Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.05.2024 10:34:51
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана транспортного факультета

_____ /М.Р. Рыбакова/

«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика двигателей внутреннего сгорания

Направление подготовки/специальность
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль/специализация

Проектирование и эксплуатация двигателей для транспорта и малой энергетики

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

Доцент, к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

Согласовано:
И.о. заведующего кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», к.т.н., доцент  /Д.В. Апелинский/

Оглавление

Динамика двигателей внутреннего сгорания....1
1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3. Структура и содержание дисциплины....4
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....4
3.1.1. Очная форма обучения....4
3.1.2. Заочная форма обучения....5
3.2. Тематический план изучения дисциплины....7
3.2.1. Очная форма обучения....7
3.2.1. Заочная форма обучения....9
3.3. Содержание дисциплины....12
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....17
3.4.1. Семинарские/практические занятия....17
3.4.2. Лабораторные занятия....19
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....19
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....20
4.1. Нормативные документы и ГОСТы....20
4.2. Основная литература....20
4.3. Дополнительная литература....20
4.4. Электронные образовательные ресурсы....20
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....20
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....20
5. Материально-техническое обеспечение....22
6. Методические рекомендации....22
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....22
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....23
7. Фонд оценочных средств....24
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....24
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....24
7.3. Оценочные средства....25

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО и образовательной программы.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение обучающимися знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса;
- оценка достижения обучающимися планируемых результатов обучения как этапа формирования соответствующих компетенций.

Обучение по дисциплине «Динамика двигателей внутреннего сгорания» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИОПК-3.1. Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач ИОПК-3.2. Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть блока Б1, подраздел Б.1.1.21.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: История развития двигателей и энергетических агрегатов, Конструкции и схемы перспективных двигателей внутреннего сгорания, Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания, Системы питания двигателей внутреннего сгорания

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: Диагностика, ремонт и техническая эксплуатация энергоустановок, Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания, Основы испытаний энергетических машин и установок.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при прохождении практик и сдаче государственной итоговой аттестации.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

4-й семестр

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	Аудиторные занятия	36	36

	В том числе:		
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	18	18
	Лабораторные занятия	-	-
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	72	72

5-й семестр

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			5
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:		
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	18	18
	Лабораторные занятия	-	-
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Итого	72	72

3.2. Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения
4-й семестр

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Вводная Тема. Кинематика кривошипно-шатунного механизма	8	4	2	2	–	4
2	Тема 2. Динамика кривошипно-шатунного механизма	8	4	2	2	–	4
3	Тема 3. Силы, действующие на шейки коленчатого вала. Равномерность хода двигателя	8	4	2	2	–	4
4	Тема 4. Расчет маховика. Примеры кинематического и динамического расчетов	8	4	2	2	–	4
5	Тема 5. Уравновешивание поршневых двигателей	8	4	2	2	–	4
6	Тема 6. Уравновешенность и уравновешивание ДВС	8	4	2	2	–	4
7	Тема 7. Вынужденные крутильные колебания с затуханием.	8	4	2	2	–	4
8	Тема 8. Собственные крутильные колебания приведенной системы.	8	4	2	2	–	4
9	Тема 9. Сопротивления крутильным колебаниям системы коленчатого вала.	8	4	2	2	–	4
	Итого:	72	36	18	18	–	36

5-й семестр

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Анализ уравновешенности ДВС различных конструктивных схем	8	4	2	2	–	4
2	Тема 2. Одноцилиндровые и двухцилиндровые двигатели	8	4	2	2	–	4
3	Тема 3. Частичное уравновешивание реактивного крутящего момента двигателя R2 за счёт особого расположения балансирных валов	8	4	2	2	–	4
4	Тема 4. Четырёхцилиндровые двигатели	8	4	2	2	–	4
5	Тема 5. Пятицилиндровые двигатели. Анализ уравновешенности ДВС типа R5 от действия инерционных сил и моментов от них	8	4	2	2	–	4
6	Тема 6. Шестицилиндровые двигатели	8	4	2	2	–	4
7	Тема 7. Сравнительный анализ уравновешенности 6-ти цилиндровых двигателей типа V6 различных конструктивных схем	8	4	2	2	–	4
8	Тема 8. Восьмицилиндровые двигатели. Анализ уравновешенности восьмицилиндрового двигателя типа V8 с углом развала цилиндров 90° и крестообразным коленчатым валом	8	4	2	2	–	4
9	Тема 9. Анализ и уравновешивание	8	4	2	2	–	4

	двигателей от действия реактивного момента						
	Итого:	72	36	18	18	–	36

3.3. Содержание дисциплины

4-й семестр

Модуль 1.

Лекция 1. Вводная лекция. Кинематика кривошипно-шатунного механизма

§1. Общие сведения по электронному образовательному ресурсу

§2. Кинематика кривошипно-шатунного механизма

§3. Перемещение поршня

§4. Скорость поршня

§5. Ускорение поршня

§6. Приближенные зависимости для определения пути, скорости и ускорения поршня

§7. Кинематика шатуна

§8. Кинематика дезаксиального кривошипно-шатунного механизма

§9. Кинематика КШМ с прицепным шатуном

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников.

