

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.11  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математические методы моделирования рабочего процесса силовых установок**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

**13.03.03 Энергетическое машиностроение**

направленность (профиль)

**Альтернативные источники энергии транспортных средств**

Форма обучения: Очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	8	Итого
Форма контроля	зачёт	
Вид занятий		
Лекции	12	12
Лабораторные	-	0
Практические	48	48
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	0
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	60,25	60,25
Самостоятельная работа	83,75	83,75
Контроль	-	0
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

Рабочую программу составил(и):

доцент, доцент, к.т.н., Смоленский В.В.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

старший преподаватель кафедры «ЭМиСУ», Афанасьев А.Н.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана  
направления подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2025 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
«Энергетические машины и системы управления»

---

(протокол заседания № 1 от «01» сентября 2020 г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – ознакомление с общими подходами и методами математического моделирования, разработанными в настоящее время, при проектировании изделий энергомашиностроения; освоение практических навыков при работе с использованием специализированных программных продуктов, реализующих различные математические модели процессов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к блоку «Дисциплины (модули)» (Часть, формируемая участниками образовательных отношений).

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: теория рабочего процесса, конструирование и расчет комбинированных силовых установок, основы САПР.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Производственная практика (преддипломная практика), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способен проводить прикладные научные исследования:	ПК-1.1. Проведение поисковых исследований по созданию перспективных энергетических установок АТС и их компонентов	Знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– Правила подготовки материалов для патентования</li><li>– Методы проведения поисковых исследований энергетических установок АТС и их компонентов</li><li>– Требования нормативной технической документации, технических регламентов, национальных и международных стандартов в отношении энергетических установок АТС и их компонентов</li><li>– Корпоративный регламент/стандарт пользования источниками научно-технической информации и справочно-информационными изданиями</li></ul>
		Уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>– Анализировать влияние изменений конструкции на выходные характеристики энергетических установок АТС и их компонентов</li><li>– Производить предварительную</li></ul>

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		оценку технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты – Проводить патентный поиск
		Владеть: – Анализ технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты – Анализ лучших практик в области создания перспективных энергетических установок АТС и их компонентов – Формирование отчета по результатам поисковых исследований
	ПК-1.3. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Знать: – Цели и задачи проводимых исследований и разработок – Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований – Методы и средства планирования и организации исследований и разработок – Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации
		Уметь: – Применять нормативную документацию в соответствующей области знаний – Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ – Применять методы анализа научно-технической информации
		Владеть: – Проведение маркетинговых исследований научно-технической информации

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b> (код и наименование)	<b>Индикаторы достижения компетенций</b> (код и наименование)	<b>Планируемые результаты обучения</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сбор, обработка, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований</li> <li>– Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний</li> <li>– Подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов</li> <li>– Внедрение результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1	Лек	Методы проведения поисковых исследований энергетических установок АТС и их компонентов в области математического моделирования.	8	2	–	–	Зачет
	Пр	Правила подготовки материалов для патентования объектов энергетических установок АТС полученных с применений технологий математического моделирования.	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №1
	Пр	Патентный поиск объектов энергетических установок АТС полученных с применений технологий математического моделирования.	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №2
	Пр	Оценка термодинамической эффективности цикла «Отто» в зависимости от величины степени сжатия и показателя политропы сжатия-расширения	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №3
	СР	Проведение маркетинговых исследований научно-технической информации объектов энергетических установок АТС полученных с применений технологий математического моделирования.	8	12	–	–	Зачет
Модуль 2	Лек	Требования нормативной технической документации, технических регламентов, национальных и международных стандартов в отношении энергетических установок АТС и их компонентов.	8	2	–	–	Зачет
	Пр	Анализ технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты с использованием технологий математического моделирования.	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №4
	Пр	Анализ лучших практик в области создания перспективных энергетических установок АТС	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №5

