

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



Первый проректор проректор по научной  
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

« 3 июля 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тепловые двигатели**

Направление подготовки 13.06.01 - Электро- и теплотехника

Направленность (профиль) подготовки «Тепловые двигатели»

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения очная

Год	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма проме- жуточной атте- стации (экз./зачет)
4	3/108	18	18	-	36	экзамен
Итого	3/108	18	18	-	36	экзамен

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Тепловые двигатели» является обеспечение подготовки специалистов, умеющих комплексно использовать научные методы конструирования, расчета и исследования современных поршневых двигателей внутреннего сгорания для повышения их технического уровня.

Достижение данной цели предполагает **решение следующих задач**:

- изучение объективных закономерностей и прогнозирование перспектив развития поршневых двигателей на основе теории развития технических систем;
- получение знаний по организации рабочих процессов двигателей для их совершенствования;
- изучение современных методов конструирования и прогрессивных конструкций деталей, узлов, агрегатов и двигателей в целом;
- приобретение знаний по динамике поршневых двигателей, а также вопросам шума и вибрации;
- изучение принципов функционирования и конструктивных особенностей различных систем двигателей;
- получение знаний по функциям, принципам действия и конструктивному исполнению современных и перспективных систем электронного управления двигателями, их компонентов, узлов и агрегатов;
- знакомство с основами химмотологии топлив, моторных масел, технических жидкостей;
- знакомство с базовыми принципами и методами проведения научных исследований и испытания поршневых двигателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Тепловые двигатели» относится к дисциплинам базовой части профессионального цикла программы аспирантуры по направлению подготовки 13.06.01 – «Электро- и теплотехника» (направленность (профиль) подготовки «Тепловые двигатели»).

Дисциплина логически, содержательно и методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин аспирантуры по профилю «Тепловые двигатели», общенаучной и профессиональной направленности, а также с научно-исследовательской работой аспирантов. Ее изучение закладывает фундамент для сдачи аспирантами экзамена кандидатского минимума по научной специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели».

Ранее изучаемые дисциплины бакалавриата, магистратуры и аспирантской подготовки формируют необходимые для успешного освоения курса «Тепловые двигатели» знания о современных проблемах поршневых двигателей и основах конструирования деталей, узлов и систем двигателей, о вопросах динамики, исследования и испытания поршневых двигателей, моделирования их процессов, автоматическом электронном управлении двигателями, химмотологии топлив, моторных масел и технических жидкостей, способность понимать и оценивать актуальность решения научных, технических и технологических проблем в области поршневых двигателей.

Дисциплина «Тепловые двигатели» играет ключевую роль в подготовке аспирантов к предусмотренной ОПОП научно-исследовательской деятельности и к выполнению научно-квалификационной работы (кандидатской диссертации).

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование:

- способности к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- способности решать научно-исследовательские задачи в области тепловых двигателей с целью повышения их технического уровня (ПК-1);
- готовности к прогнозированию технического уровня тепловых двигателей на основе анализа их рабочих процессов и показателей (ПК-2);
- способности к созданию новых технических и технологических решений для повышения эффективности тепловых двигателей (ПК-3);
- способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

В результате изучения дисциплины аспирант **должен:**

- **знать** актуальные научные и прикладные проблемы современных поршневых двигателей, методы и средства их решения в научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности (ОПК-3, ПК-1, ПК-2);
- **уметь** анализировать совершенство поршневых двигателей и создавать новые эффективные решения для повышения технического уровня их систем, узлов и компонентов, находить способы решения научных и технических задач для совершенствования поршневых двигателей (ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1);
- **владеть** современными методиками компьютерного моделирования и экспериментального исследования поршневых двигателей для повышения их эффективности (ПК-1, ПК-2, ПК-3, УК-1).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### «Тепловые двигателей»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы трудоемкости (4-й год – 3 ЗЕТ), 108 часов.

##### 4.1. Общеобразовательные модули дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1	История, тенденции и перспективы развития поршневых двигателей. Достижения в области мехатроники, новых технологий и материалов для совершенствования поршневых двигателей. Будущее поршневых двигателей.	4	2	2	-	4	
2	Теория рабочих процессов и моделирование процессов в поршневых двигателях.	4	2	2	-	4	
3	Конструирование деталей, узлов и агрегатов поршневых двигателей. Современные и перспективные компьютерные технологии проектирования и конструирования поршневых двигателей.	4	2	4	-	4	Собеседование по пройденным темам
4	Динамика двигателей. Шум и вибрация двигателей.	4	2	2	-	4	
5	Системы двигателей (топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки, газообмена, наддува, нейтрализации ОГ, пуска).	4	2	2	-	4	
6	Автоматическое электронное управление поршневыми двигателями. Мехатронные системы управления двигателями. Диагностика двигателей с использованием возможностей средств электроники.	4	2	2	-	4	Собеседование по пройденным темам

7	Основы научных исследований и испытания поршневых двигателей.	4	2	2	-	4	
8	Химмотология топлив, моторных масел и технических жидкостей.	4	2	2	-	4	
9	Перспективы развития, особенности функционирования и конструкции альтернативных силовых установок (гибридных силовых установок, электродвигателей, топливных элементов и др.). Комплексный анализ технических, социально-экономических и экологических вопросов перехода на альтернативные силовые установки.	4	2	-	-	4	Собеседование по пройденным темам
<b>Всего за 4-й год</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>экзамен</b>

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для формирования и развития профессиональных навыков у аспирантов при проведении лекций и практических занятий, а также при самостоятельной работе применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекций и практических занятий используются электронные средства обучения (ЭСО) в виде комплекта компьютерных слайдов в формате ppt. Использование компьютерных технологий позволяет ввести в образовательный процесс интерактивность, развивающую активные формы обучения. Это обстоятельство позволяет обеспечить эффективность и самостоятельной работы аспирантов.

Для реализации комплексного подхода в учебный процесс также интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии;
- компьютерное моделирование (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Целью самостоятельной работы являются формирование личности аспиранта, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа аспирантов заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и научной литературе, с использованием ресурсов Internet. Она может включать в себя практику подготовки рефератов, презентаций и докладов по ним. Тематика рефератов должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, требующий самостоятельной творческой работы аспирантов.

Самостоятельная работа аспирантов сопровождается консультациями с научным руководителем.

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

### **Текущий контроль:**

- собеседование по темам лекций;
- оценка личных качеств аспиранта в процессе занятий;
- устные опросы в процессе занятий.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине проходит в форме сдачи экзамена – 4-й год обучения.

