механической системы в обобщенных координатах. Знания о собственных частотах и собственных формах. Элементарная теория удара. Понятие об устойчивости равновесия.

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	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	60	60	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	36	36	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	48	48	
Подготовка к экзамену	48	48	
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
01	Устойчивость механических систем	12	6	6	0
02	Динамика роторов	12	4	8	0
03	Автоколебания механических систем	16	8	8	0
04	Параметрические колебания	6	2	4	0
05	Удар	14	4	10	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	01	Понятие устойчивости равновесия. Общее понятие устойчивости движения. Общая постановка задачи об устойчивости по А.М. Ляпунову. Определение устойчивости по А.М. Ляпунову. Геометрическая интерпретация устойчивости по А.М. Ляпунову. Некоторые особенности определения устойчивости по А.М. Ляпунову.	2
02	01	Теоремы А.М. Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Условие устойчивости линейных систем.	2
03	01	Карта корней характеристического уравнения. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Рауса-Гурвица.	2
04	02	Уравнения движения вращающегося вала с диском. Диаграмма Кэмпбелла. Влияние гироскопических моментов на собственные частоты ротора	2
05	02	Виды прецессии ротора. Динамика симметричного одномассового ротора. Явление самоцентрирования.	2
06	03	Об автоколебательных системах. Системы с мягким и жестким самовозбуждением. Уравнения Рэля и Ван-дер-Поля. Дельта-метод построения фазовых траекторий.	2
07	03	Метод медленно меняющихся амплитуд	2
08	03	Исследование уравнения Рэля методом медленно меняющихся амплитуд	2
09	03	Исследование уравнения Ван-дер-Поля методом медленно меняющихся амплитуд	2
10	04	Введение. Примеры параметрических колебаний. Энергетические соотношения. Уравнения параметрических колебаний	2
11	05	Введение. Удар по пружине. Удар по буферу. Вертикальный удар по пружине.	2
12	05	Вертикальный удар по балке. Модель молот-наковальня.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	01	Устойчивость простейшей модели крыла. Дивергенция и флаттер.	2
02	01	Устойчивость систем прямого регулирования: регулятор – турбина (регулятор Уатта). Устойчивость иглы форсунки дизельного двигателя.	2
03	01	Решение задачи о флаттере в пакете MathCAD	2
04	02	Устойчивость вращающегося одномассового ротора.	2
05	02	Критические скорости анизотропно упругих роторов. Влияние веса диска на критические частоты ротора. Влияние гистерезисных свойств вала на критические состояния ротора.	2
06	02	Самовозбуждающиеся колебания ротора. Влияние масляной пленки на критические состояния ротора. О прецессии ротора под действием сил со стороны масляного слоя. О прецессии ротора под действием венцовых сил. Надбандажные и лабиринтные силы. Пороговая мощность турбины.	2
07	02	Решение задачи динамики ротора в пакете MathCAD	2
08	03	Колебания груза на движущейся ленте	2
09	03	Синхронизация в природе и технике	2
10	03	Разрывные (релаксационные) автоколебания. Колебания двухмассовой системы с сухим трением	2

11	03	Решение задачи о колебаниях груза на движущейся ленте в пакете Amesim	2
12	04	Диаграмма Айнса-Стретта. Влияние вязкого трения на параметрические колебания. Обращенный математический маятник. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов.	2
13	04	Решение задач параметрических колебаний в пакете Mathcad	2
14	05	Распространение волн продольных деформаций	2
15	05	Задача С.П. Тимошенко. Изгибающий удар по балке. Учет местных и общих деформаций.	2
16	05	Теория Герца о соударении массивных тел	2
17	05	Виброизоляция при ударном воздействии	2
18	05	Решение задач ударного нагружения в пакете MathCAD	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 экзамену	Основная литература: [4], Глава 1; [5], стр. 298-304; [6], стр. 113-118; [8], Глава 3; [9], стр. 153-157, [1], стр. 354-360, 364, 368-372; [2], стр. 343, 380; [6], стр. 207-211; [9], стр. 347, [2], [1], стр. 75, 298-302; [7]; [9], стр. 240; дополнительная литература: [1-4]; методические пособия [1]; учебно-методические материалы в электронном виде [1-3].	48

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Интерактивная лекция	Лекции	Разрывные (релаксационные) автоколебания. Колебания двухмассовой системы с сухим трением	2

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
Устойчивость механических систем	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Экзамен	1-25
Динамика роторов	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Экзамен	26-53
Удар	ПК-7 готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы 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	Экзамен	56-75
Параметрические колебания	ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Экзамен	54-104
Параметрические колебания	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Экзамен	100-101
Устойчивость механических систем	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Тестирование по разделу "Устойчивость движения"	Все
Динамика роторов	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Тестирование по разделу "Динамика роторов"	Все
Автоколебания	ПК-7 готовностью выполнять расчетно-	Тестирование по	Все

механических систем	экспериментальные работы 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	разделу "Автоколебания"	
Параметрические колебания	ПК-10 способностью составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Тестирование по разделу "Параметрические колебания"	Все
Удар	ПК-5 способностью составлять описания выполненных научно-исследовательских работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Тестирование по разделу "Удар"	Все

