

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 внутреннего сгорания с зазорами в механизмах Б1.В.ДВ.02.01

Направление подготовки: 13.04.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Дмитриев С.В.

**Рецензент(ы):** Кулаков А.Т.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Валеев Д. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Автомобильное отделение) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Дмитриев С.В. (Кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна, Автомобильное отделение), SVDmitriev@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-8	Способен оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, анализировать и разрабатывать рекомендации по дальнейшей эксплуатации

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

основные методы расчета и оценки нагрузок в основных нагруженных механизмах поршневых двигателей, способы их конструирования, их технические характеристики, о передовом опыте создания двигателей

Должен уметь:

в профессиональной деятельности формулировать цель динамического анализа и применить кинематические и динамические расчеты для обеспечения высоких экологических и ресурсных показателей двигателей, выбрать способы снижения виброн нагруженности и повышения надежности, провести анализ возможности возникновения резонансных режимов;

Должен владеть:

методами анализа динамических процессов в поршневых двигателях, колебаний элементов двигателей, их влияния на функциональные и экологические показатели двигателей;

Должен демонстрировать способность и готовность:

расчета параметров соударения при перекладках, расчета собственных частот колебаний распределенных систем, выявления опасных режимов работы, а также экспериментальных методов исследований.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 44 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 100 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Динамические (ударные) процессы протекающие в ДВС. Требования, предъявляемые к обеспечению качества КШМ.	3	1	2	0	10
2.	Тема 2. Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы.	3	1	4	4	15
3.	Тема 3. Теория удара Тимошенко С.П.. Контактная теория Герца.	3	1	0	2	15
4.	Тема 4. Математическая модель динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня. Расчет силы соударения и вибраций гильз цилиндра.	3	1	0	4	15
5.	Тема 5. Математическая модель соударения в шестерёнчатом приводе, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала	3	1	4	4	15
6.	Тема 6. Экспериментальные исследования вторичного движения поршня. Экспериментальные исследования вибрации гильз цилиндра.	3	1	4	0	15
7.	Тема 7. Профилирование овально-бочкообразного профиля радиального движения поршня. Динамический анализ шатуна и поршня на трение в цилиндро-поршневой группе. Динамические (ударные) процессы протекающие в двигателях внутреннего сгорания и их роль в обеспечении качества двигателей.	3	2	4	4	15
	<b>4.2 Содержание дисциплины</b>		8	18	18	100

Требования, предъявляемые к обеспечению качества кривошипно-шатунного механизма. Предмет и задачи курса. Особое внимание уделяется ударным нагрузкам, возникающим в механизме привода поршня при перекладке движения, т.е. при ударных нагрузках в малых зазорах.

**Тема 2. Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы.**

Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы. Основные допущения. Анализ закономерностей изменения скорости и ускорения поршня кривошипно-шатунного механизма при перекладке движения, т.е. при ударных нагрузках в малых зазорах. Вывод аналитических зависимостей ударных нагрузок от параметров режима работы двигателя.

**Тема 3. Теория удара Тимошенко С.П.. Контактная теория Герца.**

Теория удара Тимошенко С.П.. Контактная теория Герца. Основные положения теории. Схема взаимодействия элементов конструкции, участвующих в контакте. Аналитическое описание и параметризация процесса соударения элементов и контактирования. Роль характеристик, применяемых в ударных процессах материалов.

**Тема 4. Математическая модель динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня. Расчет силы соударения и вибраций гильз цилиндра.**

Основные положения модели динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня. Алгоритм расчета силы соударения и вибраций гильз цилиндра. Основные допущения, применяемые при разработке модели динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня. Возможные варианты расчетных методик, учитывающих соударение поршня с гильзой при перекладке поршня. Влияние режима работы двигателя на выбор варианта модели.

### **Тема 5. Математическая модель соударения в шестерёнчатом приводе, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала**

Крутильные колебания коленчатого вала и математическая модель соударения в шестерёнчатом приводе. Влияние соотношения масс элементов привода, свойств материалов от величин зазоров на силу удара и возможные пути уменьшения износа элементов шестерёнчатого привода, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала.

### **Тема 6. Экспериментальные исследования вторичного движения поршня. Экспериментальные исследования вибрации гильз цилиндра.**

Методика экспериментального исследования вторичного движения поршня и и вибрации гильз. Применяемые датчики и аппаратура для измерения сигналов датчиков. Характеристики датчиков для тензометрических исследований вторичного движения поршня и вибрации гильз цилиндра. Методики измерения параметров радиального движения поршня. Организация токосъема электрического сигнала, обработка сигнала.