Лекция 2. Динамика кривошипно-шатунного механизма

§1. Общие сведения

§2. Приведение масс деталей кривошипно-шатунного механизма

§2.1. Приведение массы шатуна

§2.2. Приведение вращающихся масс.

§3. Силы инерции кривошипно-шатунного механизма

§4. Силы давления газов

§5. Суммарные силы, действующие в механизме

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников

Лекция 3. Силы, действующие на шейки коленчатого вала. Равномерность хода двигателя

§1. Силы, действующие на шейки коленчатого вала.

§2. Моменты, скручивающие коренную шейку многоцилиндрового двигателя.

§3. Равномерность хода двигателя.

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников

Модуль 2.

Лекция 4. Расчет маховика. Примеры кинематического и динамического расчетов

§1. Расчет маховика.

§2. Особенности расчета маховика автомобильного двигателя

§3. Особенности расчета маховика тракторного двигателя

§4. Пример расчета маховика

§5. Пример кинематического расчета

§6. Пример динамического расчета

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников

Лекция 5. Уравновешивание поршневых двигателей

§1. Общие сведения

§2. Действие неуравновешенных сил и моментов в поршневом двигателе

§3. Способы уравновешивания инерционных сил и моментов

Вопросы для самопроверки
Список использованных источников.

Лекция 6. Уравновешенность и уравновешивание ДВС
§1. Анализ условий уравновешенности одноцилиндрового ДВС
§2. Уравновешивание сил инерции вращающихся масс.
§3. Уравновешивание сил инерции возвратно - поступательно движущихся масс
§4. Уравновешивание рядных двухцилиндровых двигателей
§5. Уравновешивание трехцилиндрового рядного двигателя
§6. Уравновешивание рядного четырехцилиндрового ДВС
Вопросы для самопроверки
Список использованных источников.

Модуль 3.
Лекция 7. Вынужденные крутильные колебания с затуханием.
§1. Возникновение собственных и вынужденных крутильных колебаний в двигателях.
§2. Приведение крутильной системы коленчатого вала.
§3. Определение приведенной длины коленчатого вала.
§4. Определение моментов инерции приведенных масс.
Вопросы для самопроверки.
Список использованных источников.

Лекция 8. Собственные крутильные колебания приведенной системы.
§1. Система вала с двумя массами.
§2. Система вала с тремя массами.
§3. Система вала со многими массами.
§4. Уменьшение числа масс приведенной системы.
§5. Гармонический анализ.
§6. Резонансные режимы работы двигателя.
Вопросы для самопроверки.
Список использованных источников.

Лекция 9. Сопротивления крутильным колебаниям системы коленчатого вала.
§1. Общие сведения
§2. Определение напряжений в валу при резонансе.
§3. Способы уменьшения крутильных колебаний в системах коленчатых валов.
Вопросы для самопроверки.
Список использованных источников.

5- й семестр

Модуль 1.
Лекция 1. Вводная лекция. Действие неуравновешенных сил и моментов в поршневом двигателе
§1. Общие сведения по электронному образовательному ресурсу
§2. Основные силы инерции неуравновешенности ДВС
§3. Расчетная схема КШМ
§4. Инерционные силы 1 -го и 2-го порядка
§5. Переменный реактивный крутящий момент
Вопросы для самопроверки
Список использованной литературы

Лекция 2. Тема 1. Определение параметров нащечных противовесов коленчатого вала для уравновешивания центробежных сил и моментов

§1. Общие положения

§2. Способы уравновешенные действия сил инерции от ВПДМ

§3. Определение параметров нащёчных противовесов коленчатого вала для уравновешивания центробежных сил и моментов.

§4. Уравновешивание центробежных сил и моментов для общего случая при произвольном расположении кривошипов

§5. Использование компьютерных технологий для существенного повышения эффективность проектирования конструкции противовеса

Вопросы для самопроверки

Список используемых литератур

Лекция 2. Тема 2. Уравновешивание инерционных сил от ВПДМ

§1. Общие сведения о силах, создаваемых возвратно-поступательно движущимися массами

§2. Механизм Ланчестера

§2.1. Принцип действия механизма Ланчестера

§2.2. Дисбаланс противовесов

§3. Механизм «Дайхацу»

§3.1. Принцип действия механизма «Дайхацу»

§3.2. Преимущества механизма «Дайхацу»

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников

Лекция 3. Уравновешивание моментов от сил инерции ВПДМ

Введение

§1. Общие положения

§2. Определение параметров нащёчных противовесов коленчатого вала для уравновешивания центробежных сил и моментов.

§3. Уравновешивание инерционных сил от ВПДМ.

§4. Уравновешивание моментов от сил инерции ВПДМ.

§5. Итоговые замечания по использованию балансирных валов для уравновешивания ДВС.

Вопросы для самопроверки.

Список использованной литературы

Модуль 2.

