

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Динамика двигателей

Направление подготовки: 13.03.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Хлюпин В.Б. (Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна, Автомобильное отделение), VBHljupin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-11	способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов деятельности
ПК-13	способностью осуществлять монтажно-наладочные работы на объектах профессиональной деятельности
ПК-9	готовностью разрабатывать и применять энергоэффективные машины, установки, двигатели и аппараты по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках

Должен уметь:

- применять методы графического представления объектов энергетического машиностроения, схем и систем

- принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения

Должен владеть:

- разрабатывать и применять энергоэффективные машины, установки, двигатели и аппараты по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии

Должен демонстрировать способность и готовность:

- способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения

- готовность разрабатывать и применять энергоэффективные машины, установки, двигатели и аппараты по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.03.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 3, 4 курсах в 5, 6, 7 семестрах.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных(ые) единиц(ы) на 324 часа(ов).

Контактная работа - 126 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 162 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре; зачет в 6 семестре; экзамен в 7 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Кинематика кривошипно-шатунных механизмов.	5	2	0	4	18
2.	Тема 2. Динамика КШМ. Приведение масс КШМ.	5	6	0	8	18
3.	Тема 3. Силы, действующие в КШМ.	5	6	0	4	18
4.	Тема 4. Равномерность хода двигателя и расчет маховика.	5	4	0	2	18
5.	Тема 5. Уравновешивание двигателей.	6	6	0	10	16
6.	Тема 6. Основы теории колебаний.	6	4	0	8	16
7.	Тема 7. Крутильные колебания коленчатых валов.	6	6	0	10	14
8.	Тема 8. Определение напряжений при крутильных колебаниях.	6	2	0	8	8
9.	Тема 9. Демпферы крутильных колебаний.	7	6	0	6	12
10.	Тема 10. Численные методы теории колебаний и удара.	7	6	0	6	12
11.	Тема 11. Свободные и вынужденные колебания в системах.	7	6	0	6	12
	Итого		54	0	72	162

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Кинематика кривошипно-шатунных механизмов.

Предмет и задачи курса. Рекомендуемая литература. Основные определения и постановка задачи по кинематике КШМ. Кинематика аксиального механизма. Расчетная схема. Вывод уравнений перемещения? скорости и ускорения поршня в функции угла поворота кривошипа. Влияние размеров звеньев КШМ изменения отношения радиуса кривошипа к длине шатуна и частоты вращения двигателя на его кинематические параметры.

Тема 2. Динамика КШМ. Приведение масс КШМ.

Приведение шатуна к эквивалентной системе - двух- и трех-массовая система. Приведение вращающихся масс к эквивалентной системе. Приведение возвратно-поступательно движущихся масс. Силы инерции КШМ. Суммарные силы давления газов и инерции. Силы, действующие в КШМ. Нагрузки на шатунную шейку, полярная диаграмма нагрузок и диаграмма условного износа. Нагрузки на коренные шейки. Набегающие крутящие моменты и крутящий момент двигателя.

Тема 3. Силы, действующие в КШМ.

Расчетная схема и принятые допущения. Силы инерции КШМ. Суммарные силы давления газов и инерции. Силы, действующие в КШМ. Нагрузки на шатунную шейку, полярная диаграмма нагрузок и диаграмма условного износа. Нагрузки на коренные шейки. Набегающие крутящие моменты и крутящий момент двигателя.

Тема 4. Равномерность хода двигателя и расчет маховика.

Равномерность крутящего момента и равномерность хода двигателя. Условия равновесия. Момент сил внешнего сопротивления. Вывод уравнения степени неравномерности хода двигателя в функции избыточной работы крутящего момента. Влияние приведенного момента инерции двигателя и числа цилиндров на его равномерность хода, приемистость и условия пуска.

Тема 5. Уравновешивание двигателей.

Основные положения, условия уравновешенности поршневых двигателей. Уравновешивание вращающихся масс. Силы инерции 1-го и 2-го порядка, уравновешивание возвратно-поступательно движущихся масс - схема Ланчестера. Уравновешивание 2-х цилиндровых двигателей. Уравновешивание 3-х цилиндрового двигателя. Уравновешивание 4-х, 6-ти, 8-ми цилиндровых двигателей. Влияние динамической уравновешенности на нагруженность коренных подшипников. Определение размеров противовесов. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.

