

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ

А.С. Баранов

## **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**

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

г. Барнаул

## 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.	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. Общие понятия об уравновешенности ДВС. Анализ уравновешенности {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,2,4,7,8]** Силы, возникающие при работе поршневых двигателей. Понятие уравновешенности ДВС. Силы инерции возвратно-поступательно движущихся деталей и центробежные силы инерции вращающихся масс. Моменты от этих сил. 6 условий динамической уравновешенности.

Основы векторного анализа уравновешенности ДВС. Динамически эквивалентные модели (ДЭМ) по силам инерции 1-цилиндрового ДВС и развернутого продольного модуля. Последовательность рассмотрения и способы уравновешивания ДВС.

Уравновешивание 1-цилиндрового двигателя.

**2. Практические задачи уравновешивания рядных ДВС. 2-, 3- и 4-цилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7,8]** Уравновешивание 2-цилиндровых рядных ДВС. Схемы с сонаправленными и противоположно направленными кривошипами.

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

Уравновешивание 3-цилиндрового рядного ДВС.

**3. Практические задачи уравновешивания рядных ДВС. 6- и 8-цилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]**

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

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

**4. Анализ динамических свойств плоских отсеков V-образных двигателей.**

**Динамически эквивалентная модель плоского отсека по силам инерции I порядка (ДЭМ-I). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]**

Конструктивные особенности плоских отсеков V-образных двигателей.

Результирующая нагрузка от сил инерции I порядка поступательно движущихся масс. Динамически эквивалентная модель плоского отсека по силам инерции I порядка (ДЭМ-I). Частные случаи ДЭМ-I с различными углами развала блоков.

**5. Анализ динамических свойств плоских отсеков V-образных двигателей.**

**Динамически эквивалентная модель плоского отсека по силам инерции II порядка (ДЭМ-II). {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]**

Результирующая нагрузка от сил инерции II порядка поступательно движущихся масс. Динамически эквивалентная модель плоского отсека по силам инерции II порядка (ДЭМ-II). Частные случаи ДЭМ-II с различными углами развала блоков. Последовательность анализа уравновешенности для 2-рядных 1-вальных ДВС (V-образных) с использованием динамически эквивалентных моделей ДЭМ-I и ДЭМ-II.

**6. Практические задачи уравновешивания V-образных ДВС. 4- и 8-**

**цилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]**  
Уравновешивание 4-цилиндровых V-образных ДВС. Двигатели 4V90 2- и 4-тактные с несимметричными схемами и продольно-симметричной схемой заклинки кривошипов коленчатого вала. Двигатели 4V180 с различными вариантами заклинки коленчатого вала.

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

**7. Практические задачи уравновешивания V-образных ДВС. 6- и 12-цилиндровые двигатели. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7]**  
Уравновешивание 6-хцилиндровых V-образных ДВС. Двигатели 6V90 и транспортный двигатель 6V120.

Уравновешивание 12-цилиндрового двигателя 12V60.

**8. Критерии допустимой неуравновешенности двигателей. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,7,8]** Критерии неуравновешенности Стечкина-Климова-Каца. Критерии неуравновешенности Б.А.Дурыманова (ОА "Барнаултрансмаш"). Теоретическая и действительная уравновешенность двигателей.

#### **Практические занятия (16ч.)**

**1. Изучение конструктивных схем кривошипно-шатунных механизмов поршневых двигателей. {работа в малых группах} (2ч.)[1,2,3,4,5,6]** Изучение традиционных схем расположения блоков цилиндров, конструкций коленчатых валов и уравновешивающих механизмов тепловых двигателей, энергетических машин и установок.

**2. Анализ уравновешенности 1-цилиндровых ДВС {работа в малых группах} (2ч.)[2,4,7,8]** Расчет изменения сил инерции первого и второго порядков поступательно-движущихся масс и центробежных сил инерции вращающихся масс по углу поворота коленчатого вала. Построение годографов сил. Построение диаграмм изменения сил во времени.

**3. Уравновешивание 1-цилиндрового ДВС {работа в малых группах} (2ч.)[2,4,7,8]** Анализ уравновешенности. Разработка схемы уравновешивающего механизма. Расчет противовесов. Оценка влияния положения центра тяжести и массы грузов на уравновешенность двигателя.

**4. Анализ уравновешенности 2-цилиндровых рядных ДВС с различными углами заклинки кривошипов. {работа в малых группах} (2ч.)[4,7,8]** Расчет изменения сил инерции первого и второго порядков поступательно-движущихся масс и центробежных сил инерции вращающихся масс и моментов по углу поворота коленчатого вала. Построение диаграмм изменения суммарных сил и моментов во времени. Оценка влияния углов заклинки кривошипов на уравновешенность двигателя.

