

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт транспорта и логистики
Кафедра двигателей внутреннего сгорания**

УТВЕРЖДАЮ
Директор института транспорта и логистики
 **Выкадоров В.В.**
2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ»

По направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания»

Луганск 2023

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование процессов в поршневых двигателях» по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение. – 50 с.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Моделирование процессов в поршневых двигателях» разработана с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 149.

СОСТАВИТЕЛИ:

канд.техн.наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Данилейченко А.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Ковтун А.С.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Доценко Д.М.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Брянцев М.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Антоненко Н.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»

« 12 » 04 20 23 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой _____ А.А. Данилейченко
Переутверждена: « _____ » _____ 20 _____ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института транспорта и логистики

« 14 » 04 20 23 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической
комиссии института



Е.И. Иванова

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование знаний принципов и навыков математического моделирования термодинамических, газодинамических и других процессов при получении тепловой энергии и преобразовании её в механическую энергию в поршневых двигателях внутреннего сгорания.

Задачами является привитие навыков по принципам построения математических моделей и способами оценки их адекватности, использованию вероятностных моделей, использования расчетных методов исследования при совершенствовании поршневых двигателей.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование процессов в поршневых двигателях» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания разделов из цикла фундаментальных и профессионально-ориентированных дисциплин, умения воспользоваться имеющейся информацией для дальнейшего проектирования и расчета рабочего процесса двигателя и его систем, навыки работы на ЭВМ, полученные при изучении курса Информатики.

Основывается на базе дисциплин: теория поршневых двигателей.

Является основой для изучения следующих дисциплин: моделирование процессов топливоподачи современных дизелей, основы вторичного использования теплоты в ДВС.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ПК-2.2. Умеет проводить физическое и математическое моделирование процессов и систем в области энергетического машиностроения.	Знать: методы математического моделирования процессов в поршневых двигателях и области использования их при исследовании и анализе процессов в двигателях; методы оценки адекватности моделей, численные методы, используемые при проведении технических расчетов; достижения науки и возможности вычислительной техники, передовой и зарубежный опыт организации расчетно-экспериментальных исследований процессов в поршневых двигателях различного типа; методы использования математических моделей различного уровня для расчета и оптимизации рабочих процессов, для разработки экономичных и малотоксичных двигателей; уметь: обоснованно выбирать программы расчета при поиске путей совершенствования поршневых двигателей; использовать современные информационные технологии для моделирования и оптимизации процессов в двигателях с учетом их конструктивных особенностей; проектировать двигатели с заданными параметрами и характеристиками с использованием расчетных методов; проектировать системы двигателей различного назначения, выбирать параметры систем двигателей, разрабатывать конструкцию их основных узлов и деталей с учетом особенностей рабочего процесса и условий эксплуатации, владеть навыками: составления программ расчета процессов в поршневых двигателях; проведения оптимизации процессов преобразования тепловой энергии в механическую с целью достижения прогрессивных экономических и экологических показателей в условиях ограничений.
--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	180 (5 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	56	24
Лекции	14	8
Семинарские занятия		
Практические занятия	28	8
Лабораторные работы	14	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций, индивидуальное задание и т.п.)		
Самостоятельная работа студента (всего)	124	156
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Цель и задачи дисциплины. Газодинамические явления в ГВТ двигателей и требования, предъявляемые к процессу газообмена. Основные показатели качества процесса газообмена. Механизм газодинамических явлений во впускной и выпускной системах ДВС. Основные уравнения газовой динамики. Основные элементы газоздушных трактов двигателей. Движение волн конечной амплитуды в канале постоянного и переменного сечения. Генерирование ВКА. Отражение ВКА от конца трубопровода. Взаимодействие ВКА с диафрагмой.

2. Процессы газообмена в двигателях и их связь с основными конструктивными параметрами газоздушного тракта. Процессы газообмена в четырехтактных двигателях. Минимальное давление воздуха за выпускным клапаном рабочей камеры двигателя. Максимальное давление воздуха перед впускным клапаном в рабочую камеру двигателя. Факторы, влияющие на процесс газообмена в четырехтактных ДВС. Взаимосвязь впускной и выпускной систем в четырехтактных ДВС. Оптимальная схема четырехтактного ДВС.

3. Процессы газообмена в двухтактных двигателях. Минимальное давление в цилиндре большого объема. Особенности процесса газообмена в двухтактных ДВС. Схемы продувки рабочих камер в двухтактных ДВС. Оптимальная схема ГВТ двухтактного ДВС. Факторы влияющие на процесс газообмена в двухтактных ДВС.

4. Обобщенные переменные для определения качества газообмена двигателей. Система основных уравнений газодинамики в безразмерном виде. Обобщенные переменные для четырехтактного ДВС. Обобщенные переменные для двухтактного ДВС. Предельные коэффициенты наполнения двигателей. Двухзонная модель продувки РК и эмпирическая продувочная характеристика. Графические зависимости обобщенного коэффициента наполнения для четырехтактного ДВС. Графические зависимости обобщенного коэффициента наполнения для двухтактного ДВС.

5. Этапы проектирования ГВТ двигателей. Пример предварительного подбора размеров элементов ГВТ четырехтактного ДВС оптимальной схемы. Компоновка элементов впускного ГВТ двигателя. Пример предварительного выбора размеров основных элементов ГВТ двухтактного ДВС. Компоновка элементов впускного ГВТ двухтактного двигателя. Выбор фаз и размеров перепускных и впускных окон. Проектирование перепускных каналов и окон. Описание двухтактного ДВС с противоположно-движущимися поршнями ЭМ-100

6. Моделирование и расчет рабочего процесса газодизеля. Исходные данные. Выбор конструктивных соотношений элементов впускного и выпускного клапанов. Расчет рабочих процессов наполнения, сжатия, сгорания, расширения газодизельного двигателя. Определение

индикаторных и эффективных показателей ДВС. Тепловой баланс двигателя.

7. Моделирование скоростной характеристики комбинированного двигателя. Расчет и построение внешней скоростной характеристики.

8. Агрегат каскадного обмена энергией и его использование в различных теплосиловых установках. Использование принципов каскадного обмена давлением в рабочем цикле воздушных холодильных машин. Использование принципов каскадного обмена давлением в рабочем цикле систем наддува. Использование КОД в газотурбинных установках. Дисковый двигатель КОД.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1 Введение. Цель и задачи дисциплины. Газодинамические явления в ГВТ двигателей и требования, предъявляемые к процессу газообмена.	2	2
2	Тема 2 Процессы газообмена в двигателях и их связь с основными конструктивными параметрами газоздушного тракта.	2	
3	Тема 3 Процессы газообмена в двухтактных двигателях.	2	2
4	Тема 4 Обобщенные переменные для определения качества газообмена двигателей.	2	
5	Тема 5 Этапы проектирования ГВТ двигателей.	1	2
6	Тема 6 Моделирование и расчет рабочего процесса газодизеля.	1	
7	Тема 7 Моделирование скоростной характеристики комбинированного двигателя.	2	2
8	Тема 8 Агрегат каскадного обмена давлением и его использование в различных теплосиловых установках.	2	
	Итого:	14	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Предварительный выбор размеров основных элементов ГВТ двухтактного ДВС. Предварительный подбор размеров элементов ГВТ четырехтактного ДВС оптимальной схемы.	5	1
2	Изучение принципа действия теплосиловых установок с устройствами каскадного обмена давлением и моделирование их рабочих процессов.	5	1
3	Изучение принципа действия и конструкции дискового двигателя КОД и его характеристик.	5	1
4	Индикаторная диаграмма теоретического цикла бензинового ДВС	4	1
5	Построение скоростной характеристики комбинированного двигателя.	5	2
6	Расчет рабочего процесса газодизеля.	4	2
	Итого:	28	8

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Определение характеристики механических потерь	1	1
2	Определение характеристики холостого хода	1	
3	Определение нагрузочной характеристики двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от искры	2	1
4	Определение скоростной характеристики двигателя с искровым	1	1

	воспламенением		
5	Определение коэффициента наполнения дизельного двигателя	1	1
6	Определение коэффициентов избытка воздуха в цилиндре дизельного двигателя	1	
7	Экспериментальное и расчетное определение давления сжатия и сгорания в камере сгорания дизеля	1	
8	Определение теплового баланса двигателя	1	1
9	Установка зазоров в клапанах механизма газораспределения	1	
10	Разноска масс шатуна кривошипно-шатунного механизма двигателя методом взвешивания	1	1
11	Изучение устройства и работы топливного насоса высокого давления и форсунки	2	1
12	Определение уровня топлива в поплавковой камере и герметичности игольчатого клапана карбюратора	1	1
	Итого:	14	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Цель и задачи дисциплины. Газодинамические явления в ГВТ двигателях и требования, предъявляемые к процессу газообмена.	Подготовка к практическим занятиям	15	20
2	Процессы газообмена в двигателях и их связь с основными конструктивными параметрами газовоздушного тракта.	Подготовка к практическим занятиям	15	20
3	Процессы газообмена в двухтактных двигателях.	Подготовка к практическим занятиям	15	20
4	Обобщенные переменные для определения качества газообмена двигателей.	Подготовка к практическим занятиям	15	19
5	Этапы проектирования ГВТ двигателей.	Подготовка к практическим занятиям	15	19
6	Определить параметры цикла и построить индикаторную диаграмму термодинамического цикла двигателя с внешним подводом теплоты.	задание	18	18
7	Моделирование скоростной характеристики комбинированного двигателя.	Подготовка к практическим занятиям	15	20
8	Агрегат каскадного обмена давлением и его использование в различных теплосиловых установках.	Подготовка к практическим занятиям	16	20
	Итого:		124	156

4.7. Курсовые работы

Не предусмотрено учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Данилейченко А.А. Моделирование процессов в поршневых двигателях [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ [А.А.Данилейченко, М.А.Брянцев, С.И.Тырловой, Д.И.Любченко]; - Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2018.-131с.
2. Тырловой С. И. Теория поршневых двигателей [Электронный ресурс]: учебное пособие / С И. Тырловой. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 91 с.
3. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок : учебник / А. Н. Арбеков, А. Ю. Вараксин, В. Л. Иванов [и др.] ; под общ. ред. А. Ю. Вараксина. - 4-е изд., испр. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. - 680 с. - ISBN 978-5-7038-4755-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1963334> (дата обращения: 01.02.2024).
4. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы : учебник / Р. З. Кавтарадзе. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2016. - 592 с. - ISBN 978-5-7038-4117-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960951> (дата обращения: 01.02.2024).

