#### ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота (МУР) и Комура (МОР) (МОР

С. М. Таран

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П0.10 Виртуальные и стендовые испытания двигателей **для направления** 13.03.03 Энергетическое машиностроение **уровень** Бакалавриат

**профиль подготовки** Инжиниринг двигателей внутреннего сгорания **форма обучения** очная

**кафедра-разработчик** Передовая инженерная школа двигателестроения и специальной техники "Сердце Урала"

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 145

Директор

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооброта ПОУПУ Южно-Уранского государственного университета СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП Кому выдан: Таран С. М. Подкователь: тагаята Пата подписания: 12.12.2024

С. М. Таран

Разработчик программы, к.техн.н., доц., доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборога (Ожно-Уральского государственного университета СБЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП Кому выдан: Попов А. Е. Пользователь: ророчже Пата полинелия: 1,21,2024

А. Е. Попов

#### 1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: 1. Изучение правил и порядка организации и проведения всех видов испытаний двигателей внутреннего сгорания. 2. Знакомство с современными испытательными стендами, оборудованием, измерительной аппаратурой. 3. Изучение методов организации виртуальных испытаний с применением технологии цифровых двойников Задача дисциплины - формирование знаний в области организации экспериментальных исследований процессов в поршневых двигателях и испытаний двигателей внутреннего сгорания.

#### Краткое содержание дисциплины

Организация исследований двигателей. Основы электрических измерений неэлектрических величин. Измерение давлений в жидкостях и газах, перемещений твердых тел, скоростей потоков жидкостей и газов, температур твердых тел. Виды и методы испытаний. Установки и приборы для испытаний. Тормозные установки. Измерение крутящего момента. Измерение времени и частоты вращения. Измерение температуры и давления. Измерение скоростей и расходов жидкостей и газов. Определение состава и дымности отработавших газов. Измерение шума и вибрации двигателя. Индицирование двигателей. Основные понятия о цифровых двойниках двигателей. Используемое программное обеспечение. Способы организации и проведения виртуальных испытаний

# 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения   | Планируемые результаты   |
|---|--|
| ОП ВО (компетенции)   | обучения по дисциплине   |
| ПК-3 Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения | Знает: Методы и способы проведения испытаний двигателей; устройство и принцип работы испытательных стендов Умеет: Составлять программы и методики испытаний двигателей для определения работоспособности применяемых технических решений Имеет практический опыт: Работы с испытательным оборудованием и приборами |

# 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана  | Перечень последующих дисциплин,<br>видов работ |
|--|--|
| Техническая диагностика и ремонт двигателей, Организация и технология проведения сервисного обслуживания двигателей, Системы диагностирования двигателей внутреннего сгорания, Экологическая безопасность транспортных средств, Моделирование и расчет рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания, Модернизация и совершенствование | Не предусмотрены                               |

| конструкции поршневых двигателей, |  |
|-----------------------------------|--|
| Прикладное программирование       |  |

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

| Дисциплина  | Требования   |
|---|--|
| Прикладное программирование   | Знает: Основные методики и принципы расчета рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания Умеет: Составлять простейшие алгоритмы (программы) расчета объектов энергетического машиностроения Имеет практический опыт: Выполнения расчетов с использованием простейших языков программирования  |
| Модернизация и совершенствование<br>конструкции поршневых двигателей        | Знает: Принципы выработки и практического принятия технических решений при осуществлении процессов будущей профессиональной деятельности Умеет: Технически грамотно аргументировать рекомендуемое техническое решение, основываясь на знаниях, умениях и навыках, полученных в процессе обучения Имеет практический опыт: Методами реализации принимаемых технических решений в сфере профессиональной деятельности  |
| Системы диагностирования двигателей внутреннего сгорания                    | Знает: Основные принципы проведения работ по диагностике двигателей внутреннего сгорания и его электронного оборудования Умеет: Имеет практический опыт: Работы с диагностическим оборудованием и программами диагностики  |
| Моделирование и расчет рабочих процессов<br>двигателей внутреннего сгорания | Знает: достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в организации процессов ДВС, Информационные источники в области рабочих процессов поршневых ДВС, методы моделирования, расчета и оптимизации рабочих процессов Умеет: использовать современные информационные технологии для моделирования процессов в системах и агрегатах ДВС, Применять теоретические знания для решения практических задач Имеет практический опыт: Выполнения научно-исследовательских работ, приёмами и методами моделирования процессов, протекающих в поршневых энергетических установках, методами их графического интерпретирования и отображения в распространённых системах координат |
| Техническая диагностика и ремонт двигателей                                 | Знает: Основные принципы проведения работ по диагностике двигателей внутреннего сгорания и его электронного оборудования Умеет: Имеет практический опыт: Работы с диагностическим оборудованием и программами диагностики  |
| Организация и технология проведения   | Знает: Нормы и правила сервисного  |