Лекция 4. Тема 1. Анализ уравновешенности ДВС различных конструктивных схем

ВВЕДЕНИЕ

§1. Способы снижения виброативности

§2. Анализ уравновешенности ДВС различных конструктивных схем

§3. Современный варианты конструкций и их преимущества

§4. Разрезная конструкция

§5. Основные характеристики уравновешенности ДВС

§6. Важные моменты при разработке конструкции

§7. Методы анализа возмущений

Выводы

Вопросы для самопроверки

Список литературы

Лекция 4. Тема 2. Одноцилиндровые и двухцилиндровые двигатели

§1. Одноцилиндровые двигатели
§1.1. Анализ уравновешенности одноцилиндрового двигателя
§1.2. Уравновешивание ВПДМ одноцилиндрового ДВС
§1.3. Уравновешивание сил инерции от ВПДМ
§2. Двухцилиндровые двигатели
§2.1. Анализ уравновешенности от сил инерции и моментов этих сил
§2.2. Уравновешивание ДВС от действия инерционных сил и моментов

Лекция 4. Тема 3. Анализ виброактивности ДВС от действия неравномерного крутящего момента
§1. Измерение результирующего крутящего момента
§2. Методика и компьютерная программа для количественной оценки возмущения ДВС
§3. Количественный учёт виброактивности
§4. Таблица значений импульсов
Вопросы для самопроверки
Список литературы

Лекция 5. Тема 1. Частичное уравновешивание реактивного крутящего момента двигателя R2 за счёт особого расположения балансирных валов
Введение:
§1. Уравновешивания по методу фирмы Дайхацу:
§2. Дополнительный опрокидывающий момент
§3. Величина опрокидывающего момента
§4. Задачи уравновешивания реактивного крутящего момента
§5. Величины импульса L
§6. Польза установки балансирных валов
Вопросы для самопроверки:
Список использованной литературы:

Лекция 5. Тема 2. Четырёхцилиндровые двигатели
§1. Анализ уравновешенности от сил инерции и уравновешивание этих сил
§2. Уравновешивание результирующей силы инерции 2-го порядка
§3. Частичное уравновешивание реактивного крутящего момента двигателя R4 за счет особого расположения балансирных валов
§4. Возможность повышения эффективности уравновешивания двигателей R4 с балансирными валами
§5. Методы определения оптимальных смещений балансирных валов
§6. Величина оптимального смещения балансирных валов
§7. Эффективность рассмотренного способа уравновешивания
Вопросы для самопроверки
Список использованной литературы

Лекция 6. Тема 1. Пятицилиндровые двигатели. Анализ уравновешенности ДВС типа R5 от действия инерционных сил и моментов от них
§1. Общие сведения
§2. Анализ уравновешенности двигателя со схемой коленчатого вала ДВС типа R5 для варианта порядка работы 1-3-5-2-4
§3. Результирующие моменты
§4. Алгоритм определения амплитуд и фазовых сдвигов гармоник результирующих моментов для каждого варианта порядка работы
§5. Пример исходных выражений результирующих моментов и их производных набранный в среде Mathcad.

§6. Выражения для неуравновешенных моментов
Вопросы для самопроверки
Список литературы

Лекция 6. Тема 2. Сравнительный анализ виброактивности ДВС типа R5 с различными вариантами схем КШМ. Уравновешивание
Введение
§1. Сравнительный анализ виброактивности ДВС типа R5 с различными вариантами схем КШМ. Уравновешивание
§2. Импульс возмущения от действия неуравновешенного результирующего момента сил инерции ВПДМ
§3. Уравновешивание результирующего центробежного момента ДВС типа R5
§4. Уравновешивания с помощью балансирных валов
§5. Размещения балансирных валов с противовесами
§6. Частичного уравновешивания момента с помощью нащёчных противовесов
Вопросы для самопроверки:
Список литературы

Модуль 3.
Лекция 7. Тема 1. Шестицилиндровые двигатели
§1. Анализ уравновешенности ДВС типа R6
§2. Анализ и уравновешивание ДВС типа V6 с углом развала 90 градусов, 3-х коленным валом, имеющим угол расклинки кривошипов 120 градусов и неразрезные шатунные шейки
§3. Результирующие силы инерции ВПДМ
§4. Определение результирующих сил и моментов
§5. Силы инерции 1-го порядка
§6. Уравновешивание двух моментов
§7. Силы инерции 2-го порядка
Вопросы для самопроверки
Список литературы

Лекция 7. Тема 2. Уравновешивание ДВС типа V6 с углом развала 90°, 3-х коленным валом, имеющим угол расклинки кривошипов 120° и разрезные шатунные шейки
§1. Конструкция коленчатого вала двигателей V6 с разрезными шатунными шейками
§2. Уравновешивание сил ВПДМ
§3. Уравновешивание моментов от сил ВПДМ
§4. Уравновешивание моментов центробежных сил
Вопросы для самопроверки
Список литературы

Лекция 8. Тема 1. Сравнительный анализ уравновешенности 6-ти цилиндровых двигателей типа V6 различных конструктивных схем
§1. Сравнение ДВС типа V6 с разрезными и неразрезными шатунными шейками
§2. Уравновешенность при равномерном и неравномерном чередовании рабочих ходов
§3. Уравновешивание момента сил инерции 1-го порядка нащечными противовесами
§4. Уравновешивание при уменьшении угла развала цилиндров
§5. Оптимальная величина развала
§6. Заключение
Вопросы для самопроверки
Список использованных источников