б) дополнительная литература:

5. Чайнов Н. Д. Конструирование и расчет поршневых двигателей: учебник / Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2018. - 536 с. - ISBN 978-5-7038-4854-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1964153>
6. Дмитренко, А. В. Математическое моделирование : учебно-методическое пособие к практическим и лабораторным работам по дисциплине «Математическое моделирование» / А. В. Дмитренко. - Москва : РУТ (МИИТ), 2018. - 32 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896880> (дата обращения: 01.02.2024).
7. Любченко, В. Я. Применение математического моделирования в задачах электроэнергетики : учебное пособие / В. Я. Любченко, С. В. Родыгина. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 72 с. - ISBN 978-5-7782-4186-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1867914> (дата обращения: 01.02.2024).
8. Бурьков, Д. В. Применение IT-технологий в электроэнергетике: Mathcad, Matlab (Simulink), NI Multisim : учебное пособие / Д. В. Бурьков, Н. К. Полуянович ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 126 с. - ISBN 978-5-9275-3086-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088095> (дата обращения: 01.02.2024).

9. Тарасик В. П. Теория автомобилей и двигателей [Текст] : учебное пособие / В. П. Тарасик, М. П. Бренч. - 2-е изд., испр. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 447 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 978-5-16-006210-5 (print). - ISBN 978-5-16-101224-6 (online) : 2000 р.
10. Стуканов В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля [Текст] : учебное пособие / В. А. Стуканов. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. - 367 с. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 360. - ISBN 978-5-8199-0770-2 (ФОРУМ). - ISBN 978-5-16-013805-3 (ИНФРА-М, print). - ISBN 978-5-16-101654-1 (ИНФРА-М, online) : 1600 р.
11. Вальехо Мальдонадо П. Р. Кинематика и динамика автомобильных поршневых двигателей [Текст] : учебное пособие / Вальехо Мальдонадо П. Р., Н. Д. Чайнов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - Библиогр.: с. 277-278. - ISBN 978-5-16-014528-0 (print). - ISBN 978-5-16-107031-4 (online) : 1700 р.
12. Тырловой С. И. Учебное пособие "Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей" для студентов направления подготовки 13.04.03 - «Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс] / С. И. Тырловой. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2019. - 124 с.
13. Моделирование процессов в поршневых двигателях [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Данилейченко [и др.]. - Луганск : ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 131 с.
14. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов [Текст]: учебник / [В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - Москва : Высшая школа, 1995. - 368 с. - ISBN 5-06-003298-1. - ISBN 5-06-003295-7 (в пер.) : 14 грн. 34 к.
15. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 3. Компьютерный практикум [Текст] : учебник / [В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, А. Ю. Труш и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - Москва : Высшая школа, 1995. - 256 с. - ISBN 5-06-003298-1. - ISBN 5-06-003297-3 (в пер.) : 14 грн. 33 к.
16. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания [Текст] : учебник / [Н. Х. Дьяченко, Б. А. Харитонов, В. М. Петров и др.] ; под ред. Н. Х. Дьяченко. - Ленинград : Машиностроение, 1979. - 392 с. - 1 р. 10 к.
17. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы [Текст] : учебник / под ред. Н. Х. Дьяченко. - 2-е изд., доп. и перераб. - Ленинград : Машиностроение, 1974. - 552 с. - 1 р. 41 к.
18. Колчин А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] : учебное пособие / А. И. Колчин, В. П. Демидов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1980. - 400 с. - 1 р. 10 к.
19. Крюков К. С. Теория и конструкция силовых установок [бронетанковой техники] [Текст] : учебное пособие / К. С. Крюков. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 210 с. - (Военное образование). - Библиогр.: с. 210. - ISBN 978-5-16-014822-9 (print). - ISBN 978-5-16-107567-8 (online) : 1200 р.
20. Дружинин А. М. Модернизация двигателей внутреннего сгорания. Цилиндропоршневая группа нового поколения [Текст] : учебное пособие / А. М. Дружинин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 147 с. : черт. - Библиогр.: с. 141-142. - ISBN 978-5-9729-1328-2 : 1100 р.
21. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : учебник / под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1983. - 375 с. - 1 р. 70 к.
22. Казанджан П. К. Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин [Текст] : учебник / П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов, А. К. Янко; под ред. П. К. Казанджана. - Москва : Машиностроение, 1983. - 217 с. - ISBN В пер. : 70 к.
23. Автомобильные двигатели [Текст] : учебное пособие / А. Н. Кинщак [и др.]. - Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2004. - 96 с. - ISBN 966-590-460-4 : 7 грн. 66 к.

24. Куценко А. С. Моделирование рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания на ЭВМ [Текст] / А. С. Куценко. - К. : Наукова думка, 1988. - 104 с. - ISBN 5-12-009371-X : 1 р.
25. Шабров Н. Н. Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей [Текст] / Н. Н. Шабров. - Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - 212 с. - 90 к.

в) методические указания:

19. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Моделирование процессов в поршневых двигателях» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение», магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: А. А. Данилейченко. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 71 с.
20. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Методы моделирования объектов и процессов в ДВС» [Электронный ресурс]: для студентов специальности 13.03.03/ Сост.: Данилейченко А.А Луганск: ЛНУ им.В.Даля, 2018. - 43 с.
21. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Моделирование процессов в поршневых двигателях» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение», магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: А. А. Данилейченко, И.П.Васильев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2018. - 55с.
22. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Моделирование процессов в поршневых двигателях» [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение», магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: Данилейченко А.А. - Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля. – 2018. - 34с.
23. Методические указания к контрольной работе по дисциплине «Методы моделирования объектов и процессов в ДВС» [Электронный ресурс]: для студентов специальности 13.03.03/ Сост.: Данилейченко А.А, Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2016. - 33 с..
24. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование процессов в поршневых двигателях» [Электронный ресурс]: для студентов специальности двигатели внутреннего сгорания/ Сост.: Данилейченко А.А Луганск: ЛНУ им.В.Даля, 2018. - 20с.

г) Интернет-ресурсы:

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
 Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
 Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
 Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
 Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
 Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
 Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>
 Электронные библиотечные системы и ресурсы
 Электронно-библиотечная система «Консультант-студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
 Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
 Информационный ресурс библиотеки образовательной организации
 Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в академических аудиториях.

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: проводятся с использованием раздаточного материала, наглядных пособий, демонстрационных плакатов.

Лабораторные работы: лаборатория ДВС, оснащенная специализированными лабораторными стендами (Стенд «Всетин» с ДВС, стенды с дизелями 5Д2, 6ЧН12/14,

1Ч12/14, 5Д4, стенд СДТА, стенд «Motorpal», стенд с ДВС 4ЧН8,5/11 с волновым обменником давления, наглядное пособие двигатель ТВ3-117 и СПГТ, лабораторные стенды 1, 2, 3, 4 по теплотехнике, лабораторное контрольно-измерительное оборудование, наглядные пособия), плакаты со схемами лабораторных работ, шаблоны отчетов по лабораторным работам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет (комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме).

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ПАСПОРТ

оценочных средств по учебной дисциплине

«Моделирование процессов в поршневых двигателях»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
------	-----------------	-------------------------------------	---------------------------------

Начальный	ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	Базовый	знать: методы математического моделирования процессов в поршневых двигателях и области использования их при исследовании и анализе процессов в двигателях; методы оценки адекватности моделей, численные методы, используемые при проведении технических расчетов; достижения науки и возможности вычислительной техники, передовой и зарубежный опыт организации расчетно-экспериментальных исследований процессов в поршневых двигателях различного типа; методы использования математических моделей различного уровня для расчета и оптимизации рабочих процессов, для разработки экономичных и малотоксичных двигателей
		Повышенный	уметь: обоснованно выбирать программы расчета при поиске путей совершенствования поршневых двигателей; использовать современные информационные технологии для моделирования и оптимизации процессов в двигателях с учетом их конструктивных особенностей; проектировать двигатели с заданными параметрами и характеристиками с использованием расчетных методов; проектировать системы двигателей различного назначения, выбирать параметры систем двигателей, разрабатывать конструкцию их основных узлов и деталей с учетом особенностей рабочего процесса и условий эксплуатации
		Высокий	владеть навыками: составления программ расчета процессов в поршневых двигателях; проведения оптимизации процессов преобразования тепловой энергии в механическую с целью достижения прогрессивных экономических и экологических показателей в условиях ограничений.
Основной			
Заключительный			

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ПК-2	Способность использовать знания	ПК-2.2. Умеет проводить	Тема 1 Введение. Цель и задачи дисциплины. Газодинамические явления в ГВТ двигателей и	Начальный, основно

		теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	физическое и математическое моделирование процессов и систем в области энергетического машиностроения.	требования, предъявляемые к процессу газообмена.	й. заключительный 1
				Тема 2 Процессы газообмена в двигателях и их связь с основными конструктивными параметрами газозвдушного тракта.	
				Тема 3 Процессы газообмена в двухтактных двигателях.	
				Тема 4 Обобщенные переменные для определения качества газообмена двигателей.	
				Тема 5 Этапы проектирования ГВТ двигателей.	
				Тема 6 Моделирование и расчет рабочего процесса газодизеля.	
				Тема 7 Моделирование скоростной характеристики комбинированного двигателя.	
				Тема 8 Агрегат каскадного обмена давлением и его использование в различных теплосиловых установках.	