### **Тема 7. Профилирование овално-бочкообразного профиля юбки поршня с учётом радиального движения поршня. Динамический анализ шатуна и потерь на трение в цилиндро-поршневой группе.**

Методика профилирования юбки поршня с учетом радиального движения. Математическая модель динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня. Динамические процессы, протекающие в двигателях внутреннего сгорания и их влияние на качество кривошипно-шатунного механизма. Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы.

## **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".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаленного доступа к электронным образовательным ресурсам в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## **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
<b>Семестр 3</b>			

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ПК-8	2. Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы.
2	Контрольная работа	ПК-8	5. Математическая модель соударения в шестерёнчатом приводе, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала
3	Устный опрос	ПК-8	1. Динамические (ударные) процессы протекающие в ДВС. Требования, предъявляемые к обеспечению качества КШМ.
	<b>Экзамен</b>		

## 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.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
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
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	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 3**

**Текущий контроль**

**1. Лабораторные работы**

Тема 2

Отчет по лабораторным работам

Варианты заданий для каждого занятия

Модели двигателей

Ne (л.с.) Mкр (кгм)

740.75-440 440 206

740.73-400 400 176

740.70-280 280 117

Технические характеристики ЯМЗ-5340

Мощность, кВт (л.с.) 140 (190)

Частота вращения, мин-1 2300

Макс. крутящий момент, Н.м (кгс.м) 750 (80)

Частота при макс. крут. моменте, мин-1 1200-1600

Технические характеристики ЯМЗ-5344

Мощность, кВт (л.с.) 100 (136)

Частота вращения, мин-1 2300

Макс. крутящий момент, Н.м (кгс.м) 421 (43)

Частота при макс. крут. моменте, мин-1 1200-2100

Мин. уд. расход топлива, г/кВт.ч (г/л.с.ч) 197(145)

Лабораторная работа ♦ 1.

Название работы: Исследование перекладки поршня и вибрации гильз.

Содержание работы: Методики измерения параметров радиального движения поршня.

Организация токосъема электрического сигнала. Обработка сигнала. Использование прямого и обратного БПФ. Фильтрация сигнала.

Объем в часах - 4 часа.

#### Лабораторная работа ♦ 2.

Название работы: Измерение силы соударения в зубчатом зацеплении.

Содержание работы: Применяемые схемы наклейки тензорезисторов. Калибровка тензодатчиков. Организация токосъёма электрического сигнала. Обработка сигнала.

Объем в часах - 4 часа.

#### Лабораторная работа ♦ 3.

Название работы: Измерение коэффициента динамичности шатуна от силы давления газов и потерь на трение в цилиндро-поршневой группе.

Содержание работы: Применяемые схемы наклейки тензорезисторов. Калибровка тензодатчиков. Организация токосъёма электрического сигнала. Обработка сигнала.

Объем в часах - 6 часа.

Итоговое занятие.

Содержание работы: Защита отчётов по лабораторным работам ♦ 1-3.

Объём в часах - 4 часа.

### **2. Контрольная работа**

Тема 5

Отчет по контрольным работам

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ:**

Занятие 1.

Расчет силы соударения и вибраций гильз цилиндра.

Варианты

Объем в часах - 6 часов.

Занятие 2.

Математическая модель соударения в шестерёнчатом приводе, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала.

Объем в часах - 6 часов.

Занятие 3.

Профилирование овально-бочкообразного профиля юбки поршня с учётом радиального движения поршня.

Объем в часах - 6 часов.

Двигатели КАМАЗ V-8 120x130 11.76 1900

Варианты заданий для каждого занятия

Модели двигателей

Ne (л.с.) Mкр (кгм)

740.75-440 440 206

740.74-420 420 186

740.73-400 400 176

740.72-360 360 157

740.71-320 320 137

740.70-280 280 117

Двигатель ЯМЗ-534, это L-образный четырехцилиндровый дизель семейства ЯМЗ-530,

Технические характеристики ЯМЗ-5340

Мощность, кВт (л.с.) 140 (190)

Частота вращения, мин-1 2300

Макс. крутящий момент, Н.м (кгс.м) 750 (80)

Частота при макс. крут. моменте, мин-1 1200-1600

Технические характеристики ЯМЗ-5344

Мощность, кВт (л.с.) 100 (136)

Частота вращения, мин-1 2300

Макс. крутящий момент, Н.м (кгс.м) 421 (43)

Частота при макс. крут. моменте, мин-1 1200-2100

Мин. уд. расход топлива, г/кВт.ч (г/л.с.ч) 197(145)

### **3. Устный опрос**

Тема 1

1. Перечислить требования, предъявляемые к обеспечению качества кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания.