Тема 6. Основы теории колебаний.

Основные понятия основ теории колебаний. Приведение крутильной системы коленчатого вала к "эквивалентной" системе. Условия приведения к эквивалентной системе. Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье.

Тема 7. Крутильные колебания коленчатых валов.

Определение напряжений при крутильных колебаниях Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье. Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных ко-лебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Ко-лебания при наличии демпфирования. .

Тема 8. Определение напряжений при крутильных колебаниях.

Определение напряжений при крутильных колебаниях Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье. Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных ко-лебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Колебания при наличии демпфирования.

Тема 9. Демпферы крутильных колебаний.

Демпферы крутильных колебаний. Определение напряжений при крутильных колебаниях Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье.

Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных ко-лебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Ко-лебания при наличии демпфирования.

Тема 10. Численные методы теории колебаний и удара.

Численные методы теории колебаний и удара. Определение напряжений при крутильных колебаниях Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье.

Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных ко-лебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Ко-лебания при наличии демпфирования.

Тема 11. Свободные и вынужденные колебания в системах.

Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье. Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных ко-лебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Ко-лебания при наличии демпфирования.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 5			

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	Текущий контроль		
1	Лабораторные работы	ПК-11	1. Введение. Кинематика кривошипно-шатунных механизмов. 2. Динамика КШМ. Приведение масс КШМ.
2	Лабораторные работы	ПК-13	3. Силы, действующие в КШМ.
3	Лабораторные работы	ПК-9	4. Равномерность хода двигателя и расчет маховика.
	Зачет	ПК-11, ПК-13, ПК-9	
Семестр 6			
	Текущий контроль		
1	Лабораторные работы	ПК-11	5. Уравновешивание двигателей.
2	Лабораторные работы	ПК-13	6. Основы теории колебаний.
3	Лабораторные работы	ПК-9	7. Крутильные колебания коленчатых валов. 8. Определение напряжений при крутильных колебаниях.
	Зачет	ПК-11, ПК-13, ПК-9	
Семестр 7			
	Текущий контроль		
1	Лабораторные работы	ПК-11	9. Демпферы крутильных колебаний.
2	Лабораторные работы	ПК-13	10. Численные методы теории колебаний и удара.
3	Лабораторные работы	ПК-9	11. Свободные и вынужденные колебания в системах.
	Экзамен	ПК-11, ПК-13, ПК-9	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 5					
Текущий контроль					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
					2
					3
	Зачтено		Не зачтено		

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
Семестр 6					
Текущий контроль					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1 2 3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		
Семестр 7					
Текущий контроль					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1 2 3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 5

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Темы 1, 2

Основные определения и постановка задачи по кинематике КШМ. Кинематика аксиального механизма. Расчетная схема. Вывод уравнений перемещения, скорости и ускорения поршня в функции угла поворота кривошипа.

Влияние размеров звеньев КШМ (отношения радиуса кривошипа к длине шатуна) и частоты вращения двигателя на его кинематические параметры.

Вывод приближенных уравнений перемещения? скорости и ускорения поршня. 1-ый и 2-ой порядок кинематических параметров.

Кинематика дезаксиального КШМ. Расчетная схема. Вывод уравнений перемещения, скорости и ускорения поршня в функции угла поворота коленчатого вала. Сравнительный анализ аксиального и дезаксиального механизмов.

Вопросы:

1. Кинематика аксиального КШМ.
2. Кинематика дезаксиального КШМ.
3. Уравновешенные и неуравновешенные силы, действующие в поршневом двигателе.
4. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.
5. Приведение массы шатуна к двух-массовой системе. Условия приведения.

2. Лабораторные работы

Тема 3

Приведение шатуна к эквивалентной системе - двух- и трехмассовая система. Приведение вращающихся масс к эквивалентной системе. Приведение возвратно- поступательно движущихся масс. Силы инерции КШМ.

Суммарные силы давления газов и инерции. Силы, действующие в КШМ. Нагрузки на шатунную шейку, полярная диаграмма нагрузок и диаграмма условного износа. Нагрузки на коренные шейки. Набегающие крутящие моменты и крутящий момент двигателя.

