

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ»**

направление подготовки / специальность

13.03.03 – энергетическое машиностроение

направленность (профиль) подготовки

Двигатели внутреннего сгорания

г. Владимир

Год  
2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Конструирование двигателей» является:

- изучении конструктивных особенностей механизмов поршневых двигателей и их деталей;
- освоение основ конструирования в машиностроении;
- формирование знаний в области проектирования двигателей внутреннего сгорания;
- освоении современных расчетных методов при проектировании деталей ДВС;
- использование информационных технологий при конструировании поршневых двигателей и энергетического оборудования.

**Задачи дисциплины** – привитие навыков выбора эффективных технических решений при проектировании поршневых двигателей, научить проводить прочностные расчеты при проектировании основных узлов и деталей двигателей внутреннего сгорания; строить расчетные схемы, определять критерии прочности, использовать технологические и конструкторские методы для обеспечения технического уровня и надежности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Конструирование двигателей» относится к вариативной части дисциплин, формируемая участниками образовательных отношений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции <i>(код, содержание индикатора)</i>	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.	<p>ПК-1.1. Знает, как разрабатывается проектная и техническая документация при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.</p> <p>ПК-1.2. Умеет разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками проектирования при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выборе основных и вспомогательных материалов при проектировании двигателей</p>	<p><b>Знает</b> конкретные технические решения при создании объектов энергетического оборудования.</p> <p><b>Умеет</b> применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.</p> <p><b>Владеет</b> современными компьютерными технологиями в своей предметной области.</p>	Выполнение курсового проекта по дисциплине и расчетно-пояснительная записка к нему

<p>ПК-5. Способен участвовать в подготовке отчетов по результатам расчетных и экспериментальных исследований объектов энергетического машиностроения.</p>	<p>ПК-5.1. Знает методы оформления отчетов по результатам расчетных и экспериментальных исследований объектов энергетического машиностроения. ПК-5.2. Умеет выполнять обобщение результатов исследований на базе стандартных и специализированных пакетов прикладных программ, оформлять отчеты и проводить анализ полученных данных. ПК-5.3. Владеет навыками пользователя стандартных и специализированных пакетов прикладных программ по обработке результатов исследований, оформлению отчетов.</p>	<p><b>Знает</b> достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в конструировании ДВС. <b>Умеет</b> провести расчеты основных деталей на базе современных методик с использованием современных пакетов САПР. <b>Владеет</b> информацией из различных источников и баз данных по конструкции современных двигателей и их систем и использовать эти данные при проектировании.</p>	<p>Выполнение курсового проекта по дисциплине расчетно-пояснительная записка к нему</p>
---	---	--	---

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1.	Выбор основных параметров двигателей. Выбор компоновочной схемы двигателя.	7	1	2	2		4	2/50	
2.	Основные показатели двигателя. Этапы проектирования двигателя	7	2	2	2		4	2/50	
3.	Выбор расчетных режимов при проектировании двигателя. Расчеты на прочность при переменных напряжениях.	7	3	2	2		4	2/50	
4.	Изменение показателей рабочего процесса двигателя по внешней скоростной характеристике. Моделирование внешней скоростной характеристики на стадии проектирования	7	4	2	2		4	-	
5.	Моделирование регуляторной характеристики тракторного дизеля на стадии проектирования.	7	5	2	2		4	2/50	Рейтинг-контроль №1
6.	Определение сил и моментов в КШМ. Методы уравнивания	7	6	2	2		4	2/50	
7.	Конструктивные особенности коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей	7	7	2	2		4	1/25	

Коллектив преподавателей

8.	Расчет коленчатых валов	7	8	2	2		4	2/50	
9.	Методы упрочнения и изготовления коленчатых валов. Применяемые материалы.	7	9	2	2		4	1/25	
10	Нагрузки на шатунные и коренные подшипники коленчатого вала	7	10	2	2		4		
11.	Конструкция, материалы и покрытия коренных и шатунных подшипников. Расчет подшипников скольжения.	7	11	2	2		4	2/50	Рейтинг-контроль №2
12.	Шатуны. Конструкции элементов шатуна. Нагрузки на шатуны.	7	12	2	2		4	2/50	
13	Методы расчета шатунов	7	13	2	2		4		
14.	Резьбовые соединения, коэффициент основной нагрузки для различных резьбовых соединений.	7	14	4	4		4	2/50	
15.	Расчет резьбовых соединений: шатунных болтов и болтов крышек коренных подшипников	7	15	2	2		4	2/50	
16.	Конструкции и расчет поршней..	7	16	2	2		4	2/50	
17.	Конструкции и условия работы поршневых колец, их виды.	7	17	2	2		4	2/50	
18.	Конструкции и расчет поршневых пальцев	7	18	2	2		4	2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 7 семестр</b>				<b>36</b>	<b>36</b>		<b>72</b>	<b>26/36</b>	<b>Экзамен (36)</b>
1	Конструктивный обзор механизмов газораспределения. Расчет проходных сечений, хода клапана. Основные параметры кулачков, виды рабочих профилей. Закон движения толкателя.	8	1	4	2	2	20	3/50	
2	Профилирование безударных кулачков. Расчет пружины клапана.	8	2	2	2	-	20	2/50	
3	Расчет распредвала. Расчет штанги и толкателя. Силовые схемы двигателей. Расчет корпусных деталей двигателя: цилиндров, блоков, блок-картеров.	8	3	4	4	2	20	2/33,3	Рейтинг-контроль №1
4	Конструкции головок цилиндров, впускных и выпускных каналов.	8	4	2	2	-	20	-	
5	Профилирование впускных и выпускных каналов. Условия нагружения головок цилиндров. Расчетные схемы.	8	5	4	2	3	20	2/33,3	
6	Работа газового стыка. Расчет болтов (шпилек) головки цилиндра. Двухтактные двигатели: с кривошипно-камерной продувкой и приводным нагнетателем, с противоположно движущимися поршнями.	8	6	3	2	-	20	2/50	Рейтинг-контроль №2
7	Настройка систем двухтактных ДВС. Роторно-поршневые и газотурбинные двигатели	8	7	5	2		21	-	
8	Двигатели Стирлинга	8	8	3	2	2	21	2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 8 семестр</b>				<b>27</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>162</b>	<b>15/31</b>	<b>Экзамен (45), КП</b>
<b>Наличие в дисциплине КП/КР</b>									<b>КП, 8 семестр</b>
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>63</b>	<b>54</b>	<b>9</b>	<b>234</b>	<b>120/34</b>	<b>Экзамен (36), Экзамен (45), КП</b>