### **6.1. Контрольные вопросы для проведения текущего контроля освоения дисциплины (собеседования)**



## Блок №1

1. История, тенденции и перспективы развития поршневых двигателей. Роль поршневых двигателей в современном обществе?
2. Двигателестроение – одна из составляющих национальной безопасности государства.
3. Проанализируйте ближайшее будущее поршневых двигателей на основе общих закономерностей развития технических систем.
4. Проанализируйте техническую эволюцию поршневых двигателей. Дайте прогноз будущего в развитии поршневых двигателей.
5. Какие передовые технологии и научные достижения используются для совершенствования современных поршневых двигателей?
6. Опишите действительные циклы поршневых двигателей и проанализируйте основные показатели циклов. Теплоиспользование в действительном цикле.
7. Опишите физико-химические показатели топлив (бензина, дизельного топлива и природного газа). Проанализируйте основные показатели процесса сгорания топлив в поршневых двигателях. Дайте определение коэффициента избытка воздуха и стехиометрического состава топливоздушная смеси.
8. Опишите процессы газообмена в 2-х и 4-тактных двигателях. Дайте анализ показателей процессов газообмена. Дайте определение коэффициента наполнения и коэффициента остаточных газов. Рассмотрите влияние различных факторов на коэффициент наполнения.
9. Опишите процесс сжатия в поршневом двигателе. Проанализируйте физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Теплообмен в процессе сжатия и средний показатель политропы сжатия. Влияние различных факторов на протекание процесса сжатия.
10. Опишите процессы внешнего смесеобразования (при карбюраторной топливоподаче и при впрыске бензина) и их влияние на показатели двигателя. В чем причина прекращения использования карбюраторов и систем центрального впрыска бензина? Проанализируйте проблемы внешнего смесеобразования и пути их решения.
11. Опишите процессы внутреннего смесеобразования (в дизелях) и охарактеризуйте их основные показатели. Объемное, объемно-пленочное и пленочное способы смесеобразования. Дайте сравнительную оценку различных способов смесеобразования. Проанализируйте проблемы внутреннего смесеобразования в дизелях и возможные пути их решения.
12. Распыливание топлива в дизелях. Различные формы камер сгорания дизелей. Объемное смесеобразование (непосредственный впрыск топлива, предкамерное и вихрекамерное смесеобразование). Объемно-пленочные и пленочное смесеобразование. Сравнительная оценка способов смесеобразования в дизелях.
13. Опишите физико-химические основы процесса сгорания в бензиновом двигателе с искровым зажиганием. Дайте анализ основных показателей процесса сгорания. Аномальные виды сгорания (детонация и калильное зажигание). Влияние различных факторов на процесс сгорания в бензиновом двигателе.
14. Опишите процесс сгорания в дизеле. Дайте анализ основных показателей процесса сгорания в дизеле. Понятие «жесткости» процесса сгорания. Фактор динамичности цикла А.И.Толстова. Влияние различных факторов на процесс сгорания в дизеле. Что такое управление процессом сгорания в дизеле?
15. Опишите процесс расширения в бензиновом двигателе. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.
16. Опишите процесс расширения в дизеле. Рассмотрите его основные показатели. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.

17. Дайте анализ индикаторных и эффективных показателей поршневых двигателей.
18. Механические потери. Влияние различных факторов на величину механических потерь. Пути уменьшения механических потерь в поршневых двигателях.
19. Тепловой баланс двигателей, составляющие теплового баланса для бензинового двигателя и для дизеля. Влияние различных факторов на распределение теплоты в двигателях.
20. Теплообмен в двигателях. Процессы теплопередачи в поршневом двигателе. Температура деталей двигателя. Теплонапряженность. Влияние различных факторов на теплоотдачу и тепловое состояние деталей двигателя.
21. Эксплуатационные режимы работы (установившиеся и неуставившиеся) и основные характеристики двигателей. Особенности работы двигателей на неуставившихся режимах. Нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики бензиновых двигателей и дизелей. Характеристики холостого хода двигателей.
22. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование) и их анализ.
23. Рассмотрите возможности оптимизации рабочего процесса двигателей. Каковы критерии оптимизации? Роль средств электроники в оптимизации рабочих процессов.
24. Способы повышения энергетических, экономических и экологических показателей бензиновых двигателей и дизелей.
25. Природа токсичности отработавших газов (ОГ) бензиновых двигателей и дизелей. Состав токсичных компонентов. Возможности снижения токсичности ОГ путем совершенствования рабочего процесса и нейтрализации ОГ на выпуске.

## **Блок № 2**

1. Опишите общие принципы проектирования двигателей, выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя. Проанализируйте компоновочные схемы двигателей (L, V, VR, W, O - компоновки). Что такое мощностные ряды, агрегатирование, унификация?
2. Рассмотрите основные показатели, характеризующие конструкцию двигателей (компоновка, число цилиндров, тип охлаждения, удельные массогабаритные показатели и др.). Опишите выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя.
3. Что такое полный жизненный цикл двигателя? CALS-технологии в двигателестроении.
4. Рассмотрите этапы проектирования двигателя, проанализируйте возможности автоматизированного проектирования.
5. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM. Перспективные системы компьютерного проектирования и конструирования.
6. Опишите методы расчетов на прочность деталей двигателей и численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей.
7. Рассмотрите оценку прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок.
8. Проанализируйте показатели, характеризующие надежность двигателей.
9. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния. Новые разработки в области поршневой группы.
10. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность. Новые разработки в области шатунов.
11. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность. Двухмассовый маховик: назначение, принцип работы, конструкция.
12. Подшипники скольжения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Расчет подшипников. Новые разработки подшипников скольжения.

13. Цилиндры и блоки цилиндров, гильзы цилиндров и головки блока цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность. Новые разработки в области конструкции и технологии производства блоков (гильз) и головок цилиндров.

14. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Центральный и дезаксиальный механизмы.

15. Силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме двигателя.

16. Уравновешенность и уравновешивание двигателя. Способы уравновешивания двигателей.

17. Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи.

18. Способы демпфирования крутильных колебаний в поршневых двигателях. Конструкция демпферов крутильных колебаний.

19. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций. Топливные системы дизелей. Классификация. Структура и компоненты. Современные системы топливоподачи дизелей с электронным управлением.

20. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

21. Конструкции и расчет механических форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок.

22. Аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением типа Common Rail. Структурная схема, принципы работы. Достоинства и недостатки. Конструкция электрогидравлических форсунок с электронным и пьезоэлектрическим управлением.