Вопросы:

1. Вывод приближенных уравнений перемещения, скорости и ускорения поршня. 1-ый и 2-ой порядок кинематических параметров.
2. Приведение шатуна к эквивалентной системе - двух- и трехмассовая система.
3. Приведение вращающихся масс к эквивалентной системе.
4. Приведение возвратно- поступательно движущихся масс.
5. Силы инерции КШМ.
6. Суммарные силы давления газов и инерции.
7. Силы, действующие в КШМ.

3. Лабораторные работы

Тема 4

Равномерность крутящего момента и равномерность хода двигателя. Условия равновесия. Момент сил внешнего сопротивления. Вывод уравнения степени неравномерности хода двигателя в функции избыточной работы крутящего момента. Влияние приведенного момента инерции двигателя и числа цилиндров на его равномерность хода, приемистость и условия пуска.

Вопросы:

1. От чего зависит равномерность хода двигателя?
2. Что такое коэффициент неравномерности хода двигателя?
3. Для чего необходим маховик?
4. В заключается расчет маховика?
5. Вывод уравнения степени неравномерности хода двигателя в функции избыточной работы крутящего момента.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Кинематика аксиального КШМ.
2. Кинематика дезаксиального КШМ.
3. Уравновешенные и неуравновешенные силы, действующие в поршневом двигателе.
4. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.
5. Приведение массы шатуна к двух-массовой системе. Условия приведения.
6. Приведение массы шатуна к трех-массовой системе. Условия приведения.
7. Приведение вращающихся масс КШМ. Условия приведения.
8. Силы, действующие в КШМ.
9. Силы инерции 1-ого и 2-ого порядка.
10. Кинематика аксиального механизма. Расчетная схема. Вывод уравнений перемещения, скорости и ускорения поршня в функции угла поворота кривошипа.
11. Влияние размеров звеньев КШМ (отношения радиуса кривошипа к длине шатуна) и частоты вращения двигателя на его кинематические параметры.
12. Вывод приближенных уравнений перемещения, скорости и ускорения поршня. 1-ый и 2-ой порядок кинематических параметров.
13. Приведение шатуна к эквивалентной системе - двух- и трехмассовая система.
14. Приведение вращающихся масс к эквивалентной системе.
15. Приведение возвратно- поступательно движущихся масс.
16. Силы инерции КШМ.
17. Суммарные силы давления газов и инерции.
18. Силы, действующие в КШМ.
19. Нагрузки на шатунную шейку, полярная диаграмма нагрузок и диаграмма условного износа.
20. Равномерность крутящего момента и равномерность хода двигателя. Условия равновесия. Момент сил внешнего сопротивления.
21. Вывод уравнения степени неравномерности хода двигателя в функции избыточной работы крутящего момента.

Семестр 6

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Тема 5

Расчетные исследования уравновешенности различных типов ДВС. Силы инерции 1-го и 2-го порядка, уравновешивание возвратно-поступательно движущихся масс - схема Ланчестера. Уравновешивание 2-х цилиндрических двигателей. Уравновешивание 3-х цилиндрического двигателя. Уравновешивание 4-х, 6-ти, 8-ми цилиндрических двигателей. Влияние динамической уравновешенности на нагруженность коренных подшипников. Определение размеров противовесов. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.

Вопросы:

1. Приведите схему Ланчестера.
2. Когда используется схема Ланчестера.
3. Условие уравновешенности двигателей.
4. Какие двигатели считаются полностью уравновешенными.
5. Откуда появляются силы инерции 1 и 2 порядков.

2. Лабораторные работы

Тема 6

Системы с одной степенью свободы. Свободные колебания.

Дифференциальные уравнения колебаний линейной системы с одной степенью свободы. Вынужденные колебания при гармоническом возбуждении. Биения. Основы виброзащиты

Введение в теорию механического удара.

Виды ударных воздействий в технике и технологии. Классификация Аппеля

Вопросы:

1. Какие колебания существуют в технике
2. Что такое резонанс
3. Схема колебательного контура
4. Влияет ли сила тяжести на колебания
5. что такое жесткость пружины

3. Лабораторные работы

Темы 7, 8

Основные понятия. Приведение крутильной системы коленчатого вала к эквивалентной? условия приведения.