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		и их компонентов с использованием технологий математического моделирования.					
	Пр	Моделирование составляющих механических потерь двигателя как функции оборотов и нагрузки	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №6
	СР	Сбор, обработка, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов	8	12	–	–	Зачет
Модуль 3	Лек	Корпоративный регламент/стандарт пользования источниками научно-технической информации и справочно-информационными изданиями в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.	8	2	–	–	Зачет
	Пр	Анализ влияния изменений конструкции на выходные характеристики энергетических установок АТС и их компонентов на основании результатов математического моделирования.	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №7
	Пр	Предварительная оценка технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты на основании результатов математического моделирования.	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №8
	Пр	Моделирование влияния продолжительности сгорания и положения процесса сгорания на термодинамические показатели рабочего цикла	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №9
	СР	Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в области математического моделирования энергетических установок АТС и их	8	12	–	–	Зачет

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		компонентов.					
Модуль 4	Лек	Цели и задачи проводимых исследований и разработок с применением математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов. Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.	8	2	–	–	Зачет
	Пр	Применение нормативной документации в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №10
	Пр	Формирование отчета по результатам поисковых исследований с использованием математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.	8	2	–	–	Зачет Практическая работа №11
	Пр	Моделирование влияния коэффициента избытка воздуха на термодинамические показатели рабочего цикла	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №12
	СР	Подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов по результатам математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.	8	12	–	–	Зачет
Модуль 5	Лек	Методы и средства планирования и организации исследований и разработок с использованием математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов. Методы проведения	8	2	–	–	Зачет



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации с использованием математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.					
	Пр	Оформление результатов математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №13
	Пр	Применение методов анализа научно-технической информации в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №14
	СР	Внедрение результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями	8	12	–	–	Зачет
Модуль 6	Лек	Общие сведения о математическом моделировании и математических моделях, применяемых в энергетических установках АТС	8	2	–	–	Зачет
	Пр	Моделирование содержания остаточных газов в цилиндрах как функции оборотов и нагрузки	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №15
	Пр	Моделирование влияния тепловых потерь в двигателе на термодинамические показатели рабочего цикла	8	4	–	–	Зачет Практическая работа №16
	СР	Использование источников научно-технической информации и справочно-информационных изданий для анализа изученного материала	8	23,75	–	–	Зачет
Модуль 1-6	ПА	Промежуточная аттестация. Зачёт	8	0,25	–	–	Зачет
<b>Итого:</b>				<b>144</b>			

## **5. Образовательные технологии**

Ведущей деятельностью в процессе обучения является учебная деятельность студентов, характеризующаяся действующей системой познавательных процессов, начиная с восприятия информации и заканчивая сложнейшими творческими процессами, способностями общего и частного характера, эмоциональными явлениями, которые мотивируют многие системы учебных действий, а также общими и частными мотивациями. При реализации данной учебной дисциплины используются следующие технологии:

- технология традиционного обучения. Данная организация учебного процесса основана на лекционно-семинарско-зачетной форме обучения. Методы обучения – наглядные, словесные, практические.

- технология обучения в сотрудничестве – организация учебного процесса, основанного на принципах сотрудничества во временных командах или малых группах, с целью получения качественного образовательного результата. Метод обучения – работа в паре – выполнение практической работы.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

Методические рекомендации преподавателям:

1. При проведении лекций рекомендуется четко сформулировать цели изучаемого раздела, пункта и данного занятия.

2. Целесообразно рассматриваемый материал пояснять на элементарных примерах, в том числе из изучавшихся ранее курсов.

3. Полезно в процессе лекционного занятия по рассматриваемой теме довести до студентов её практическое значение для современного состояния в области профессиональной деятельности.

4. Проведение практических занятий организовывать по принципу группового изучения и выполнения при консультации преподавателя в случае затруднения студентов при обсуждении в группе.

Методические указания студентам.

1. Самостоятельную работу следует выполнять непосредственно после заслушивания материала во время лекционных занятий.

2. Во время проведения практических занятий необходимо уяснить вопросы на самостоятельную проработку материала.

3. Подготовку к итоговой аттестации (зачету) необходимо проводить путем прочтения изучаемого раздела и затем письменного его изложения (по памяти) до достижения полного понимания и отображения в виде ответа на изучаемый вопрос.

