Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.11.2023 11:11:07
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан транспортного факультета
_____/П. Итурралде/

26 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамика двигателей внутреннего сгорания»

Направление подготовки
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»
Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Год набора
2021

Москва 2021

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Динамика двигателей внутреннего сгорания» являются:
- формирование знаний в области динамики двигателей внутреннего сгорания;
- формирование общего концептуального представления у студентов о динамике двигателей автомобилей и тракторов, позволяющего самостоятельно анализировать как любые современные, так и вышедшие из употребления или перспективные конструкции.

Задачи дисциплины:
- изучить законы кинематики и динамики составных частей конструкции двигателей автомобилей, тракторов, их узлов и агрегатов;
- ознакомиться со способами обеспечения уравновешенности двигателей;
- ознакомиться с методами кинематического и динамического расчетов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в блок Б.1 «Обязательная часть», подраздел Б.1.1.1.21

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Высшая математика», «Химия», «Физика», «Рабочие процессы в ДВС и их системах».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы в дисциплинах: «Конструирование и расчет ДВС», «Надежность энергоустановок», «Моделирование задач тепломассообмена для энергоустановок».

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при прохождении преддипломной практики и сдачи государственной итоговой аттестации.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и их структурных элементов:

Планируемые результаты освоения дисциплины

ОПК-3	*Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках*	**знать:** физические основы проходящих процессов **уметь:** применить соответствующую аналитическую формулу **владеть:** методами решения полученных уравнений
ОПК-4	*Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок*	**знать:** - способы повышения уравновешенности двигателей; - методы расчета собственных частот и форм колебаний; - методы расчета вынужденных колебаний; - методы и устройств демпфирования колебаний в силовых цепях двигателей **уметь:**

		- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; **владеть:** навыками выявления опасных режимов работы двигателя, остаточной неуравновешенности двигателей, расчета противовесов

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами. Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина читается на 5 семестре
Промежуточная аттестация на 5 семестре – экзамен
Количество недель в семестре – 18
Общая трудоемкость дисциплины - 5 зачетных единиц
Общее количество часов по структуре - 180
Количество аудиторных часов – 18
Количество часов самостоятельной работы – 162
Количество часов лекций – 8
Количество часов лабораторных занятий - 10
Количество часов семинаров и практических занятий – 0
Курсовая работа - в 5 семестре

4.1. Содержание лекционного курса дисциплины

Раздел 1. Схемы преобразующих механизмов ДВС. Классификация задач динамики ДВС. Место изучаемой дисциплины среди полученных знаний и связь с дисциплинами, которые будут изучаться.

Раздел 2. Условия работы и основные нагрузки, действующие на детали и узлы. Расчетные схемы основных деталей. Соотношение расчетных и экспериментальных исследований. Методы решения задач динамики ДВС.

Раздел 3. Кинематика кривошипно-шатунных механизмов рядных двигателей. Общие положения. Кинематика центрального КШМ: перемещение, скорость, ускорение поршня и угловое перемещение, скорость, ускорение шатуна.

Раздел 4. Кинематика дезаксиального КШМ: перемещение, скорость, ускорение поршня и угловое перемещение, скорость, ускорение шатуна.

Раздел 5. Кинематика КШМ V-образного двигателя с прицепным шатуном и с последовательным расположением шатунов на шатунной шейке вала: путь, скорость, ускорение бокового поршня.

Раздел 6. Определение углового перемещения, скорости, ускорения прицепного и главного шатунов. Определение основных размеров кривошипно-шатунного механизма V-образного двигателя с прицепным шатуном.

Раздел 7. Силы и моменты, действующие в рядном двигателе**.** Общие положения. Приведение масс деталей кривошипно-шатунного механизма. Силы давления газов в цилиндре. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс. Силы инерции вращающихся масс. Суммарные силы, действующие в КШМ. Порядок работы многоцилиндровых двигателей.

Раздел 8. Силы и моменты, действующие в V-образном двигателе с прицепным шатуном и V-образном двигателе с последовательным расположением шатунов на шатунной шейке вала**.** Общие положения. Приведение масс деталей кривошипно-шатунного механизма.

Раздел 9. Силы давления газов в цилиндре. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс. Силы инерции вращающихся масс. Суммарные силы, действующие в КШМ.

Раздел 10. Нагрузки, действующие на шатунные шейки и шатунные подшипники коленчатого вала рядного и V-образного (с прицепным шатуном и с последовательным расположением шатунов на шатунной шейке вала) двигателей. Векторные диаграммы сил, действующих на шейки и подшипники скольжения.

Раздел 11. Общие положения. Изменение вида векторных диаграмм при форсировании двигателя. Методики построения полярных диаграмм. Диаграммы износа шатунной шейки.

Раздел 12. Нагрузки, действующие на коренные шейки и коренные подшипники коленчатого вала рядного и V-образного (с прицепным шатуном и с последовательным расположением шатунов на шатунной шейке вала) двигателей; векторные диаграммы сил, действующих на шейки и подшипники скольжения.

Раздел 13. Общие положения. Изменение вида векторных диаграмм при форсировании двигателя. Методики построения полярных диаграмм. Диаграммы износа шейки.

Раздел 14 Суммарный и средний индикаторный крутящий момент двигателя. Набегающие моменты коренной и шатунной шеек. Избыточная работа крутящего момента.

Раздел 15. Равномерность индикаторного крутящего момента. Равномерности хода двигателя. Расчет маховика.

Раздел 16. Анализ уравновешенности двигателей. Общие положения. Силовые факторы, вызывающие неуравновешенность поршневого двигателя.

Раздел 17. Уравновешивание рядных, V- образных и оппозитных двигателей. Уравновешивание сил инерции вращающихся масс. Уравновешивание сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс.

Раздел 18. Метод Ланчестера. Понятие об остаточной неуравновешенности двигателей. Условия балансировки. Критерии неуравновешенности

5 семестр

Раздел 19. Общие положения крутильных колебаний. Моменты, действующие в одномассовой системе. Моменты сил инерции отдельных масс. Моменты сил упругости. Внешние переменные моменты сил. Моменты сил сопротивления колебаниям систем. Определение эквивалентной системы валопровода при расчёте крутильных колебаний. Экспериментальное определение крутильной жёсткости кривошипа

Раздел 20. Определение приведенных моментов инерции масс крутильной системы. Определение момента инерции диска, эквивалентного моторной массе, включающей массы кривошипа и массы поршневой и шатунной групп.