| сервисного обслуживания двигателей              | обслуживания поршневых двигателей Умеет:<br>Читать техническую и нормативную<br>документацию Имеет практический опыт:<br>Проведения сборочно-разборочных операций<br>систем и механизмов двигателей внутреннего<br>сгорания  |
|---|--|
| Экологическая безопасность транспортных средств | Знает: Нормы экологического права, требования, предъявляемые к объектам энергетического машиностроения, по токсичности отработавших газов Умеет: Применять нормы экологического права и природопользования при определении технических решений Имеет практический опыт: Работы с приборами и оборудованием по определению токсичности отработавших газов |

# 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 68,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах  Номер семестра  8 |  |  |
|--|-------------|---|--|--|
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108   |  |  |
| Аудиторные занятия:  | 60          | 60  |  |  |
| Лекции (Л)   | 24          | 24  |  |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0           | 0   |  |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 36          | 36  |  |  |
| Самостоятельная работа (СРС)   | 39,5        | 39,5  |  |  |
| Подготовка к экзамену  | 15,5        | 15.5  |  |  |
| Изучение тем и проблем, не выносимых на лекции                             | 24          | 24  |  |  |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 8,5         | 8,5   |  |  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | экзамен   |  |  |

# 5. Содержание дисциплины

| №<br>раздела | Наименование разделов дисциплины   |       | Объем аудиторных<br>занятий по видам в<br>часах |    |    |  |
|--------------|--|-------|---|----|----|--|
|              |  | Всего | Л   | ПЗ | ЛР |  |
| 1            | Введение   | 2     | 2   | 0  | 0  |  |
| 2            | Организация исследований двигателей  | 2     | 2   | 0  | 0  |  |
| 3            | Основы электрических измерений неэлектрических величин   | 2     | 2   | 0  | 0  |  |
|              | Измерение давлений в жидкостях и газах, перемещений твердых тел, скоростей потоков жидкостей и газов, температур твердых тел | 8     | 2   | 0  | 6  |  |
| 5            | Виды и методы испытаний. Установки и приборы для испытаний   | 10    | 2   | 0  | 8  |  |
| 6            | Тормозные установки. Измерение крутящего момента   | 14    | 2   | 0  | 12 |  |

| 7  | Измерение частоты вращения   | 2 | 2 | 0 | 0 |
|----|--|---|---|---|---|
| 8  | Измерение температуры и давления   | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 9  | Индицирование. Автоматизированные ИИС  | 8 | 2 | 0 | 6 |
| 10 | Программное обеспечение для создания цифровых двойников двигателей внутреннего сгорания  | 6 | 2 | 0 | 4 |
| 11 | Программное обеспечение для создания виртуальных испытательных стендов и проведения виртуальных испытаний цифровых двойников ДВС | 4 | 4 | 0 | 0 |

# **5.1.** Лекции

| №<br>лекции | №<br>раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия  | Кол-<br>во<br>часов |
|-------------|--------------|--|---------------------|
| 1           | 1            | Задачи дисциплины  | 2                   |
| 2           | 2            | Организация стендовых экспериментальных исследований поршневых двигателей  | 2                   |
| 3           | 3            | Датчики, усилители, осциллографы. Основные принципы измерений.<br>Устройство и работа датчиков и вторичных приборов  | 2                   |
| 4           |              | Измерение давлений в жидкостях и газах, перемещений твердых тел, скоростей потоков жидкостей и газов, температур твердых тел. Особенности регистрации быстроизменяющихся параметров жидкостей, газов и твердых тел   | 2                   |
| 5           |              | Виды испытаний – стендовые и эксплуатационные. Стандарты на испытания. Комплектность двигателя. Методы определения параметров и характеристик. Обкатка двигателей на стендах и в эксплуатации. Детонационные испытания. Ускоренные стендовые испытания на надежность. Испытательные станции, лаборатории, стенды. Классификация основных приборов и устройств  | 2                   |
| 6           | 6            | Тормозные установки. Требования к ним. Моменты, действующие в тормозе. Классификация тормозных установок. Гидравлические тормоза. Уравнение тормозного момента и мощности тормоза. Характеристика тормоза. Индукторные тормоза, характеристика. Электрические тормоза постоянного и переменного тока, их характеристики. Установки с отдачей энергии в сеть. Устойчивость и стабильность работы тормозов. Измерение крутящего момента. Классификация устройств. Маятниковые весы, силоизмерительные системы, торсионные динамометры с тензо-, фото- и индуктивными датчиками | 2                   |
| 7           | 7            | Измерение времени и частоты вращения. Тахометры электронные,<br>стробоскопические  | 2                   |
| 8           |              | Измерение температуры и давления. Устройства для измерения стационарных и нестационарных температур рабочих сред. Измерение температур деталей. Измерение давлений в жидкостях и газах   | 2                   |
| 9           | 9            | Индицирование двигателей. Автоматизированные информационно-<br>измерительные системы (ИИС). Электрические индикаторы, характеристики<br>их датчиков. Стробоскопические индикаторы, измерительно-вычислительные<br>комплексы (ИВК) для испытания и индицирования двигателей   | 2                   |
| 10          | 10           | Виды цифровых двойников поршневых двигателей внутреннего сгорания и отдельных процессов. Существующие программные комплексы для создания цифровых двойников ДВС. Алгоритм создания цифрового двойника ДВС  | 2                   |
| 11          | 11           | Виды виртуальных испытательных стендов для поршневых двигателей внутреннего сгорания и отдельных процессов. Существующие программные комплексы для создания виртуального испытательного стенда ДВС. Алгоритм создания и проведения виртуальных испытаний ДВС   | 4                   |

# 5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

#### 5.3. Лабораторные работы

| <u>№</u><br>занятия | <b>№</b><br>раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы   |   |  |  |
|---------------------|---------------------|---|---|--|--|
| 1                   | 4                   | рировка датчика давления  |   |  |  |
| 2                   | 5                   | Испытание двигателя по влиянию режимных факторов на показатели двигателя с электротормозом переменного тока       | 4 |  |  |
| 3                   | 5                   | Испытание двигателя по влиянию режимных факторов на показатели двигателя с гидравлическим нагрузочным устройством | 4 |  |  |
| 4                   | 6                   | Гидравлический тормоз. Характеристика тормоза   | 6 |  |  |
| 5                   | 6                   | Электротормоз переменного тока. Характеристика электротормоза   | 6 |  |  |
| 6                   | 9                   | Индицирование двигателя   | 6 |  |  |
| 7                   | 10                  | Создание цифрового двойника поршневого двигателя внутреннего сгорания   | 4 |  |  |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                                 |  |         |                     |  |
|--|--|---------|---------------------|--|
| Подвид СРС                                     | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс   | Семестр | Кол-<br>во<br>часов |  |
| Подготовка к экзамену                          | Райков, И. Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания Учеб. для студ. вузов М.: Высшая школа, 1975 320 с. ил.  | 8       | 15,5                |  |
| Изучение тем и проблем, не выносимых на лекции | Испытания двигателей внутреннего сгорания Б. С. Стефановский, Ю. М. Доколин, В. П. Сорокин и др.; Ред. Е. К. Корси М.: Машиностроение, 1972 367 с. ил. | 8       | 24                  |  |

# 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)

| №<br>KM | Се-<br>местр | Вид<br>контроля     | Название контрольного мероприятия  | Bec | Макс.<br>балл | Порядок начисления баллов   | Учи-<br>тыва-<br>ется в<br>ПА |
|---------|--------------|---------------------|------------------------------------|-----|---------------|---|-------------------------------|
| 1       | 8            | Текущий<br>контроль | Письменный опрос (тестирование) №1 | 1   | 10            | Письменный опрос (тестирование) №1 проводится на 6й неделе семестра. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов. | экзамен                       |

|   |          |                                  |   |   |    | Время, отведенное на подготовку - 20 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльнорейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов — 10. Весовой коэффициент мероприятия — 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за   |         |
|---|----------|----------------------------------|---|---|----|--|---------|
|   |          |                                  |   |   |    | мероприятие больше или равно 60 %.<br>Не зачтено: рейтинг обучающегося за<br>мероприятие менее 60 %  |         |
| 2 | $\infty$ | Текущий<br>контроль              | Письменный<br>опрос<br>(тестирование)<br>№2 | 1 | 12 | Письменный опрос (тестирование) №2 проводится на последней неделе семестра. Студенту задаются 6 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 20 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльнорейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов — 12. Весовой коэффициент мероприятия — 1. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | экзамен |
| 3 | 8        | Проме-<br>жуточная<br>аттестация | Экзамен                                     | - | 36 | Экзамен проводится в форме письменного (компьютерного) тестирования. Студенту задаются 18 вопросов из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 60 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльнорейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.  | экзамен |

|  | Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 36. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 7584 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 6074 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине |  |
|--|---|--|
|  | реитинга обучающегося по дисциплине 059 %   |  |