Свободные крутильные колебания многомассовой системы. Практический гармонический анализ, приближенное определение коэффициентов ряда Фурье.

Вынужденные крутильные колебания многомассовой системы. Резонанс крутильных колебаний. Сопротивление крутильным колебаниям, рассеяние энергии, гистерезисные потери. Колебания при наличии демпфирования.

Вопросы:

1. Приведите дифференциальное уравнение свободных крутильных колебаний системы с тремя массами.
2. Приведите схему одноузловых и двух узловых крутильных колебаний.
3. Что называется узлом крутильных колебаний и приведите его свойства.
4. Что называется низшей и высшей формой колебаний?
5. Приведите дифференциальную систему уравнений для свободных крутильных колебаний многомассовой крутильной системы.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Уравновешенный двигатель: определение, условия уравновешенности.
2. Схема Ланчестера для уравновешивания одноцилиндрового двигателя.
3. Уравновешивание 2-цилиндровых двигателей с плоским коленчатым валом. .
4. Уравновешивание 3-цилиндровых двигателей.
5. Уравновешивание V-образных 2-цилиндровых двигателей с одним общим кривошипом.
6. Уравновешивание 4-цилиндровых рядных двигателей.
7. Уравновешивание 6-цилиндровых рядных двигателей.
8. Крутящий момент двигателя. Набегающие крутящие моменты на коренных и шатунных шейках.
9. Равномерность крутящего момента и равномерность хода двигателя.
10. Собственные и вынужденные колебания. внутреннее и внешнее сопротивление.
- 11 Приведение крутильной системы к динамически эквивалентной.
12. Гармонический анализ крутильных колебаний.
13. Резонансные режимы работы ДВС.
14. Уравновешивание сил и моментов инерции вращающихся масс. Статическая и динамическая уравновешенность.
15. Динамика перекадки поршня.
16. Мероприятия по снижению напряжений скручивания.
17. Силы, действующие на шатунные шейки. Диаграмма условного износа.
18. Приведение крутильной системы к динамически эквивалентной.
19. Свободные колебания системы вала со многими массами.

Семестр 7

Текущий контроль

1. Лабораторные работы

Тема 9

Основные понятия. Виды демпферов крутильных колебаний коленчатых валов. Жидкостные, резиновые, маятниковые демпферы. Влияние демпферов на крутильные колебания.

Вопросы:

1. Что такое демпфер?
2. Что такое гаситель крутильных колебаний?
3. К чему может привести отсутствие демпфера?
4. Где устанавливается демпфер?
5. Какие виды демпферов существуют?

2. Лабораторные работы

Тема 10

Вынужденные колебания при произвольном возбуждении. Вынужденные колебания при синусоидальном импульсе. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Уравнения движения. Определение частот и форм свободных колебаний. Примеры расчета частот и форм собственных колебаний.

Колебания стержней с распределенной массой. Продольные и крутильные колебания стержней, поперечные колебания струн. Изгибные колебания прямых стержней.

Вопросы:

1. Случайные колебания. Случайные функции. Воздействие случайной стационарной нагрузки на линейную колебательную систему.
2. Примеры расчета случайных колебаний.
3. Ударное взаимодействие механических систем.
4. Теория Герца.
5. Теория соударения упругих систем, учитывающая местные и общие их деформации.

3. Лабораторные работы

Тема 11

Колебания систем с одной степенью свободы. Расчетные схемы и уравнения движения.

Свободные колебания линейной консервативной системы. Вынужденные колебания линейной системы без трения. Затухание свободных колебаний

Вопросы:

1. Объясните причины возникновения малых колебаний механической системы.
2. Под действием, каких сил совершаются малые колебания механической системы?
3. Что такое коэффициент жёсткости?
4. Как вычисляется эквивалентный коэффициент жёсткости при последовательном и параллельном соединении нескольких пружин?
5. Назовите типы колебательных механических систем?

Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Колебания систем с одной степенью свободы.
2. Расчетные схемы и уравнения движения.
3. Свободные колебания линейной консервативной системы.
4. Вынужденные колебания линейной системы без трения.
5. Затухание свободных колебаний
6. Колебания систем с конечным числом степеней свободы.
7. Уравнения движения.
8. Определение частот и форм свободных колебаний.
9. Примеры расчета частот и форм собственных колебаний.
10. Колебания стержней с распределенной массой.
11. Продольные и крутильные колебания стержней, поперечные колебания струн.
12. Изгибные колебания прямых стержней.
13. Приближенные и численные методы расчета колебаний.
14. Простейшие приближенные формулы для оценки низшей собственной частоты.
15. Метод Рэлея ? Ритца.
16. Прямая дискретизация систем с распределенной массой.
17. Метод конечных элементов.
18. Метод последовательных приближений.
19. Колебания пластин и оболочек.
20. Уравнение движения пластины постоянной толщины
21. Демпферы крутильных колебаний.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 5			
Текущий контроль			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	20
		2	20
		3	10
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
Семестр 6			
Текущий контроль			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	20
		2	20
		3	10
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
Семестр 7			
Текущий контроль			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	20
		2	20
		3	10
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Казанский (Приволжский) Федеральный университет - www.kpfu.ru

Технический журнал "Автомобильная промышленность" - www.mashin.ru/eshop/journals/avtomobilnaya_promyshlennost

Технический журнал "Вестник машиностроения" - www.mashin.ru/eshop/journals/vestnik_mashinostroeniya

ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com>

ЭБС Издательства Лань - <http://e.lanbook.com>

ЭБС Консультант студента - www.studentlibrary.ru

ЭБС Университетская библиотека online - <http://biblioclub.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
лабораторные работы	Для подготовки к занятиям рекомендуется обращать внимание на проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные оценки. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем.
самостоятельная работа	В ходе самостоятельной работы необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	При подготовке к зачету необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение семестра. Также не следует бояться дополнительных вопросов. Они свидетельствуют не о стремлении помешать студенту отвечать, или "завалить" его, а, скорее всего, о наличии каких-либо недочетов в ответе, которые необходимо устранить, чтобы получить положительную, или более высокую оценку.
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо опираться прежде всего на лекции, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. На черновике, выданном для подготовки к ответу желательно записать свою фамилию, число и группу. Также не следует бояться дополнительных вопросов. Они свидетельствуют не о стремлении помешать студенту отвечать, или "завалить" его, а, скорее всего, о наличии каких-либо недочетов в ответе, которые необходимо устранить, чтобы получить положительную, или более высокую оценку.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" и профилю подготовки "Двигатели внутреннего сгорания".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.10 Динамика двигателей

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 13.03.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Основная литература:

1. Никишин В. Н. Прикладная теория колебаний в автомобиле- и двигателестроении [Текст] : учебное пособие / В. Н. Никишин ; Камская гос. инж.- эконом. акад. - Набережные Челны : [Изд-во Камской инж.-эконом. акад.], 2012 . 325 с. : ил. Гриф УМО . Библиогр.: с. 318-319. ISBN 978-5-9536-0237-2 (кафедра А,АДиД, 100 экз.)
2. Чернов К.В. Тепловые двигатели: конспект лекций / К.В. Чернов, В. Б. Хлюпин ; Камская гос. инж.-эконом. акад. Набережные Челны : [Изд-во Камской гос. инж.-эконом. акад.], 2009 . 168 с. : ил. Прил.: с. 75-84 (кафедра А,АДиД, 100 экз.)
3. Конструирование двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]: учебник / Н. Д. Чайнов [и др.] ; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва : Машиностроение, 2011. - 496 с. : ил. ; 23 см. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 484 (9 назв.). - Предм. указ.: с. 485-489-ISBN 978-5-94275-575-1.. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65697.

Дополнительная литература:

1. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие:/ А.Н. Гоц. - Москва: Форум, 2015. 384 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=474612>
2. Павленко А. П. Аналитические и численные методы прочностного анализа и проектирования автомобильных конструкций [Текст] : учебное пособие для вузов / А. П. Павленко, В. Н. Никишин ; Казанский федеральный ун-т, Набережночелнинский ин-т. - Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2015 . 130 с. Гриф УМО .Библиогр.: с. 128-129.(кафедра А,АДиД, 100 экз.)
3. Карелина М.Ю. Электронные системы управления работой дизельных двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Москва : ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2017. - 160 с. - ISBN 9785160120676- Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=552429>.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.10 Динамика двигателей

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 13.03.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.