Лекция 8. Тема 2. Восьмицилиндровые двигатели. Анализ уравновешенности восьмицилиндрового двигателя типа V8 с углом развала цилиндров 90° и крестообразным коленчатым валом

§1. Схема КШМ рассматриваемого ДВС

§2. Анализ уравновешенности

§3. Вывод

Вопросы для самопроверки

Список использованных источников

Лекция 9. Тема 1. Анализ уравновешенности восьмицилиндрового двигателя типа V8 с углом развала цилиндров 75о и крестообразным коленчатым валом со смещёнными шатунными шейками

Введение

§1. Анализ уравновешенности восьмицилиндрового двигателя типа V8

§2. Уравновешенность рядного 4-х цилиндрового ДВС с крестообразным коленчатым валом

§3. Модуль и направление действия вектора результирующего центробежного момента

§4. Результирующий момент от сил инерции ВПДМ 1-го порядка

§5. Противовесы

§6. Частичное уравновешивание момента от сил инерции ВПДМ 1-го порядка

Вопросы для самопроверки

Список использованной литературы

Лекция 9. Тема 2. Анализ и уравновешивание двигателей от действия реактивного момента

§1. Анализ реактивного момента.

§2. Неуравновешенность.

§3. Анализ в других двигателях.

§4. Уравновешивание двигателя

Заключение

Вопросы для самопроверки

Список литературы

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

4-й семестр

Практическое занятие №1. Работа с программой расчёта сил и моментов, действующих на детали ДВС.

Практическое занятие №2. Расчёт и анализ сил, действующих на детали кривошипно-шатунного механизма ДВС.

Практическое занятие №3. Расчёт и анализ моментов, действующих на коренные и шатунные шейки коленчатого вала ДВС.

Практическое занятие №4. Расчёт и анализ сил, действующих на коренные и шатунные шейки и подшипники коленчатого вала ДВС.

Практическое занятие №5. Расчёт и анализ сил, действующих на коренные и шатунные шейки и подшипники коленчатого вала ДВС.

Практическое занятие №6. Уравновешивание одноцилиндрового ДВС.

Практическое занятие №7. Уравновешивание двухцилиндрового рядного ДВС типа R2 с помощью балансирных валов.

Практическое занятие №8. Уравновешивание трехцилиндрового рядного ДВС типа R3 с помощью балансирных валов.

Практическое занятие №9. Уравновешивание четырехцилиндрового рядного ДВС типа R4 с помощью балансирных валов.

5-й семестр

Модуль 1.

Практическое занятие №1. Изучение способа частичного уравновешивания сил инерции ВПДМ одноцилиндрового ДВС без применения балансирных валов, путём установки специально подбираемых дисбалансов нащёчных противовесов

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания.
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 1.

Практическое занятие №2. Изучение способа уравновешивания одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания (ДВС) без применения балансирных валов, а только за счёт специальной развесовки двигателя

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы.
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 2.

Практическое занятие №3. Программный расчёт уравновешивания двухцилиндрового рядного ДВС типа R2 с помощью балансирных валов

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 3

Модуль 2.

Практическое занятие №4. Изучение способа частичного уравновешивания трёхцилиндрового ДВС без применения балансирных валов, а только за счёт установки специальных противовесов на коленчатом вале двигателя

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 4

Практическое занятие №5. Программный расчёт уравновешивания четырёхцилиндрового рядного ДВС типа R4 с помощью балансирных валов

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия

4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 5.

Практические занятия №6. Расчёт уравновешивания пятицилиндровых рядных двигателей типа R5 с использованием программных средств

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 6, 7.

Модуль 3.

Практические занятия №7. Расчёт уравновешивания пятицилиндровых рядных двигателей типа R5 с использованием программных средств

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 6, 7.

Практическое занятие №8. Изучение уравновешенности V-образных шестицилиндровых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) от действия неравномерного крутящего момента при разных конструкциях кривошипно-шатунного механизма

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 8.

Практическое занятие №9. Изучение способа частичного уравновешивания V-образных шестицилиндровых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с углом развала цилиндров 90град и разрезными шатунными шейками

1. Тема занятия
2. План занятия
3. Задание практического занятия
4. Форма представления выполненного задания
5. Список рекомендованной литературы
6. Контрольные вопросы (задания) по теме практического занятия № 9.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 14846–2020 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний
2. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия
3. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования

4.2. Основная литература

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник / Р. М. Баширов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-2741-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/96242
2. Уханов, А. П. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Голубев. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-4582-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/122188

4.3. Дополнительная литература

1. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчёта и эксплуатации : учебник / Н. Г. Фаталиев, М. М. Аливагабов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2018. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/113001
2. Щерба, В. Е. Теория, расчет и конструирование поршневых компрессоров объемного действия: В. Е. Щерба. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09232-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517027

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Динамика двигателей внутреннего сгорания»
4-й семестр
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7597

5-й семестр
Курс «Динамика двигателей внутреннего сгорания (5 сем)»
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9607

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:
Операционная система Windows 7 и выше, Офисные приложения Microsoft Office.