2. Роль динамических (ударных) процессов, протекающих в двигателях внутреннего сгорания, в обеспечении их качества.

3. Причины отказов кривошипно-шатунного механизма.

4. Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.



5. Силы и моменты, действующие на поршень при его перекладке.
6. Влияние зазора в шестеренчатом приводе на силу удара от крутильных колебаний коленчатого вала.
7. Вращательные движения поршня при его перекладке.
8. Математическая модель колебания гильзы цилиндра как консольной балки.
9. Расчет силы соударения и вибраций гильз цилиндра.
10. Вибрация гильзы цилиндра и дезаксаж оси поршневого пальца.

#### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Требования, предъявляемые к обеспечению качества КШМ.
2. Динамика причин отказов КШМ.
3. Силы, действующие в КШМ.
4. Силы и моменты, действующие на поршень при его перекладке.
5. Поступательное движение поршня при перекладке.
6. Вращательное движение поршня при перекладке.
7. Требования, предъявляемые к обеспечению качества КШМ.
8. Математическая модель колебания гильзы цилиндра как консольной балки.
9. Математическая модель деформации юбки поршня.
10. Расчет силы удара поршня и гильзы.
11. Частоты собственных колебаний гильзы цилиндра.
12. Деформации поршня и гильзы цилиндра.
13. Крутильные колебания коленчатого вала.
14. Влияние зазора в шестеренчатом приводе на силу удара от крутильных колебаний коленчатого вала.
15. Влияние демпфера на силу удара от крутильных колебаний коленчатого вала.
16. Проблемы ненадежной работы шестеренчатых приводов.
17. Вибрация гильзы цилиндра и дезаксаж оси поршневого пальца.
18. Математическая модель соударения в шестеренчатом приводе, вызываемого крутильными колебаниями коленчатого вала.
19. Профилирование овально профиля юбки поршня с учётом радиального движения поршня.
20. Профилирование бочкообразного профиля юбки поршня с учётом радиального движения поршня.
21. Математическая модель динамики соударения поршня с гильзой при перекладке поршня.
22. Динамические (ударные) процессы протекающие в ДВС и их роль в обеспечении качества КШМ.
23. Математическая модель вторичного движения поршня под действием боковой силы.
24. Расчет силы соударения и вибраций гильз цилиндра.
25. Методики измерения параметров радиального движения поршня. Применяемые типы датчиков.
26. Методики измерения параметров радиального движения поршня. Организация токосъёма электрического сигнала.
27. Методики измерения параметров радиального движения поршня. Обработка сигнала от датчиков.
28. Методика исследования вибрации гильзы цилиндра. Применяемые типы датчиков.
29. Методика исследования вибрации гильзы цилиндра. Организация токосъёма электрического сигнала.
30. Методика исследования вибрации гильзы цилиндра. Использование прямого и обратного БПФ. Фильтрация сигнала.
31. Методика измерения силы соударения в зубчатом зацеплении. Применяемые схемы на-клейки тензорезисторов. Калибровка тензодатчиков.
32. Методика измерения коэффициента динамичности шатуна от силы давления газов. Применяемые схемы наклейки тензорезисторов. Калибровка тензодатчиков.
33. Методика измерения коэффициента динамичности шатуна от силы давления газов. Организация токосъёма электрического сигнала.
34. Методика измерения коэффициента динамичности шатуна от силы давления газов. Обработка сигнала.