Раздел 21. Расчет коленчатого вала двухцилиндрового двигателя с кривошипами, расположенными под углом 180°, на крутильные колебания. Полярный момент инерции сечения приведенного (эквивалентного) полого вала с диаметром, равным диаметру коренной шейки коленчатого вала. Крутильная жесткость участка. Приведение длины участка вала

Раздел 22. Определение собственных частот и форм собственных колебаний динамической системы. Способ составления дифференциальных уравнений. Решение дифференциальных уравнений определения совокупности частот.

Раздел 23. Формы колебаний эквивалентного четырехколенного вала при различных значениях собственных частот (одноузловая, двухузловая, трехузловая). Критические режимы работы двигателя

Раздел 24. Определение вынужденных колебаний расчетной системы. Возбуждающие моменты. Графическая интерпретация разложения в ряд Фурье крутящего момента 4-цилиндрового четырехтактного двигателя. Фазовые (векторные) диаграммы гармоник двигателя.

Раздел 25. Потери энергии при колебаниях. Вычисление амплитуды угла закручивания и крутящего момента на *i*-ом участке коленчатого вала. Условие резонанса и резонансные режимы

работы силовой установки. Определение дополнительных напряжений на различных участках вала при резонансе.

Раздел 26. Определение дополнительных напряжений на различных участках вала при резонансе. Способы уменьшения амплитуд крутильных колебаний. Антивибраторы. Демпферы

Раздел 27. Пример: 6-массовая система

4.2. Содержание практических занятий

Практические работы не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных работ

Методика построения развернутой индикаторной диаграммы

Определение суммарного и среднего индикаторных крутящих моментов двигателя, неравномерности скорости вращения коленчатого вала, избыточной работы индикаторного крутящего момента.

Расчет маховика.

Автоматизированный расчет и построение графиков набегающих моментов для коренных и шатунных шеек, определение максимального размаха колебаний моментов.

Определение сил, действующих на шатунную шейку.

Определение сил, действующих на коренную шейку.

Методика уравновешивания рядного двигателя.

Остаточная неуравновешенность двигателей.

Критерии неуравновешенности.

Определение собственных частот и форм колебаний.

Определение вынужденных колебаний.

Определение дополнительного напряжения в сечении участка вала с заданной жесткостью при резонансе.

4.4. Примерная тематика курсового проекта (курсовой работы)

1. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 95 кВт
2. Дизель шестицилиндровый рядный мощностью 140 кВт
3. Бензиновый пятицилиндровый рядный двигатель мощностью 120 кВт
4. Дизель шестицилиндровый V-образный мощностью 130 кВт
5. Бензиновый пятицилиндровый рядный двигатель мощностью 120 кВт
6. Бензиновый трехцилиндровый рядный двигатель мощностью 75 кВт
7. Дизель трёхцилиндровый рядный мощностью 65 кВт
8. Дизель четырёхцилиндровый рядный мощностью 85 кВт
9. Дизель шестицилиндровый рядный мощностью 135 кВт
10. Дизель шестицилиндровый V-образный мощностью 140 кВт
11. Дизель пятицилиндровый рядный мощностью 130 кВт
12. Бензиновый шестицилиндровый V-образный двигатель мощностью 150 кВт
13. Дизель четырёхцилиндровый рядный мощностью 90 кВт
14. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 85 кВт
15. Дизель пятицилиндровый рядный мощностью 115 кВт
16. Бензиновый двухцилиндровый рядный двигатель мощностью 45 кВт
17. Дизель трёхцилиндровый рядный мощностью 70 кВт
18. Дизель четырёхцилиндровый рядный мощностью 100 кВт
19. Дизель пятицилиндровый рядный мощностью 125 кВт
20. Бензиновый восьмицилиндровый V-образный двигатель мощностью 280 кВт
21. Бензиновый шестицилиндровый V-образный двигатель мощностью 160 кВт
22. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 110 кВт
23. Бензиновый трёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 80 кВт
24. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель с турбонаддувом мощностью 110 кВт
25. Бензиновый шестицилиндровый рядный двигатель мощностью 155 кВт
26. Дизель четырёхцилиндровый оппозитный мощностью 115 кВт

27. Бензиновый четырёхцилиндровый оппозитный двигатель мощностью 150 кВт
28. Бензиновый пятицилиндровый рядный двигатель мощностью 125 кВт
29. Бензиновый трёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 85 кВт
30. Дизель шестицилиндровый V-образный мощностью 145 кВт
31. Дизель шестицилиндровый рядный мощностью 140 кВт
32. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 125 кВт
33. Бензиновый четырёхцилиндровый рядный двигатель мощностью 90 кВт
34. Дизель шестицилиндровый рядный мощностью 130 кВт
35. Дизель четырёхцилиндровый рядный мощностью 105 кВт
36. Дизель четырёхцилиндровый рядный мощностью 80 кВт

4.5. Темы для самостоятельной работы студентов

1. Схемы преобразующих механизмов двигателей.
2. Кинематика центральных кривошипно-шатунных механизмов.
3. Кинематика дезаксиальнах кривошипно-шатунных механизмов.
4. Индикаторная диаграмма.
5. Силы и моменты, действующие в рядного двигателе.
6. Силы и моменты, действующие в V-образного двигателе.
7. Порядок работы многоцилиндровых ДВС.
8. Суммарный крутящий момент двигателя.
9. Неравномерность скорости вращения коленчатого вала.
10. Неравномерность индикаторного крутящего момента двигателя.
11. Избыточная работа индикаторного крутящего момента.
12. Момент инерции маховика.
13. Набегающие моменты для коренных шеек.
14. Набегающие моменты для шатунных шеек.
15. Полярная диаграмма нагрузки на шатунную шейку.
16. Полярная диаграмма нагрузки на коренную шейку.
17. Условная диаграмма износа шатунной шейки.
18. Условная диаграмма износа коренной шейки.
19. Метод Ланчестера.
20. Уравновешенность 2- цилиндрового рядного двигателя
21. Уравновешенность 3- цилиндрового рядного двигателя
22. Уравновешенность 4- цилиндрового рядного двигателя
23. Уравновешенность 5- цилиндрового рядного двигателя
24. Уравновешенность 6- цилиндрового рядного двигателя
25. Уравновешенность 2- цилиндрового рядного двигателя
26. Уравновешенность 6- цилиндрового V-образного двигателя
27. Уравновешенность 8- цилиндрового V-образного двигателя
28. Кинематика роторно-поршневых двигателей.
29. Индикаторная диаграмма роторно-поршневого двигателя.
30. Силы и моменты, действующие в роторно-поршневом двигателе.
31. Суммарный и средний крутящие моменты роторно-поршневого двигателя.
32. Избыточная работа индикаторного крутящего момента в роторно-поршневом двигателе.
33. Полярная диаграмма нагрузки на эксцентрике роторно-поршневого двигателя.
34. Полярная диаграмма нагрузки на опорные шейки вала роторно-поршневого двигателя.
35. Условная диаграмма износа эксцентрика роторно-поршневого двигателя.
36. Условная диаграмма износа опор шейки вала роторно-поршневого двигателя.
37. Кинематика рычажного механизма, регулирующего степень сжатия двигателя.
38. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключения цилиндров и циклов.
39. Предельный внутренний контур картера рядного и V-образного двигателей.
40. Профилирование выпуклого кулачка с плоским толкателем.