4. Посещать лекционные занятия и аккуратно вести конспекты.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
8	ПК-1.1.	Отчет по практической работе №1-8 Вопросы к зачету №1-26
8	ПК-1.3.	Отчет по практической работе №9-16 Вопросы к зачету №27-50

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Комплект заданий для практических работ

(наименование оценочного средства)

№ п/п	Наименование практической работы
Практическая работа №1	Правила подготовки материалов для патентования объектов энергетических установок АТС полученных с применений технологий математического моделирования.
Практическая работа №2	Патентный поиск объектов энергетических установок АТС полученных с применений технологий математического моделирования.
Практическая работа №3	Оценка термодинамической эффективности цикла «Отто» в зависимости от величины степени сжатия и показателя политропы сжатия-расширения
Практическая работа №4	Анализ технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты с использованием технологий математического моделирования.
Практическая работа №5	Анализ лучших практик в области создания перспективных энергетических установок АТС и их компонентов с использованием технологий математического моделирования.
Практическая работа №6	Моделирование составляющих механических потерь двигателя как функции оборотов и нагрузки
Практическая работа №7	Анализ влияния изменений конструкции на выходные характеристики энергетических установок АТС и их компонентов на основании результатов математического моделирования.
Практическая работа №8	Предварительная оценка технико-экономических показателей на проектируемые энергетических установок АТС и их компоненты на основании результатов математического моделирования.
Практическая работа №9	Моделирование влияния продолжительности сгорания и положения процесса сгорания на термодинамические показатели рабочего цикла
Практическая работа №10	Применение нормативной документации в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.
Практическая работа №11	Формирование отчета по результатам поисковых исследований с использованием математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов.
Практическая работа №12	Моделирование влияния коэффициента избытка воздуха на термодинамические показатели рабочего цикла
Практическая работа №13	Оформление результатов математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах
Практическая работа №14	Применение методов анализа научно-технической информации в области математического моделирования энергетических установок АТС и их компонентов
Практическая работа №15	Моделирование содержания остаточных газов в цилиндрах как

	функции оборотов и нагрузки
Практическая работа №16	Моделирование влияния тепловых потерь в двигателе на термодинамические показатели рабочего цикла

### Типовые примеры заданий

#### Практическая работа №3

1. Наименование: «Оценка термодинамической эффективности цикла «Отто» в зависимости от величины степени сжатия и показателя политропы сжатия-расширения»
2. Цель: закрепление знаний о параметрах, влияющих на эффективность термодинамического цикла поршневого ДВС.
3. Задачи:
  - построение поля характеристик термодинамического КПД рабочего цикла «Отто» от степени сжатия;
  - построение поля характеристик термодинамического КПД рабочего цикла «Отто» от показателя политропы сжатия-расширения.
  - практическое выполнение работ;
  - формирование выводов и подготовка отчета.
4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о влиянии характеристик двигателя и параметров основных процессов рабочего цикла ДВС на его эффективность.
5. Критерии оценки:
  - оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
  - оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе
6. Контрольные вопросы по практической работе:
  1. Расскажите о видах энергии и их взаимных преобразованиях, освоенных человечеством;
  2. Идеальные термодинамические циклы, положенные в основу функционирования ДВС;
  3. Что такое – "рабочий объем" цилиндра и двигателя?
  4. Что такое полный объем цилиндра и степень сжатия?
  5. Почему величина степени сжатия определяет тип двигателя?
  6. Влияние степени сжатия  $\epsilon$  на индикаторный КПД.
  7. Как влияют на индикаторный КПД геометрические параметры двигателя?
  8. Какие преобразования энергии и как происходят в двигателе?
  9. Как следует изменять параметры цикла для увеличения  $L_{ц}$ ?
  10. Отличие действительного термодинамического цикла ДВС от идеального.
  11. Действительный процесс расширения продуктов сгорания. Его отличия от идеального процесса.

#### Практическая работа №6

1. Наименование: «Моделирование составляющих механических потерь двигателя как функции оборотов и нагрузки»
2. Цель: закрепление знаний по механической эффективности поршневого ДВС.
3. Задачи:
  - моделирование зависимостей составляющих механических потерь от оборотов двигателя;
  - моделирование механического КПД двигателя с искровым зажиганием от нагрузки;
  - моделирование механического КПД двигателя с воспламенением от сжатия.

- практическое выполнение работ;
- формирование выводов и подготовка отчета.

4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о составляющих механических потерь поршневого ДВС.

5. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе

6. Контрольные вопросы по практической работе:

1. Структура индикаторного КПД.
2. Как влияют на индикаторный КПД геометрические параметры двигателя?
3. Что входит в понятие мощности механических потерь?
4. Зависимость мощности механических потерь от условий работы ДВС
5. Что такое "среднее давление механических потерь" и "среднее эффективное давление"?
6. Как рассчитывают мощность механических потерь?
7. Какие факторы влияют на эффективные параметры ПД?
8. Структура эффективного КПД. Что и как он учитывает?

### **Практическая работа №9**

1. Наименование: «Моделирование влияния продолжительности сгорания и положения процесса сгорания на термодинамические показатели рабочего цикла»

2. Цель: формирование знаний и представлений об эффективном процессе сгорания в ДВС.

3. Задачи:

- моделирование зависимости термодинамического КПД рабочего цикла двигателя от продолжительности процесса сгорания;
- моделирование зависимости термодинамического КПД рабочего цикла двигателя от положения процесса сгорания относительно ВМТ.
- практическое выполнение работ;
- формирование выводов и подготовка отчета.

4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о современных методах расчета процесса сгорания в автотракторных ДВС, закрепление знаний и представлений о предмете обучения, формирование практических навыков самостоятельного выполнения работ.

5. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе

6. Контрольные вопросы по практической работе:

1. Почему процесс горения происходит при движении поршня, а не в ВМТ?
2. Отличие действительного термодинамического цикла ДВС от идеального.
3. Время, которое отводится на совершение процесса горения в ДВС. На какие фазы можно разделить этот процесс?
4. Расшифруйте понятие "полная энтальпия" индивидуального вещества или ТВС.
5. Топлива, применяемые в ДВС. Перечень основных требований к ним.
6. Высшая и низшая теплотворности топлива.
7. Что такое "ламинарное пламя" и какова скорость его распространения?
8. Что такое "турбулентное пламя" и какова скорость его распространения?
9. Влияние режимных факторов на протекание процесса горения.

10. Влияние конструктивных факторов на протекание процесса горения.
11. Как учитывается в расчётах снижение теплотворности рабочей смеси и другие потери энергии, полученной в химических реакциях окисления?
12. Схема расчёта процесса горения: основные применяемые уравнения и принцип расчёта температуры в конце видимого процесса горения.
13. Что происходит при горении в цилиндре дизеля? Почему эту схему организации процесса сложно, а чаще – невозможно, воспроизвести в бензиновом ДВС?

### **Практическая работа №12**

1. Наименование: «Моделирование влияния коэффициента избытка воздуха на термодинамические показатели рабочего цикла»
2. Цель: изучить особенности работы поршневого ДВС на различных составах ТВС.
3. Задачи:
  - моделирование молекулярного состава отработавших газов при различных коэффициентах избытка воздуха;
  - моделирование основных термодинамических параметров рабочего цикла поршневого ДВС в зависимости от коэффициента избытка воздуха.
  - практическое выполнение работ;
  - формирование выводов и подготовка отчета.
4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о работе автотракторных ДВС при различных составах ТВС.
5. Критерии оценки:
  - оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
  - оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе
6. Контрольные вопросы по практической работе:
  1. Чем дизель принципиально отличается от ДсИЗ?
  2. Схема поршневого ДВС с наименованием его основных элементов.
  3. Связь параметров цикла с параметрами процессов этого цикла.
  4. Как влияют на индикаторный КПД коэффициент избытка воздуха и угол опережения зажигания?
  5. Как изменяются эффективная мощность и эффективный крутящий момент по ВСХ?
  6. Как определить наиболее экономичный режим эксплуатации ДВС?
  7. Почему в двигателях с внешним смесеобразованием невозможно применение качественного способа регулирования режима работы?

### **Практическая работа №15**

1. Наименование: «Моделирование содержания остаточных газов в цилиндрах как функции оборотов и нагрузки»
2. Цель: изучить особенности работы ПДВС на режимах частичной нагрузки.
3. Задачи:
  - моделирование зависимостей содержания остаточных газов в цилиндре двигателя от оборотов двигателя;
  - моделирование содержания остаточных газов в цилиндре двигателя с искровым зажиганием от нагрузки;
  - моделирование содержания остаточных газов в цилиндре двигателя с воспламенением от сжатия.
  - практическое выполнение работ;
  - формирование выводов и подготовка отчета.
4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о работе автотракторных ДВС на режимах частичной нагрузки.

5. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе

6. Контрольные вопросы по практической работе:

1. Что такое "остаточные газы", "продувка" и "дозарядка" цилиндра?
2. Влияние количества остаточных газов на величину коэффициента наполнения.
3. Влияние гидравлического сопротивления впускной системы двигателя на величину коэффициента наполнения.
4. Время-сечение органов газообмена, его изменение по углу поворота коленчатого вала.
5. Влияние температуры и количества остаточных газов на величину коэффициента наполнения.
6. Влияние температуры свежего заряда на коэффициент наполнения.
7. Как рассчитывается коэффициент остаточных газов?
8. Действительный процесс выпуска отработавших газов. Фазы процесса.
9. Насосные ходы поршня. Работа насосных ходов.

**Практическая работа №16**

1. Наименование: «Моделирование влияния тепловых потерь в двигателе на термодинамические показатели рабочего цикла»

2. Цель: оценка влияния тепловых потерь в двигателе на эффективность рабочего цикла при моделировании на основании различных зависимостей коэффициента теплоотдачи.

3. Задачи:

- моделирование зависимости термодинамического КПД рабочего цикла двигателя с учетом тепловых потерь;
- практическое выполнение работ;
- формирование выводов и подготовка отчета.

4. Ожидаемый (е) результат (ы) формирование знаний и представлений о процессе теплоотдачи в цилиндрах двигателя.

5. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если получен правильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если получен неправильный ответ на более 50% контрольных вопросов по практической работе

6. Контрольные вопросы по практической работе:

1. Индикаторная работа и среднее индикаторное давление. Их графическое и аналитическое представление.
2. Параметры, характеризующие топливную экономичность ДВС. Формулы для их расчёта.
3. Расчёт показателя политропы расширения и параметров рабочего тела в конце этого процесса.
4. Отличие реального процесса сжатия в ДВС от идеального.
5. Формула Вошни для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.
6. Формула Хохенберга для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.
7. Формула Эйхельберга для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.

8.Формула Аннанда для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.

9.Формула Ленина-Кострова для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.

10.Формула Кавтарадзе для определения коэффициента теплоотдачи от рабочего тела в стенки камеры сгорания.

### **Краткое описание и регламент выполнения**

**Цель:** Изучения подходов и методик, позволяющих проводить поисковые исследования по созданию перспективных энергетических установок АТС и их компонентов.

**Ожидаемый (е) результат (ы)** формирование знаний и представлений о современном состоянии подходов и методик математического моделирования, позволяющих проводить поисковые исследования по созданию перспективных энергетических установок АТС и их компонентов.

### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно выполнено содержание отчета и получено более 50% положительных ответов на вопросы при обсуждении;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если неправильно выполнено содержание отчета и не получено более 50% положительных ответов на вопросы при обсуждении.



### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_

№ п/п	Вопросы к зачету (устно)
1.	Круг задач, решаемых с помощью математического моделирования рабочих процессов ДВС
2.	Основные классы математических моделей, применяемых при математическом моделировании рабочих процессов ДВС
3.	Основные понятия и определения математического моделирования. Виды моделей.
4.	Математические модели и их использование при создании и исследованиях ДВС
5.	Место математических моделей в системах автоматизированного проектирования
6.	Свойство и особенности теоретических математических моделей
7.	Процесс создания математической модели, его этапы
8.	Виды математических моделей. Теоретические модели процессов ДВС. Современное состояние, преимущества, недостатки
9.	Значение экспериментальных исследований (испытаний) при математическом моделировании ДВС
10.	Виды математических моделей. Эмпирические модели, их преимущества, недостатки и применение в системе теоретического анализа ДВС
11.	Этапы математического моделирования (постановка задачи, построение математической модели, решение уравнений модели, оценка и формальный анализ решения, содержательный анализ решения с позиций предметной области)
12.	Программное обеспечение для проектирования, моделирования и оптимизации двигателей (области применения, основные возможности, перспективы)
13.	Охарактеризуйте подход к численному решению уравнений гидрогазодинамики, принятый в CFD-пакетах общего назначения
14.	Какие уравнения составляют математическую модель процессов гомогенного горения общего вида?
15.	Какие уравнения составляют модель процессов в открытой термодинамической системе?
16.	Удельные мольная энтальпия $H_k$ и внутренняя энергия $U_k$ , мольные теплоемкости при $p = \text{const}$ и $v = \text{const}$ , их взаимосвязь.
17.	Объясните сущность эффектов Соре, Дюфура и бародиффузии
18.	Охарактеризуйте подходы к расчету на ЭВМ турбулентного горения по осредненным (RANS) и по «отфильтрованным» (LES) уравнениям?
19.	Одномерные математические модели. Их возможности, способы решения систем уравнений.
20.	Двухмерные математические модели. Их возможности, способы решения систем уравнений.
21.	Трехмерные математические модели. Их возможности, способы решения систем уравнений.
22.	Математические модели процессов в поршневых двигателях (квазистационарные: одно, двух и много зонные). Их принципиальные отличия и возможности.
23.	Расчётные схемы. Правила выбора начальных и граничных условий.
24.	Методы оценки адекватности модели.
25.	Исходное уравнение и модель процессов сжатия и расширения рабочего тела в