**5. Уравновешивание 2-цилиндрового рядного ДВС {работа в малых группах} (2ч.)[4,7,8]** Анализ уравновешенности. Разработка схемы уравновешивающего механизма. Расчет противовесов. Оценка влияния положения центра тяжести и

массы грузов на уравновешенность двигателя.

**6. Анализ уравновешенности 4-цилиндровых рядных ДВС с различными углами заклинки кривошипов {работа в малых группах} (2ч.)[4,5,7,8]** Расчет изменения сил инерции первого и второго порядков поступательно-движущихся масс и центробежных сил инерции вращающихся масс и моментов по углу поворота коленчатого вала. Построение диаграмм изменения суммарных сил и моментов во времени. Оценка влияния углов заклинки кривошипов на уравновешенность двигателя.

**7. Уравновешивание 4-цилиндрового рядного ДВС {работа в малых группах} (2ч.)[4,5,7,8]** Анализ уравновешенности. Разработка схемы уравновешивающего механизма. Расчет противовесов. Оценка влияния положения центра тяжести и массы грузов на уравновешенность двигателя.

**8. Оценка уравновешенности 4-цилиндровых рядных ДВС по критериям неуравновешенности {работа в малых группах} (2ч.)[4,5,7,8]** Оценка уравновешенности по критериям Климова-Стечкина-Каца. Оценка уравновешенности по критериям Б.А.Дурыманова (Барнаултрансмаш).

#### **Самостоятельная работа (112ч.)**

**15. Изучение лекционного материала. {тренинг} (60ч.)[4,5,6,7,8]** Изучение лекционного материала. Работа с литературными источниками.

**16. Подготовка к защите практических работ {тренинг} (36ч.)[4,5,6,7,8]** Изучение теории и расчетно-экспериментальных данных, полученных при проведении практических работ.

**17. Подготовка к зачету {тренинг} (16ч.)[4,5,6,7,8]** 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. Пыжанкин, Г. В. Основы кинематики и динамики ДВС: учеб.пособие / Г.В. Пыжанкин; В.А. Сеницын / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2021. – 36 с. Режим доступа: [http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Pyzhankin\\_OsnKinDinDVS\\_up.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Pyzhankin_OsnKinDinDVS_up.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.

техн. ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 57с.  
Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kuzmin-dr.pdf>

3. Кузьмин А.Г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Динамика двигателей» для студентов направления 141100 – «Энергетическое машиностроение» по профилю «Двигатели внутреннего сгорания» Кузьмин А.Г., Сеницын В.А., Дорофеева С.С. /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. – 20 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Kuzmin-ldd.pdf>

## **6. Перечень учебной литературы**

### **6.1. Основная литература**

4. 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. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Sinicin-dinur.pdf>

### **6.2. Дополнительная литература**

5. Дружинин, А. М. Модернизация двигателей внутреннего сгорания : цилиндропоршневая группа нового поколения / А. М. Дружинин. — Москва : Инфра-Инженерия, 2017. — 150 с. — ISBN 978-5-9729-0158-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68994.html>

6. Горожанкин, С. А. Расчёт двигателей внутреннего сгорания: расчёт коленчатого вала : учебно-методическое пособие для выполнения практической работы / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, А. В. Чухаркин. — Макеевка : Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ЭБС АСВ, 2021. — 89 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120047.html>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

7. <http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/970/3/00481.pdf>

8. <http://www.dslib.net/teplo-dvigateli/razrabotka-metodov-issledovaniy-i-sposobov-uravnoveshivaniya-porshnevyyh-dvigatelej.html>

## **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.

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

<b>№пп</b>	<b>Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы</b>
1	Springer - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг ( <a href="https://www.springer.com/gp">https://www.springer.com/gp</a> <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a> )
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы ( <a href="http://Window.edu.ru">http://Window.edu.ru</a> )
2	Wiley - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг. Содержит большой раздел Computer Science & Information Technology, содержащий pdf-файлы с полными текстами журналов и книг издательства. Фиксируется пользователь информации на уровне вуза (Access by Polzunov Altai State Technical University) ( <a href="https://www.wiley.com/en-ru">https://www.wiley.com/en-ru</a> <a href="https://www.onlinelibrary.wiley.com/">https://www.onlinelibrary.wiley.com/</a> )
2	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. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )
4	Единая база ГОСТов Российской Федерации ( <a href="http://gostexpert.ru/">http://gostexpert.ru/</a> )
6	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт РФ) –техрегламенты, ГОСТы ( <a href="https://www.rst.gov.ru/portal/gost">https://www.rst.gov.ru/portal/gost</a> )
7	Электронная база ГОСТов ( <a href="http://1000gost.ru/list/1-0.htm">http://1000gost.ru/list/1-0.htm</a> )

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

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
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».