## Содержание лекционных занятий по дисциплине 7 семестр

Тема 1. Основные задачи и цели дисциплины «Конструирование двигателей».

Содержание темы.

Введение. Задачи и цели дисциплины. Современное состояние, тенденции и задачи развития тепловых двигателей на примерах наиболее прогрессивных конструкций отечественных и зарубежных поршневых двигателей. Этапы проектирования тепловых двигателей: техническое задание; эскизный, технический и рабочий проекты.

Тема 2. Выбор основных параметров поршневых двигателей.

Содержание темы.

Выбор основных параметров поршневых двигателей: тип двигателя; среднее эффективное давление; частота вращения и средняя скорость поршня; отношение хода поршня к диаметру цилиндра; отношение радиуса кривошипа к длине шатуна; число цилиндров; тактность, рабочий объем цилиндра, вид охлаждения; диаметр цилиндра. Выбор компоновочной схемы поршневого двигателя, преимущества и недостатки схем. Анализ достигнутого уровня.

Тема 3. Основные показатели поршневого двигателя.

Содержание темы.

Основные показатели поршневого двигателя: удельная мощность, литровая и поршневая мощность; удельная масса, литровая масса, эффективные показатели. Изменение показателей рабочего процесса поршневого двигателя по внешней скоростной и регуляторной характеристиках.

Тема 4. Выбор расчетных режимов поршневого двигателя.

Содержание темы.

Выбор расчетных режимов поршневого двигателя – при номинальной (максимальной) мощности, при максимальном крутящем моменте, на режиме максимальной частоты вращения холостого хода. Расчетные режимы двухтактных двигателей.

Тема 5. Моделирование внешней скоростной и регуляторной характеристик поршневого двигателя

Содержание темы.

Моделирование внешней скоростной и регуляторной характеристик поршневого двигателя на стадии проектирования с использованием безразмерных координат.

Тема 6. Расчет деталей поршневых двигателей на действие нагрузок, переменных во времени.

Содержание темы.

Влияние знакопеременного характера изменения сил и моментов на особенности расчета деталей тепловых двигателей. Запасы прочности при сложном напряженном состоянии. Конструкции коленчатых валов: порядок работы рядных и V-образных поршневых двигателей, угол смещения очередных по порядку работы цилиндров кривошипов, передача момента на маховик, подвод смазки, фиксация вала, влияние на прочность крутильных колебаний. Методы упрочнения коленчатых валов.

Тема 7. Расчет коленчатых валов рядных и V-образных поршневых двигателей.

Содержание темы.

Расчет набегающих моментов на коренных и шатунных шейках, расчет шеек на усталость, особенности расчета шеек.

Тема 8. Конечно-элементные модели, используемые при расчете коленчатых валов.

Содержание темы.

Конечно-элементные модели, используемые при расчете коленчатых валов: кинематические граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

Тема 9. Конструкция и расчет подшипников скольжения ДВС.

Содержание темы.

Конструкция, материалы и покрытия коренных и шатунных подшипников. Расчет подшипников скольжения.

Тема 10. Конструкция шатунов поршневых двигателей.

Содержание темы.

Шатуны. Конструкции элементов шатуна – поршневой головки, стержня, кривошипной головки, шатунных болтов, виды разъемов кривошипной головки шатуна.

Тема 11. Расчет шатуна при действии переменных нагрузок.

Содержание темы.

Расчет поршневой головки, эпюра напряжений; расчет стержня в двух плоскостях, особенности расчета кривошипной головки. Способы повышения надежности шатунов.

Тема 12. Конечнo-элементные модели, используемые при расчете шатунов..

Содержание темы.

Конечнo-элементные модели, используемые при расчете шатунов: кинематические граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

Тема 13. Расчет резьбовых соединений поршневых двигателей.

Содержание темы.

Расчет резьбовых соединений, коэффициент основной нагрузки для различных резьбовых соединений. Величина нагрузки, прикладываемой к болту или шпильке при действии переменных нагрузок.

Тема 14. Конструкции шатунных болтов.

Содержание темы.