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-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 нормативных документов.

Перечень информационных систем:

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.

Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

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.

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.

«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.

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.

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.

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.

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.

5. Материально-техническое обеспечение

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

3) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

4) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

5) Комплекты мебели для учебного процесса.

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

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах,

особенностях их протекания. Раскрывать сущность исодержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. 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.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных занятиях. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

7. Фонд оценочных средств

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.

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Для этого семестр делится на три периода. По окончанию первого периода (контрольная точка 1 (КТ1)) проводится собеседование со студентами по изученному на данный момент материалу. По окончанию второго периода обучения (КТ2) проводится аналогичная процедура. Третий период заканчивается промежуточной аттестацией по всему пройдённому материалу.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного материала. Текущий 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 и тестирование. Критерии прохождения студентами текущего контроля следующие. При текущем контроле успеваемости обучающихся применяется система оценивания в виде отметки «зачтено» и «не зачтено».

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.

7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

При контроле успеваемости используется следующая шкала оценивания:

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.

При текущем контроле успеваемости с помощью тестов выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов).

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% (набрано менее 15 баллов).

7.3. Оценочные средства

4-й семестр

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами

1. Перемещение поршня *s*; вывод зависимости $s = f(\varphi)$ и её графическая интерпретация.
2. Физический смысл определений «перемещения поршня первого и второго порядка», «поправка Брикса».
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 (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами

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.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-3, на промежуточной аттестации оцениваются ответы на приведенные вопросы:

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.

5-й семестр

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами

1. За счёт чего возможно снижение виброактивности двигателей?
2. Чем снабжают новые модели ДВС?
3. В какой плоскости будет действовать результативный момент при симметричном расположении противовесов?
4. Можно ли вектор переносить момента по линии действия и параллельно самому себе?
5. Какие детали устанавливают на валы для создания центробежного моментами
6. Чем определены углы наклона плоскостей расположения противовесов на балансирных валах (относительно плоскости первого колена)?
7. Что происходит (что уравновешивается) в случае установки двух балансирных валов?
8. Какой способ практически не применяют из-за чрезмерного усложнения конструкции уравновешивающих устройств?
9. Как называется еще один способ частичного уравновешивания момента от сил инерции ВПДМ 1-го порядка SMj не связанный с применением балансирных валов?
10. Что может произойти, когда момент Мсд при некоторых условиях будет взаимодействовать с неуравновешенным моментом SMj ?
11. С какой стороны коленчатого вала начинается нумерация цилиндров V-образных двигателей?
12. При каких порядках обеспечивается Равномерное чередование рабочих ходов?
13. Как направлены силы инерции 1-го порядка в каждом отсеке?
14. Центробежные силы в рассматриваемом ДВС типа V действуют на каждом колене вала аналогично чему?
15. Чему равна величина центробежной силы на каждом колене?
16. Назовите Годограф и
17. Назовите количество противовесов для уравновешивания моментов и
18. Чему равен результирующий момент от сил инерции ВПДМ 2-го порядка
19. После чего ДВС типа V оказывается полностью уравновешенным?
20. Что остается неуравновешенным?
21. Для чего необходимы балансировочные валы?
22. Для чего необходимы нащёчные противовесы?
23. Как уравновесить силы инерции?
24. При каких условиях и какой вал можно расположить внутри остова ДВС?
25. Что необходимо для снижения внутренних напряжений в остове ДВС?

26. При каких схемах КШМ можно обойтись без балансировочных валов?
27. Какие силы в приоритете уравновешивания?
28. Смещают ли валы относительно друг друга?
29. Какой должен быть дисбаланс балансировочных валов?
30. Сколько максимально устанавливают балансировочных валов на ДВС?
31. Перечислите от чего зависит оптимальная величина развала угла
32. Определение балансирного вала
33. Какой из двигателей (с разрезными или неразрезными шатунными шейками) имеет усложненную конструкцию?
34. Является ли уравновешивание момента сил инерции первого порядка с помощью нащёчных противовесов достаточно эффективным?
35. При помощи чего можно уравновесить момент сил инерции первого порядка в двигателях с разрезными шатунными шейками?
36. При каких углах развала можно уравновесить момент сил инерции первого порядка с помощью только нащёчных противовесов в двигателях с разрезными шатунными шейками?
37. Чему равны интервалы между соседними вспышками при равномерном и неравномерном чередованиях?
38. В каком случае не потребуется установка балансирного вала в двигателях с разрезными шатунными шейками?
39. Что происходит с коленчатым валом при уменьшении угла развала?
40. Определение неуравновешенного двигателя
41. Как меняется крутящий момент двигателя?
42. Как меняется реактивный момент с увеличением количества цилиндров?
43. Зависит неуравновешенность двигателя от режима нагрузки ДВС? Если да, то как?
44. Какой тип двигателя обладает наибольшей неуравновешенностью?
45. Можно ли увеличивая массу поршня уменьшить реактивный момент? Почему?
46. Какой параметр характеризует общую неуравновешенность ДВС от переменного реактивного момента наиболее полно?
47. Для чего необходимо уравновешивать двигатель?
48. Как определяется Период результирующего крутящего момента?
49. Как можно уравновесить переменный реактивный момент?

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами

1. Объясните каким образом легче выполнить расчёт на уравновешенность
2. Как действуют силы инерции от ВПДМ 1-го и 2-го порядков в каждом цилиндре?
3. Почему результирующие моменты от сил инерции могут быть определены относительно любой точки?
4. Как можно упростить расчёт уравновешенности двигателя V8?
5. Какой порядок работы цилиндров у двигателя V8?
6. Назовите количество нащёчных противовесов на данном двигателе
7. При каком угле развала подобного двигателя не необходимости устанавливать балансирный вал?
8. Возможно ли получить приемлемый результат уравновешивания данного двигателя V без установки балансирного вала?

9. Для чего необходимы разрезные шатунные шейки?
10. Для чего необходимо равномерное чередование вспышек?
11. Влияют ли разрезные шатунные шейки на возможность равномерного чередования рабочих ходов при любых углах развала цилиндров?
12. Как удобно рассматривать V двигатель при его анализе и почему?
13. Чему равны силы инерции в двигателе V6?
14. Какую форму имеет годограф суммирующего момента силы инерции первого порядка двигателя V6?
15. Как уравновесить моменты от сил ВПДМ в двигателе V6?
16. Как определить результирующий от сил ВПДМ момент двигателя V6
17. Какую форму имеет годограф суммирующего момента центробежных сил инерции двигателя V6?
18. Как уравновесить моменты от центробежных сил в двигателе V?
19. Какой порядок работы цилиндров в двигателе V6?
20. Какие интервалы между последовательными вспышками (в градусах поворота коленчатого вала)?
21. Сколько литров составляет рабочий объем в автомобильных бензиновых ДВС?
22. Рабочий объем дизельных двигателей больше или меньше, чем у бензиновых?
23. При анализе уравновешенности V-образных двигателей их рассматривают как
24. V-образные двигатели с углом развала… получили наибольшее распространение в автотракторной технике
25. Возможны различные варианты реализации схемы V6 с…
26. Какой наиболее простой и наглядный метод анализа V-образного двигателя?
27. Каким способом выполняют уравновешивание обоих моментов?
28. Почему конструкция ДВС типа V6 обладает существенно худшей уравновешенностью чем R6?
29. Сколько балансирных валов устанавливают для уравновешивания сил инерции ВПДМ 1-го порядка ?
30. Как можно менять Величину опрокидывающего момента (амплитуду)?
31. Как меняются моменты, действующие на опоры силового агрегата без смещения балансирных валов и при смещении?
32. Чему соответствуют величины импульса L?
33. В чем польза установки балансирных валов?
34. Чему должны быть кратны углы между плоскостями колен?
35. Какой вид имеет выражение для результирующей силы инерции 1-го порядка?
36. Какой вид имеет выражение для результирующей силы инерции 2-го порядка?
37. По какой формуле определяется результирующий момент от сил 1-го порядка?
38. По какой формуле определяется результирующий момент от сил 2-го порядка?
39. Сколько существует вариантов чередования вспышек?
40. В какой плоскости происходит действие моментов от сил инерции впдм?
41. В настоящее время какой вариант с порядком работы имеет наибольшее распространение?
42. За счёт чего может быть обеспечено дополнительно к уравновешиванию силы ΣP_j и частичное снижение виброактивности реактивного момента двигателя M_p?
43. Какую возможность даст установка балансирных валов не симметрично оси коленвала, а со специально рассчитанным смещением?

44. Давно ли применяется такой способ установки валов?
45. Из чего определяется величина дисбалансов противовесов Mr ?
46. Во сколько раз обеспечивается уменьшение виброактивности, оцениваемое по величине импульса от сил момента при смещении балансирных валов?
47. Во сколько раз обеспечивается улучшение уравновешенности виброактивности по энергии возмущения от действия этих импульсов при смещении?
48. Своя величина оптимального смещения балансирных валов «а» определяется для каждого двигателя индивидуально, или же есть какие-то общие значения?

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-3, на промежуточной аттестации оцениваются ответы на приведенные вопросы:

1. За счёт чего возможно снижение виброактивности двигателей?
2. Чем снабжают новые модели ДВС?
3. В какой плоскости будет действовать результативный момент при симметричном расположении противовесов?
4. Можно ли вектор переносить момента по линии действия и параллельно самому себе?
5. Какие детали устанавливают на валы для создания центробежного моментами
6. Чем определены углы наклона плоскостей расположения противовесов на балансирных валах (относительно плоскости первого колена)?
7. Что происходит (что уравновешивается) в случае установки двух балансирных валов?
8. Какой способ практически не применяют из-за чрезмерного усложнения конструкции уравновешивающих устройств?
9. Как называется еще один способ частичного уравновешивания момента от сил инерции ВПДМ 1-го порядка SMj не связанный с применением балансирных валов?
10. Что может произойти, когда момент Мсд при некоторых условиях будет взаимодействовать с неуравновешенным моментом SMj ?
11. С какой стороны коленчатого вала начинается нумерация цилиндров V-образных двигателей?
12. При каких порядках обеспечивается Равномерное чередование рабочих ходов?
13. Как направлены силы инерции 1-го порядка в каждом отсеке?
14. Центробежные силы в рассматриваемом ДВС типа V действуют на каждом колене вала аналогично чему?
15. Чему равна величина центробежной силы на каждом колене?
16. Назовите Годограф и
17. Назовите количество противовесов для уравновешивания моментов и
18. Чему равен результирующий момент от сил инерции ВПДМ 2-го порядка
19. После чего ДВС типа V оказывается полностью уравновешенным?
20. Что остается неуравновешенным?
21. Для чего необходимы балансировочные валы?
22. Для чего необходимы нащёчные противовесы?
23. Как уравновесить силы инерции?
24. При каких условиях и какой вал можно расположить внутри остова ДВС?
25. Что необходимо для снижения внутренних напряжений в остове ДВС?
26. При каких схемах КШМ можно обойтись без балансировочных валов?

27. Какие силы в приоритете уравновешивания?
28. Смещают ли валы относительно друг друга?
29. Какой должен быть дисбаланс балансировочных валов?
30. Сколько максимально устанавливают балансировочных валов на ДВС?
31. Перечислите от чего зависит оптимальная величина развала угла
32. Определение балансирного вала
33. Какой из двигателей (с разрезными или неразрезными шатунными шейками) имеет усложненную конструкцию?
34. Является ли уравновешивание момента сил инерции первого порядка с помощью нащёчных противовесов достаточно эффективным?
35. При помощи чего можно уравновесить момент сил инерции первого порядка в двигателях с разрезными шатунными шейками?
36. При каких углах развала можно уравновесить момент сил инерции первого порядка с помощью только нащёчных противовесов в двигателях с разрезными шатунными шейками?
37. Чему равны интервалы между соседними вспышками при равномерном и неравномерном чередованиях?
38. В каком случае не потребуется установка балансирного вала в двигателях с разрезными шатунными шейками?
39. Что происходит с коленчатым валом при уменьшении угла развала?
40. Определение неуравновешенного двигателя
41. Как меняется крутящий момент двигателя?
42. Как меняется реактивный момент с увеличением количества цилиндров?
43. Зависит неуравновешенность двигателя от режима нагрузки ДВС? Если да, то как?
44. Какой тип двигателя обладает наибольшей неуравновешенностью?
45. Можно ли увеличивая массу поршня уменьшить реактивный момент? Почему?
46. Какой параметр характеризует общую неуравновешенность ДВС от переменного реактивного момента наиболее полно?
47. Для чего необходимо уравновешивать двигатель?
48. Как определяется Период результирующего крутящего момента?
49. Как можно уравновесить переменный реактивный момент?
50. Какой двигатель максимально уравновешен?
51. Перечислите основные параметры конструкции Уравновешенности ДВС от действия инерционных сил и моментов
52. Опишите порядок работы шатунных шеек
53. Объясните каким образом легче выполнить расчёт на уравновешенность
54. Как действуют силы инерции от ВПДМ 1-го и 2-го порядков в каждом цилиндре?
55. Почему результирующие моменты от сил инерции могут быть определены относительно любой точки?
56. Как можно упростить расчёт уравновешенности двигателя V8?
57. Какой порядок работы цилиндров у двигателя V8?
58. Назовите количество нащёчных противовесов на данном двигателе
59. При каком угле развала подобного двигателя не необходимости устанавливать балансирный вал?
60. Возможно ли получить приемлемый результат уравновешивания данного двигателя V без установки балансирного вала?

61. Для чего необходимы разрезные шатунные шейки?
62. Для чего необходимо равномерное чередование вспышек?
63. Влияют ли разрезные шатунные шейки на возможность равномерного чередования рабочих ходов при любых углах развала цилиндров?
64. Как удобно рассматривать V двигатель при его анализе и почему?
65. Чему равны силы инерции в двигателе V6?
66. Какую форму имеет годограф суммирующего момента силы инерции первого порядка двигателя V6?
67. Как уравновесить моменты от сил ВПДМ в двигателе V6?
68. Как определить результирующий от сил ВПДМ момент двигателя V6
69. Какую форму имеет годограф суммирующего момента центробежных сил инерции двигателя V6?
70. Как уравновесить моменты от центробежных сил в двигателе V?
71. Какой порядок работы цилиндров в двигателе V6?
72. Какие интервалы между последовательными вспышками (в градусах поворота коленчатого вала)?
73. Сколько литров составляет рабочий объем в автомобильных бензиновых ДВС?
74. Рабочий объем дизельных двигателей больше или меньше, чем у бензиновых?
75. При анализе уравновешенности V-образных двигателей их рассматривают как
76. V-образные двигатели с углом развала… получили наибольшее распространение в автотракторной технике
77. Возможны различные варианты реализации схемы V6 с…
78. Какой наиболее простой и наглядный метод анализа V-образного двигателя?
79. Каким способом выполняют уравновешивание обоих моментов?
80. Почему конструкция ДВС типа V6 обладает существенно худшей уравновешенностью чем R6?
81. Сколько балансирных валов устанавливают для уравновешивания сил инерции ВПДМ 1-го порядка ?
82. Как можно менять Величину опрокидывающего момента (амплитуду)?
83. Как меняются моменты, действующие на опоры силового агрегата без смещения балансирных валов и при смещении?
84. Чему соответствуют величины импульса L?
85. В чем польза установки балансирных валов?
86. Чему должны быть кратны углы между плоскостями колен?
87. Какой вид имеет выражение для результирующей силы инерции 1-го порядка?
88. Какой вид имеет выражение для результирующей силы инерции 2-го порядка?
89. По какой формуле определяется результирующий момент от сил 1-го порядка?
90. По какой формуле определяется результирующий момент от сил 2-го порядка?
91. Сколько существует вариантов чередования вспышек?
92. В какой плоскости происходит действие моментов от сил инерции впдм?
93. В настоящее время какой вариант с порядком работы имеет наибольшее распространение?
94. За счёт чего может быть обеспечено дополнительно к уравновешиванию силы ΣP_j и частичное снижение виброактивности реактивного момента двигателя M_p?
95. Какую возможность даст установка балансирных валов не симметрично оси коленвала, а со специально рассчитанным смещением?