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2	ПК-2.2. Умеет проводить физическое и математическое моделирование процессов и систем в области энергетического машиностроения.	знать: методы математического моделирования процессов в поршневых двигателях и области использования их при исследовании и анализе процессов в двигателях; методы оценки адекватности моделей, численные методы, используемые при проведении технических расчетов; достижения науки и возможности вычислительной техники, передовой и зарубежный опыт организации расчетно-экспериментальных исследований процессов в поршневых двигателях различного типа; методы использования математических моделей различного уровня для расчета и оптимизации рабочих процессов, для разработки экономичных и малотоксичных двигателей; уметь: обоснованно выбирать	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8	Практическая работа, лабораторная работа, индивидуальное задание, контрольная работа

			программы расчета при поиске путей совершенствования поршневых двигателей; использовать современные информационные технологии для моделирования и оптимизации процессов в двигателях с учетом их конструктивных особенностей; проектировать двигатели с заданными параметрами и характеристиками с использованием расчетных методов; проектировать системы двигателей различного назначения, выбирать параметры систем двигателей, разрабатывать конструкцию их основных узлов и деталей с учетом особенностей рабочего процесса и условий эксплуатации, владеть навыками: составления программ расчета процессов в поршневых двигателях; проведения оптимизации процессов преобразования тепловой энергии в механическую с целью достижения прогрессивных экономических и экологических показателей в условиях ограничений.		
--	--	--	---	--	--

Диагностическое контрольное тестирование:

Комплект тестовых заданий, позволяющих осуществить оценку компетенции

ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ПК-2.2. Умеет проводить физическое и математическое моделирование процессов и систем в области энергетического машиностроения.
---	--

образовательной программы 13.04.03 Энергетическое машиностроение, магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» дисциплина «Моделирование процессов в поршневых двигателях»

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие факторы оказывают существенное влияние на процессы газообмена?

- 1) подогрев свежего заряда, условия окружающей среды
- 2) гидравлическое сопротивление впускной и выпускной систем
- 3) нагрузка на двигатель, частота вращения коленчатого вала
- 4) степень сжатия
- 5) параметры остаточных газов

Ответ: 12345

Обоснование: подогрев свежего заряда, гидравлическое сопротивление впускной и выпускной систем снижает коэффициент наполнения, чем больше остаточных газов в цилиндре меньше наполнение свежим зарядом, увеличение степени сжатия может привести к детонации из-за роста температуры рабочей смеси в конце хода сжатия (в результате двигатель перегревается, наполнение цилиндров бензовоздушной смесью ухудшается, а износ основных деталей двигателя повышается в 2–3 раза)

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какие коэффициенты характеризуют процесс газообмена?

- 1) наполнения
- 2) остаточных газов
- 3) продувки
- 4) избытка продувочного воздуха
- 5) нет правильных ответов

Ответ: 1234

Обоснование: существуют коэффициенты наполнения, остаточных газов, продувки, избытка продувочного воздуха

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Что необходимо для получения максимального коэффициента наполнения η_v ?

- 1) уменьшать до минимума величину потерянного объема ΔV_ϕ
- 2) чтобы давление P_a в момент закрытия всех клапанов (окон) было максимально возможным
- 3) температура T_a топливовоздушной смеси (или воздуха) была минимально возможной
- 4) остаточных газов γ_0 и испарившегося топлива γ_u вообще не было
- 5) нет правильных ответов

Ответ: 1234

Обоснование: $\eta_v = \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon - 1} - \frac{\Delta V_\phi}{V_h} \right) \frac{P'_a}{P_k} \cdot \frac{T_k}{T'_a} - \gamma_0 - \gamma_u$

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

От чего зависит коэффициент наполнения?

- 1) от степени сжатия.
- 2) фазы закрытия впускного клапана (окна).
- 3) давления P_a и температуры T_a в момент закрытия впускного клапана (окна).
- 4) количества остаточных газов γ_0 и количества испарившегося топлива γ_u .
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1234

Обоснование: $\eta_v = \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon - 1} - \frac{\Delta V_\phi}{V_h} \right) \frac{P'_a}{P_k} \cdot \frac{T_k}{T'_a} - \gamma_0 - \gamma_u$

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое коэффициент наполнения?

- 1) отношение массы свежего заряда оставшейся в рабочей камере перед началом горения к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению окружающей среды (для ДВС без нагнетателя)
- 2) отношение массы свежего заряда оставшейся в рабочей камере перед началом горения к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению за нагнетателем (для ДВС с нагнетателем).
- 3) отношение массы свежего заряда оставшейся в цилиндре перед началом горения к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению окружающей среды (для ДВС без нагнетателя) или температуре и давлению за нагнетателем (для ДВС с нагнетателем).
- 4) отношение количества молей остаточных газов M_g к количеству молей свежего заряда $M_{1ц}$, заполнившего цилиндр после завершения процесса впуска.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: 3

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое коэффициент продувки камеры сгорания?

- 1) отношению массы свежего заряда, проходящего через рабочую камеру за один рабочий цикл к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме описываемом поршнем при атмосферных условиях.
- 2) отношение количества молей остаточных газов M_g к количеству молей свежего заряда $M_{1ц}$, заполнившего цилиндр после завершения процесса впуска
- 3) отношение массы воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, к массе воздуха, которая бы могла поместиться в цилиндре при параметрах воздуха перед цилиндром
- 4) отношение массы свежего заряда оставшейся в рабочей камере перед началом горения к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению окружающей среды (для ДВС без нагнетателя) или температуре и давлению за нагнетателем (для ДВС с нагнетателем)
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: коэффициент продувки камеры сгорания отношению массы свежего заряда, проходящего через рабочую камеру за один рабочий цикл к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме описываемом поршнем при атмосферных условиях.

Задание с выбором ответа

базовый уровень

Задание 7.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое коэффициент избытка продувочного воздуха?

- 1) отношению массы свежего заряда, проходящего через рабочую камеру за один рабочий цикл к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме описываемом поршнем при атмосферных условиях.
- 2) отношение количества молей остаточных газов M_g к количеству молей свежего заряда $M_{1ц}$, заполнившего цилиндр после завершения процесса впуска.
- 3) отношение массы воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, к массе воздуха, которая бы могла поместиться в цилиндре при параметрах воздуха перед цилиндром
- 4) отношение массы свежего заряда оставшейся в рабочей камере перед началом горения к теоретической массе свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению окружающей среды (для ДВС без нагнетателя) или температуре и давлению за нагнетателем (для ДВС с нагнетателем)
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: коэффициент избытка продувочного воздуха отношение массы воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, к массе воздуха, которая бы могла поместиться в цилиндре при параметрах воздуха перед цилиндром

Задание с выбором ответа

базовый уровень

Задание 8.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие способы организации смены заряда в двухтактных двигателях?

- 1) со специальным продувочным агрегатом
- 2) с волновой продувкой
- 3) с использованием подпоршневого пространства
- 4) с использованием подпоршневого пространства, с волновой продувкой, со специальным продувочным агрегатом.
- 5) все ответы неверны.

Ответ: 4

Обоснование: с волновой продувкой используется согласование волновых эффектов во впускной и выпускной системах для организации очистки, продувки и дозарядки. В качестве специальных продувочных агрегатов используют механически приводные компрессоры, либо - газовую связь (турбокомпрессор), или же комбинированную связь. В двигателях с кривошипнокамерной продувкой к моменту открытия перепускных окон давление в кривошипной камере заполненной топливоздушной смесью повышается, за счет уменьшения ее объема и смесь вдувается в цилиндры.

Задание на установление последовательности

повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Двухтактный двигатель с внешним смесеобразованием рабочим объемом $V_h = 100 \text{ см}^3$, на оборотах $n = 5500 \text{ об/мин}$, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,1$ имеет следующие интегральные показатели газообмена: $\eta_v = 0,55$, $\phi = 1,25$ и рабочего процесса: $\eta_e = 0,28$ (последний параметр необходим для вычисления N_e и g_e). Считать параметры воздуха в

атмосфере $P_a = 101325$ Па и $T_a = 293,15$ К, топливом является бензин с $H_u = 43,9$ МДж/кг и $l_0 = 14,8$ кг.возд./кг.топл., пренебрегать возможной неполнотой сгорания и принимать удельные газовые постоянные воздуха и ОГ одинаковыми и равными $R = 287$ Дж/(кг.К).

Определить парциальное давление кислорода в отработавших газах P_{O_2} , расход воздуха G_B , расход топлива G_T , эффективную мощность N_e . Установите последовательность решения.