23. Системы топливоподачи дизелей с электронным управлением и насос-форсунками. Структура и компоненты, особенности и показатели работы.

24. Системы впрыска бензина. Классификация. Преимущества и недостатки различных схем впрыска бензина.

25. Системы распределенного впрыска бензина. Структура, основные компоненты, показатели работы. Сравнительный анализ с центральным и непосредственным впрыском бензина.

26. Центральный впрыск бензина. Сравнительная оценка с карбюратором и системами распределенного впрыска бензина.

27. Системы непосредственного впрыска бензина. Структура, принципы и особенности функционирования. Достоинства и недостатки, показатели работы.

28. Топливные системы газовых двигателей. Целесообразность и особенности применения. Структура, принципы функционирования, конструкция отдельных компонентов. Показатели газовых двигателей.

29. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Особенности воздушного и жидкостного охлаждения, их сравнительная характеристика.

30. Системы жидкостного охлаждения. Структура и компоненты системы. Проблемы в области жидкостного охлаждения и пути их решения. Адаптивные («интеллектуальные») системы охлаждения.

31. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция узлов и компонентов. Проблемы и перспективы воздушного охлаждения.

32. Системы смазки: функции, виды и классификация, схемы. Компоненты и узлы системы. Расчет системы смазки. Основные проблемы в области смазки двигателей. Системы смазки с электрическим масляным насосом.

33. Системы газообмена. Впускные трубопроводы и выпускные коллекторы. Воздушные фильтры. Глушители шума на впуске и выпуске.

34. Настройка систем впуска и выпуска. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушных трактах двигателей. Газодинамический наддув. Управляемые системы газодинамического наддува.

35. Наддув двигателей. Виды и классификация наддува. Агрегаты наддува (турбокомпрессоры и приводные нагнетатели). Электропривод агрегатов наддува. Комбинированный наддув. Газодинамический наддув. Охладители надувочного воздуха.

36. Согласование характеристик и параметров наддува с двигателем. Устойчивость работы компрессоров различных типов. Помпаж. Регулирование наддува.

37. Проблемы наддува бензиновых двигателей и дизелей, возможные пути их решения.

38. Механизмы газораспределения поршневых двигателей. Виды и классификация. Особенности конструкции и применения. Проблемы в области газораспределения.

39. Управляемые механизмы газораспределения. Целесообразность применения. Виды и особенности конструкции. Достижимые показатели газообмена. Перспективные разработки механизмов газораспределения с электроприводом.

40. Системы нейтрализации ОГ бензиновых двигателей. Развитие, виды, особенности применения. Конструкция и работа 3-компонентных нейтрализаторов.

41. Системы нейтрализации ОГ дизелей. Развитие, виды и особенности применения. Современные системы нейтрализации ОГ дизелей.

42. Рециркуляция ОГ поршневых двигателей: целесообразность применения, принципы действия, устройство отдельных узлов и компонентов. Проблемы в области рециркуляции ОГ поршневых двигателей.

43. Системы пуска двигателей. Типы и классификация. Особенности функционирования и конструкция. Электростартерный пуск и его характеристики.

### **Блок № 3**

1. Обоснуйте закономерность применения средств электроники и мехатроники для управления поршневым двигателем.

2. Поршневой двигатель как объект управления. Принципы управления двигателями с искровым зажиганием и дизелями.

3. Датчики электронных систем управления двигателями (давления, расхода воздуха, положения и перемещения, детонации,  $\lambda$ -зонды и др.).

4. Электронные средства управления поршневым двигателем. Аналоговые и цифровые системы. Микропроцессорное управление и его возможности. Централизованная и децентрализованная архитектура построения систем управления. Эксплуатационные требования к электронным средствам управления.

5. Принципы создания программы управления двигателем. Исходные данные для программирования контроллера системы управления, ограничения и компромиссы при отладке программы. Комплексное управление двигателем.

6. Электромагнитные форсунки бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок.

7. Электронно-управляемые форсунки дизелей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок. Форсунки на основе пьезопривода.

8. Регуляторы холостого хода бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития регуляторов холостого хода. Дроссельные заслонки с электроприводом.

9. Развитие систем зажигания. Основные этапы, принципы действия и конструкция отдельных узлов и компонентов. Свечи зажигания. Модули зажигания и индивидуальные катушки на свече. Сравнительная характеристика различных типов систем зажигания. Перспективы развития систем зажигания бензиновых двигателей.

10. Современные комплексные системы электронного управления двигателями. Функции, структура, основные компоненты, показатели работы (для бензиновых двигателей и дизелей).

11. Применение электронного управления для систем охлаждения и смазки двигателей, наддува, газораспределения и др. Перспективные разработки и их оценка.

12. Перспективы применения средств мехатроники для совершенствования систем, узлов и агрегатов поршневых двигателей. Концепция адаптивного двигателя будущего. Роль адаптивных технологий в управлении поршневым двигателем.

13. Топлива для двигателей с искровым зажиганием. Явление детонации и детонационная стойкость бензина, ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.

14. Топливо для дизелей. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.

15. Синтетические топлива, спирты, растительные масла. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.

16. Функции моторных масел. Моторные масла и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество моторных масел. Регенерация масел.

17. Охлаждающие жидкости. Основные требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости (антифризы) и их характеристики. Пусковые жидкости: назначение, состав, особенности применения.

18. Средства и методы испытания и исследования поршневых двигателей. Виды испытаний и стандарты в области испытания двигателей. Моторные боксы и моторные стенды. Виды тормозных устройств, их достоинства и недостатки.

19. Аппаратура для исследования и испытания поршневых двигателей. Измерение различных физических параметров и показателей поршневых двигателей.

20. Индицирование поршневых двигателей. Принципы экспериментального определения индикаторной диаграммы, применяемая аппаратура. Погрешности при индицировании.

21. Виды характеристик поршневого двигателя (дизеля и бензинового двигателя) и их экспериментальное определение (нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики).

22. Специальные виды испытания и исследования двигателей (определение шума и вибраций, токсичности ОГ, надежности и др.).

23. Планирование экспериментов при исследовании и испытании двигателей. Обработка результатов экспериментов. Многофакторные эксперименты. Особенности двигателя как объекта экспериментального исследования.

24. Недостатки и достоинства поршневых двигателей. Пути совершенствования поршневых двигателей. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

25. Альтернативные силовые установки – гибридные установки, роторно-поршневые и газотурбинные двигателя, электрические двигатели, двигатели внешнего сгорания (Стирлинга), силовые установки на топливных элементах.