№ п/п	Вопросы к зачету (устно)
	цилиндре.
26.	Что представляют собой характеристики тепловыделения (выгорания топлива)?
27.	Эмпирическое уравнение тепловыделения И.И. Вибе
28.	Уравнения для вычисления приращения давления рабочего тела в цилиндре двигателя в процессе сгорания.
29.	Особенности модели процесса сгорания Н.Ф. Разлейцева
30.	Расчёт расходов газа через отверстия в системе газообмена. Коэффициенты расхода
31.	Математическая модель процессов газообмена в цилиндре двигателя
32.	Расчёт состава рабочего тела и его теплоёмкостей при работе двигателей на различном топливе
33.	Квазистационарные, двухзонные математические модели процессов в поршневых двигателях. Принимаемые допущения, области применения.
34.	Особенности модели процесса сгорания с использованием характеристики тепловыделения в дизеле
35.	Модель процесса сгорания с использованием характеристики тепловыделения в двигателях с воспламенением от искры
36.	Принятие начальных и граничных условий. Оценка адекватности модели
37.	Состав горючей смеси. Расчет теплотворной способности топлива и горючей смеси. Зависимость теплотворности горючей смеси от состава топлива и коэффициента избытка воздуха.
38.	Моделирование теплоотдачи в цилиндрах поршневого ДВС.
39.	Модели фронтального горения
40.	Базовые уравнения при математическом моделировании рабочего процесса поршневого ДВС
41.	Математическая модель образования вредных веществ в продуктах сгорания
42.	Влияние коэффициента избытка воздуха и вида топлива на образование токсичных составляющих
43.	Влияние угла опережения зажигания и степени сжатия на экономические и токсические показатели поршневого ДВС
44.	Влияние частоты вращения коленчатого вала и параметров на впуске на экономические и токсические показатели поршневого ДВС с искровым зажиганием
45.	Расскажите, что представляет собой программная реализация модели (программный модуль, тестовый модуль, тестовая программа и тестовая задача)
46.	Охарактеризуйте пакеты программ общего назначения для моделирования процессов. Приведите пример конкретного пакета.
47.	Методика и критерии выбора типа модели для решения конкретной задачи
48.	Какие предпосылки и допущения принимаются при моделировании газотурбинного наддува (турбонаддува)?
49.	Особенности моделирования многотопливного рабочего процесса
50.	Особенности моделирования перспективных процессов организации сгорания в поршневых ДВС

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
8	Зачет (устно)	«зачтено»	Оценки "зачтено" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.
		«не зачтено»	Оценка "не зачтено" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "не зачтено" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Ашихмин В.Н. и др.	Введение в математическое моделирование	Учебное пособие	2016	ЭБС "IPRbooks"
2	Корчагин В. А.	Тепловой расчет автомобильных двигателей	Учебное пособие	2016	ЭБС "IPRbooks"
3	Баширов Р. М.	Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета	Учебник	2017	ЭБС "Лань"
4	Сафронов А. И., Талалов С. В.	Математическое и компьютерное моделирование. Выполнение курсовой работы	Учебно-методическое пособие	2020	Репозиторий ТГУ
5	Смоленская Н. М.	Исследование и моделирование скорости сгорания при изменении состава газового композитного топлива в поршневых двигателях с искровым зажиганием	Монография	2017	5
6	Крюков К. С.	Теория и конструкция силовых установок	Учебное пособие	2020	ЭБС "ZNANIUM.COM"
7	Коваленко Н. А.	Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта	Учебное пособие	2018	ЭБС "ZNANIUM.COM"
8	Рузавин Г. И.	Методология научного познания	Учебное пособие	2017	ЭБС "IPRbooks"
9	Михалкин Н. В.	Методология и методика научного исследования	Учебное пособие	2017	ЭБС "IPRbooks"
10	Федотова Е. Л.	Информационные технологии в науке и образовании	Учебное пособие	2019	ЭБС "ZNANIUM.COM"