41. Профилирование вогнутого кулачка с плоским толкателем.
42. Профилирование тангенциального кулачка с плоским толкателем.
43. Профилирование выпуклого кулачка с роликовым толкателем.
44. Профилирование вогнутого кулачка с роликовым толкателем.
45. Профилирование тангенциального кулачка с роликовым толкателем.
46. Профилирование безударного кулачка Курса.
47. Кинематика плоского толкателя при профилированном выпуклом кулачке.
48. Динамика механизма газораспределения.
49. Виброактивность, шум двигателей и методы их снижения.

5. Образовательные технологии

Для обучения дисциплине выбраны следующие образовательные технологии.

Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, лабораторных работ. Дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподносить его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке обучающихся.

Выполнение плана самостоятельной работы, самостоятельное изучение теоретического курса.

Возможность взаимодействия, взаимного обучения и взаимного контроля обучающихся в процессе практических работ; формирование навыков командной работы и формирование лидерских компетенций отдельных обучающихся.

Чтение лекций с иллюстрациями на меловой доске и ведение конспекта обучающимися с последующей проверкой конспекта.

Обучение с помощью технических средств обучения. Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования, формирование навыков самостоятельного применения средств измерений.

Освоение теоретического курса по учебникам и нормативно техническим документам

Обучение с помощью информационных и коммуникационных технологий. Освоение теоретического курса по интернет-ресурсам и информационно-справочным системам.

Выполнение реферата и выступление с докладом на секции ежегодной студенческой научно-технической конференции.

Подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Агрегаты и устройства турбонаддува ДВС» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 40% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Фонд оценочных средств по дисциплине является неотъемлемой частью настоящей рабочей программы и представлен отдельным документом в приложении 2.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1.Конструирование двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов./ Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; Под ред. Н. Д. Чайнова.- М.: Машино-строение, 2011. – 496 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/65697#authors

2.Тракторы. Конструкция : учебник для студентов вузов. 2-е изд., испр. И перераб. / В.М. Шарипов, Д.В. Апелинский, Л.Х. Арустамов и др., под общей ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012 – 790 с.: ил. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5804#authors

3.Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета / Баширов Р.М. Э - Издатель-ство "Лань", 2017 г. – 336 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/96242 - Загл. с экрана.

б) Дополнительная литература:

1.П. Р. Вальехо Мальдонадо, Д. К. Гришин. Кинематический и динамический расчеты аксиального и дезаксиальногокривошипно-шатунных механизмов рядного поршневого двигателя внутрен-него сгорания с применением программы mathcad: Учебно-методическое пособие для выполнения практических и лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов. – М. : МГТУ «МАМИ», 2011. 108 стр. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

2.П.Р. ВальехоМальдонадо, Д.К. Гришин. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневого двигателя внутреннего сгорания: учебно-методическое пособие для выполнения практических и лабораторных работ. – М. : МГТУ «МАМИ», 2011. 122 стр. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

3.Гусаров В.В. Уравновешивание двигателей. Московский политехнический университет.: [Электронный ресурс]: учеб. пособие - Электрон. дан.: Лань, 2010 г. — 134 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/51769#book_name

в) Информационное обеспечение дисциплины:

Операционная система, Windows 7(или ниже) - Microsoft Open License
Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или ниже) - Microsoft Open License

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты инфор-мационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;
http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;
http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;
http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;
http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;
http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты норматив-ных документов.

Перечень информационных систем:

1. Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.

2. Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

3. **ЭБС издательства «ЛАНЬ».**

https://e.lanbook.com/

ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.

Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.

4. **ЭБС «Polpred».**

http://polpred.com/news

ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатором: 53 отрасли/ 600 источников/ 9 федеральных округов РФ/ 235 стран и территорий/ главные материалы/ статьи и интервью 8000 первых лиц. Для доступа к полным текстам ЭБС с компьютеров на территории учебных корпусов университета авторизация не требуется.

5. **«КиберЛенинка» - научная библиотека открытого доступа.**

http://cyberleninka.ru/

Это научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

Библиотека комплектуется научными статьями, публикациями в журналах России и ближнего зарубежья. Научные тексты, представленные в библиотеке, размещаются в интернете бесплатно, в открытом доступе. Пользователям библиотеки предоставляется возможность читать научные работы с экрана планшета, мобильного телефона и других современных мобильных устройств.

6. **Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».**

http://elibrary.ru/defaultx.asp

Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и анализа научной информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ бесплатным общедоступным инструментом измерения публикационной активности ученых и организаций.

7. **Реферативная и наукометрическая электронная база данных «Scopus».**

https://www.scopus.com/home.uri

Индексирует не менее 20500 реферируемых научных журналов, которые издаются не менее чем 5000 издательствами и содержат не менее 47 млн. библиографических записей, из которых не менее 24 млн. включают в себя списки цитируемой литературы.

8. **База данных «Knovel» издательства «Elsevir».**

https://app.knovel.com/web/

Полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений.

Доступ к электронным базам данных «Scopus» и «Knovel» осуществляется круглосуточно через сеть Интернет в режиме он-лайн по IP-адресам, используемым университетом для выхода в сеть Интернет.

9. Поисковые интернет-системы: Google, Yandex, Yahoo, Mail, Rambler, Bing и др.