Особенности расчета шатунных болтов с учетом деформации вкладышей. Расчет момента затяжки, определение момента на ключе. Мероприятия по повышению надежности шатунных болтов.

Тема 15. Конструкции поршней автотракторных поршневых двигателей.

Содержание темы.

Конструкции поршней автотракторных поршневых двигателей: высота жарового пояса, число колец, высота головки и юбки, овализация, смещение оси пальца, терморегулирующие вставки, нирезистовые вставки в канавку первого кольца, покрытия.

Тема 16. Расчет поршня.

Содержание темы.

Расчет днища, верхней кольцевой перемычки, зазоров. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршней. Расчет поршней МКЭ.

Тема 17. Конструкции, условия работы и расчет поршневых колец.

Содержание темы.

Конструкции и условия работы поршневых колец, их виды. Среднее радиальное давление, виды эпюр колец (грушевидная, яблоковидная, равномерная), напряжение в рабочем состоянии и при надевании на поршень, расчет зазора в замке. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршневых колец.

Тема 18. Конструкция и расчет поршневых пальцев.

Содержание темы.

Конструкции поршневых пальцев: плавающие, запрессованные в головку шатуна, облегченные с ребрами жесткости, с профилированными рабочими поверхностями, условия работы. Расчетная схема по Кинасошвили, расчет на изгиб, срез, овализацию и усталость; эпюра овализации, определение наиболее опасного сечения, отличия при расчете плавающих и запрессованных пальцев. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршневых пальцев. Использование метода конечных элементов при расчете поршневой группы: методы определения и задания граничных условий теплообмена, силовой нагрузки, кинематических граничных условий при разных уровнях моделирования.

## 8 семестр

Тема 1. Конструктивный обзор механизмов газораспределения.

Содержание темы.

Конструктивный обзор механизмов газораспределения: расположение и число клапанов; расположение распредвала. Назначение, условия работы и конструктивные особенности распредвалов, толкателей, штанг, коромысел, тарелок, сухарей, пружин, направляющих втулок, клапанов.

Тема 2. Расчет МГР.

Содержание темы.

Расчет проходных сечений, хода клапана. Основные параметры кулачков, виды рабочих профилей. Закон движения толкателя при безударных кулачках.

Тема 3. Профилирование безударных кулачков на ЭВМ.

Содержание темы.

Профилирование безударных кулачков на ЭВМ. Расчет пружины клапана при безударном кулачке.

Тема 4. Расчет распределительного вала.

Содержание темы.

Расчет распредвала. Обоснование расчетной схемы, определение силы инерции, усилия пружины, газовой силы применительно к безударному кулачку.

Тема 5. Расчет штанги и толкателя.

Содержание темы.

Расчет штанги на продольную устойчивость с учетом допускаемой погнутой. Расчет толкателя с учетом действия максимального усилия в момент максимального ускорения. Гидрокомпенсаторы зазора.

Тема 6. Силовые схемы двигателей.

Содержание темы.

Силовые схемы двигателей. Расчет корпусных деталей поршневых двигателей: цилиндров, блоков, блок-картеров. Конечно-элементные модели, используемые при расчете цилиндров, перегородок блок-картеров: кинематические и тепловые граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

Тема 7. Конструкции головок цилиндров, впускных и выпускных каналов.

Содержание темы.

Конструкции головок цилиндров, впускных и выпускных каналов. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении головок. Расчет головок с учетом газовых, монтажных и температурных нагрузок. Конечно-элементные модели, используемые при расчете головок цилиндров: кинематические и тепловые граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

Тема 8. Работа газового стыка.

Содержание темы.

Работа газового стыка. Расчет болтов (шпилек) головки цилиндра. Влияние соотношения податливостей деталей на характер нагружения газового стыка.

Тема 9. Обзор конструкций машин, установок, двигателей и аппаратов по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии.

Содержание темы.

Обзор конструкций машин, установок, двигателей и аппаратов по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии, в том числе: паровые и водогрейные котлы и котлы-утилизаторы; парогенераторы; паро- и газотурбинные установки и двигатели; теплообменные аппараты; холодильные установки; компрессоры.

Тема 10. Обзор систем кондиционирования воздуха.

Содержание темы.

Обзор систем кондиционирования воздуха. Расчет систем кондиционирования воздуха.

Тема 11. Исполнительные устройства систем управления работы энергетических машин.

Содержание темы.

Исполнительные устройства систем управления работы энергетических машин, установок, двигателей и аппаратов.

Тема 12. Вспомогательное оборудование.

Содержание темы.

Вспомогательное оборудование, обеспечивающее функционирование энергетических установок и двигателей.

### **Содержание практических занятий по дисциплине 7 семестр**

Тема 1. Выбор и обоснование основных параметров проектируемого поршневого двигателя.

Содержание темы.

Расчет на ПЭВМ показателей проектируемого двигателя. Выбор и обоснование основных параметров проектируемого поршневого двигателя.

Тема 2. Анализ достигнутого уровня проектируемого двигателя.

Содержание темы.

Выбор для анализа показателей выпускаемых поршневых двигателей. Анализ достигнутого уровня проектируемого двигателя.

Тема 3. Выбор расчетных режимов.

Содержание темы.

Выбор расчетных режимов. Расчет сил и моментов, действующих в поршневом двигателе.