<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Заглавие (заголовок)</b>	<b>Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)</b>	<b>Год издания</b>	<b>Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС</b>
11	Логуновой О. С.	Представление и визуализация результатов научных исследований	учебник	2020	ЭБС "ZNANIUM.CO M"
12	Алексеев Г. В., Леу А. Г.	Основы защиты интеллектуальной собственности	Учебное пособие	2020	ЭБС "Лань"

## 8.2. Дополнительная литература

<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Заглавие (заголовок)</b>	<b>Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)</b>	<b>Год издания</b>	<b>Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС</b>
1	Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А.	Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях.	Учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
2	Ассад М.С., Пенязьков О.Г.	Продукты сгорания жидких и газообразных топлив. Образование, расчет, эксперимент.	Монография	2010	ЭБС "IPRbooks"
3	Суркин В. И.	Основы теории и расчета автотракторных двигателей	учебное пособие	2020	5
4	Наумов С. А.	Методика выполнения теплового и динамического расчетов двигателей	учебное пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"
5	Косова Е. Н. [и др.]	Компьютерные технологии в научных исследованиях	учебное пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"
6	Баландина Н. В.	Основы экспериментальных исследований	учебное пособие	2015	ЭБС "IPRbooks"

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- WebofScience [Электронный ресурс]: мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016–. – Режим доступа: apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus [Электронный ресурс]: реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004–. – Режим доступа: scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Москва: НЭБ, 2000–. – Режим доступа: elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- SpringerLink [Электронный ресурс]: [база данных]. – Switzerland: SpringerNature, 1842–. – Режим доступа: link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- ScienceDirect [Электронный ресурс]: коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018–. – Режим доступа: sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	№619935341, 2013 г. бессрочный
2	Office Standart	№61935138 от 28.05.2012 бессрочный
3	Антиплагиат	985/2016 от 06.10.2016
4	Дизель-ПК	Свободный доступ в сети Internet

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Б-208. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Стол�ы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, доска аудиторная (меловая), стул, ДВС Д-30-37, настенные плакаты, ДВС В-2, ДВС ЗиЛ 130, ДВС АЗЛК412, ДВС ВА31111, блок картер в сборе РПД, наглядное пособие "Шатуны", газотурбинный двигатель, редуктор ГТД, электрический стенд "Система охлаждения", электрический стенд "Система смазки", РПД, ДВС ВА3 2108, наглядное пособие "Коленчатые валы", наглядное пособие "Поршни" стеллажи с узлами и агрегатами ДВС
2	Б-209. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для	Стол�ы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, кафедра, доска аудиторная (меловая), экран.

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	
3	Б-212. Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	столы ученические, доска аудиторная, стол преподавательский, стулья ученические, сканер, шкаф книжный, ПК, доска аудиторная (меловая)
4	Б-214. Лаборатория "Газовая динамика"	стеллаж с наглядными пособиями, стеллаж с лабораторными пособиями, вакуумный привод, столы ученические двухместные (моноблоки), доска аудиторная, турбокомпрессор, вакуумная заслонка, вакуумметр, наглядные пособия, стол преподавательский, стул преподавательский.
5	Б-104. Учебно-моторный бокс	Стол�ы ученические, стулья ученические, частотметр электроносчетный ЧЗ-34А, вольтметр универсальный В7-21, электронный тахометр ТЦ-3, топливный расходомер, весы, двигатель бензиновый ВА3-2114, тормозная установка MEZ Vsetin, ресивер., лавка мягкая., шкаф металлический., двигатель дизельный Д-37Б., индикатор МАИ-2А., манометровый стенд., манометр жидкостный, узел пожаротушения ОУ-3-ВСУ
6	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Стол�ы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет