

СОГЛАСОВАНО

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.11 «Уравновешивание и крутильные колебания ДВС»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **13.03.03
Энергетическое машиностроение**

Направленность (профиль, специализация): **Двигатели внутреннего сгорания**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	А.Г. Кузьмин
Согласовал	Зав. кафедрой «»	
	руководитель направленности (профиля) программы	А.Е. Свистула

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-3	Способен проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1	Использует методы анализа и моделирования рабочих процессов тепловых двигателей, энергетических машин и установок
		ПК-3.2	Описывает принципы действия, функции и основные характеристики тепловых двигателей, энергетических машин и установок

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Детали машин и основы конструирования, Динамика двигателей, Теоретическая механика, Физика
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Конструирование двигателей, Преддипломная практика, Системы двигателей, Специальные двигатели

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	16	0	16	112	49

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 6

Лекционные занятия (16ч.)

1. Уравновешивание ДВС. Общие положения. Анализ уравновешенности {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,2,4,7] Силы, возникающие при работе поршневых двигателей. Понятие уравновешенности ДВС. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся деталей и центробежные силы инерции вращающихся масс.

Основы векторного анализа уравновешенности ДВС. 6 условий полной динамической уравновешенности. Последовательность рассмотрения и способы уравновешивания ДВС.

Уравновешивание 1-цилиндрового двигателя.

2. Практические задачи уравновешивания рядных ДВС. 2-х, 3-х и 4-х цилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,5,6,7] Уравновешивание 2-х цилиндровых рядных ДВС. Схемы с сонаправленными и противоположно направленными кривошипами.

Уравновешивание 3-цилиндрового рядного ДВС.

Уравновешивание 4-х цилиндровых рядных ДВС. Схемы с плоским и крестообразным коленчатым валом.

3. Практические задачи уравновешивания рядных ДВС. 5-ти, 6-ти и 8-мицилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,5,6,7] Уравновешивание 5-тицилиндровых рядных ДВС. Схемы с различными вариантами заклинки кривошипов.

Уравновешивание 6-тицилиндровых рядных ДВС. Конструктивные схемы 2-х и 4-х тактных двигателей.

Уравновешивание 8-мицилиндровых рядных ДВС. Конструктивные схемы 2-х и 4-х тактных двигателей.

4. Уравновешивание V-образных ДВС с 1 шатуном на каждой шатунной шейке. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,7] Уравновешивание 2-х цилиндровых ДВС с оппозитным расположением цилиндров.

Уравновешивание 4-х цилиндрового V-образного ДВС с цилиндрами, расположенными под углом 90 градусов.

5. Анализ динамических свойств плоских отсеков V-образных двигателей {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,7,8,9] Динамически эквивалентная модель плоского отсека 2V по силам инерции I порядка. Частные случаи ДЭМ-1 с различными углами развала блоков.

Динамически эквивалентная модель плоского отсека 2V по силам инерции II порядка. Частные случаи ДЭМ-2 с различными углами развала блоков.

6. Практические задачи уравновешивания V-образных ДВС. 4-х и 6-тицилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,7,8,9] Уравновешивание 4-х цилиндровых V-образных ДВС. Двигатели 4V90 2-х и 4-х тактные с несимметричными схемами и продольно-симметричной

схемой заклинки кривошипов коленчатого вала. Двигатели 4V180 с различными вариантами заклинки коленчатого вала.

Уравновешивание 6-цилиндровых V-образных ДВС. Двигатели 6V120 и 6V90.

7. Практические задачи уравновешивания V-образных ДВС. 8-ми и 10-цилиндровые двигатели. Критерии допустимой неуравновешенности двигателей. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,7,8,9]

Уравновешивание 8-цилиндровых V-образных ДВС. Двигатели 8V60 с плоским валом и 8V90 с крестообразным валом.

Уравновешивание 10-цилиндрового транспортного двигателя 10V120.

Критерии допустимой неуравновешенности Стечкина-Климова, Каца, ОА "Барнаултрансмаш".

8. Крутильные колебания коленчатого вала. Гасители крутильных колебаний. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,5] Методы анализа и моделирования крутильных колебаний валопроводов тепловых двигателей, энергетических машин и установок. Расчет частот собственных колебаний методом Толле. Средства подавления крутильных колебаний. Обоснование выбранных технических решений при совершенствовании конструкции двигателей.

Практические занятия (16ч.)

9. Описание принципа действия и конструктивных схем кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей. {метод кейсов} (2ч.)[1,2,3,4] Изучение традиционных схем расположения блоков цилиндров, конструкций коленчатых валов и уравновешивающих механизмов тепловых двигателей, энергетических машин и установок.

10. Использование метода векторного анализа уравновешенности кривошипно-шатунного механизма рядных двигателей {метод кейсов} (2ч.)[1,2,4,5] Использование метода векторного анализа и моделирования уравновешенности рядных тепловых двигателей, энергетических машин и установок. Изменение сил и моментов инерции по углу поворота коленчатого вала. Влияние схемы заклинки кривошипов вала, геометрических параметров двигателя и частоты вращения коленчатого вала на величину сил и моментов от сил инерции.

11. Использование метода векторного анализа уравновешенности кривошипно-шатунного механизма V-образных двигателей {метод кейсов} (4ч.)[1,4,5,6] Использование метода векторного анализа и моделирования уравновешенности V-образных тепловых двигателей, энергетических машин и установок. Изменение сил и моментов инерции по углу поворота коленчатого вала. Влияние схемы заклинки кривошипов вала, геометрических параметров двигателя и частоты вращения коленчатого вала на величину сил и моментов от сил инерции.

Влияние угла развала блоков и схемы заклинки кривошипов коленчатого вала на формирование годографа сил инерции I и II порядков и центробежных сил,

моментов от этих сил.

12. Моделирование противовесов коленчатого вала и уравнивающего механизма. {метод кейсов} (4ч.)[1,3,4,7,8] Анализ и моделирование уравновешенности тепловых двигателей, энергетических машин и установок популярных схем, расчет сил инерции и их моментов, разработка схемы расположения противовесов. Расчет геометрии.

13. Анализ равномерности выходного крутящего момента. Подбор и расчет маховика {метод кейсов} (2ч.)[1,5,6] Расчет выходного крутящего момента. Моделирование и анализ равномерности хода валопровода тепловых двигателей, энергетических машин и установок. Подбор и расчет маховика в зависимости от назначения энергетических машин и установок.

14. Принцип действия и функции механизма с частичным уравниванием реактивного крутящего момента двигателей R2 и R4 {метод кейсов} (2ч.)[1,5,6] Особенности уравнивания реактивного крутящего момента двигателей R2 и R4 за счет особого расположения балансирных валов

Самостоятельная работа (112ч.)

15. Изучение лекционного материала. {тренинг} (60ч.)[1,4,5,6,7] Изучение лекционного материала. Работа с литературными источниками.

16. Подготовка к защите практических работ {тренинг} (36ч.)[1,2,4,5,6,7] Изучение теории и расчетно-экспериментальных данных, полученных при проведении практических работ.

17. Подготовка к зачету {тренинг} (16ч.)[1,2,4,5,6,7] Повторение теоретического и практического материала, изученного в семестре

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Сеницын В.А. Динамическая уравновешенность двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие (Модульный курс) / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – 108 с. ISBN Прямая ссылка: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Sinicin-dinur.pdf>

2. Кузьмин А.Г. Динамический расчет кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания: Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу «Динамика двигателей» для студентов направления 141100 – «Энергетическое машиностроение» по профилю «Двигатели внутреннего сгорания»/ А.Г.Кузьмин, В.А.Сеницын, С.С.Дорофеева. Алт. гос.

MCVCNSVEMSU4OCVEMCVCOCVEMCVCMiVEMCVCMCVEMCVCRVEMCV
 VCOCVEMCVVNSsIRDAIQjQIRDAIQjIIRDAIQjglRDAIQjMIRDAIQjAIRDEIODII
 RDAIQjUIRDAIQkIIRDAIQjUIRDAIQjkrJUQxJTgxJUQwJUJGUQwJUJFJUQxJTgx
 JUQwJUJFJUQwJUIxJUQxJThCKyVEMSU4MyVEMSU4MCVEMCVCMCVEMCV
 CMiVEMCVCRVEMCVCRSVEMCVCMiVEMCVVNSVEMSU4OCVEMCVCO
 VEMCVCMiVEMCVCMCVEMCVCRVEMCVCOCVEMSU4RiZ1cmw9aHR0cCU
 zQS8vZWR1LnJnYXp1LnJlL2ZpbGUucGhwLzEvdmVzdG5pa19yZ2F6dS9kYXRhL
 zlwMTQwNTE5MTU0NjA0LzAxLnBkZiZscj0xOTcmbWltZT1wZGYmbDEwbj1ydS
 ZzaWduPTQ2ZGUxMTMxZGE4ZjZkODJjNzBiZmQxOTY3ZTEzYmJkMjtleW5vPT
 AifQ%3D%3D&lang=ru

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролируемых материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Acrobat Reader
2	LibreOffice
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky
5	Компас-3d
6	Яндекс.Браузер
7	7-Zip

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Springer - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг (https://www.springer.com/gp https://link.springer.com/)
2	Wiley - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг. Содержит большой раздел Computer Science & Information

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
	Technology, содержащий pdf-файлы с полными текстами журналов и книг издательства. Фиксируется пользователь информации на уровне вуза (Access by Polzunov Altai State Technical University) (https://www.wiley.com/en-ru https://www.onlinelibrary.wiley.com/)
3	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
4	Единая база ГОСТов Российской Федерации (http://gostexpert.ru/)
5	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)
6	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт РФ) –техрегламенты, ГОСТы (https://www.rst.gov.ru/portal/gost)
7	Электронная база ГОСТов (http://1000gost.ru/list/1-0.htm)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».