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно- методической библиотеке для общего и профессионального образования. Доступ с любого компьютера, подключенного к Интернет.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 «Конструкция ДВС»

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория общего фонда для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 «Конструкция ДВС»

107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13\

3) Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска. Макеты двигателей. Макеты блоков цилиндров. Секции двигателей.

Стенды. Различные детали и узлы ДВС.

Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

4) Комплекты мебели для учебного процесса. Меловая доска. Макеты двигателей: ЗИЛ-131, Caterpillar.

Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке издания в твёрдой копии (необходимо иметь при себе читательский билет и уметь пользоваться электронным каталогом).

Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети «Интернет» организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы и позволяет получить информацию для реализации творческих образовательных технологий: выполнения реферата на заданную или самостоятельно выбранную тему в рамках тематики дисциплины.

Для выполнения практических (лабораторных) работ студенту рекомендуется предварительно ознакомиться с теоретическими сведениями, изложенными в учебно-методическом пособии и дополнительных источниках, при выполнении работы следовать рекомендованному порядку выполнения работы и указаниям преподавателя, соблюдать технику безопасности, содержать рабочее место в чистоте и бережно относиться к оборудованию. Ведение конспекта лекций проверяется преподавателем.

При выполнении самостоятельной работы студенту рекомендуется изучить теоретические сведения по темам заданий, следовать рекомендациям, изложенным в учебно-методических пособиях, предоставлять преподавателю промежуточные и окончательные результаты в процессе контактной работы на занятиях.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основную организационную форму обучения, направленную на первичное овладение знаниями, представляет собой лекция. Главное назначение лекции - обеспечить теоретическую основу обучения, развить интерес к учебной деятельности и конкретной учебной дисциплине, сформировать у обучающихся ориентиры для самостоятельной работы над курсом. Традиционная лекция имеет несомненные преимущества не только как способ доставки информации, но и как метод эмоционального воздействия преподавателя на обучающихся, повышающий их познавательную активность. Достигается это за счет педагогического мастерства лектора, его высокой речевой культуры и ораторского искусства. Высокая эффективность деятельности преподавателя во время чтения лекции будет достигнута только тогда, когда он учитывает психологию аудитории, закономерности восприятия, внимания, мышления, эмоциональных процессов учащихся

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**

Программу составил:
Доцент, к.т.н. /Д.В. Апелинский/

Программа утверждена на заседании кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

«25» августа 2021 г., протокол № _1_

Заведующий кафедрой
Доцент, к. т. н.



/А.В. Костюков/

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики
Форма обучения: Заочная
Год обучения:
2021
Кафедра: Энергоустановки для транспорта и малой энергетики

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Динамика двигателей внутреннего сгорания

Состав:
1. Общие положения
2. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания
4. Оценочные средства

Составители:
Апелинский Д.В.

Москва 2021

1. Общие положения

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

2. Перечень компетенций формируемых в процессе освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ОПК-3	Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках
ОПК-4	Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение студентами необходимыми компетенциями. Результат аттестации студентов на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций студентами.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины.

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Критерии определения сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Уровни	Содержание	Проявления
Минимальный	Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями	Обучающийся способен понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практикоориентированных задач
Базовый	Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности	Обучающийся способен анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях

Продвинутый	Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.	Обучающийся способен использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях

Поскольку практически учебная дисциплина призвана формировать сразу несколько компетенций, критерии оценки целесообразно формировать в два этапа.

1-й этап: определение критериев оценки отдельно по каждой формируемой компетенции. Сущность 1-го этапа состоит в определении критериев для оценивания отдельно взятой компетенции на основе продемонстрированного обучаемым уровня самостоятельности в применении полученных в ходе изучения учебной дисциплины, знаний, умений и навыков.

2-й этап: определение критериев для оценки уровня обученности по учебной дисциплине на основе комплексного подхода к уровню сформированности всех компетенций, обязательных к формированию в процессе изучения предмета. Сущность 2-го этапа определения критерия оценки по учебной дисциплине заключена в определении подхода к оцениванию на основе ранее полученных данных о сформированности каждой компетенции, обязательной к выработке в процессе изучения предмета. В качестве основного критерия при оценке обучаемого при определении уровня освоения учебной дисциплины наличие сформированных у него компетенций по результатам освоения учебной дисциплины.

Показатели оценивания степени сформированности компетенции и уровня освоения дисциплины. Шкалы оценивания.

Показатели оценивания степени сформированности компетенции			
Показатели оценивания компетенций и шкалы оценки Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) или отсутствие сформированности компетенции	Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции	Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции	Оценка «отлично» (зачтено) или высокий уровень освоения компетенции
Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции. Отсутствие подтверждения наличия сформированности компетенции свидетельствует об отрицательных результатах освоения учебной дис-	Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок. Поскольку выявлено наличие сформированной компетенции, ее следует оценивать положительно, но на низком уровне	Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне. Наличие сформированной компетенции на повышенном уровне самостоятельности со стороны обучаемого при ее практической демонстрации в ходе решения аналогичных заданий следует оценивать как положительное и устойчиво закрепленное в практическом навыке	Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием знаний, умений и навыков, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин, следует считать компетенцию сформированной на высоком уровне. Присутствие сформированной компетенции на высоком уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практиче-

циплины			ского применения к изменяющимся условиям профессиональной задачи
Показатели оценивания уровня освоения дисциплины			
Уровень освоения дисциплины, при котором у обучаемого не сформировано более 50% компетенций. Если же учебная дисциплина выступает в качестве итогового этапа формирования компетенций (чаще всего это дисциплины профессионального цикла) оценка «неудовлетворительно» должна быть выставлена при отсутствии сформированности хотя бы одной компетенции	При наличии более 50% сформированных компетенций по дисциплинам, имеющим возможность до-формирования компетенций на последующих этапах обучения. Для дисциплин итогового формирования компетенций естественно выставлять оценку «удовлетворительно», если сформированы все компетенции и более 60% дисциплин профессионального цикла «удовлетворительно»	Для определения уровня освоения промежуточной дисциплины на оценку «хорошо» обучающийся должен продемонстрировать наличие 80% сформированных компетенций, из которых не менее 1/3 оценены отметкой «хорошо». Оценивание итоговой дисциплины на «хорошо» обуславливается наличием у обучаемого всех сформированных компетенций причем общепрофессиональных компетенции по учебной дисциплине должны быть сформированы не менее чем на 60% на повышенном уровне, то есть с оценкой «хорошо».	Оценка «отлично» по дисциплине с промежуточным освоением компетенций, может быть выставлена при 100% подтверждении наличия компетенций, либо при 90% сформированных компетенций, из которых не менее 2/3 оценены отметкой «хорошо». В случае оценивания уровня освоения дисциплины с итоговым формированием компетенций оценка «отлично» может быть выставлена при подтверждении 100% наличия сформированной компетенции у обучаемого, выполнены требования к получению оценки «хорошо» и освоены на «отлично» не менее 50% общепрофессиональных компетенций