26. Технические, социально-экономические и экологические вопросы перехода на альтернативные силовые установки. Комплексный подход к оценке перспектив альтернативных силовых установок. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

27. Использование в поршневых двигателях альтернативных топлив - синтетических топлив, спиртов, растительных масел, природного газа (сжатого и сжиженного), водорода, диметилового эфира, биогаза. Проблемы и перспективы применения этих топлив.

## **6.2. Контрольные вопросы к экзамену**

1. История, тенденции и перспективы развития поршневых двигателей. Роль поршневых двигателей в современном обществе. Двигателестроение – одна из составляющих

национальной безопасности государства. Анализ ближайших перспектив поршневых двигателей на основе общих закономерностей развития технических систем.

2. Анализ технической эволюции поршневых двигателей. Использование передовых технологий и научных достижений для совершенствования современных поршневых двигателей. Прогноз будущего в развитии поршневых двигателей.

3. Действительные циклы поршневых двигателей и анализ основных показателей циклов. Теплоиспользование в действительном цикле.

4. Физико-химические показатели топлив (бензина, дизельного топлива и природного газа). Анализ основных показателей процесса сгорания топлив в поршневых двигателях. Формулировка определений коэффициента избытка воздуха и стехиометрического состава топливоздушная смеси.

5. Процессы газообмена в 2-х и 4-тактных двигателях. Анализ показателей процессов газообмена. Формулировка определений коэффициента наполнения и коэффициента остаточных газов. Влияние различных факторов на коэффициент наполнения.

6. Процесс сжатия в поршневом двигателе. Анализ физических и химических процессов, протекающих в рабочем теле в процессе сжатия. Теплообмен в процессе сжатия и средний показатель политропы сжатия. Влияние различных факторов на протекание процесса сжатия.

7. Процессы внешнего смесеобразования (при карбюраторной топливоподаче и при впрыске бензина) и их влияние на показатели двигателя. Причина прекращения использования карбюраторов и систем центрального впрыска бензина. Анализ проблем внешнего смесеобразования и путей их решения.

8. Процессы внутреннего смесеобразования (в дизелях) и их влияние на основные показатели двигателя. Объемное, объемно-пленочное и пленочное способы смесеобразования. Сравнительная оценка различных способов смесеобразования. Анализ проблем внутреннего смесеобразования в дизелях и возможных путей их решения.

9. Распыливание топлива в дизелях. Различные формы камер сгорания дизелей. Объемное смесеобразование (непосредственный впрыск топлива, предкамерное и вихрекамерное смесеобразование). Объемно-пленочные и пленочное смесеобразование. Сравнительная оценка способов смесеобразования в дизелях.

10. Физико-химические основы процесса сгорания в бензиновом двигателе с искровым зажиганием. Анализ основных показателей процесса сгорания. Аномальные виды сгорания (детонация и калильное зажигание). Влияние различных факторов на процесс сгорания в бензиновом двигателе.

11. Процесс сгорания в дизеле. Анализ основных показателей процесса сгорания в дизеле. Понятие «жесткости» процесса сгорания. Фактор динамичности цикла А.И.Толстова. Влияние различных факторов на процесс сгорания в дизеле. Управление процессом сгорания в дизеле.

12. Процесс расширения в бензиновом двигателе. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.

13. Процесс расширения в дизеле и его основные показатели. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.

14. Анализ индикаторных и эффективных показателей поршневых двигателей.

15. Механические потери. Влияние различных факторов на величину механических потерь. Пути уменьшения механических потерь в поршневых двигателях.

16. Тепловой баланс двигателей, составляющие теплового баланса для бензинового двигателя и для дизеля. Влияние различных факторов на распределение теплоты в двигателях.

17. Теплообмен в двигателях. Процессы теплопередачи в поршневом двигателе. Температура деталей двигателя. Теплонапряженность. Влияние различных факторов на теплоотдачу и тепловое состояние деталей двигателя.

18. Эксплуатационные режимы работы (установившиеся и неуставившиеся) и основные характеристики двигателей. Особенности работы двигателей на неуставившихся режимах. Нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики бензиновых двигателей и дизелей. Характеристики холостого хода двигателей.

19. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование) и их анализ.

20. Возможности оптимизации рабочего процесса двигателей (бензиновых двигателей и дизелей). Критерии оптимизации. Роль средств электроники в оптимизации рабочих процессов.

21. Способы повышения энергетических, экономических и экологических показателей бензиновых двигателей и дизелей.

22. Природа токсичности отработавших газов (ОГ) бензиновых двигателей и дизелей. Состав токсичных компонентов. Возможности снижения токсичности ОГ путем совершенствования рабочего процесса и нейтрализации ОГ на выпуске.

23. Общие принципы проектирования двигателей, выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя. Анализ компоновочных схем двигателей (L, V, VR, W, O - компоновки).

24. Основные показатели, характеризующие конструкцию двигателей (компоновка, число цилиндров, тип охлаждения, удельные массогабаритные показатели и др.). Выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя.

25. Полный жизненный цикл двигателя. CALS-технологии в двигателестроении. Этапы проектирования двигателя, анализ возможностей автоматизированного проектирования.

26. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM. Перспективные системы компьютерного проектирования и конструирования.

27. Методы расчетов на прочность деталей двигателей и численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей.

28. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок.

29. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния. Новые разработки в области поршневой группы.

30. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность. Новые разработки в области шатунов.

31. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность. Двухмассовый маховик: назначение, принцип работы, конструкция.

32. Подшипники скольжения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Расчет подшипников. Новые разработки подшипников скольжения.

33. Цилиндры и блоки цилиндров, гильзы цилиндров и головки блока цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность. Новые разработки в области конструкции и технологии производства блоков (гильз) и головок цилиндров.

34. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Центральный и дезаксиальный механизмы.

35. Силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме двигателя.

36. Уравновешенность и уравновешивание двигателя. Способы уравновешивания двигателей.

37. Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи.

38. Способы демпфирования крутильных колебаний в поршневых двигателях. Конструкция демпферов крутильных колебаний.



39. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций. Топливные системы дизелей. Классификация. Структура и компоненты. Современные системы топливоподачи дизелей с электронным управлением.

40. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

41. Конструкции и расчет механических форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок.

42. Аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением типа Common Rail. Структурная схема, принципы работы. Достоинства и недостатки. Конструкция электрогидравлических форсунок с электронным и пьезоэлектрическим управлением.

43. Системы топливоподачи дизелей с электронным управлением и насос-форсунками. Структура и компоненты, особенности и показатели работы.

44. Системы впрыска бензина. Классификация. Преимущества и недостатки различных схем впрыска бензина.