РЕШЕНИЕ

4) Определим плотность воздуха в атмосфере: $\rho_a = P_a / (RT_a) = 101325 / (287,1 \cdot 293,15) = 1,204$ кг/м³ и определим массовую долю двухатомного кислорода O_2 в ОГ $Y_{O_2(ex)}$ из следующих соображений. Источников O_2 в ОГ - два: (1) неполная переработка его в РК при сгорании, и (2) попадание воздуха в выпускной тракт при газообмене (продувке). Считаем сгорание полным, а состав «чистых» ОГ - соответствующим элементарному составу продуктов сгорания при заданном отношении воздух/топливо. В этом случае O_2 будут присутствовать в ОГ лишь при $\alpha > 1$. С учетом массового содержания O_2 в воздухе в количестве 23,2%, будем иметь: $Y_{O_2(ex)} = 0,232 \frac{\alpha l_0}{1 + \alpha l_0} \left(\frac{1}{\varphi} \frac{\alpha - 1}{\alpha} + \frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) = 0,05961$.

Парциальное давление кислорода в ОГ P_{O_2} найдем, связав его с давлением в ОГ через мольную долю и используем для перевода $Y_{O_2(ex)}$ в $X_{O_2(ex)}$ молярные массы O_2 и ОГ - $W_{O_2} = 0,032$ кг/моль и R^0 / R соответственно:

$$P_{O_2} = P_a X_{O_2(ex)} = P_a Y_{O_2(ex)} \frac{R_0 / R}{W_{O_2}} = 101325 \cdot 0,05961 \frac{8,314 / 287}{0,032} = 5468 \text{ Па.}$$

Данное значение P_{O_2} является определяющим в работе чувствительного элемента для измерения содержания кислорода в ОГ.

3) Действительную цикловую дозу воздуха найдем через рабочий объем, плотность атмосферного воздуха и коэффициент наполнения:

$$m_{ц} = \eta_v \rho_a V_h = 0,55 \cdot 1,204 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,00006626 \text{ кг.}$$

2) Расход воздуха через двигатель (и внешний расходомер) - с учетом потерь при продувке, при данной частоте рабочих циклов:

$$G_B = \varphi m_{ц} f = \varphi m_{ц} n / (30 \tau) = 1,25 \cdot 0,00006626 \cdot 5500 / 30 / 2 = 0,007592 \text{ кг/с} = 27,33 \text{ кг/час.}$$

1) Расход топлива - с учетом внутреннего смесеобразования - рассчитывается по действительному значению α и по действительной цикловой дозе воздуха в цилиндре: $G_T = m_{ц} f / (\alpha l_0) = G_B / (\varphi \alpha l_0) = 0,007592 / (1,25 \cdot 1,1 \cdot 14,8) = 0,0003731 \text{ кг/с} = 1,343 \text{ кг/час.}$

5) Эффективную мощность двигателя вычислим по расходу топлива и эффективному КПД, с учетом имеющегося значения низшей теплотворной способности: $N_e = \eta_e G_T H_u = 0,28 \cdot 0,0003731 \cdot 43,9 \cdot 10^6 = 4585 \text{ Вт} = 4,59 \text{ кВт.}$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность расчета внешней скоростной характеристики дизеля

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. На основании теплового расчета, проведенного для режима номинальной мощности, получены следующие параметры, необходимые для расчета и построения внешней скоростной характеристики дизеля: эффективная мощность $N_e = 115$ кВт; число оборотов при максимальной мощности $n = 1550$ об/мин; тактность двигателя $\tau = 4$; литраж $V_L = 10,09$ л; ход поршня $S = 140$ мм; теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива $L_0 = 14,45$ кг возд./кг топл.; плотность заряда на впуске $\rho_k =$

$P_k/(P_v \cdot T_k) = 13554/(287 \cdot 330) = 1,425 \text{ кг/м}^3$; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,8$; удельный эффективный расход топлива $g_e = 199 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$.

РЕШЕНИЕ:

1) В начале принимаем: $n_{\min} = 600$ об/мин, далее считаем параметры ДВС по нижеприведенным формулам через каждые 100 об/мин до номинальной частота вращения коленчатого вала $n_N = 1500$ об/мин. По результатам расчетов строим зависимость параметров ДВС от частоты вращения.

2) Мощность в расчетных точках рассчитываем по формуле:

$$N_{ex} = N_e \frac{n_x}{n_N} (0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_x}{n_N} - (\frac{n_x}{n_N})^2) = \\ = 115 \cdot n_x / 1500 (0,87 + 1,13 \cdot n_x / 1500 - (n_x / 1500)^2) \text{ кВт.}$$

3) Эффективный крутящий момент рассчитываем по формуле:

$$M_{ex} = 9550 \cdot N_{ex} / n_x \text{ Нм.}$$

4) Среднее эффективное давление рассчитываем по формуле:

$$P_{ex} = \frac{N_{ex} \cdot 30 \cdot \tau}{V_l \cdot n_x} = \frac{30 \cdot 4 \cdot N_{ex}}{10,09 \cdot n_x} = 11,892 \cdot \frac{N_{ex}}{n_x}.$$

5) Среднюю скорость поршня и давление механических потерь рассчитываем из формул:

$$C_{срх} = \frac{S \cdot n_x}{30 \cdot 10000} = \frac{140 \cdot n_x}{30000} = 0,004667 \cdot n_x, \quad P_{мх} = 0,09 + 0,012 \cdot C_{срх}, \text{ МПа.}$$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Каким образом должен выглядеть алгоритм определения составляющих теплового баланса дизельного двигателя 8Ч13/14 на режиме с расходом топлива $G_t = 71,9 \text{ кг/ч}$, мощностью $N_e = 302 \text{ кВт}$, число оборотов коленчатого вала двигателя $n = 2300 \text{ мин}^{-1}$, количеством продуктов сгорания $M_2 = 0,799 \text{ кмоль/кг}$, количеством свежего заряда $M_1 = 0,767 \text{ кмоль/кг}$, температурой остаточных газов $T_r = 760 \text{ К}$, температурой воздуха на впуске $T_s = 343 \text{ К}$

Решение:

1) Теплота, унесенная с отработавшими газами:

$$Q_r = \frac{G_t}{3,6} [M_2 \cdot (mc_{pmr}) \cdot (T_r - 273) - M_1 (mc_{pms}) \cdot (T_s - 273)] = \\ = \frac{71,9}{3,6} [0,799 \cdot 31,662 \cdot (760 - 273) - 0,767 \cdot 29,142 \cdot (343 - 273)] = 214800 \text{ Дж/с,}$$

где $mc_{pmr} = mc_{vmr} + 8,315 = 23,347 + 8,315 = 23,347 + 8,315 = 31,662 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{град)}$.

2) Теплота, передаваемая охлаждающей среде,

$$Q_B = c \cdot i \cdot D^{1+2m} \cdot n^m / \alpha = 0,53 \cdot 8 \cdot 13^{1+2 \cdot 0,7} \cdot 2300^{0,7} / 1,55 \text{ Дж/сек,}$$

где c — коэффициент пропорциональности, для четырехтактных двигателей $c = 0,45/0,53$;

i — число цилиндров; D — диаметр цилиндра, см;

m — показатель степени, для четырехтактных $m = 0,6 - 0,7$;

n — число оборотов коленчатого вала двигателя, мин^{-1} .

3) Теплота, эквивалентная эффективной работе (за 1 с):

$$Q_e = 1000 \cdot N_e = 1000 \cdot 302 = 302000 \text{ Дж/с.}$$

4) Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом:

$$Q_0 = \frac{Q_H \cdot G_T}{3,6} = \frac{42440 \cdot 71,9}{3,6} = 846200 \text{ Дж/с.}$$

5) Остаточное количество теплоты

$$Q_{\text{ост}} = Q_0 - (Q_e + Q_B + Q_r) = 846200 - (302000 + 290800 + 214800) = 38600 \text{ Дж/с.}$$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Необходимо построить развернутую индикаторную диаграмму двигателя, представляющую собой зависимость давления в цилиндре P от угла поворота кривошипа φ . Заданы давление в конце наполнения P_a и давление остаточных газов P_r . Установите последовательность построения зависимости $P_i = f(\varphi)$.

Решение:

1) Перед началом вычисления текущих давлений газа в цилиндре двигателя P_i необходимо определить следующие промежуточные величины: безразмерное перемещение поршня $\sigma_i = 1 - \cos \varphi_i + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos(2\varphi_i))$; текущее перемещение поршня $S_i = \sigma_i \cdot \frac{S}{2}$; — площадь поршня

$F_n = \frac{\pi D^2}{4}$; рабочий объем цилиндра $V_h = F_n \cdot S$; текущая часть рабочего объема цилиндра под поршнем при соответствующем угле поворота коленчатого вала $V_{\varphi_i} = F_n \cdot S_i$; объем камеры сжатия $V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}$; текущий объем надпоршневого пространства при повороте кривошипа на угол φ $V_i = V_c + V_{\varphi_i}$; полный объем цилиндра $V_a = V_h + V_c$.

2) Текущее давление в цилиндре P_i на такте расширения $\varphi = 360^\circ - 540^\circ$ определяется по формулам: $P_i = P_z \cdot \left(\frac{V_z}{V_i} \right)^{n_p}$

3) Текущее давление в цилиндре P_i на тактах сжатия $\varphi = 180^\circ - 360^\circ$ определяется по формуле: $P_i = P_a \cdot \left(\frac{V_a}{V_i} \right)^{n_c}$

4) При отсутствии уточненного расчета газообмена для четырехтактных двигателей давление на такте наполнения ($\varphi = 0^\circ - 180^\circ$) приближенно можно принять постоянным и равным P_a

5) Для четырехтактных двигателей давление на такте выпуска ($\varphi = 540^\circ - 720^\circ$) приближенно можно принять постоянным и равным P_r .