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Тестирование по разделу "Устойчивость движения"	Проводится тестирование по вопросам. Максимальная оценка за тест 12 баллов	Зачтено: 8-12 баллов за тест Не зачтено: 0-7 баллов за тест
Тестирование по разделу "Динамика роторов"	Проводится тестирование по вопросам. Максимальная оценка за тест 12 баллов	Зачтено: 8-12 баллов за тест Не зачтено: 0-7 баллов за тест
Тестирование по разделу "Автоколебания"	Проводится тестирование по вопросам. Максимальная оценка за тест 12 баллов	Зачтено: 8-12 баллов за тест Не зачтено: 0-7 баллов за тест
Тестирование по разделу "Параметрические колебания"	Проводится тестирование по вопросам. Максимальная оценка за тест 12 баллов	Зачтено: 8-12 баллов за тест Не зачтено: 0-7 баллов за тест
Тестирование по разделу "Удар"	Проводится тестирование по вопросам. Максимальная оценка за тест 12 баллов	Зачтено: 8-12 баллов за тест Не зачтено: 0-7 баллов за тест
Экзамен	К экзамену допускаются все студенты. На подготовку ответов на экзаменационные вопросы отводится 120 минут. Каждый билет состоит из 5 вопросов (по одному вопросу на каждый раздел дисциплины). Ответ на каждый вопрос оценивается по 4-балльной шкале. Вопросы для подготовки к экзамену приведены в прилагаемых	Отлично: Итоговый рейтинг 85-100% Хорошо: Итоговый рейтинг 74-85% Удовлетворительно: Итоговый рейтинг 60-74%

	<p>файлах. Шкала оценивания. 4 балла - дан правильный ответ на вопрос без ошибок. 3 балла - дан правильный ответ на вопрос с небольшими ошибками 2 балла - ответ на вопрос содержит существенные ошибки 1 балл - предпринята попытка ответить на вопрос, но ответ неверный 0 баллов - ответ на вопрос отсутствует.</p> <p>Максимальное число баллов - 20. Вес мероприятия - 2. Итоговое число баллов на экзамене - 40. Баллы, набранные на экзамене, суммируются с баллами, набранными в семестре. Максимальное число баллов в семестре - 60.</p> <p>Определяется итоговый рейтинг.</p>	<p>Неудовлетворительно: Итоговый рейтинг 0-59%</p>
--	---	--

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Тестирование по разделу "Устойчивость движения"	01 Устойчивость движения.doc
Тестирование по разделу "Динамика роторов"	02 Динамика роторов.doc
Тестирование по разделу "Автоколебания"	03 Автоколебания.doc
Тестирование по разделу "Параметрические колебания"	04 Параметрические колебания 2018.doc
Тестирование по разделу "Удар"	05 Ударное нагружение 2018.doc
Экзамен	05 Ударное нагружение 2018.doc; 03 Автоколебания.doc; 02 Динамика роторов.doc; 04 Параметрические колебания 2018.doc; 01 Устойчивость движения.doc

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. - 4-е изд., перераб. и доп. - Л.: Политехника, 1990. - 272 с. ил.
2. Бабаков, Н. А. Теория автоматического управления Ч. 1 Теория линейных систем автоматического управления Учеб. для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика": В 2-х ч. Под ред. А. А. Воронова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 367 с. ил.
3. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний Текст Учебник для вузов по спец. "Динамика и прочность машин". - М.: Высшая школа, 1980. - 408 с. ил.
4. Алфутов, Н. А. Устойчивость движения и равновесия Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломиру. специалистов в обл. машиностроения и систем упр. Н. А. Алфутов, К. С. Колесников; Под ред. К. С. Колесникова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 252,[1] с.
5. Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения Учеб. пособие Д. Р. Меркин. - 4-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2003. - 304 с.

6. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин Учеб. для вузов по специальности "Газотурбин., паротурбин. установки и двигатели" А. Г. Костюк. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2000. - 478,[1] с. ил.

7. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Современ. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 1 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ, 1994. - 307 с. ил.

2. Светлицкий, В. А. Задачи и примеры по теории колебаний Ч. 2 Учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. - 262,[1] с. ил.

3. Ильин, М. М. Теория колебаний Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и приборостроения М. И. Ильин, К. С. Колесников, Ю. С. Саратов; Под ред. К. С. Колесникова; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки"; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 271 с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Аналитическая динамика и теория колебаний: учебное пособие / В.А. Романов, П.А. Тараненко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Аналитическая динамика и теория колебаний: учебное пособие / В.А. Романов, П.А. Тараненко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 177 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1460-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168476 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная	Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний : учебник для вузов / С. П. Стрелков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург

		система издательства Лань	: Лань, 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7343-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/158954 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Гуськов, А. М. Анализ колебаний консервативных нелинейных систем с одной степенью свободы : учебное пособие / А. М. Гуськов, С. В. Ярьско. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 41 с. — ISBN 978-5-7038-3650- 7. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/52261 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Основная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Алдошин, Г. Т. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. — Санкт- Петербург : Лань, 2021. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-3432- 9. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169293 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Основная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в динамических расчетах турбомашин : учебное пособие / Ю. Н. Самогин, С. А. Серков, В. П. Чирков ; под редакцией В. П. Чиркова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 212 с. — ISBN 978-5- 9221-1681-7. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/91149 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Гаврюшин, С. С. Численный анализ элементов конструкций машин и приборов : монография / С. С. Гаврюшин, О. О. Барышникова, О. Ф. Борискин. — 2-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. — 479 с. — ISBN 978-5-7038- 3979-9. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106373 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Дополнительная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Гаврюшин, С. С. Численные методы в динамике и прочности машин : монография / С. С. Гаврюшин, О. О. Барышникова, О. Ф. Борискин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2012. — 492 с. — ISBN 978-5-7038-3622-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106372 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8	Дополнительная литература	Электронно- библиотечная система издательства Лань	Васильев, Б. Е. Численное моделирование задач динамики и прочности деталей газотурбинных установок и двигателей : учебное пособие / Б. Е. Васильев. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-7038-4954-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172870 (дата обращения: 26.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. 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
Экзамен	336 (2)	Проектор, экран
Лекции	336 (2)	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