45. Системы распределенного впрыска бензина. Структура, основные компоненты, показатели работы. Сравнительный анализ с центральным и непосредственным впрыском бензина.

46. Центральный впрыск бензина. Сравнительная оценка с карбюратором и системами распределенного впрыска бензина.

47. Системы непосредственного впрыска бензина. Структура, принципы и особенности функционирования. Достоинства и недостатки, показатели работы.

48. Топливные системы газовых двигателей. Целесообразность и особенности применения. Структура, принципы функционирования, конструкция отдельных компонентов. Показатели газовых двигателей.

49. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Особенности воздушного и жидкостного охлаждения, их сравнительная характеристика.

50. Системы жидкостного охлаждения. Структура и компоненты системы. Проблемы в области жидкостного охлаждения и пути их решения. Адаптивные («интеллектуальные») системы охлаждения.

51. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция узлов и компонентов. Проблемы и перспективы воздушного охлаждения.

52. Системы смазки: функции, виды и классификация, схемы. Компоненты и узлы системы. Расчет системы смазки. Основные проблемы в области смазки двигателей. Системы смазки с электрическим масляным насосом.

53. Системы газообмена. Впускные трубопроводы и выпускные коллекторы. Воздушные фильтры. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем впуска и выпуска. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушных трактах двигателей. Газодинамический наддув. Управляемые системы газодинамического наддува.

54. Наддув двигателей. Виды и классификация наддува. Агрегаты наддува (турбокомпрессоры и приводные нагнетатели). Электропривод агрегатов наддува. Комбинированный наддув. Газодинамический наддув. Охладители наддувочного воздуха.

55. Согласование характеристик и параметров наддува с двигателем. Устойчивость работы компрессоров различных типов. Помпаж. Регулирование наддува.

56. Проблемы наддува бензиновых двигателей и дизелей, возможные пути их решения.

57. Механизмы газораспределения поршневых двигателей. Виды и классификация. Особенности конструкции и применения. Проблемы в области газораспределения.

58. Управляемые механизмы газораспределения. Целесообразность применения. Виды и особенности конструкции. Достигаемые показатели газообмена. Перспективные разработки механизмов газораспределения с электроприводом.

59. Системы нейтрализации ОГ бензиновых двигателей. Развитие, виды, особенности применения. Конструкция и работа 3-компонентных нейтрализаторов.

60. Системы нейтрализации ОГ дизелей. Развитие, виды и особенности применения. Современные системы нейтрализации ОГ дизелей.

61. Рециркуляция ОГ поршневых двигателей: целесообразность применения, принципы действия, устройство отдельных узлов и компонентов. Проблемы в области рециркуляции ОГ поршневых двигателей.

62. Системы пуска двигателей. Типы и классификация. Особенности функционирования и конструкция. Электростартерный пуск и его характеристики.

63. Закономерность применения средств электроники и мехатроники для управления поршневым двигателем. Современные комплексные системы электронного управления двигателями. Функции, структура, основные компоненты, показатели работы (для бензиновых двигателей и дизелей).

64. Применение электронного управления для систем охлаждения, смазки двигателей, наддува, газораспределения и др. Перспективные разработки и их оценка.

65. Поршневой двигатель как объект управления. Принципы управления двигателями с искровым зажиганием и дизелями.

66. Датчики электронных систем управления двигателями (давления, расхода воздуха, положения и перемещения, детонации,  $\lambda$ -зонды и др.).

67. Электронные средства управления поршневым двигателем. Аналоговые и цифровые системы. Микропроцессорное управление и его возможности. Централизованная и децентрализованная архитектура построения систем управления. Эксплуатационные требования к электронным средствам управления.

68. Принципы создания программы управления двигателем. Исходные данные для программирования контроллера системы управления, ограничения и компромиссы при отладке программы. Комплексное управление двигателем.

69. Электромагнитные форсунки бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок.

70. Электронно-управляемые форсунки дизелей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок. Форсунки на основе пьезопривода.

71. Регуляторы холостого хода бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития регуляторов холостого хода. Дроссельные заслонки с электроприводом.

72. Развитие систем зажигания. Основные этапы, принципы действия и конструкция отдельных узлов и компонентов. Свечи зажигания. Модули зажигания и индивидуальные катушки на свече. Сравнительная характеристика различных типов систем зажигания. Перспективы развития систем зажигания бензиновых двигателей.

73. Перспективы применения средств мехатроники для совершенствования систем, узлов и агрегатов поршневых двигателей. Концепция адаптивного двигателя будущего. Роль адаптивных технологий в управлении поршневым двигателем.

74. Топлива для двигателей с искровым зажиганием. Явление детонации и детонационная стойкость бензина, ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.

75. Топливо для дизелей. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.

76. Синтетические топлива, спирты, растительные масла. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.

77. Функции моторных масел. Моторные масла и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество моторных масел. Регенерация масел.

78. Охлаждающие жидкости. Основные требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости (антифризы) и их характеристики. Пусковые жидкости: назначение, состав, особенности применения.

79. Средства и методы испытания и исследования поршневых двигателей. Виды испытаний и стандарты в области испытания двигателей. Моторные боксы и моторные стенды. Виды тормозных устройств, их достоинства и недостатки.

80. Аппаратура для исследования и испытания поршневых двигателей. Измерение различных физических параметров и показателей поршневых двигателей.

81. Индицирование поршневых двигателей. Принципы экспериментального определения индикаторной диаграммы, применяемая аппаратура. Погрешности при индицировании.

82. Виды характеристик поршневого двигателя (дизеля и бензинового двигателя) и их экспериментальное определение (нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики).

83. Специальные виды испытания и исследования двигателей (определение шума и вибраций, токсичности ОГ, надежности и др.).

84. Планирование экспериментов при исследовании и испытании двигателей. Обработка результатов экспериментов. Многофакторные эксперименты. Особенности двигателя как объекта экспериментального исследования.

85. Недостатки и достоинства поршневых двигателей. Пути совершенствования поршневых двигателей. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

86. Альтернативные силовые установки – гибридные установки, роторно-поршневые и газотурбинные двигателя, электрические двигатели, двигатели внешнего сгорания (Стирлинга), силовые установки на топливных элементах.

87. Технические, социально-экономические и экологические вопросы перехода на альтернативные силовые установки. Комплексный подход к оценке перспектив альтернативных силовых установок. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

88. Использование в поршневых двигателях альтернативных топлив - синтетических топлив, спиртов, растительных масел, природного газа (сжатого и сжиженного), водорода, диметилового эфира, биогаза. Проблемы и перспективы применения этих топлив.