Положительная оценка по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	студент должен: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; продемонстрировать умения самостоятельной работы с нормативно-правовой литературой; уметь сделать выводы по излагаемому материалу
«хорошо»	студент должен: продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; продемонстрировать умение ориентироваться в нормативно-правовой литературе; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу
«удовлетворительно»	студент должен: продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;
«неудовлетворительно»	ставится в случае: незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу.

Общие сведения по текущему контролю и промежуточной аттестации.

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного материала. Теку-

щий контроль успеваемости осуществляется в течение периода теоретического обучения семестра по всем видам аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.
К формам контроля текущей успеваемости по дисциплине относится собеседование.
Критерии прохождения студентами текущего контроля следующие. При текущем контроле успеваемости обучающихся применяется пятибалльная система оценивания в виде отметки в баллах: 5 – «отлично», 4 – «хорошо», 3 – «удовлетворительно», 2 – «неудовлетворительно».
Результаты текущего контроля успеваемости учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации. Отставание студента от графика текущего контроля успеваемости по изучаемой дисциплине приводит к образованию текущей задолженности.
Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных профессиональных компетенций. Заканчивается зачётом (7 семестр), экзаменом (8 семестр).

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (4 семестр, ОПК-3,4). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1)

1. Перемещение поршня *s*; вывод зависимости $s = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.
2. Физический смысл определений «перемещения поршня первого и второго порядка», «поправка Бригса».
3. Влияние величины кинематического параметра КШМ $\lambda = R/L$ на конструктивные и динамические параметры двигателя.
4. Скорость поршня v; вывод зависимости $v = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.
5. Средняя скорость поршня.
6. Ускорение поршня *j*; вывод зависимости $j = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.
7. Определить в аналитическом виде во сколько раз отличаются ускорения поршня при его положении соответственно в ВМТ и НМТ.
8. Какое допущение используется при определении угловой частоты вращения коленчатого вала?
9. Какие основные конструктивные схемы кривошипно-шатунных механизмов применяются в автомобильных и тракторных двигателях?
10. Чем отличаются V-образные двигатели от однорядных?
11. Какое основное отличие центрального КШМ от дезаксиального?
12. Для чего проводят кинематический анализ КШМ?
13. От чего зависит полный ход поршня? 7. Как определяется безразмерный параметр КШМ и в каких пределах он находится для современных автомобильных и тракторных двигателей?
14. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна.
15. Почему скорость поршня представляется в виде суммы двух слагаемых первого и второго порядка?

16. При каком угле поворота кривошипа скорость поршня достигает максимального значения? Влияет ли параметр λ на величину этого угла?

17. В каком положении поршня – ВМТ или НМТ он достигает максимального ускорения?

18. При каком значении угла поворота коленчатого вала ускорение поршня достигает максимального значения?

19. Влияет ли безразмерный параметр λ на величину ускорения поршня?

20. Особенности кинематики дезаксиального КШМ.

21. Метод приведения кривошипно-шатунного механизма к динамически эквивалентной системе сосредоточенных масс.

22. Какими способами можно определить центр масс изготовленного шатуна?

23. Отличается ли приведенная масса щеки от действительной?

24. Какая часть масс кривошипно-шатунного механизма совершает вращательное движение?

25. Силы инерции, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

26. Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

27. Почему газовые силы на режиме максимального крутящего момента превышают газовые силы на режиме максимальной частоты вращения холостого хода?

28. На каком режиме необходимо находить нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма?

29. Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала.

30. Метод построения полярной диаграммы сил, действующих на шатунную шейку.

31. Среднее давление, действующее на шатунную шейку.

32. Силы, действующие на коренную шейку коленчатого вала.

33. Как определяют среднюю удельную нагрузку на подшипник скольжения шатунной шейки?

34. Как определяют среднюю удельную нагрузку на подшипник скольжения коренной шейки

35. Как определяется направление оси масляного отверстия для шатунной шейки?

36. Можно ли определить результирующую силу, действующую на колено вала и вызывающую изгиб шатунной шейки, по данным полярной диаграммы?

37. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунные шейки бензинового двигателя и дизеля?

38. Для каких режимов работы необходимо строить полярную диаграмму нагрузок на шатунную шейку?

39. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунную шейку на режимах максимального крутящего момента и максимальной частоты вращения холостого хода?

40. Метод построения полярной диаграммы.

41. Метод построения диаграммы износа шейки.

42. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 2-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета.

43. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 3-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

44. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 4-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

45. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 5-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (4 семестр, ОПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)

1. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 6-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

2. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 2-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

3. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 6-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

4. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 8-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

5. Неравномерность крутящего момента и хода ДВС.

6. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 4- цилиндрового рядного двигателя.

7. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 5- цилиндрового рядного двигателя.

8. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 6- цилиндрового рядного двигателя.

9. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении двух цилиндров у 4- цилиндрового рядного двигателя.

10. Степень неравномерности частоты вращения δ вала ДВС.

11. Расчет маховика по заданной величине δ.

12. Как определяется угловой интервал между рабочими ходами в цилиндрах?

13. Как определяется среднее значение суммарного крутящего момента двигателя?
14. Что такое эффективный крутящий момент? Чем он отличается от индикаторного?
15. Для чего нужно найти набегающие моменты на коренные шейки?
16. Для чего определяются набегающие моменты на шатунные шейки?
17. Как определяются максимальные и минимальные крутящие моменты, действующие на коренные и шатунные шейки коленчатого вала?
18. Можно ли без построения графиков набегающих моментов определить размах крутящего момента на шатунной и коренной шейках коленчатого вала?
19. Как проверяется правильность расчета суммарной тангенциальной силы на последнем кривошипе?
20. Условия внешней динамической уравновешенности ДВС.
21. Факторы, влияющие на уравновешенность двигателя.
22. Уравновешивание сил инерции вращающихся масс КШМ.
23. Уравновешивание сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс КШМ.
24. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚
25. Метод Ланчестера.
26. Динамическое уравновешивание 1-го цилиндрового ДВС.
27. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового рядного ДВС.
28. Динамическое уравновешивание 3-цилиндрового рядного ДВС.
29. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового рядного ДВС.
30. Динамическое уравновешивание 5-цилиндрового рядного ДВС.