Тема 4. Построение внешней скоростной характеристики проектируемого поршневого двигателя.

Содержание темы.

Построение внешней скоростной характеристики проектируемого поршневого двигателя.

Тема 5. Построение регуляторной характеристики проектируемого поршневого двигателя.

Содержание темы.

Построение регуляторной характеристики проектируемого поршневого двигателя.

Тема 6. Расчет сил и моментов, действующих на расчетных режимах в КШМ.

Содержание темы.

Проведение динамического расчета на ПЭВМ и расчет сил и моментов, действующих на расчетных режимах в КШМ.

Тема 7. Полярная диаграмма нагрузок на шатунную шейку.

Содержание темы.

Построение полярной диаграммы нагрузки на шатунную шейку и диаграммы изнашивания..

Тема 8. Полярная диаграмма нагрузок на коренную шейку.

Содержание темы.

Построение полярной диаграммы нагрузки на коренную шейку и диаграммы изнашивания.

Тема 9. Расчет набегающих моментов на коренные и шатунные шейки коленчатого вала поршневого двигателя

Содержание темы.

Расчет набегающих моментов на коренные и шатунные шейки коленчатого вала поршневого двигателя, определение наиболее нагруженной шейки.

Тема 10. Прочностной расчет коленчатого вала.

Содержание темы.

Расчеты на прочность наиболее нагруженного кривошипа коленчатого вала с учетом нагрузок на расчетных режимах.

Тема 11. Расчеты элементов шатуна.

Содержание темы.

Расчет поршневой головки шатуна.

Тема 12. Расчет стержня и кривошипной головки шатуна.

Содержание темы.

Расчет стержня и кривошипной головки шатуна.

Тема 13. Расчет шатунных болтов

Содержание темы.

Расчеты шатунных болтов.

Тема 14. Расчет поршневого пальца.

Содержание темы.

Расчет поршневого пальца.

Тема 15. Построение эпюр напряжений в поршневом пальце.

Содержание темы.

Построение эпюр напряжений. Определение зазоров.

Тема 16. Расчет поршневых колец.

Содержание темы.

Расчет поршневых колец.

Тема 17. Расчет подшипников скольжения.

Содержание темы.

Расчет поршневых колец.

Тема 18. Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту.

Содержание темы.

Обсуждение содержания расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту.

## 8 семестр

Тема 1. Определение проходного сечения горловины.

Содержание темы.

Определение проходного сечения горловины и хода впускного клапана поршневого двигателя.

Тема 2. Построение профиля безударного кулачка.

Содержание темы.

Построение профиля безударного кулачка и расчет ускорений.

Тема 3. Расчет пружины клапана.

Содержание темы.

Построение характеристики пружины клапана и определение ее параметров. Расчет пружины клапана на прочность и на резонанс.

Тема 4. Обоснование расчетной схемы и расчет распределительного вала.

Содержание темы.

Обоснование расчетной схемы и расчет распределительного вала.

Тема 5. Расчет штанги и толкателя.

Содержание темы.

Расчет штанги и толкателя.

Тема 6. Расчет корпусных деталей поршневых двигателей.

Содержание темы.

Расчет корпусных деталей поршневых двигателей: цилиндров, блоков, блок-картеров.

Тема 7. Расчет головок с учетом газовых, монтажных и температурных нагрузок.

Содержание темы.

Расчет головок с учетом газовых, монтажных и температурных нагрузок.

Тема 8. Расчет болтов (шпилек) головки цилиндра.

Содержание темы.

Расчет болтов (шпилек) головки цилиндра.

Тема 9. Расчет элементов системы охлаждения.

Содержание темы.

Расчет элементов системы охлаждения.

Тема 10. Конечно-элементный анализ теплового и напряженно-деформированного состояния поршня: создание конечно-элементной модели; определение и задание тепловых граничных условий, расчет и анализ теплового состояния поршня.

Содержание темы.

Конечно-элементный анализ теплового и напряженно-деформированного состояния поршня: создание конечно-элементной модели; определение и задание тепловых граничных условий, расчет и анализ теплового состояния поршня.

Тема 11. Конечно-элементный анализ теплового и напряженно-деформированного состояния поршня: определение и задание кинематических граничных условий, силовой нагрузки, расчет и анализ напряженно-деформированного состояния поршня.

Содержание темы.

Конечно-элементный анализ теплового и напряженно-деформированного состояния поршня: определение и задание кинематических граничных условий, силовой нагрузки, расчет и анализ напряженно-деформированного состояния поршня.

Тема 12. Расчет смазочной системы.

Содержание темы.

Расчет смазочной системы.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

#### **8 семестр**

Тема 1. Устройство и типы тензорезисторов, измерительные схемы, определение абсолютной и относительной погрешностей тензометрирования.

Содержание темы.

Устройство и типы тензорезисторов, измерительные схемы, определение абсолютной и относительной погрешностей тензометрирования.

Тема 2. Изучение цифрового тензомоста ЦТМ-5. Определение чувствительности тензорезистора.

Содержание темы.

Изучение цифрового тензомоста ЦТМ-5. Определение чувствительности тензорезистора.

Тема 3. Исследование напряженно-деформированного силовых шпилек дизеля воздушного охлаждения.

Содержание темы.

Исследование напряженно-деформированного силовых шпилек дизеля воздушного охлаждения.

Тема 4. Влияние фаз газораспределения на показатели ДВС.

Содержание темы.

Влияние фаз газораспределения на показатели ДВС.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **7 семестр**

#### **Первый рейтинг-контроль**

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Расчет цикла проектируемого поршневого двигателя на режимах: номинальном и максимального крутящего момента (по индивидуальному заданию).
2. Провести анализ технического уровня проектируемого двигателя по данным статистического анализа 40...50 аналогов зарубежных и отечественных поршневых двигателей (по индивидуальному заданию)..
3. Построить внешнюю скоростную или регуляторную характеристику проектируемого поршневого двигателя (по индивидуальному заданию)..

### **Второй рейтинг-контроль**

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Провести динамический расчет проектируемого поршневого двигателя и выбрать режимы для расчета прочность деталей (по индивидуальному заданию). .
2. Составить таблицы набегающих моментов на коренные и шатунные шейки коленчатого вала, а по их анализу выбрать наиболее нагруженную шейку(по индивидуальному заданию)..
3. Построить полярную диаграмму нагрузок на шатунную и коренную шейки, а также построить условную диаграмму их износа (по индивидуальному заданию)..
4. Провести расчет на прочность коленчатого вала проектируемого двигателя (по индивидуальному заданию)..

### **Третий рейтинг-контроль**

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Провести расчет на прочность шатуна (по индивидуальному заданию):
  - поршневой головки;
  - стержня;
  - кривошипной головки;
  - шатунных болтов.
2. Провести расчет деталей цилиндра-поршневой группы (по индивидуальному заданию):
  - поршневого пальца;
  - поршневых колец;
  - днища поршня бензинового двигателя.

## **8 семестр**

### **Первый рейтинг-контроль**

Вопросы для рейтинг-контроля

1. Профилирование безударного кулачка. Определение максимального хода клапана и толкателя. Определение напряжений в пружине клапанного механизма. Расчет пружины на отсутствие резонанса (по индивидуальному заданию).
2. Представление черного варианта первого листа курсового проекта (по индивидуальному заданию).

### **Второй рейтинг-контроль**

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Определение производительности жидкостного насоса. Расчет производительности вентилятора (по индивидуальному заданию).
2. Черновой вариант продольного и поперечного разрезов двигателя (по индивидуальному заданию).

### **• 3 рейтинг-контроль**

1. Описание смазочной системы и расчет подшипников скольжения (по индивидуальному заданию).
2. Представление расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту (по индивидуальному заданию).

На практических занятиях в 7 семестре рассматриваются решение типовых задач, которые студенты должны выполнить и представить при рейтинг-контроле и поместить в расчетно-пояснительную записку к курсовому проекту.

*(рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3). Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля успеваемости*

**5.2. Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины: 7 семестр – экзамен; 8 семестр – экзамен.

### **Контрольные вопросы к экзаменам**

#### **7 семестр.**

1. Выбор основных параметров поршневых двигателей: тип двигателя; среднее эффективное давление; частота вращения и средняя скорость поршня; отношение хода поршня к диаметру цилиндра; отношение радиуса кривошипа к длине шатуна; число цилиндров; тактность, рабочий объем цилиндра, вид охлаждения; диаметр цилиндра.
2. Выбор компоновочной схемы поршневого двигателя, преимущества и недостатки схем.
3. Основные показатели поршневого двигателя: удельная мощность, литровая и поршневая мощность; удельная масса, литровая масса, эффективные показатели. Анализ достигнутого уровня.
4. Этапы проектирования тепловых двигателей: техническое задание; эскизный, технический и рабочий проекты.
5. Изменение показателей рабочего процесса поршневого двигателя по внешней скоростной характеристике.
6. Выбор расчетных режимов поршневого двигателя – при номинальной (максимальной) мощности, при максимальном крутящем моменте, на режиме максимальной частоты вращения холостого хода. Расчетные режимы двухтактных двигателей.
7. Моделирование внешней скоростной и регуляторной характеристик поршневого двигателя на стадии проектирования.
8. Влияние знакопеременного характера изменения сил и моментов на особенности расчета деталей тепловых двигателей.
9. Конструкции коленчатых валов: порядок работы рядных и V-образных поршневых двигателей, угол смещения очередных по порядку работы цилиндров кривошипов, передача момента на маховик, подвод смазки, фиксация вала, влияние на прочность крутильных колебаний. Методы упрочнения коленчатых валов. Расчет набегающих моментов на коренных и шатунных шейках, расчет шеек на усталость, особенности расчета щек. Конечно-элементные модели, используемые при расчете коленчатых валов: кинематические граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.
10. Конструкция, материалы и покрытия коренных и шатунных подшипников. Расчет подшипников скольжения.
11. Шатуны. Конструкции элементов шатуна – поршневой головки, стержня, кривошипной головки, шатунных болтов, виды разъемов кривошипной головки шатуна. Расчет поршневой головки, эпюра напряжений; расчет стержня в двух плоскостях, особенности расчета кривошипной головки. Расчет резьбовых соединений, коэффициент основной нагрузки для различных резьбовых соединений. Величина нагрузки, прикладываемой к болту или шпильке при

действию переменных нагрузок. Конструкции шатунных болтов. Особенности расчета шатунных болтов с учетом деформации вкладышей. Расчет момента затяжки, определение момента на ключе.

12. Физическая природа и характеристики основных факторов разрушения действующих на термонагруженные детали двигателя внутреннего сгорания: малоцикловая усталость, многоцикловая усталость, высокотемпературная ползучесть, релаксация напряжений. Учет влияния этих факторов при оценке долговечности деталей двигателей.

13. Конструкции поршней автотракторных поршневых двигателей: высота жарового пояса, число колец, высота головки и юбки, овализация, смещение оси пальца, терморегулирующие вставки, нирезистовые вставки в канавку первого кольца, покрытия. Расчет днища, верхней кольцевой перемычки, зазоров. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршней.

14. Конструкции и условия работы поршневых колец, их виды. Среднее радиальное давление, виды эпюр колец (грушевидная, яблоковидная, равномерная), напряжение в рабочем состоянии и при надевании на поршень, расчет зазора в замке. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршневых колец.

15. Конструкции поршневых пальцев: плавающие, запрессованные в головку шатуна, облегченные с ребрами жесткости, с профилированными рабочими поверхностями, условия работы. Расчетная схема по Кинасошвили, расчет на изгиб, срез, овализацию и усталость; эпюра овализации, определение наиболее опасного сечения, отличия при расчете плавающих и запрессованных пальцев. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении поршневых пальцев.

**Промежуточные аттестации по итогам освоения дисциплины в 8 семестре – защита курсового проекта и экзамен.**

### **Контрольные вопросы к экзаменам**

#### **8 семестр.**

1. Конструктивный обзор механизмов газораспределения: расположение и число клапанов; расположение распределительного вала. Назначение, условия работы и конструктивные особенности распределительного валов, толкателей, штанг, коромысел, тарелок, сухарей, пружин, направляющих втулок, клапанов. Расчет проходных сечений, хода клапана. Основные параметры кулачков, виды рабочих профилей. Закон движения толкателя при безударных кулачках.

Профилирование безударных кулачков на ЭВМ. Расчет пружины клапана при безударном кулачке.

2. Расчет распределительного вала. Обоснование расчетной схемы, определение силы инерции, усилия пружины, газовой силы применительно к безударному кулачку.

3. Расчет штанги на продольную устойчивость с учетом допускаемой погнутости. Расчет толкателя с учетом действия максимального усилия в момент максимального ускорения. Гидрокомпенсаторы зазора.

4. Силовые схемы двигателей. Расчет корпусных деталей поршневых двигателей: цилиндров, блоков, блок-картеров. Конечно-элементные модели, используемые при расчете цилиндров,

перегородок блок-картеров: кинематические и тепловые граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

5. Конструкции головок цилиндров, впускных и выпускных каналов. Современные материалы и технологии, используемые при изготовлении головок. Расчет головок с учетом газовых, монтажных и температурных нагрузок. Конечно-элементные модели, используемые при расчете головок цилиндров: кинематические и тепловые граничные условия, способы приложения нагрузки, типы элементов.

6. Работа газового стыка. Расчет болтов (шпилек) головки цилиндра. Влияние соотношения податливостей деталей на характер нагружения газового стыка.

7. Обзор конструкций машин, установок, двигателей и аппаратов по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии, в том числе: паровые и водогрейные котлы и котлы-утилизаторы; парогенераторы; паро- и газотурбинные установки и двигатели; теплообменные аппараты; холодильные установки; компрессоры.

8. Обзор систем кондиционирования воздуха. Расчет систем кондиционирования воздуха.

9. Исполнительные устройства систем управления работы энергетических машин, установок, двигателей и аппаратов.

10. Вспомогательное оборудование, обеспечивающее функционирование энергетических установок и двигателей.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

**В 7 семестре студенты самостоятельно проводят следующие расчеты:**

1. Расчет цикла двигателя.
2. Уравновешивание двигателя и динамический расчет.
3. Обоснование основных параметров и оценка технического уровня проектируемого двигателя.
4. Моделирование внешней скоростной (регуляторной характеристики двигателя).
5. Строят полярные диаграммы нагрузок на коренные и шатунные шейки.
6. Расчет коленчатого вала.
7. Расчет шатуна.
8. Расчет поршневого пальца.
9. Расчет поршневых колец

**В 8 семестре студенты выполняют курсовой проект на тему:**

Разработать эскизный проект четырехтактного бензинового двигателя (или дизеля) номинальной мощности  $N_e$  кВт при частоте вращения  $n$  мин<sup>-1</sup>, с коэффициентом приспособляемости  $K \leq 1,16$  (или номинальным коэффициентом крутящего момента  $\mu_n \leq 15\%$ ), скоростным коэффициентом  $K_n \leq 0,72$ .

**Примечание.** Студенты получают индивидуальное задание, в котором указываются двигатели-прототипы, конструктивные параметры которых можно использовать при расчетах.

### **Содержание курсового проекта.**

#### **Содержание расчетно-пояснительной записки**

1. Расчет цикла двигателя.

Проводится для режимов номинальной мощности и максимального крутящего момента. Для расчета бензинового двигателя используется программа BENDN.EXE, дизеля DIZDN.EXE, разработанные на кафедре. При расчете обосновать выбор исходных данных и провести анализ вычисленных параметров.

2. Уравновешивание двигателя и динамический расчет: уравновешивание двигателя;

определение сил и моментов, действующих в двигателе на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента, обоснование выбора расчетного режима (для расчетов использовать программу DINN.EXE, разработанную на кафедре).

3. Обоснование основных параметров и оценка технического уровня проектируемого двигателя. Для обоснования рекомендуется использовать электронную базу основных параметров и показателей двигателей, которая имеется в компьютерном классе кафедры

4. Моделирование внешней скоростной (регуляторной характеристики двигателя).

5. Графическая часть динамического расчета включает: графики суммарного крутящего момента на режимах максимального крутящего момента и номинальной мощности; развернутая диаграмма удельных сил  $P_T$ ,  $P_j$ ,  $P_\Sigma$ ,  $S$ ,  $N$ ,  $K$ ,  $T$  на расчетном режиме; полярная диаграмма сил, действующих на шатунную шейку коленчатого вала на расчетном режиме; развернутая диаграмма сил, действующих на шатунную шейку коленчатого вала на расчетном режиме; полярная диаграмма сил, действующих на максимально нагруженную коренную шейку коленчатого вала на расчетном режиме; развернутая диаграмма сил, действующих на максимально нагруженную коренную шейку коленчатого вала на расчетном режиме; диаграмма износа шатунной и коренной шеек коленчатого вала.

6. Расчет коленчатого вала: обоснование выбора расчетной схемы, материала и конструкции коленчатого вала.

Коренная шейка: построение таблицы набегающих крутящих моментов на коренные шейки коленчатого вала для определения наиболее нагруженной шейки, расчет ведется на кручение; определение максимального и минимального касательных напряжений; определение запаса прочности по пределу выносливости при кручении с учетом крутильных колебаний (коэффициента динамического нагружения).

Шатунная шейка: построение таблицы набегающих крутящих моментов на шатунные шейки коленчатого вала для определения наиболее нагруженной шейки, расчет ведется на кручение и изгиб; определение максимального и минимального касательных напряжений; определение запаса прочности шатунной шейки по пределу выносливости при кручении с учетом крутильных колебаний (коэффициента динамического нагружения); определение максимального и минимального изгибающих напряжений; определение запаса прочности шатунной шейки по пределу выносливости при изгибе; определение общего запаса прочности шатунной шейки.

Щека коленчатого вала: определение максимального и минимального изгибающих моментов в щеке; определение максимального и минимального изгибающих напряжений; определение запаса прочности щеки по пределу выносливости при изгибе; определение максимального и минимального касательных напряжений; определение запаса прочности щеки по пределу выносливости при кручении; определение общего запаса прочности щеки.

7. Расчет деталей шатунной группы.

Обоснование выбора материала для изготовления шатуна и выбор конструкции шатуна.

Поршневая головка шатуна: расчет напряжений от запрессовки поршневого пальца или втулки в зависимости от выбора поршневого пальца; определение максимальной растягивающей силы и расчет напряжений от действия ее; определение максимальной сжимающей силы и расчет напряжений от действия ее; определить суммарные напряжения с учетом запрессовки пальца или втулки и определение запасов прочности по пределу усталости.

Стержень шатуна: определение усилий, действующих на стержень шатуна, при действии максимальных растягивающих (такт впуска) и сжимающих сил (такт расширения); определение запасов прочности по пределу усталости от напряжений, действующих в плоскости качания и в плоскости ей перпендикулярной.

Кривошипная головка шатуна: определение напряжений изгиба в расчетном сечении; определение поперечной деформации кривошипной головки.

Шатунные болты: определение усилий, действующих на шатунные болты; определение усилий предварительной затяжки шатунных болтов; расчет значений максимального и

минимального напряжений от сил инерции и предварительной затяжки, определение усталостного запаса прочности; определение напряжений от момента затяжки и запаса статической прочности при сборке.

#### 8. Расчет деталей поршневой группы.

Поршневой палец: выбор материала и конструктивной схемы пальца; определение усилий и удельных давлений на втулку поршневой головки шатуна и на бобышки поршня; определение напряжений среза в сечениях между бобышками и головкой шатуна; определение максимальных и минимальных напряжений изгиба в среднем сечении пальца; определение запаса прочности при переменных напряжениях изгиба; определение запаса прочности при переменных напряжениях от овализации поперечного сечения плавающего пальца; выбор расчетной схемы, типа элемента, обоснование кинематических граничных условий;

9. Поршневое кольцо: выбор материала кольца; построение эпюры давлений компрессионного кольца на стенку цилиндра; определение максимального рабочего напряжения; определение максимального монтажного напряжения; расчет зазора в замке поршневого кольца в горячем состоянии.

#### 10. Проектирование механизма газораспределения.

Профилирование безударного кулачка: определение диаметра и площади горловины клапана; определение максимального хода клапана и толкателя (для профилирования используется программа RFKLB.EXE).

Пружина клапана: определение максимального и минимального усилий пружины клапана, проверка герметичности выпускного клапана при впуске и впускного клапана при выпуске; определение диаметра пружины, диаметра проволоки, коэффициента жесткости, числа витков и шага пружины; определение максимального и минимального касательных напряжений в витках пружины; определение запаса прочности пружины по пределу выносливости при кручении; расчет пружины на отсутствие резонанса.

Распределительный вал: обоснование выбора расчетной схемы, материала и конструкции распределительного вала; определение величины прогиба распределительного вала; определение напряжений смятия на поверхности кулачка и толкателя.

Толкатель: выбор диаметра корпуса толкателя и рабочей длины направляющей втулки; определение удельной нагрузки на направляющую втулку толкателя.

#### 11. Система охлаждения.

В расчетно-пояснительной записке дается описание схемы системы охлаждения и конструкции ее компонентов.

Водяной насос: расчет производительности водяного насоса; определение геометрических размеров крыльчатки водяного насоса; определение мощности, затрачиваемой на привод водяного насоса.

Вентилятор: расчет производительности вентилятора; определение геометрических размеров и частоты вращения вентилятора; определение мощности, затрачиваемой на привод вентилятора.

12. Смазочная система: описание схемы смазочной системы и конструкции ее компонентов; расчет циркуляционного расхода масла; обоснование выбора конструкции масляного насоса; определение геометрических размеров шестерен масляного насоса; определение мощности, затрачиваемой на привод масляного насоса.

13. Расчет подшипников скольжения: определение зазора между валом и подшипником; определение максимального удельного давления на опорную поверхность подшипника; определение коэффициента запаса надежности подшипника; выбор вкладыша.

#### 14. Содержание графической части курсового проекта

14.1. Лист 1: индикаторная диаграмма; фазы газораспределения; развернутые диаграммы удельных сил  $P_r$ ,  $P_j$ ,  $P_\Sigma$ ,  $S$ ,  $N$ ,  $K$ ,  $T$ ; внешняя скоростная или регуляторная характеристика;

14.2. Лист 2: график индикаторного суммарного крутящего момента на режиме максимального крутящего момента; график индикаторного суммарного крутящего момента на режиме номинальной мощности; полярная диаграмма сил, действующих на шатунную шейку

коленчатого вала; развернутая диаграмма сил, действующих на шатунную шейку коленчатого вала; полярная диаграмма сил, действующих на максимально нагруженную коренную шейку коленчатого вала; развернутая диаграмма сил, действующих на максимально нагруженную коренную шейку коленчатого вала; диаграммы износа шатунной и коренной шеек коленчатого вала.

14.3. Лист 3: поперечный разрез двигателя.

14.4. Лист 4: - продольный разрез двигателя.

Примечание. В п. 14 даны примерное содержание графической части, которое по согласованию с лектором потока может частично изменяться (например, ввиду детальной разработки какого-либо узла проектируемого двигателя, расчет поршня методом конечных элементов и т.д.).

Для самостоятельной работы студентов выдается основное содержание всех расчетов (см. «Содержание расчетно-пояснительной записки») которые они выполняют и представляют на рейтинг-контроль.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Гоц А.Н. Конструирование автомобильных и тракторных двигателей. Порядок проектирования: учеб. Пособие. Владимир: Изд. ВлГУ. 2021– 171 с.	2021	да
2. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А. и др. Конструирование двигателей внутреннего сгорания. Под ред Н.Д. Чайнова. М.: Машиностроение, 2010. – 496 с.	2010	да
3. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и доп.; – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2019. – 384 с.	2019	да
4. Гоц А.Н. Расчеты на прочность деталей ДВС при напряжениях, переменных во времени: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ; инфра-м, 2015. – 208 с.	2015	да
Дополнительная литература		
1. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 2. Динамика и конструирование / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2010.	2010	да
2. Гоц А.Н., Эфрос В.В. Порядок проектирования автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007.	2007	

### 6.2. Периодические издания

1. Отраслевые журналы «Известие вузов. Машиностроение», «Двигателестроение», «Двигатель», «Современные наукоемкие технологии»

### 6.3. Интернет-ресурсы

1. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.

2. Перечень литературы по расчету, кинематике и динамике ДВС можно найти на сайтах: <http://www.twirpx.com/files/transport/dvs/cindyn/>; <http://vlgu.info/files/details.php?file=27>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа (ауд. 301-2 и 304-2) с видеопроекторами, занятий практического/лабораторного типа (компьютерный класс ауд 304-2), курсового проектирования (выполнения курсовых работ – ауд. 304-2 и 334-2), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы (ауд. 304-2 и 334-2). Практические/лабораторные работы проводятся в ауд. 301-2.

Для выполнения самостоятельных работ и при проведении практических занятий используются ПК в компьютерном классе кафедры (ауд. 304-2). Используются программы Mathcad 12, MATLAB, а также программы для ПЭВМ, разработанные на кафедре.

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- наглядные пособия и установки специализированной лаборатории;
- наборы деталей двигателей по механизмам;
- рабочие чертежи двигателей и наборы плакатов;

Вычислительная техника централизованного компьютерного класса используется при выполнении практических работ и курсового проекта: для расчета рабочего цикла, динамического расчета, построения безударного профиля кулачка и конечно-элементного анализа.

Рабочую программу составил профессор кафедры ТД и ЭУ, д.т.н.

  
29.08.22  
А.Н. Гоц

Рецензент

(представитель работодателя) специалист по сертификации АО «Камешковский механический завод», Владимирская область, г. Камешково, д.т.н.

  
А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки

Протокол № 1 от 30.08.22 года

Заведующий кафедрой

  
А.Ю. Абаляев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 – Энергетическое машиностроение

Протокол № 1 от 30.08.22 года

Председатель комиссии

  
А.Ю. Абаляев

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

*НАИМЕНОВАНИЕ*

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:  
*наименование (указать уровень подготовки)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*