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	4	3	2	5
---	---	---	---	---

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие определений этапов газообмена четырехтактного двигателя.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	дозарядка	1	происходит при открытых впускных клапанах и движении поршня от ВМТ к НМТ (при этом происходит генерирование волн разрежения во впускной системе и ее интенсивность зависит от перепада давлений и от проходного сечения впускных органов- клапанов).
Б	наполнение	2	- при перемещении поршня от НМТ к ВМТ до момента закрытия впускных клапанов (в этот период, используя волновые процессы во впускном ГВТ согласованные с движением впускного клапана, можно добиться существенного увеличения коэффициента наполнения).
В	продувка камеры	3	происходит при небольшом увеличении объема РК от начала открытия выпускного клапана до НМТ (в период свободного выпуска в выпускной трубопровод перетекает наиболее работоспособная часть газов и порождает в нем интенсивную волну сжатия).
Г	принудительный выпуск	4	сгорания происходит в период, так называемого перекрытия клапанов (одновременного открытия впускного и выпускного клапанов) при положении поршня в районе ВМТ (продувка в ДВС с внешним смесеобразованием, вообще говоря, приводит к потерям смеси, являясь дополнительным средством снижения кол-ва остаточных газов).
		5	происходит под действием перемещающегося поршня от НМТ к ВМТ до момента открытия впускных клапанов (выталкивание ОГ в выпускную систему происходит в основном уже при небольшом перепаде давления).

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие определений.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	оптимизация модели	1	уточняются существенные параметры, ограничения на значения управляемых параметров, показатели исхода операции, связи показателей исхода операции с существенными параметрами, критерий эффективности. После внесения изменений в модель вновь выполняется оценка адекватности.
Б	адекватности модели	2	состоит в упрощении при заданном уровне адекватности. Основными показателями выступают время и затраты средств для проведения исследований на ней. В основе лежит возможность преобразования моделей из одной формы в другую. Преобразование может выполняться либо с использованием математических методов, либо эвристическим путем.
В	формализация модели	3	это замена реального объекта его формальным описанием, т. е. его информационной моделью.
Г	корректировка модели	4	совпадение свойств (функций/параметров/характеристик и т. п.) модели и соответствующих свойств моделируемого объекта. Проверка может производиться путем сравнения показателей, полученных на модели, с реальными, а также путем экспертного анализа.
		5	объекты моделирования описываются с позиций системного подхода. Исходя из цели исследования устанавливаются совокупность элементов, взаимосвязи между элементами, возможные состояния каждого элемента, существенные

			характеристики состояний и отношения между ними.
--	--	--	--

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие формул предлагаемым параметрам рабочего процесса ДВС.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	расход топлива	1	$P_k / (P_b \cdot T_k)$
Б	плотность заряда на впуске	2	$G_b / (\varphi \cdot \alpha \cdot L_0)$
В	эффективная мощность	3	$T_a \cdot \varepsilon^{k_c - 1}$
Г	эффективный крутящий момент	4	$\eta_e \cdot G_T \cdot H_u$
		5	$9550 \cdot N_e / n$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляют собой двухтактные двигатели с волновой продувкой?

Ответ (решение): Способ продувки двухтактных двигателей с волновой продувкой применяют редко, хотя такие двигатели конструктивно наиболее простые. В ДВС с такой продувкой используется согласование волновых эффектов во впускной и выпускной системах для организации очистки, продувки и дозарядки цилиндров. Главные недостатки: обеспечивается плохая очистка от остаточных газов, волновая продувка рассчитана для работы на одном режиме и с переходом на другую частоту циклов газообмен либо резко ухудшается, либо - вообще становится невозможна.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Продувка двухтактных двигателей со специальным продувочным агрегатом?

Ответ (решение): Продувка двухтактных двигателей со специальным продувочным агрегатом используется как правило в двигателях большой мощности. Для привода внешнего агрегата используют либо - непосредственную механическую связь двигателя с ним (механически приводные компрессоры), либо - газовую связь (турбокомпрессор), или же комбинированную связь. Как недостаток у таких схем можно отметить: возрастающие габариты и масса всего двигателя, сложность системы управления двигателем, дополнительные потери энергии на привод.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляет собой продувка двухтактных двигателей с использованием подпоршневое пространство?

Ответ (решение): Продувка двухтактных двигателей с использованием подпоршневого пространства используется в маломощных ДВС. В этих двигателях к моменту открытия перепускных окон давление в кривошипной камере заполненного ТВС (или воздухом) повышается, за счет уменьшения ее объема и свежий заряд вдувается в цилиндр. Во время такта сжатия объем кривошипной камеры (КК) увеличивается, а давление понижается и через открывающиеся впускные окна КК заполняется новой порцией ТВС. Двигатели с такой продувкой потенциально более простые и имеют более высокий механический КПД, чем ДВС с продувкой нагнетателем. Поэтому можно предположить расширение области их использования в зону больших мощностей и в частности в автомобилестроении. Тем более, что появились технологические возможности решить проблему смазки цилиндропоршневой группы и кривошипного подшипника при приемлемом угаре масла, и проблему высокочастотного впрыска топлива в рабочую камеру, исключая выброс топливовоздушной смеси в выпускную систему.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляет собой управление впуском обратным пластинчатым клапаном (ОПК) в двухтактных ДВС?

Ответ (решение): Обратный пластинчатый клапан устанавливается на впуске между впускным патрубком и кривошипной камерой и представляет собой тонкую стальную (либо неметаллическую) пластину закрепленную консольно и имеющую ограничители движения. В нормальном состоянии лепестковый клапан закрыт и перекрывает обратный путь газу. Как только разница давлений по разные стороны ОПК начинает превышать определенный уровень он открывается и обеспечивает впуск свежей смеси в кривошипную камеру. Достоинства ОПК: простота конструкции, обеспечивает несимметричные фазы впуска, автоматическое подстраивание под режим работы двигателя. Как недостаток можно отметить возникающие повышенные гидравлические потери связанные с обтеканием пластины. По данным фирмы «Ямаха» установка таких ОПК на впуске способна поднять мощность двухтактного ДВС на 10...15% и снизить расход топлива на 10...14%.

Задание с развернутым ответом

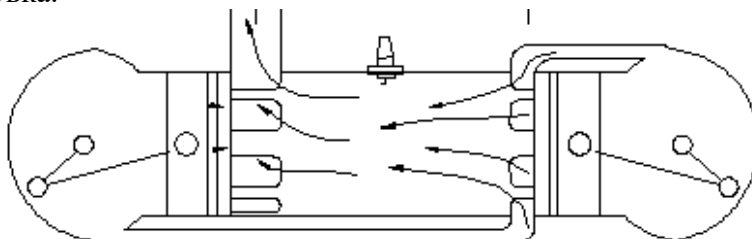
Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Как реализуется продувка в двигателе с противоположно движущимися поршнями?

Ответ (решение): В двигателе с противоположно движущимися поршнями реализуется прямоточная продувка.

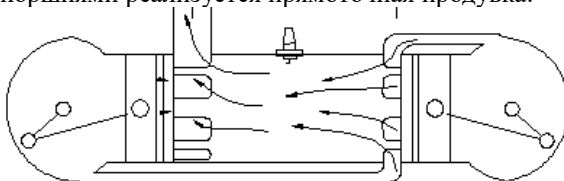


В таком ДВС отсутствует клапанный механизм, а перепускные и выпускные окна

расположены на разных концах стенок цилиндра. Управление перепуском и выпуском осуществляется разными поршнями. При смещении фаз (несимметричные фазы) поршень, управляющий выпуском, движется с опережением и передает соответствующему коленчатому валу значительно большую мощность чем «отстающий» от него поршень, управляющий перепуском. Продуваемый свежий заряд не совершает разворота внутри цилиндра и не происходит прямого выброса ТВС через выпускные окна. При таких схемах удается удержать наибольшее количество воздуха от поступившего в цилиндр.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	14325	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Способ продувки двухтактных двигателей с волновой продувкой применяют редко, хотя такие двигатели конструктивно наиболее простые. В ДВС с такой продувкой используется согласование волновых эффектов во впускной и выпускной системах для организации очистки, продувки и дозарядки цилиндров. Главные недостатки: обеспечивается плохая очистка от остаточных газов, волновая продувка рассчитана для работы на одном режиме и с переходом на другую частоту циклов газообмен либо резко ухудшается, либо - вообще становится невозможна.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	Продувка двухтактных двигателей со специальным продувочным агрегатом используется как правило в двигателях большой мощности. Для привода внешнего агрегата используют либо - непосредственную механическую связь двигателя с ним	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	(механически приводные компрессоры), либо - газовую связь (турбокомпрессор), или же комбинированную связь. Как недостаток у таких схем можно отметить: возрастающие габариты и масса всего двигателя, сложность системы управления двигателем, дополнительные потери энергии на привод.	
18.	Продувка двухтактных двигателей с использованием подпоршневого пространства используется в маломощных ДВС. В этих двигателях к моменту открытия перепускных окон давление в кривошипной камере заполненного ТВС (или воздухом) повышается, за счет уменьшения ее объема и свежий заряд вдвухается в цилиндр. Во время такта сжатия объем кривошипной камеры (КК) увеличивается, а давление понижается и через открывающиеся впускные окна КК заполняется новой порцией ТВС. Двигатели с такой продувкой потенциально более простые и имеют более высокий механический КПД, чем ДВС с продувкой нагнетателем. Поэтому можно предположить расширение области их использования в зону больших мощностей и в частности в автомобилестроении. Тем более, что появились технологические возможности решить проблему смазки цилиндропоршневой группы и кривошипного подшипника при приемлемом угаре масла, и проблему высокочастотного впрыска топлива в рабочую камеру, исключаяющего выброс топливовоздушной смеси в выпускную систему.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	Обратный пластинчатый клапан устанавливается на впуске между впускным патрубком и кривошипной камерой и представляет собой тонкую стальную (либо неметаллическую) пластину закрепленную консольно и имеющую ограничители движения. В нормальном состоянии лепестковый клапан закрыт и перекрывает обратный путь газу. Как только разница давлений по разные стороны ОПК начинает превышать определенный уровень он открывается и обеспечивает впуск свежей смеси в кривошипную камеру. Достоинства ОПК: простота конструкции, обеспечивает несимметричные фазы впуска, автоматическое подстраивание под режим работы двигателя. Как недостаток можно отметить возникающие повышенные гидравлические потери связанные с обтеканием пластины. По данным фирмы «Ямаха» установка таких ОПК на впуске способна поднять мощность двухтактного ДВС на 10...15% и снизить расход топлива на 10...14%.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	В двигателе с противоположно движущимися поршнями реализуется прямоточная продувка.  В таком ДВС отсутствует клапанный механизм, а перепускные и выпускные окна расположены на	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	разных концах стенок цилиндра. Управление перепуском и выпуском осуществляется разными поршнями. При смещении фаз (несимметричные фазы) поршень, управляющий выпуском, движется с опережением и передает соответствующему коленчатому валу значительно большую мощность чем «отстающий» от него поршень, управляющий перепуском. Продуваемый свежий заряд не совершает разворота внутри цилиндра и не происходит прямого выброса ТВС через выпускные окна. При таких схемах удастся удержать наибольшее количество воздуха от поступившего в цилиндр.	
--	--	--

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26
3	14-20
2	0-13

ВАРИАНТ 2

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие периоды включает газообмен четырехтактного двигателя?

- 1) свободный выпуск.
- 2) принудительный выпуск.
- 3) продувка камеры сгорания.
- 4) наполнение.
- 5) дозарядка.

Ответ: 12345

Обоснование: есть все упомянутые процессы в четырехтактном двигателе

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие факторы влияют на количество свежего заряда (η_v) к моменту окончания процесса газообмена?

- 1) фаза открытия выпуска
- 2) длина впускного канала.
- 3) фаза открытия впуска
- 4) закон изменения площади сечения впускного канала.
- 5) фаза закрытия впуска.

Ответ: 245

Обоснование: длина впускного канала влияет через волны давления во впускном канале, чем больше канал впускной меньше потери, фаза закрытия впуска увеличивает количество воздуха при позднем закрытии впускного клапана

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какие факторы влияют на удаление отработавших газов?

- 1) фаза открытия впуска.
- 2) фаза открытия выпуска.
- 3) фаза закрытия выпуска.
- 4) закон изменения площади проходного сечения выпускного отверстия от угла ПКВ.
- 5) длина впускного канала.

Ответ: 12345

Обоснование: фаза открытия впуска, фаза открытия и закрытия выпуска влияют на удаление отработавших газов через продувку, закон изменения площади проходного сечения выпускного отверстия от угла ПКВ и длина впускного канала влияют через волновые процессы.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Какие периоды включает газообмен двухтактного двигателя?

- 1) свободный выпуск.
- 2) принудительный выпуск
- 3) продувка (наполнение).
- 4) заброс продуктов сгорания
- 5) дозарядка.

Ответ:

Ответ: 135

Обоснование: свободный выпуск - при движении поршня к НМТ от момента открытия выпускных органов и до начала поступления свежего заряда, продувка (наполнение) - начинается с началом поступления свежей смеси в цилиндр после достаточного снижения давления отработавших газов при открытии впускных и выпускных окон, дозарядка – возврат свежей продувочной смеси в цилиндр из выпускной системы при ее соответствующей настройке.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Как называется описанный период газообмена в двухтактном двигателе? Процесс происходит при увеличении объема рабочей камеры при движении поршня к НМТ от момента открытия выпускных органов и оканчивается этот период не в НМТ, а с началом поступления свежего заряда?

- 1) принудительный выпуск и наполнение
- 2) свободный выпуск.
- 3) продувка (или продувка-наполнение)
- 4) дозарядка
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 2

Обоснование: 2

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

К какому периоду газообмена в двухтактном двигателе относится это описание? Процесс начинается с началом поступления свежей смеси в рабочую камеру после достаточного снижения давления отработавших газов (ОГ) в ней. ОГ в двухтактных ДВС вытесняются не поршнем, а массой поступающего свежего заряда. При этом имеется значительное нежелательное, но неизбежное перемешивание свежего заряда и ОГ, что (даже на режимах «полного дросселя») вызывает повышенные значения коэффициента остаточных газов γ_r и тем самым уменьшает η_v . При этом процесс может начаться позже, чем откроются перепускные органы - вследствие того, что мог произойти (всегда нежелательный) заброс ОГ во впускную систему.

- 1) принудительный выпуск и наполнение
- 2) свободный выпуск
- 3) продувка (или продувка-наполнение).
- 4) дозарядка
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: 3

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

К какому периоду газообмена в двухтактном двигателе относится это описание? Происходит от момента закрытия перепускных органов газообмена и до закрытия выпускных органов (уже при перемещении поршня от НМТ к ВМТ) имеется возможность попадания в цилиндр дополнительной порции газов со значительным содержанием свежей смеси (в отличие от 4-тактных ДВС - при правильной организации волновых процессов в выпускной системе).

- 1) принудительный выпуск и наполнение
- 2) свободный выпуск
- 3) продувка (или продувка-наполнение).
- 4) дозарядка.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 4

Обоснование: 4

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

По каким причинам качество газообмена в двухтактных ДВС хуже, чем в четырехтактных?

- 1) газообмен происходит при положении поршня вблизи НМТ, т.е. при почти максимальном объеме
- 2) процессы выпуска, продувки и наполнения практически не разделены во времени, что накладывает на конструкцию органов газообмена взаимоисключающие требования
- 3) перепад давлений, необходимый для смены заряда, создается не поршнем (как в четырехтактном ДВС), а за счет продувочного компрессора, кривошипной камеры или волновых процессов в выпускной и впускной системах

4) время отводимое на процесс газообмена в двухтактных ДВС примерно в два раза меньше по сравнению с четырехтактным, работающем на сходном скоростном режиме

5) все перечисленные ответы правильные.

Ответ: 5

Обоснование: 5

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Двухтактный двигатель с внешним смесеобразованием рабочим объемом $V_h = 150 \text{ см}^3$, на оборотах $n = 6000 \text{ об/мин}$, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,1$ имеет следующие интегральные показатели газообмена: $\eta_v = 0,65$, $\phi = 1,2$ и рабочего процесса: $\eta_e = 0,27$ (последний параметр необходим для вычисления N_e и g_e). Считать параметры воздуха в атмосфере $P_a = 101325 \text{ Па}$ и $T_a = 293,15 \text{ К}$, топливом является бензин с $H_u = 43,9 \text{ МДж/кг}$ и $l_0 = 14,8 \text{ кг.возд./кг.топл.}$, пренебрегать возможной неполнотой сгорания и принимать удельные газовые постоянные воздуха и ОГ одинаковыми и равными $R = 287 \text{ Дж/(кг.К)}$.

Определить парциальное давление кислорода в отработавших газах P_{O_2} , расход воздуха G_v , расход топлива G_T , эффективную мощность N_e . Установите последовательность решения.

РЕШЕНИЕ

4) Определим плотность воздуха в атмосфере: $\rho_a = P_a / (RT_a) = 101325 / (287,1 \cdot 293,15) = 1,204 \text{ кг/м}^3$ и определим массовую долю двухатомного кислорода O_2 в ОГ $Y_{O_2(ex)}$ из следующих соображений. Источников O_2 в ОГ - два: (1) неполная переработка его в РК при сгорании, и (2) попадание воздуха в выпускной тракт при газообмене (продувке). Считаем сгорание полным, а состав «чистых» ОГ - соответствующим элементарному составу продуктов сгорания при заданном отношении воздух/топливо. В этом случае O_2 будут присутствовать в ОГ лишь при $\alpha > 1$. С учетом массового содержания O_2 в воздухе в количестве 23,2%, будем иметь: $Y_{O_2(ex)} = 0,232 \frac{\alpha l_0}{1 + \alpha l_0} \left(\frac{1}{\phi} \frac{\alpha - 1}{\alpha} + \frac{\phi - 1}{\phi} \right) = 0,05298$.

Парциальное давление кислорода в ОГ P_{O_2} найдем, связав его с давлением в ОГ через мольную долю и используем для перевода $Y_{O_2(ex)}$ в $X_{O_2(ex)}$ молярные массы O_2 и ОГ - $W_{O_2} = 0,032 \text{ кг/моль}$ и R^0 / R соответственно:

$$P_{O_2} = P_a X_{O_2(ex)} = P_a Y_{O_2(ex)} \frac{R_0 / R}{W_{O_2}} = 101325 \cdot 0,05298 \frac{8,314 / 287}{0,032} = 4859,6 \text{ Па}.$$

Данное значение P_{O_2} является определяющим в работе чувствительного элемента для измерения содержания кислорода в ОГ.

