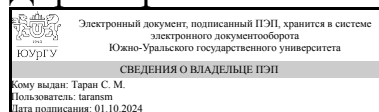


УТВЕРЖДАЮ:

Директор



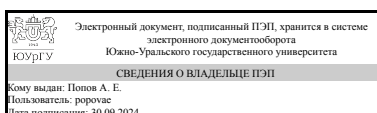
С. М. Таран

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.03 Крутильные колебания  
для направления 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
уровень Магистратура  
магистерская программа Двигатели для устойчивого развития  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Двигатели внутреннего сгорания**

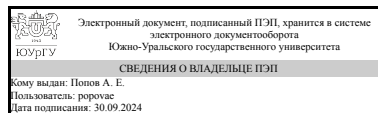
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 149

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



А. Е. Попов

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



А. Е. Попов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины - формирование компетенций в области создания надежных энерго- и ресурсоэффективных поршневых двигателей на основе современных методов анализа, расчета и моделирования крутильных колебаний систем валов и валопроводов поршневых двигателей внутреннего сгорания, его узлов и механизмов. Задачи преподавания дисциплины – приобретение студентами знаний в области разработки методов демпфирования колебаний в силовых цепях двигателей, умений проведения анализа возможности возникновения резонансных режимов крутильной системы, практических навыков проведения гармонического анализа возмущающих моментов, расчета собственных частот колебаний крутильных систем, выявления опасных режимов работы, выбора конструкции демпферов колебаний и определения его основных параметров, способов обеспечения надежной работы двигателей в составе энергетических установок.

## Краткое содержание дисциплины

Разделы дисциплины: Расчетные схемы для анализа свободных колебаний. Уравнения крутильных колебаний. Энергия, рассеиваемая при колебаниях. Амплитуды колебаний и напряжения при резонансе. Практический гармонический анализ. Изгибные колебания валов. Крутильные колебания приводов. Колебания подсистем, парциальные частоты, вибрация и шум. Демпфирование колебаний.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способность использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества	Знает: методы решения задач оптимизации параметров крутильной системы поршневых двигателей Умеет: решать задачи оптимизации параметров крутильной системы поршневых двигателей Имеет практический опыт: практическими навыками решения задач оптимизации параметров крутильной системы поршневых двигателей

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Комплексное моделирование гибридных силовых установок, Системы накопления энергии на транспорте, Техническая эксплуатация двигателей, Компьютерное моделирование элементов двигателей в Ansys Workbench, Теория решения изобретательских задач, Программные комплексы для проектирования элементов и систем поршневых двигателей, Производственная практика (научно-

	исследовательская работа) (4 семестр), Производственная практика (проектная) (2 семестр), Производственная практика (преддипломная) (4 семестр), Производственная практика (технологическая) (3 семестр), Производственная практика (эксплуатационная) (2 семестр)
--	--

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 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Подготовка к зачету	17,75	17,75	
Подготовка к Тесту 2	5	5	
Выполнение задания 1	8	8	
Подготовка к Тесту 1	5	5	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
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	Цель и задачи курса. Основные понятия о крутильных колебаниях. Приведение длин. Приведение масс. Составление расчетной схемы эквивалентной системы коленчатого вала	4	2	2	0
2	Свободные крутильные колебания (основные понятия). Одномассовая система. Двухмассовая система. Трехмассовая	4	2	2	0

	система. Многомассовая система. Анализ форм колебаний.				
3	Вынужденные крутильные колебания Основные понятия Анализ возбуждающих моментов Алгоритм гармонического анализа кривой крутящего момента ДВС	4	2	2	0
4	Работа гармонического крутящего момента поршневого двигателя	4	2	2	0
5	Энергия, рассеиваемая при крутильных колебаниях.	4	2	2	0
6	Вынужденные колебания одномассовой системы с сопротивлением	4	2	2	0
7	Вынужденные колебания многомассовой системы с сопротивлением	4	2	2	0
8	Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования крутильных колебаний коленчатых валов поршневых двигателей. Демпферы крутильных колебаний	4	2	2	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Цель и задачи курса. Основные понятия о крутильных колебаниях. Приведение длин. Приведение масс. Составление расчетной схемы эквивалентной системы коленчатого вала	2
2	2	Свободные крутильные колебания (основные понятия). Одномассовая система. Двухмассовая система. Трехмассовая система. Многомассовая система. Анализ форм колебаний.	2
3	3	Вынужденные крутильные колебания Основные понятия Анализ возбуждающих моментов Алгоритм гармонического анализа кривой крутящего момента ДВС	2
4	4	Работа гармонического крутящего момента поршневого двигателя	2
5	5	Энергия, рассеиваемая при крутильных колебаниях.	2
6	6	Вынужденные колебания одномассовой системы с сопротивлением	2
7	7	Вынужденные колебания многомассовой системы с сопротивлением	2
8	8	Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования крутильных колебаний коленчатых валов поршневых двигателей. Демпферы крутильных колебаний	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Приведение длин. Приведение масс. Составление расчетной схемы эквивалентной системы коленчатого вала	2
2	2	Анализ исходных данных, необходимых для расчета двигателя на крутильные колебания	2
3	3	Алгоритм гармонического анализа кривой крутящего момента поршневых двигателей	2
4	4	Работа гармонического крутящего момента поршневого двигателя. Приобретение навыков расчета крутильных колебаний коленчатого вала поршневых двигателей	2
5	5	Энергия, рассеиваемая при крутильных колебаниях. Приобретение навыков анализа расчетных схем изгибных колебаний валов и определение их параметров. Анализ уравнений изгибных колебаний коленчатых валов и их	2