#### **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
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
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
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	20
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	3	10
<b>Экзамен</b>	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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Прокопенко Н. И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. И. Прокопенко. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 592 с. - ISBN 978-5-8114-1047-7. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=611](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=611).
2. Прокопенко Н. И. Экспериментальные исследования двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учебное пособие / Н. И. Прокопенко. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 592 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 588-589. - Гриф УМО. - В пер. - ISBN 978-5-8114-1047-7. (11 экз.)
3. Никишин В.Н. Прикладная теория колебаний в автомобиле- и двигателестроении: учебное пособие / В.Н. Никишин; ФГБОУ 'Кам. Гос. инж.-экон. акад.' - Набережные Челны: Изд-во Кам-ской гос. инж.-экон. акад., 2012 г. - 324 с. (50 экз. на кафедре)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Теория автомобилей и двигателей : учеб. пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. - 2-е изд., испр. - Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2019.- 448 с. - ISBN:978-5-16-006210-5.- (Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1025072>
2. Никишин В.Н. Формирование и обеспечение качества автомобильного дизеля. Часть I. / В.Н. Никишин; Министерство образования и науки; Камская госуд. инж.-экон. акад. - Наб. Челны: Изд-во Камской госуд. инж.-экон. акад., 2006. - 456 с. (Монографические исследования: техника) (25 экз. на кафедре)
3. Никишин В.Н. Формирование и обеспечение качества автомобильного дизеля. Часть II. / В.Н. Никишин д.т.н.; ГОУ ВПО 'Камская госуд. инж.-экон. акад.' - Наб. Челны: Изд-во Камской госуд. инж.-экон. акад., 2008. - 175 с. (Монографические исследования: техника) (25 экз. на кафедре)
4. Маслов Г. С. Расчеты колебаний валов: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 151 с. (6 экз.)
5. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1978. - 448 с. (4 экз.)
6. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2-х кн. Кн. 2/ Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1978. - 439 с. (5 экз.)

7. Гоц А. Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Гоц. - Москва: Издательство 'ФОРУМ', 2013. - 208 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-91134-746-8. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=406090>

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

Казанский (Приволжский) Федеральный университет - [www.kpfu.ru](http://www.kpfu.ru)

Технический журнал "Автомобильная промышленность" - [www.mashin.ru/eshop/journals/avtomobilnaya\\_promyshlennost](http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomobilnaya_promyshlennost)

Технический журнал "Вестник машиностроения" - [www.mashin.ru/eshop/journals/vestnik\\_mashinostroeniya](http://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](http://www.studentlibrary.ru)

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

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Важным условием освоения теоретических знаний является ведение конспектов лекций, овладение научной терминологией. Материалы лекционных курсов следует своевременно подкреплять проработкой соответствующих разделов в учебниках, учебных пособиях, научных статьях и монографиях, справочниках.</p> <p>Дополнительная проработка изучаемого материала проводится на семинарских занятиях, в ходе которых студенты подробно анализируют основные составляющие изучаемой темы. В ходе доклада или диалога с преподавателем рассматривается содержание основных тем курса, обсуждаются последние публикации по изучаемым проблемам.</p>
практические занятия	<p>Студентам следует:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;</li><li>- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;</li><li>- при подготовке к практическим занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и нормативно-правовые акты и материалы правоприменительной практики;</li><li>- теоретический материал следует соотносить с правовыми нормами, так как в них могут быть внесены изменения, дополнения, которые не всегда отражены в учебной литературе;</li></ul> <p>3</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;</li><li>- в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;</li><li>- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.</li></ul>

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Ведущей дидактической целью лабораторных работ является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей). Наряду с ведущей целью, в ходе выполнения заданий, у обучающихся формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, оформлять результаты).
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы. К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.
устный опрос	Для подготовки к устному опросу студенту необходимо ознакомиться с материалом, посвященным теме семинара, в учебнике или другой рекомендованной литературе, записях с лекционного занятия, обратить внимание на усвоение основных понятий дисциплины, выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения, составить тезисы выступления по отдельным проблемным аспектам. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы.
контрольная работа	Контрольная работа выполняется студентами на основе самостоятельного изучения рекомендованной литературы, с целью систематизации, закрепления и расширения теоретических знаний, развития творческих способностей студентов, овладения навыками самостоятельной работы с научной, научно-методической, нормативно-правовой литературой, формирования умений анализировать и отвечать на вопросы, поставленные темой работы, делать выводы на основе проведенного анализа. Работы приобщают также студентов к научно-исследовательской деятельности, играют важную роль в их профессиональной подготовке.
экзамен	Изучение дисциплины завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

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

Освоение дисциплины "Динамика двигателей внутреннего сгорания с зазорами в механизмах" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

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 профилированных 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.

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

Освоение дисциплины "Динамика двигателей внутреннего сгорания с зазорами в механизмах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

#### **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 13.04.03 "Энергетическое машиностроение" и магистерской программе Двигатели внутреннего сгорания .