96. Давно ли применяется такой способ установки валов?
97. Из чего определяется величина дисбалансов противовесов Mr ?
98. Во сколько раз обеспечивается уменьшение виброактивности, оцениваемое по величине импульса от сил момента при смещении балансирных валов?
99. Во сколько раз обеспечивается улучшение уравновешенности виброактивности по энергии возмущения от действия этих импульсов при смещении?
100. Своя величина оптимального смещения балансирных валов «а» определяется для каждого двигателя индивидуально, или же есть какие-то общие значения?
101. Назовите некоторые закономерности из таблицы «Эффективность рассмотренного способа уравновешивания на разных режимах работы»
102. Какой способ уравновешивания применяется на всех ДВС типа R со смещёнными балансирными валами?
103. Во сколько раз достигается улучшение уравновешенности, оцениваемое по суммарному снижению энергии виброактивности на двадцати учитываемых режимах работы?
104. Какой угол между плоскостями кривошипов?
105. Какой момент образуется в первом и во втором цилиндре, силы инерции 1-го порядка?
106. К чему равно результирующая центробежных сил при вращении?
107. Каким отрезком является годограф результирующего момента центробежных сил от обоих балансирных валов?
108. Что делают при малой виброактивности действия момента от сил инерции 2-го порядка ?
109. Что такое дисбаланс?
110. Уравновешивание осуществляют с помощью нащечных противовесов противовесы могут быть выполнены?
111. Для уравновешивания всех центробежных сил и моментов необходимо подобрать параметры?
112. Что такое годографы?
113. Основные размеры нащечных противовесов?
114. Чем определяется характер результирующего крутящего момента по углу поворота коленчатого вала?
115. Что является источником колебаний силового агрегата?
116. На чем основана методика и компьютерная программа для количественной оценки возмущения ДВС от действия реактивного крутящего момента?
117. От чего зависит виброактивность?
118. От чего зависит значение Lmax
119. Назовите формулу условной энергии возмущения колебаний E?
120. Какой вывод можно сделать исходя из таблицы?
121. Чему равна общая оценка виброактивности?
122. Какие силы инерции учитываются при уравновешивании ДВС?
123. Приведите формулы сил инерции 1-го и 2-го порядка
124. Назовите параметры КШМ
125. Что такое НВМ и как его рассчитать?
126. Что такое ВПДМ?
127. Опишите график изменение сил инерции 1-го и 2-го порядка

128. Назовите типичные параметры ДВС легкового автомобиля
129. Какие силы называют внешне неуравновешенными?
130. Какие силы называют внутренне неуравновешенными?
131. Какие выводы можно сделать при рассмотрении одноцилиндровое ДВС?
132. Какой угол расклинки должен быть у ДВС типа R3?
133. Расскажите про Силы инерции от ВПДМ 1-го порядка?
134. Расскажите про Силы инерции от ВПДМ 23-го порядка?
135. Как должны быть расположены Радиус-векторы противовесов под углом?
136. Какой интервал между с пышками для -тактного ДВС должно составлять?
137. Что уравновешена, а что нет в R?
138. Чем отличатся силы инерции 1-го порядка от 2-го?
139. Максимального значения момент от сил инерции 1-го порядка достигает при угле?
140. Максимального значения момент от сил инерции 2-го порядка достигает при угле?
141. Расскажите про трёхцилиндровый двигатель?
142. Как меняется крутящий момент двигателя Мк?
143. Как можно оценить возмущение от действия переменного реактивного момента на отдельном режиме работы ДВС?
144. По какой формуле определяется период результирующего крутящего момента θ ?
145. Чему равно значение Lмакс для R3 ДВС?
146. Чему равно значение Lмакс для R4 ДВС?
147. Чему равно значение Lмакс для R5 ДВС?
148. Чему равно значение Lмакс для R6 ДВС?
149. От чего зависит неуравновешенность двигателя R4?
150. Сколько режимов работ включает в себя возмущающее действие переменного реактивного момента?
151. Какой самый эффективный метод уменьшения неуравновешенности?