3) Действительную цикловую дозу воздуха найдем через рабочий объем, плотность атмосферного воздуха и коэффициент наполнения:

$$m_{ц} = \eta_v \rho_a V_h = 0,65 \cdot 1,204 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 0,000117 \text{ кг}.$$

2) Расход воздуха через двигатель (и внешний расходомер) - с учетом потерь при продувке, при данной частоте рабочих циклов:

$$G_v = \phi m_{ц} f = \phi m_{ц} n / (30 \tau) = 1,2 \cdot 0,000117 \cdot 6000 / 30 / 2 = 0,014 \text{ кг/с} = 50,54 \text{ кг/час}.$$

1) Расход топлива - с учетом внутреннего смесеобразования - рассчитывается по действительному значению α и по действительной цикловой дозе воздуха в цилиндре: $G_T = m_{ц} f / (\alpha l_0) = G_v / (\phi \alpha l_0) = 0,014 / (1,2 \cdot 1,1 \cdot 14,8) = 0,0007166 \text{ кг/с} = 2,58 \text{ кг/час}.$

5) Эффективную мощность двигателя вычислим по расходу топлива и эффективному КПД, с учетом имеющегося значения низшей теплотворной способности: $N_e = \eta_e G_T H_u = 0,27 \cdot 0,0007166 \cdot 43,9 \cdot 10^6 = 8493 \text{ Вт} = 8,493 \text{ кВт}.$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность расчета внешней скоростной характеристики дизеля

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ. На основании теплового расчета, проведенного для режима номинальной мощности, получены следующие параметры, необходимые для расчета и построения внешней скоростной характеристики дизеля: эффективная мощность $N_e=115$ кВт; число оборотов при максимальной мощности $n=1550$ об/мин; тактность двигателя $\tau=4$; литраж $V_l=10,09$ л; ход поршня $S=140$ мм; теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива $L_0=14,45$ кг возд./кг топл.; плотность заряда на впуске $\rho_k=R_k/(R_v \cdot T_k)=13554/(287 \cdot 330)=1,425$ кг/м³; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,8$; удельный эффективный расход топлива $g_e=199$ г/кВт · ч.

РЕШЕНИЕ:

3) В начале принимаем: $n_{\min}=600$ об/мин, далее считаем параметры ДВС по нижеприведенным формулам через каждые 100 об/мин до номинальной частота вращения коленчатого вала $n_N = 1500$ об/мин. По результатам расчетов строим зависимость параметров ДВС от частоты вращения.

2) Мощность в расчетных точках рассчитываем по формуле:

$$N_{ex} = N_e \frac{n_x}{n_N} (0,87 + 1,13 \cdot \frac{n_x}{n_N} - (\frac{n_x}{n_N})^2) =$$

$$= 115 \cdot n_x / 1500 (0,87 + 1,13 \cdot n_x / 1500 - (n_x / 1500)^2) \text{ кВт.}$$

1) Эффективный крутящий момент рассчитываем по формуле:

$$M_{ex} = 9550 \cdot N_{ex} / n_x \text{ Нм.}$$

4) Удельный эффективный расход топлива по формуле:

$$g_{ex} = g_e (1,55 - \frac{n_x}{n_N} \cdot 1,55 + (\frac{n_x}{n_N})^2) =$$

$$= 199 \cdot (1,55 - 1,55 \cdot n_x / 1550 + (n_x / 1550)^2), \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч).}$$

5) Часовой расход топлива $G_{\text{тх}}=0,001 \cdot g_{ex} \cdot N_{ex}$, кг/ч.

Для построения коэффициента избытка воздуха принимаем:

$$\alpha_{n_{\min}} = 0,77 \cdot \alpha_{n_N} = 0,77 \cdot 1,8 = 1,386.$$

Соединяя две точки с координатами ($\alpha_{n_{\min}}$ при $n_{\min}$) и (α_{n_N} при n_N) прямой линией, получим значения α_x во всех расчетных точках.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

3	2	1	4	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Составьте алгоритм поиска максимальной высоты подъема клапана $h_k^{\max}$ газораспределительного механизма с диаметром цилиндра D .

1) определяем диаметр клапана $d=(0,35-0,47) \cdot D$.

2) определяем диаметр тарелки клапана $D_t=(1,05-1,15)d$.

3) определяем диаметр стержня клапана $d_s=(0,15-0,4)d$.

4) задаемся углом фаски клапана Φ_k .

5) определяем максимальную высоту подъема клапана $h_k^{\max} = \sqrt{\left(\frac{d^2 - d_c^2}{2 \cdot (D_T + d)}\right)^2 - \left(\frac{D_T - d}{2}\right)^2} + \frac{D_T - d}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_k$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Напишите алгоритм расчета процесса сжатия со степенью сжатия $\varepsilon = 8$, температурой заряда в конце процесса наполнения $T_a = 343,76 \text{ К}$

1) Задаемся средним показателем адиабаты сжатия, $k_c = 1,367$, определяем температуру конца сжатия: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{k_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,367 - 1} = 737,38 \text{ К}$

2) Определяем среднюю молярную теплоемкость заряда цилиндра:
 $mC_{vm} = 20,35 + 0,00209(T_a + T_c)$, $mC_{vm} = 20,35 + 0,00209 \cdot (343,76 + 737,38) = 22,61 \text{ Дж/кмольК}$

3) Вычисляем средний показатель адиабаты сжатия:

$k'_c = 1 + \frac{8,314}{mC_{vm}} = 1 + 8,314 / 22,610 = 1,3677$, если $k_c - k'_c = |1,367 - 1,3677| \leq 0,0007$, то

окончательно принимаем показатель адиабаты сжатия: $k_c = 1,3677$

4) Показатель политропы сжатия определим из формулы: $n_c = k_c - 0,02 = 1,3677 - 0,02 = 1,3477$

5) Окончательно температура и давление заряда в конце сжатия определяются по следующим выражениям: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,3477 - 1} = 708,37 \text{ К}$ и $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_c} = 0,089931 \cdot 8^{1,3477} = 1,482531 \text{ МПа}$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие формул предлагаемым параметрам рабочего процесса ДВС.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	расход топлива	1	$P_k / (R_b \cdot T_k)$
Б	плотность заряда на впуске	2	$G_b / (\varphi \cdot \alpha \cdot L_0)$
В	эффективная мощность	3	$T_a \cdot \varepsilon^{k_c - 1}$
Г	эффективный крутящий момент	4	$\eta_e \cdot G_T \cdot H_u$
		5	$9550 \cdot N_e / n$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие понятий коэффициентов газообмена ДВС?

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	коэффициент наполнения	1	
Б	коэффициент остаточных газов	2	характеризует во сколько раз отношение массы свежего заряда оставшейся в цилиндре перед началом горения отличается от теоретической массы свежего заряда, которая могла бы разместиться в объеме, описываемом поршнем, если бы в нем температура и давление равнялись температуре и давлению окружающей среды (для ДВС без нагнетателя) или температуре и давлению за нагнетателем (для ДВС с нагнетателем).
В	коэффициент продувки	3	характеризует во сколько раз действительное количество воздуха превышает теоретически необходимое для сгорания топлива
Г	коэффициент избытка воздуха	4	характеризует во сколько раз количество продувочного воздуха превышает необходимое количество воздуха для продувки цилиндра
		5	характеризует во сколько раз количество свежего заряда, проходящего через цилиндр за один рабочий цикл выше теоретического количества свежего заряда, которое могло бы разместиться в объеме, описываемом поршнем при атмосферных условиях

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие формул названиям составляющих теплового баланса ДВС.

К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	теплота, унесенная с отработавшими газами	1	$1000 \cdot N_e$
Б	общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом	2	$\frac{G_T}{3,6} [M_2 \cdot (m_{c_{pmr}}) \cdot (T_r - 273) - M_1 (m_{c_{pms}}) \cdot (T_s - 273)]$
В	теплота, передаваемая охлаждающей среде	3	$c \cdot i \cdot D^{1+2m} \cdot n^m / \alpha$
Г	теплота, эквивалентная эффективной работе (за 1 с)	4	$\frac{Q_H \cdot G_T}{3,6}$
		5	$Q_0 - (Q_e + Q_B + Q_r)$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

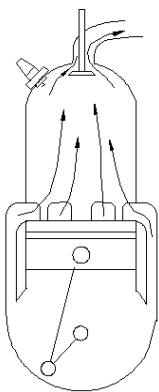
Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Укажите недостатки схемы клапанно-щелевой продувки двухтактных ДВС.

Ответ (решение):



При клапанно-щелевой продувке реализуется наиболее эффективная прямоточная схема газообмена. Здесь выпускные окна открываются посредством клапана, расположенного в верхней части головки цилиндра. Тангенциальное расположение перепускных каналов обеспечивает завихрение потока, однако при этом возможно образование непродуваемой области (застойная зона) в центральной части объема цилиндра, для продувки которой иногда под первым рядом устраивают второй ряд радиально направленных перепускных каналов. К недостатку такой схемы следует отнести наличие газораспределительного механизма, усложняющего конструкцию двигателя, который аналогичен ГРМ четырехтактного двигателя, но отличающийся тем, что должен работать с удвоенной частотой при одинаковых оборотах коленчатого вала сравниваемых двигателей.

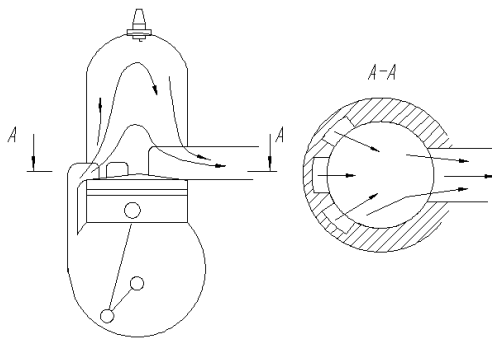
Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Охарактеризуйте поперечно-петлевую продувку двухтактных ДВС.