20. Динамическое уравновешивание 6-цилиндрового рядного ДВС.
21. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚
22. Динамическое уравновешивание 6-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚
23. Динамическое уравновешивание 8-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚
24. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и кривошипами под углом 180°.
25. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и общим кривошипом.

26. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и кривошипами под углом 180°.
27. Уравновешивание V-образного 5 – цилиндрового четырехтактного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ и равномерным чередованием вспышек
28. Уравновешивание V-образного 6 – цилиндрового четырехтактного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ и равномерным чередованием вспышек
29. Уравновешенность 6- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90° при применении графоаналитического метода.
30. Уравновешенность 6- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 60° при применении графоаналитического метода
31. Уравновешенность 8- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90° при применении графоаналитического метода.
32. Уравновешенность 8- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 60° при применении графоаналитического метода
33. Остаточная неуравновешенность 3- цилиндрового рядного двигателя
34. Остаточная неуравновешенность 4- цилиндрового рядного двигателя
35. Остаточная неуравновешенность 5- цилиндрового рядного двигателя
36. Остаточная неуравновешенность 6- цилиндрового рядного двигателя
37. Остаточная неуравновешенность 8- цилиндрового рядного двигателя

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 1 (5 семестр, ОПК-3). Вопросы для собеседования со студентами (КТ1)

1. Полярный момент инерции для вала, ослабленного шпоночными канавками или шлицами и для полого вала при расчете крутильных колебаний
2. Приведение длин участков цилиндрического, конического валов и кривошипа при расчете крутильных колебаний при расчете крутильных колебаний.
3. Приведение вращающихся масс кривошипа при расчете крутильных колебаний
4. Система коленчатого вала двигателя в составе транспортно-силовой установки с трансмиссией
5. Частоты и формы собственных колебаний крутильной системы
6. Гармонический анализ крутящих моментов
7. Критические режимы работы двигателя
8. Фазовые (векторные) диаграммы гармоник двигателя.

9. Потери энергии при колебаниях
10. Амплитуд колебаний масс крутильной системы
11. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из трех масс
12. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из четырех масс
13. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из пяти масс
14. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из шести масс
15. Метод уменьшения числа масс приведенной системы.
16. Работа возмущающих моментов при резонансе
17. Приведение длин участка кривошипа вала
18. Работа сил сопротивления колебаний
19. Определение резонансных амплитуд
20. Определение напряжений в элементах вала от крутильных колебаний
21. Способы уменьшения амплитуд крутильных колебаний
22. Влияние крутильных колебаний системы коленчатого вала на уравновешенность работы ДВС, его показатели надежности.
23. Собственные (свободные) крутильные колебания системы.
24. Крутильная жесткость вала ДВС. Период колебания.
25. Затухающие крутильные колебания вала ДВС. Силы сопротивления кручению.
26. Вынужденные крутильные колебания.
27. Что такое коэффициент динамического усиления, или коэффициент динамичности?
28. Для чего вычисляют модуль вектора относительных амплитуд масс приведенной крутильной системы?
29. Что такое фазовая диаграмма гармоники возбуждающего момента? Как она вычисляется?
30. Для чего строится векторная диаграмма относительных амплитуд масс крутильно-колеблющейся системы?

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке 2 (5 семестр, ОПК-4). Вопросы для собеседования со студентами (КТ2)

1. Вынужденные крутильные колебания с затуханием.

2. Расчетное и экспериментальное определение напряжений в валу при резонансе
3. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-5-3-6-2-4.
4. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-5-6-4-2.
5. Нахождение разностей фаз для 4-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-4-2.
6. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-4-2-6-3-5.
7. Нахождение разностей фаз для 4-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-4-2.
8. Уравнение вынужденных крутильных колебаний с учетом сил сопротивлений.
9. Приведение крутильной системы коленчатого вала.
10. Эквивалентная или приведенная система коленчатого вала.
11. Определение приведенной длины коленчатого вала. Определение моментов инерции приведенных масс.
12. Метод уменьшения числа масс приведенной системы.
13. Процедура разложения в ряд Фурье периодической функции.
14. Применение гармонических анализаторов Мадера, Генрици-Конради и логарифмического анализатора М. Г. Серебренникова.
15. Резонансные режимы работы двигателя.
16. Понятие критической частоты вращения вала ДВС.
17. Сопротивления крутильным колебаниям вала ДВС.
18. Диссипация энергии крутильных колебаний.
19. Понятие эквивалентного коэффициента демпфирования.
20. Расчетное и экспериментальное определение напряжений в валу при резонансе.
21. Способы уменьшения крутильных колебаний.
22. Демпферы крутильных колебаний.
23. Коэффициент демпфирования.
24. Влияет ли на величину амплитуды крутильных колебаний скорость прохода через резонанс?
25. Как можно определить скорость прохода через резонанс?
26. Где должен располагаться резонансный режим?

27. От чего зависит величина рассеиваемой энергии при резонансе

28. Конструктивные меры уменьшения колебаний.

29. Применение демпферов крутильных колебаний: маятникового гасителя, демпферов сухого и жидкостного трения.

30. В каком сечении коленчатого вала касательные напряжения принимают максимальное значение?

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов для 4 семестра (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ОПК-3,4)

1. Перемещение поршня *s*; вывод зависимости $s = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.
2. Физический смысл определений «перемещения поршня первого и второго порядка», «поправка Бригса».

3. Влияние величины кинематического параметра КШМ $\lambda = R/L$ на конструктивные и динамические параметры двигателя.

4. Скорость поршня v; вывод зависимости $v = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.

5. Средняя скорость поршня.

6. Ускорение поршня *j*; вывод зависимости $j = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.

7. Определить в аналитическом виде во сколько раз отличаются ускорения поршня при его положении соответственно в ВМТ и НМТ.

8. Какое допущение используется при определении угловой частоты вращения коленчатого вала?