#### 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид<br>промежуточной<br>аттестации | Процедура проведения                            | Критерии<br>оценивания                        |
|------------------------------------|---|---|
| экзамен                            | Геомпьютерного) тестирорания Тест состоит из IX | В соответствии с<br>пп. 2.5, 2.6<br>Положения |

#### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | ии Результаты обучения   |   | №<br>KM |     |   |
|-------------|--|---|---------|-----|---|
| ,           |  | 1 | 2       |     | 3 |
| ПК-3        | Знает: Методы и способы проведения испытаний двигателей; устройство и принцип работы испытательных стендов                         |   |         |     | + |
| ПК-3        | IK-3 Умеет: Составлять программы и методики испытаний двигателей для определения работоспособности применяемых технических решений |   | +       | - - | F |
| II I K = 4  | Имеет практический опыт: Работы с испытательным оборудованием и приборами  | + | +       | - - | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

#### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

# Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Шароглазов, Б. А. Поршневые двигатели: теория, моделирование и расчет процессов [Текст: непосредственный] учебник по курсу "Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутр. сгорания" по специальности 140501 "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки 140500 "Энергомашиностроение" Б. А. Шароглазов, В. В. Шишков; Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 524, [1] с. ил. 1 электрон. опт. диск

- 1. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинир. двигателей Учеб. для студ. вузов В. П. Алексеев и др.; Под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 288 с. ил.
- 2. Кузнецов, И. Н. Основы научных исследований [Текст] учеб. пособие И. Н. Кузнецов. М.: Дашков и К, 2013. 282 с. 21 см.
- в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке: Не предусмотрены
- г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:
  - 1. Фарафонтов, М. Ф. Испытания ДВС. Установки и приборы Учеб. пособие по спец. 101200 "Двигатели внутр. сгорания" ЧГТУ, Каф. Двигатели внутр. сгорания. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1995. 155,[1] с.
  - 2. Фарафонтов, М. Ф. Испытания ДВС. Виды и методы Учеб. пособие ЧГТУ, Каф. Двигатели внутр. сгорания. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1994. 77 с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

- 1. Фарафонтов, М. Ф. Испытания ДВС. Установки и приборы Учеб. пособие по спец. 101200 "Двигатели внутр. сгорания" ЧГТУ, Каф. Двигатели внутр. сгорания. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1995. 155,[1] с.
- 2. Фарафонтов, М. Ф. Испытания ДВС. Виды и методы Учеб. пособие ЧГТУ, Каф. Двигатели внутр. сгорания. Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1994. 77 с. ил.

## Электронная учебно-методическая документация

| Ŋº | Вид<br>литературы | Наименование ресурса в электронной форме            | Библиографическое описание   |
|----|-------------------|---|--|
| 1  | ' '               | электронно-<br>библиотечная<br>система издательства | Демина, Л.Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — М.: НИЯУ МИФИ, 2010. — 292 с. https://e.lanbook.com/ |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий № ау, | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------------|--|
|-------------------|--|

| Лабораторные<br>занятия               | 101(AT)<br>(Τ.κ.) | Интерактивный комплекс "Эксплуатационные материалы и сопряжения транспортных машин"   |
|---------------------------------------|-------------------|---|
| Лекции                                | 123 (2)           | Меловая доска, настенные планшеты по основным системам ДВС  |
| Экзамен                               | 123 (2)           | Настенные планшеты по основным системам ДВС, макеты поршневых двигателей и их систем  |
| Практические<br>занятия и<br>семинары | 124 (2)           | Настенные планшеты по основным системам ДВС, макеты поршневых двигателей и их систем  |
| Лабораторные<br>занятия               | 113(TK)<br>(Τ.κ.) | Интерактивный комплекс "Предиктивная диагностика и мониторинг систем поршневых двигателей"  |
| Лабораторные<br>занятия               | 113(ТК)<br>(Т.к.) | Стенды для испытаний двигателей внутреннего сгорания: «Универсальный стенд фирмы AVL(Австрия) для испытаний двигателей», «Рабочие процессы бензиновых двигателей», «Рабочие процессы дизелей» |