		решение.	
6	6	Частное решение уравнений вынужденных колебаний одномассовой системы с сопротивлением	2
7	7	Расчет вынужденные колебания многомассовой системы с сопротивлением для резонансного режима	2
8	8	Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе.	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 зачету	1. Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей Учеб. для вузов по спец. "Двигатели внутр. сгорания". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 327 с. 2. Чистяков, В. К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей сгорания Учеб. пособие для вузов по спец. "Двигатели внутр. сгорания". - М.: Машиностроение, 1989. - 255 с. ил.	1	17,75
Подготовка к Тесту 2	Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей Учеб. для вузов по спец. "Двигатели внутр. сгорания". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 327 с. черт.	1	5
Выполнение задания 1	Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей Учеб. для вузов по спец. "Двигатели внутр. сгорания". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 327 с.	1	8
Подготовка к Тесту 1	Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей Учеб. для вузов по спец. "Двигатели внутр. сгорания". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 327 с. черт.	1	5

## 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)

№	Се-	Вид	Название	Вес	Макс.	Порядок начисления баллов	Учи-
---	-----	-----	----------	-----	-------	---------------------------	------

КМ	местр	контроля	контрольного мероприятия		балл		тыва- ется в ПА
1	1	Текущий контроль	Задание 1	1	100	<p>Письменный опрос</p> <p>Процедура проведения и оценивания: Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос - 20 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 50 баллов.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 25 баллам.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 100.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 0,1.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>	зачет
2	1	Текущий контроль	Тест 1	1	30	<p>Компьютерное тестирование</p> <p>Процедура проведения и оценивания: При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Тест состоит из 30 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 30 минут.</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p>	зачет
3	1	Текущий контроль	Тест 2	1	30	<p>Компьютерное тестирование</p> <p>Процедура проведения и оценивания: При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Тест состоит из 30 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 30 минут.</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p>	зачет

4	1	Бонус	Расчетная работа	-	10	Расчетная работа Критерии оценивания работы: - расчеты выполнены верно – 10 баллов; - расчет выполнен с недочетами – 8 баллов; - расчет имеет существенные недочеты – 6 баллов; - расчет имеет грубые замечания – 4 балл; - задача не выполнена – 0 баллов.	зачет
5	1	Промежуточная аттестация	Зачет	-	30	Письменный опрос Процедура проведения и оценивания: Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 40 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 15 баллов. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 30. Весовой коэффициент мероприятия – 0,1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Письменный опрос Процедура проведения и оценивания: Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на опрос - 40 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 15 баллов. Частично правильный ответ соответствует 10 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 30. Весовой коэффициент мероприятия – 0,1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-3	Знает: методы решения задач оптимизации параметров крутильной системы	+	+	+	+	+

	поршневых двигателей						
ПК-3	Умеет: решать задачи оптимизации параметров крутильной системы поршневых двигателей	+	+	+	+	+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: практическими навыками решения задач оптимизации параметров крутильной системы поршневых двигателей	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Попык, К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей Учеб. для вузов по спец."Двигатели внутр. сгорания". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1970. - 327 с. черт.
2. Чистяков, В. К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей сгорания Учеб. пособие для вузов по спец."Двигатели внутр. сгорания". - М.: Машиностроение, 1989. - 255 с. ил.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей Учеб. для вузов по специальности "Двигатели внутр. сгорания" Д. Н. Вырубов, С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко и др.; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 383 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Гоц, А. Н. Динамика двигателей. Курсовое проектирование Текст учеб. пособие для вузов по специальности 140501 "Двигатели внутреннего сгорания" и направлению 140500 "Энергет. машиностроение" А. Н. Гоц. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Форум : ИНФРА-М, 2013. - 159, [1] с. ил.
2. Маслов, Г. С. Расчеты колебаний валов Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 151 с. ил.

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

1. Двигателестроение. Периодическое издание. Научно-технический журнал.
2. Реферативный журнал «Двигатели внутреннего сгорания».

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

1. Гоц, А. Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени Текст учеб. пособие для вузов по направлению 13.03.03 (140500) "Энерг. машиностроение" А. Н. Гоц. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Форум : ИНФРА-М, 2017. - 205 с. ил.

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

1. Гоц, А. Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени Текст учеб. пособие для вузов по направлению 13.03.03 (140500) "Энерг. машиностроение" А. Н. Гоц. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Форум : ИНФРА-М, 2017. - 205 с. ил.



## Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	315a (2)	Проекционное оборудования, интерактивная доска.
Практические занятия и семинары	315a (2)	Занятия проводятся с использованием компьютерного класса, проекционного оборудования, а также интерактивной доски.