### **6.3. Самостоятельная работа аспирантов**

Самостоятельная работа (СР) аспирантов заключается в проработке учебной и научной литературы по теме занятий, поиске и анализе информации, необходимой для подготовки разделов выпускной квалификационной работы (кандидатской диссертации). По заданию преподавателя возможна подготовка и проведение докладов, как на занятиях, так и на научных конференциях университета.

Тематика СР выбирается индивидуально для каждого аспиранта и согласовывается с его научным руководителем.

Содержание СР аспиранта должно охватывать следующие темы.

1. История, тенденции и перспективы развития поршневых двигателей. Роль поршневых двигателей в современном обществе. Двигателестроение – одна из составляющих национальной безопасности государства. Анализ ближайших перспектив поршневых двигателей на основе общих закономерностей развития технических систем.

2. Анализ технической эволюции поршневых двигателей. Использование передовых технологий и научных достижений для совершенствования современных поршневых двигателей. Прогноз будущего в развитии поршневых двигателей.

3. Действительные циклы поршневых двигателей и анализ основных показателей циклов. Теплоиспользование в действительном цикле.

4. Физико-химические показатели топлив (бензина, дизельного топлива и природного газа). Анализ основных показателей процесса сгорания топлив в поршневых двигателях. Формулировка определений коэффициента избытка воздуха и стехиометрического состава топливоздушная смеси.

5. Процессы газообмена в 2-х и 4-тактных двигателях. Анализ показателей процессов газообмена. Формулировка определений коэффициента наполнения и коэффициента остаточных газов. Влияние различных факторов на коэффициент наполнения.

6. Процесс сжатия в поршневом двигателе. Анализ физических и химических процессов, протекающих в рабочем теле в процессе сжатия. Теплообмен в процессе сжатия и средний показатель политропы сжатия. Влияние различных факторов на протекание процесса сжатия.

7. Процессы внешнего смесеобразования (при карбюраторной топливоподаче и при впрыске бензина) и их влияние на показатели двигателя. Причина прекращения использования карбюраторов и систем центрального впрыска бензина. Анализ проблем внешнего смесеобразования и путей их решения.

8. Процессы внутреннего смесеобразования (в дизелях) и их влияние на основные показатели двигателя. Объемное, объемно-пленочное и пленочное способы смесеобразования. Сравнительная оценка различных способов смесеобразования. Анализ проблем внутреннего смесеобразования в дизелях и возможных путей их решения.

9. Распыливание топлива в дизелях. Различные формы камер сгорания дизелей. Объемное смесеобразование (непосредственный впрыск топлива, предкамерное и вихрекамерное смесеобразование). Объемно-пленочные и пленочное смесеобразование. Сравнительная оценка способов смесеобразования в дизелях.

10. Физико-химические основы процесса сгорания в бензиновом двигателе с искровым зажиганием. Анализ основных показателей процесса сгорания. Аномальные виды сгорания (детонация и калильное зажигание). Влияние различных факторов на процесс сгорания в бензиновом двигателе.

11. Процесс сгорания в дизеле. Анализ основных показателей процесса сгорания в дизеле. Понятие «жесткости» процесса сгорания. Фактор динамичности цикла А.И.Толстова. Влияние различных факторов на процесс сгорания в дизеле. Управление процессом сгорания в дизеле.

12. Процесс расширения в бензиновом двигателе. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.

13. Процесс расширения в дизеле и его основные показатели. Теплообмен и средний показатель политропы расширения. Влияние различных факторов на величину среднего показателя политропы расширения.

14. Анализ индикаторных и эффективных показателей поршневых двигателей.

15. Механические потери. Влияние различных факторов на величину механических потерь. Пути уменьшения механических потерь в поршневых двигателях.

16. Тепловой баланс двигателей, составляющие теплового баланса для бензинового двигателя и для дизеля. Влияние различных факторов на распределение теплоты в двигателях.

17. Теплообмен в двигателях. Процессы теплопередачи в поршневом двигателе. Температура деталей двигателя. Теплонапряженность. Влияние различных факторов на теплоотдачу и тепловое состояние деталей двигателя.

18. Эксплуатационные режимы работы (установившиеся и неуставившиеся) и основные характеристики двигателей. Особенности работы двигателей на неуставившихся режимах. Нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики бензиновых двигателей и дизелей. Характеристики холостого хода двигателей.

19. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование) и их анализ.

20. Возможности оптимизации рабочего процесса двигателей (бензиновых двигателей и дизелей). Критерии оптимизации. Роль средств электроники в оптимизации рабочих процессов.

21. Способы повышения энергетических, экономических и экологических показателей бензиновых двигателей и дизелей.

22. Природа токсичности отработавших газов (ОГ) бензиновых двигателей и дизелей. Состав токсичных компонентов. Возможности снижения токсичности ОГ путем совершенствования рабочего процесса и нейтрализации ОГ на выпуске.

23. Общие принципы проектирования двигателей, выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя. Анализ компоновочных схем двигателей (L, V, VR, W, O - компоновки).

24. Основные показатели, характеризующие конструкцию двигателей (компоновка, число цилиндров, тип охлаждения, удельные массогабаритные показатели и др.). Выбор и обоснование параметров проектируемого двигателя.

25. Полный жизненный цикл двигателя. CAE-технологии в двигателестроении. Этапы проектирования двигателя, анализ возможностей автоматизированного проектирования.

26. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM. Перспективные системы компьютерного проектирования и конструирования.

27. Методы расчетов на прочность деталей двигателей и численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей.

28. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок.

29. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния. Новые разработки в области поршневой группы.

30. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность. Новые разработки в области шатунов.

31. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность. Двухмассовый маховик: назначение, принцип работы, конструкция.

32. Подшипники скольжения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Расчет подшипников. Новые разработки подшипников скольжения.

33. Цилиндры и блоки цилиндров, гильзы цилиндров и головки блока цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность. Новые разработки в области конструкции и технологии производства блоков (гильз) и головок цилиндров.

34. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Центральные и дезаксиальные механизмы.

35. Силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме двигателя.

36. Уравновешенность и уравновешивание двигателя. Способы уравновешивания двигателей.

37. Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи.

38. Способы демпфирования крутильных колебаний в поршневых двигателях. Конструкция демпферов крутильных колебаний.

39. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций. Топливные системы дизелей. Классификация. Структура и компоненты. Современные системы топливоподачи дизелей с электронным управлением.

40. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.

41. Конструкции и расчет механических форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запирающих форсунок.

42. Аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением типа Common Rail. Структурная схема, принципы работы. Достоинства и недостатки. Конст-

рукция электрогидравлических форсунок с электронным и пьезоэлектрическим управлением.

43. Системы топливоподачи дизелей с электронным управлением и насос-форсунками. Структура и компоненты, особенности и показатели работы.

44. Системы впрыска бензина. Классификация. Преимущества и недостатки различных схем впрыска бензина.

45. Системы распределенного впрыска бензина. Структура, основные компоненты, показатели работы. Сравнительный анализ с центральным и непосредственным впрыском бензина.

46. Центральный впрыск бензина. Сравнительная оценка с карбюратором и системами распределенного впрыска бензина.

47. Системы непосредственного впрыска бензина. Структура, принципы и особенности функционирования. Достоинства и недостатки, показатели работы.

48. Топливные системы газовых двигателей. Целесообразность и особенности применения. Структура, принципы функционирования, конструкция отдельных компонентов. Показатели газовых двигателей.

49. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Особенности воздушного и жидкостного охлаждения, их сравнительная характеристика.

50. Системы жидкостного охлаждения. Структура и компоненты системы. Проблемы в области жидкостного охлаждения и пути их решения. Адаптивные («интеллектуальные») системы охлаждения.

51. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция узлов и компонентов. Проблемы и перспективы воздушного охлаждения.

52. Системы смазки: функции, виды и классификация, схемы. Компоненты и узлы системы. Расчет системы смазки. Основные проблемы в области смазки двигателей. Системы смазки с электрическим масляным насосом.

53. Системы газообмена. Впускные трубопроводы и выпускные коллекторы. Воздушные фильтры. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем впуска и выпуска. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушных трактах двигателей. Газодинамический наддув. Управляемые системы газодинамического наддува.

54. Наддув двигателей. Виды и классификация наддува. Агрегаты наддува (турбокомпрессоры и приводные нагнетатели). Электропривод агрегатов наддува. Комбинированный наддув. Газодинамический наддув. Охладители надвучного воздуха.

55. Согласование характеристик и параметров наддува с двигателем. Устойчивость работы компрессоров различных типов. Явление помпажа. Регулирование наддува.

56. Проблемы наддува бензиновых двигателей и дизелей, возможные пути их решения.

57. Механизмы газораспределения поршневых двигателей. Виды и классификация. Особенности конструкции и применения. Проблемы в области газораспределения.

58. Управляемые механизмы газораспределения. Целесообразность применения. Виды и особенности конструкции. Достижимые показатели газообмена. Перспективные разработки механизмов газораспределения с электроприводом.

59. Системы нейтрализации ОГ бензиновых двигателей. Развитие, виды, особенности применения. Конструкция и работа 3-компонентных нейтрализаторов.

60. Системы нейтрализации ОГ дизелей. Развитие, виды и особенности применения. Современные системы нейтрализации ОГ дизелей.

61. Рециркуляция ОГ поршневых двигателей: целесообразность применения, принципы действия, устройство отдельных узлов и компонентов. Проблемы в области рециркуляции ОГ поршневых двигателей.

62. Системы пуска двигателей. Типы и классификация. Особенности функционирования и конструкция. Электростартерный пуск и его характеристики.

63. Закономерность применения средств электроники и мехатроники для управления поршневым двигателем. Современные комплексные системы электронного управления двигателями. Функции, структура, основные компоненты, показатели работы (для бензиновых двигателей и дизелей).

64. Применение электронного управления для систем охлаждения, смазки двигателей, наддува, газораспределения и др. Перспективные разработки и их оценка.

65. Поршневой двигатель как объект управления. Принципы управления двигателями с искровым зажиганием и дизелями.

66. Датчики электронных систем управления двигателями (давления, расхода воздуха, положения и перемещения, детонации,  $\lambda$ -зонды и др.).

67. Электронные средства управления поршневым двигателем. Аналоговые и цифровые системы. Микропроцессорное управление и его возможности. Централизованная и децентрализованная архитектура построения систем управления. Эксплуатационные требования к электронным средствам управления.

68. Принципы создания программы управления двигателем. Исходные данные для программирования контроллера системы управления, ограничения и компромиссы при отладке программы. Комплексное управление двигателем.

69. Электромагнитные форсунки бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок.

70. Электронно-управляемые форсунки дизелей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития форсунок. Форсунки на основе пьезопривода.

71. Регуляторы холостого хода бензиновых двигателей: функции, принципы действия, конструкция, основные показатели. Тенденции развития регуляторов холостого хода. Дроссельные заслонки с электроприводом.

72. Развитие систем зажигания. Основные этапы, принципы действия и конструкция отдельных узлов и компонентов. Свечи зажигания. Модули зажигания и индивидуальные катушки на свече. Сравнительная характеристика различных типов систем зажигания. Перспективы развития систем зажигания бензиновых двигателей.

73. Перспективы применения средств мехатроники для совершенствования систем, узлов и агрегатов поршневых двигателей. Концепция адаптивного двигателя будущего. Роль адаптивных технологий в управлении поршневым двигателем.

74. Топлива для двигателей с искровым зажиганием. Явление детонации и детонационная стойкость бензина, ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив.

75. Топливо для дизелей. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.

76. Синтетические топлива, спирты, растительные масла. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз.

77. Функции моторных масел. Моторные масла и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество моторных масел. Регенерация масел.

78. Охлаждающие жидкости. Основные требования к охлаждающим жидкостям. Низкотемпературные охлаждающие жидкости (антифризы) и их характеристики. Пусковые жидкости: назначение, состав, особенности применения.

79. Средства и методы испытания и исследования поршневых двигателей. Виды испытаний и стандарты в области испытания двигателей. Моторные боксы и моторные стенды. Виды тормозных устройств, их достоинства и недостатки.

80. Аппаратура для исследования и испытания поршневых двигателей. Измерение различных физических параметров и показателей поршневых двигателей.



81. Индицирование поршневых двигателей. Принципы экспериментального определения индикаторной диаграммы, применяемая аппаратура. Погрешности при индицировании.

82. Виды характеристик поршневого двигателя (дизеля и бензинового двигателя) и их экспериментальное определение (нагрузочные, скоростные, регулировочные характеристики).

83. Специальные виды испытания и исследования двигателей (определение шума и вибраций, токсичности ОГ, надежности и др.).

84. Планирование экспериментов при исследовании и испытании двигателей. Обработка результатов экспериментов. Многофакторные эксперименты. Особенности двигателя как объекта экспериментального исследования.

85. Недостатки и достоинства поршневых двигателей. Пути совершенствования поршневых двигателей. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

86. Альтернативные силовые установки – гибридные установки, роторно-поршневые и газотурбинные двигателя, электрические двигатели, двигатели внешнего сгорания (Стирлинга), силовые установки на топливных элементах.

87. Технические, социально-экономические и экологические вопросы перехода на альтернативные силовые установки. Комплексный подход к оценке перспектив альтернативных силовых установок. Прогноз возможного развития поршневых двигателей и двигателей других типов.

88. Использование в поршневых двигателях альтернативных топлив - синтетических топлив, спиртов, растительных масел, природного газа (сжатого и сжиженного), водорода, диметилового эфира, биогаза. Проблемы и перспективы применения этих топлив.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Автор, название, вид, издательство	Год издания	Кол-во экз. в биб-ке ВлГУ	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература				
1	Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Р. З. Кавтарадзе, Д. О. Онищенко, А. А. Зеленцов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана.	2012	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0563.html">http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0563.html</a>
2	Системы электроснабжения и электрозапуска двигателей автомобилей и тракторов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Бериллов А.В., Сугробов А.М., Грузков С.А. и др. - М. : Издательский дом МЭИ. – 96 с.	2011	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI72.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI72.html</a>
3	Термодинамический расчет идеализированного цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Прокопенко Н. И. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ	2015	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325917.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325917.html</a>
4	Материалы для поршневых двигателей [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Л.В. Тарасенко, М.В. Унчикова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана	2013	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836873.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836873.html</a>
5	Практикум по автотракторным двигателям [Электронный ресурс] / Корабельников А. Н., Насоновский М. Л., Чумаков В. Л. - М. : Ко-	2013	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206877.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206877.html</a>

	лосС, 2013. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений)			
Дополнительная литература				
1	Экономика энергетики [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Н.Д. Роголёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Роголёва. - М. : Издательский дом МЭИ	2011	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003244.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003244.html</a>
2	Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении [Электронный ресурс]: учебное пособие / Яманин А.И., Голубев Ю.В., Жаров А.В., Шилов С.М., Павлов А.А. - М.: Машиностроение	2005	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5217033010.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5217033010.html</a>
3.	Диагностика электронных систем автомобиля. Учебное пособие [Электронный ресурс] / Яковлев В.Ф. - М. : СОЛОН-ПРЕСС	2007	-	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980030441.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980030441.html</a>

Кроме учебной и научной литературы аспирантам рекомендуются различные периодические издания и ресурсы Internet, исходя из тематики его диссертационной работы.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для выполнения самостоятельных работ, при проведении лекционных и практических занятий используются специализированные аудитории и лаборатории кафедры, лабораторные учебные стенды, ПК в компьютерной классе кафедры.

Материально техническое обеспечение кафедры ТДиЭУ для подготовки аспирантов по указанным направлению и профилю представлено в следующей таблице.

Наименование учебных аудиторий (лабораторий) и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий (лабораторий) и помещений для самостоятельной работы
600014, Владимирская область, г. Владимир, ул. Белоконойской, д. 5, учебный корпус № 2, 3-й этаж ауд. №304-2	Компьютерный класс с мультимедийным комплексом 25 посадочных мест, площадь 32,6м <sup>2</sup> +18,3 м <sup>2</sup> Оснащение: Телевизор SONY KV-25M1K Коммутатор сетевой 3COM – 2 шт. Принтер CANON L11121E Принтер EPSON Проектор BENQ MW 526 Компьютер Pentium P-166 Доска маркерная Tk-team Система кондиционирования воздуха Hitachi RAS/RAC-18CH7 Рабочее место студента Kraftway Intel Core 2 Duo Windows с ПО КОМ- PAS 3D V12, MathCAD 12, MATLAB, Microsoft Endpoint Protection, – 13 шт. Экран DRAPER
600014, г. Владимир, ул. Белоконойской, д. 3. Лабораторный корпус № 4, 1-й этаж ауд. №101-4	Учебная лаборатория+НИР 24 посадочных мест , 127,5 м <sup>2</sup> Оборудование: 1. Моторный стенд с комплексом измерительной аппаратуры на базе электробалансирной машины IDS-932N. 2. Стенд Motorpal NC-102 для испытания топливной аппаратуры дизелей. 3. Стенд Hartridge для испытания топливной аппаратуры 4. Образцы отечественных и зарубежных двигателей - 8 шт. 5. Образцы деталей, узлов и агрегатов отечественных и зарубежных двигателей. 6. Доска аудиторная, мел
600014, г. Владимир, ул. Белоконойской, д. 3. Лабораторный корпус № 4, 1-й этаж ауд. №130-4	Учебно-научная лаборатория. 15 посадочных мест, площадь 30,6 м <sup>2</sup> +30,6 м <sup>2</sup> Аудиторная доска, мел, ноутбук. Оборудование: 1. Стенд для исследования характеристик регуляторов ТНВД. 2. Стенд для исследования характеристик регуляторов угла опережения зажигания. 3. Лабораторная установка для исследования датчиков температуры. 4. Лабораторная установка для исследования датчиков положения элект-

	<p>тронных систем управления двигателями.</p> <p>5. Комплект отечественных и зарубежных образцов элементов, узлов и агрегатов электронных систем управления двигателями.</p> <p>6. Лабораторная установка для исследования насосов и термостатов систем охлаждения двигателей.</p> <p>7. Стенд для исследования фильтров охлаждающей жидкости.</p> <p>8. Ультразвуковой расходомер-счетчик US-800-32-100-010, USB-микроскоп «Микрон-500», комплект лабораторных калиброванных сит, 3 многофункциональных тестера.</p>
--	---

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника», направленность (профиль) подготовки «Тепловые двигатели» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), паспортом научной специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели» и Программой-минимумом кандидатского экзамена по специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели», разработанной Экспертным советом ВАК Министерства образования и науки РФ в соответствии с Приказом Министерства образования и науки РФ №274 от 8.10.2007г. «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

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

  
С.Г. Драгомиров

**Рецензент**

(представитель работодателя) главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ» г. Владимир  
д.т.н.

А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 32 от 02.06.2015 года

Заведующий кафедрой «Тепловые двигатели и энергетические установки»

  
В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

Протокол № 1 от 03.06.2015 года

Председатель комиссии   
В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 2 от 06.02.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

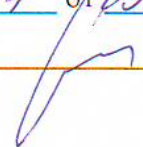


В. Ф. Туськов

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



В. Ф. Туськов

Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 24 от 04.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