9. Какие основные конструктивные схемы кривошипно-шатунных механизмов применяются в автомобильных и тракторных двигателях?

10. Чем отличаются V-образные двигатели от однорядных?

11. Какое основное отличие центрального КШМ от дезаксиального?

12. Для чего проводят кинематический анализ КШМ?

13. От чего зависит полный ход поршня? 7. Как определяется безразмерный параметр КШМ и в каких пределах он находится для современных автомобильных и тракторных двигателей?

14. Угловая скорость и угловое ускорение шатуна.

15. Почему скорость поршня представляется в виде суммы двух слагаемых первого и второго порядка?

16. При каком угле поворота кривошипа скорость поршня достигает максимального значения? Влияет ли параметр λ на величину этого угла?

17. В каком положении поршня – ВМТ или НМТ он достигает максимального ускорения?

18. При каком значении угла поворота коленчатого вала ускорение поршня достигает максимального значения?

19. Влияет ли безразмерный параметр λ на величину ускорения поршня?

20. Особенности кинематики дезаксиального КШМ.

21. Метод приведения кривошипно-шатунного механизма к динамически эквивалентной системе сосредоточенных масс.

22. Какими способами можно определить центр масс изготовленного шатуна?

23. Отличается ли приведенная масса щеки от действительной?

24. Какая часть масс кривошипно-шатунного механизма совершает вращательное движение?

25. Силы инерции, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

26. Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

27. Почему газовые силы на режиме максимального крутящего момента превышают газовые силы на режиме максимальной частоты вращения холостого хода?

28. На каком режиме необходимо находить нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма?

29. Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала.

30. Метод построения полярной диаграммы сил, действующих на шатунную шейку.

31. Среднее давление, действующее на шатунную шейку.

32. Силы, действующие на коренную шейку коленчатого вала.

33. Как определяют среднюю удельную нагрузку на подшипник скольжения шатунной шейки?

34. Как определяют среднюю удельную нагрузку на подшипник скольжения коренной шейки

35. Как определяется направление оси масляного отверстия для шатунной шейки?

36. Можно ли определить результирующую силу, действующую на колено вала и вызывающую изгиб шатунной шейки, по данным полярной диаграммы?

37. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунные шейки бензинового двигателя и дизеля?

38. Для каких режимов работы необходимо строить полярную диаграмму нагрузок на шатунную шейку?

39. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунную шейку на режимах максимального крутящего момента и максимальной частоты вращения холостого хода?

40. Метод построения полярной диаграммы.

41. Метод построения диаграммы износа шейки.

42. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 2-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета.

43. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 3-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

44. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 4-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

45. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 5-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

46. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 6-цилиндрового двигателя с использованием таблицы динамического расчета

47. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 2-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

48. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 6-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

49. Метод построения диаграммы суммарного крутящего момента 8-цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ (с использованием таблицы динамического расчета)

50. Неравномерность крутящего момента и хода ДВС.

51. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 4- цилиндрового рядного двигателя.

52. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 5- цилиндрового рядного двигателя.

53. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении одного цилиндра у 6- цилиндрового рядного двигателя.

54. Коэффициент неравномерности крутящего момента двигателя при отключении двух цилиндров у 4- цилиндрового рядного двигателя.

55. Степень неравномерности частоты вращения δ вала ДВС.

56. Расчет маховика по заданной величине δ.

57. Как определяется угловой интервал между рабочими ходами в цилиндрах?

58. Как определяется среднее значение суммарного крутящего момента двигателя?

59. Что такое эффективный крутящий момент? Чем он отличается от индикаторного?

60. Для чего нужно найти набегающие моменты на коренные шейки?

61. Для чего определяются набегающие моменты на шатунные шейки?

62. Как определяются максимальные и минимальные крутящие моменты, действующие на коренные и шатунные шейки коленчатого вала?

63. Можно ли без построения графиков набегающих моментов определить размах крутящего момента на шатунной и коренной шейках коленчатого вала?

64. Как проверяется правильность расчета суммарной тангенциальной силы на последнем кривошипе?

65. Условия внешней динамической уравновешенности ДВС.

66. Факторы, влияющие на уравновешенность двигателя.

67. Уравновешивание сил инерции вращающихся масс КШМ.

68. Уравновешивание сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс КШМ.

69. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚

70. Метод Ланчестера.

71. Динамическое уравновешивание 1-го цилиндрового ДВС.

72. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового рядного ДВС.

73. Динамическое уравновешивание 3-цилиндрового рядного ДВС.

74. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового рядного ДВС.

75. Динамическое уравновешивание 5-цилиндрового рядного ДВС.

76. Динамическое уравновешивание 6-цилиндрового рядного ДВС.

76. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚

77. Динамическое уравновешивание 6-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚

78. Динамическое уравновешивание 8-цилиндрового V-образного ДВС с углом развала цилиндров 90˚

79. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и кривошипами под углом 180°.

80. Динамическое уравновешивание 2-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и общим кривошипом.

81. Динамическое уравновешивание 4-цилиндрового двигателя с противоположным (оппозитным) расположением цилиндров и кривошипами под углом 180°.

82. Уравновешивание V-образного 5 – цилиндрового четырехтактного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ и равномерным чередованием вспышек

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации студентов для 5 семестра (оценка знаний, умений, навыков-компетенций: ОПК-3,4)

1. Уравновешивание V-образного 6 – цилиндрового четырехтактного двигателя с углом развала цилиндров 90˚ и равномерным чередованием вспышек
2. Уравновешенность 6- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90° при применении графоаналитического метода.
3. Уравновешенность 6- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 60° при применении графоаналитического метода
4. Уравновешенность 8- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 90° при применении графоаналитического метода.
5. Уравновешенность 8- цилиндрового V-образного двигателя с углом развала цилиндров 60° при применении графоаналитического метода
6. Остаточная неуравновешенность 3- цилиндрового рядного двигателя
7. Остаточная неуравновешенность 4- цилиндрового рядного двигателя
8. Остаточная неуравновешенность 5- цилиндрового рядного двигателя
9. Остаточная неуравновешенность 6- цилиндрового рядного двигателя
10. Остаточная неуравновешенность 8- цилиндрового рядного двигателя
11. Полярный момент инерции для вала, ослабленного шпоночными канавками или шлицами и для полого вала при расчете крутильных колебаний
12. Приведение длин участков цилиндрического, конического валов и кривошипа при расчете крутильных колебаний при расчете крутильных колебаний.
13. Приведение вращающихся масс кривошипа при расчете крутильных колебаний
14. Система коленчатого вала двигателя в составе транспортно-силовой установки с трансмиссией
15. Частоты и формы собственных колебаний крутильной системы
16. Гармонический анализ крутящих моментов
17. Критические режимы работы двигателя
18. Фазовые (векторные) диаграммы гармоник двигателя.
19. Потери энергии при колебаниях
20. Амплитуд колебаний масс крутильной системы
21. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из трех масс

22. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из четырех масс

23. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из пяти масс

24. Определение собственных частот и форм колебаний расчетной системы, состоящих из шести масс

Метод уменьшения числа масс приведенной системы.

25. 109. Работа возмущающих моментов при резонансе

26. Приведение длин участка кривошипа вала

27. Работа сил сопротивления колебаний

28. Определение резонансных амплитуд

29. Определение напряжений в элементах вала от крутильных колебаний

30. Способы уменьшения амплитуд крутильных колебаний

31. Влияние крутильных колебаний системы коленчатого вала на уравновешенность работы ДВС, его показатели надежности.

32. Собственные (свободные) крутильные колебания системы.

33. Крутильная жесткость вала ДВС. Период колебания.

34. Затухающие крутильные колебания вала ДВС. Силы сопротивления кручению.

35. Вынужденные крутильные колебания.

36. Что такое коэффициент динамического усиления, или коэффициент динамичности?

37. Для чего вычисляют модуль вектора относительных амплитуд масс приведенной крутильной системы?

38. Что такое фазовая диаграмма гармоники возбуждающего момента? Как она вычисляется?

39. Для чего строится векторная диаграмма относительных амплитуд масс крутильно-колеблющейся системы?

40. Вынужденные крутильные колебания с затуханием.

41. Расчетное и экспериментальное определение напряжений в валу при резонансе

42. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-5-3-6-2-4.

43. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-5-6-4-2.

44. Нахождение разностей фаз для 4-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-4-2.

45. Нахождение разностей фаз для 6-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-4-2-6-3-5.

46. Нахождение разностей фаз для 4-цилиндрового 4-тактного двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-4-2.

47. Уравнение вынужденных крутильных колебаний с учетом сил сопротивлений.

48. Приведение крутильной системы коленчатого вала.

49. Эквивалентная или приведенная система коленчатого вала.

50. Определение приведенной длины коленчатого вала. Определение моментов инерции приведенных масс.

51. Метод уменьшения числа масс приведенной системы.

52. Процедура разложения в ряд Фурье периодической функции.

53. Применение гармонических анализаторов Мадера, Генрици-Конради и логарифмического анализатора М. Г. Серебренникова.

54. Резонансные режимы работы двигателя.

55. Понятие критической частоты вращения вала ДВС.

56. Сопротивления крутильным колебаниям вала ДВС.

57. Диссипация энергии крутильных колебаний.

58. Понятие эквивалентного коэффициента демпфирования.

59. Расчетное и экспериментальное определение напряжений в валу при резонансе.

60. Способы уменьшения крутильных колебаний.

61. Демпферы крутильных колебаний.

62. Коэффициент демпфирования.

63. Влияет ли на величину амплитуды крутильных колебаний скорость прохода через резонанс?

64. Как можно определить скорость прохода через резонанс?

65. Где должен располагаться резонансный режим?

66. От чего зависит величина рассеиваемой энергии при резонансе

67. Конструктивные меры уменьшения колебаний.

68. Применение демпферов крутильных колебаний: маятникового гасителя, демпферов сухого и жидкостного трения.

69. В каком сечении коленчатого вала касательные напряжения принимают максимальное значение?

Шкала оценивания ПРЕЗЕНТАЦИИ

Дескрипторы	Минимальный ответ 2	Изложенный, раскрытый ответ 3	Законченный, полный ответ 4	Образцовый, примерный; достойный подражания ответ 5
Раскрытие проблемы	Проблема не раскрыта. Отсутствуют выводы.	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы.	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы без привлечения дополнительной литературы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы .	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы. Выводы обоснованы.
Представление	Представляемая информация логически не связана. Не использованы профессиональные термины.	Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Использован 1-2 профессиональный термин.	Представляемая информация систематизирована и последовательна. Использовано более 2 профессиональных терминов.	Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Использовано более 5 профессиональных терминов.
Оформление	Не использованы информационные технологии (PowerPoint). Больше 4 ошибок в представляемой информации.	Использованы информационные технологии (PowerPoint) частично. 3-4 ошибки в представляемой информации.	Использованы информационные технологии (PowerPoint). Не более2 ошибок в представляемой информации.	Широко использованы информационные технологии (PowerPoint). Отсутствуют ошибки в представляемой информации.
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы.	Только ответы на элементарные вопросы.	Ответы на вопросы полные и/или частично полные.	Ответы на вопросы полные с привидением примеров и/или

Паспорт компетенций

Динамика двигателей внутреннего сгорания					
ФГОС ВО 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-3	Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	**знать:** -физические основы проходящих процессов **уметь:** -применить соответствующую аналитическую формулу **владеть:** -методами решения полученных уравнений	Контактная работа с обучающимися во время аудиторных занятий в форме лекций, лабораторных работ. Самостоятельное изучение теоретического курса, подготовка к лабораторным работам Демонстрация слайдов презентаций и видеороликов посредством мультимедийного оборудования	Вопросы для собеседования со студентами (КТ1) Вопросы для собеседования со студентами (КТ2) Вопросы для промежуточной аттестации	Минимальный: Обучающийся обладает необходимой системой знаний и владеет некоторыми умениями. Базовый: Обучающийся демонстрирует результаты на уровне осознанного владения учебным материалом и учебными умениями, навыками и способами деятельности. Продвинутый: Достигнутый уровень является основой для формирования общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям ФГОС.
ОПК-4	*Способен рассчитывать элементы энергетических машин и установок с учетом свойств конструкционных материалов, динамических и тепловых нагрузок*	**знать:** - способы повышения уравновешенности двигателей; - методы расчета собственных частот и форм колебаний; - методы расчета вынужденных колебаний; - методы и устройств демпфирования колебаний в силовых цепях двигателей **уметь:**			

		- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; **владеть:** навыками выявления опасных режимов работы двигателя, остаточной неуравновешенности двигателей, расчета противовесов			