Ответ (решение):



При поперечно-петлевой продувке продувочные и выпускные окна расположены друг против друга. Первые из них направлены вверх - в сторону камеры сгорания. Чтобы свежий заряд не выходил напрямую в выпускную систему днище поршня специальным образом профилируется, что ведет к его утяжелению и возрастанию динамических нагрузок на коренные и шатунные шейки.

Такая схема продувки была применена одной из первых в двухтактном ДВС и характеризуется наиболее низким качеством смены заряда в цилиндре, из-за образования застойных зон в боковых областях и прямого выброса заряда в выпускную систему. Коэффициент наполнения в таких ДВС лежит в пределах 0,3-0,5.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Составьте алгоритм поиска максимальной высоты подъема клапана

$$h_k^{\max} = \sqrt{\left(\frac{d^2 - d_c^2}{2 \cdot (D_T + d)}\right)^2 - \left(\frac{D_T - d}{2}\right)^2} + \frac{D_T - d}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_k$$

газораспределительного механизма с диаметром цилиндра D

Ответ (решение):

- 1) определяем диаметр клапана $d = (0,4) \cdot D$.
- 2) определяем диаметр тарелки клапана $D_T = (1,1) \cdot d$.

3) определяем диаметр стержня клапана $d_c = (0,2) \cdot d$.

4) задаемся углом фаски клапана Φ_k .

5) определяем максимальную высоту подъема клапана $h_k^{\max} = \sqrt{\left(\frac{d^2 - d_c^2}{2 \cdot (D_T + d)}\right)^2 - \left(\frac{D_T - d}{2}\right)^2} + \frac{D_T - d}{2} \cdot \operatorname{tg} \Phi_k$

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Напишите алгоритм расчета процесса сжатия со степенью сжатия $\varepsilon = 8$, температурой заряда в конце процесса наполнения $T_a = 343,76 \text{ K}$

Ответ (решение): Напишите алгоритм расчета процесса сжатия со степенью сжатия $\varepsilon = 8$, температурой заряда в конце процесса наполнения $T_a = 343,76 \text{ K}$

1) Задаемся средним показателем адиабаты сжатия, $k_c = 1,367$, определяем температуру конца сжатия: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{k_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,367 - 1} = 737,38 \text{ K}$

2) Определяем среднюю молярную теплоемкость заряда цилиндра:

$$mC_{vm} = 20,35 + 0,00209 (T_a + T_c) = 20,35 + 0,00209 \cdot (343,76 + 737,38) = 22,61 \text{ Дж / кмоль K}$$

3) Вычисляем средний показатель адиабаты сжатия:

$$k_c^1 = 1 + 8,314 / mC_{vm} = 1 + 8,314 / 22,61 = 1,3677, \text{ если } k_c - k_c^1 = 1,367 - 1,3677 \leq 0,0007, \text{ то}$$

окончательно принимаем показатель адиабаты сжатия: $k_c = 1,3677$

4) Показатель политропы сжатия определим из формулы: $n_c = k_c - 0,02 = 1,3677 - 0,02 = 1,3477$

5) Окончательно температура и давление заряда в конце сжатия определяются по следующим выражениям: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,3477 - 1} = 708,37 \text{ K}$ и $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_c} = 0,089931 \cdot 8^{1,3477} = 1,482531 \text{ МПа}$

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Определить эффективный КПД дизеля мощностью $N_e = 150 \text{ кВт}$, если за 1 час он расходует 37 литров дизельного топлива (низшая теплота сгорания топлива $Q_H = 42000 \text{ кДж/кг}$, плотность топлива 850 кг/м^3).

Ответ: 0,408.

Решение: 1) Переводим $37 \text{ л/час} = 0,037 \text{ м}^3/\text{час}$.

2) Определяем часовой расход топлива

$$G_T = 0,037 (\text{м}^3/\text{час}) \cdot \rho (\text{кг/м}^3) = 0,037 \cdot 850 = 31,45 \text{ кг/час.}$$

3) Определяем удельный эффективный расход топлива

$$g_e = G_T / N_e = 31,45 / 150 = 0,209 \text{ кг/кВт} \cdot \text{час.}$$

3) Используем известную формулу $\eta_e = 3600 / (g_e \cdot Q_H) = 3600 / (0,209 \cdot 42000) = 0,408$

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	245	1б – полное правильное соответствие

		06 – остальные случаи
3.	12345	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
4.	135	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
5.	2	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
6.	3	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
7.	4	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
8.	5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
9.	43215	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
10.	32145	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
11.	12345	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
12.	12345	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
16.	При клапанно-целевой продувке реализуется наиболее эффективная прямоточная схема газообмена. Здесь выпускные окна открываются посредством клапана, расположенного в верхней части головки цилиндра. Тангенциальное расположение перепускных каналов обеспечивает завихрение потока, однако при этом возможно образование непродуваемой области (застойная зона) в центральной части объема цилиндра, для продувки которой иногда под первым рядом устраивают второй ряд радиально направленных перепускных каналов. К недостатку такой схемы следует отнести наличие газораспределительного механизма, усложняющего конструкцию двигателя, который аналогичен ГРМ четырехтактного двигателя, но отличающийся тем, что должен работать с удвоенной частотой при одинаковых оборотах коленчатого вала сравниваемых двигателей.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	При поперечно-петлевой продувке продувочные и выпускные окна расположены друг против друга. Первые из них направлены вверх - в сторону камеры сгорания. Чтобы свежий заряд не выходил напрямую в выпускную систему днище поршня специальным образом профилируется, что ведет к его утяжелению и возрастанию динамических нагрузок на коренные и шатунные шейки. Такая схема продувки была применена одной из первых в двухтактном ДВС и характеризуется наиболее низким качеством смены заряда в цилиндре, из-за образования застойных зон в боковых областях и прямого выброса заряда в выпускную систему. Коэффициент наполнения в таких ДВС лежит в пределах 0,3-0,5.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	1) определяем диаметр клапана $d=(0,4)*D$. 2) определяем диаметр тарелки клапана $D_t=(1,1)*d$.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена

	3) определяем диаметр стержня клапана $d_c = (0,2) \cdot d$. 4) задаемся углом фаски клапана Φ_k. 5) определяем максимальную высоту подъема клапана $h_k^{\max} = \sqrt{\left(\frac{d^2 - d_c^2}{2 \cdot (D_T + d)}\right)^2 - \left(\frac{D_T - d}{2}\right)^2} + \frac{D_T - d}{2} \cdot \operatorname{tg} \Phi_k$	одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	1) Задаемся средним показателем адиабаты сжатия, $k_c = 1,367$, определяем температуру конца сжатия: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{k_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,367 - 1} = 737,38 \text{ К}$ 2) Определяем среднюю молярную теплоемкость заряда цилиндра: $mC_{vm} = 20,35 + 0,00209 (T_a + T_c) = ,$ $20,35 + 0,00209 \cdot (343,76 + 737,38) = 22,61 \text{ Дж / кмольК}$ 3) Вычисляем средний показатель адиабаты сжатия: $k_c^1 = 1 + 8,314 / mC_{vm} = 1 + 8,314 / 22,61 = 1,3677$, если $k_c - k_c^1 = 1,367 - 1,3677 \leq 0,0007$, то окончательно принимаем показатель адиабаты сжатия: $k_c = 1,3677$ 4) Показатель политропы сжатия определим из формулы: $n_c = k_c - 0,02 = 1,3677 - 0,02 = 1,3477$ 5) Окончательно температура и давление заряда в конце сжатия определяются по следующим выражениям: $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_c - 1} = 343,76 \cdot 8^{1,3477 - 1} = 708,37 \text{ К}$ и $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_c} = 0,089931 \cdot 8^{1,3477} = 1,482531 \text{ МПа}$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Ответ: 0,408. Решение: 1) Переводим 37 л/час $= 0,037 \text{ м}^3/\text{час}$. 2) Определяем часовой расход топлива $G_T = 0,037 (\text{м}^3/\text{час}) \cdot \rho (\text{кг}/\text{м}^3) = 0,037 \cdot 850 = 31,45 \text{ кг}/\text{час}$. 3) Определяем удельный эффективный расход топлива $g_e = G_T / N_e = 31,45 / 150 = 0,209 \text{ кг}/\text{кВт} \cdot \text{час}$. 3) Используем известную формулу $\eta_e = 3600 / (g_e \cdot Q_H) = 3600 / (0,209 \cdot 42000) = 0,408$	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26
3	14-20
2	0-13

**Оценочные средства по дисциплине
« Моделирование процессов в поршневых двигателях »**

Вопросы при защите практических работ (базовый уровень):

1. Как выбирают размеры основных элементов ГВТ двухтактного ДВС?
2. Исходные гипотезы выбора размеров основных элементов ГВТ двухтактного ДВС.
3. Исходные гипотезы выбора размеров основных элементов ГВТ четырехтактного ДВС оптимальной схемы. Исходные уравнения модели, как выражения законов сохранения.
4. Дополнительные гипотезы и замкнутые уравнения математических моделей. Примеры.
5. Точное решение и численное решение задачи по уравнениям модели.

6. Параметрический анализ процессов в объекте как его поверочный расчет. Пакеты специального назначения для моделирования процессов в системах двигателей и энергоустановок.
7. Как выбирают размеры элементов ГВТ четырехтактного ДВС?
8. Что такое каскадный обменник давления, его устройство и назначение? Схемы применения в ДВС.
9. Принцип действия и конструкция дискового двигателя КОД и его характеристики?
10. Как строится индикаторная диаграмма теоретического цикла бензинового ДВС?
11. Как построить скоростную характеристику комбинированного двигателя?
12. Какие особенности расчета рабочего процесса газодизеля?

Выполняется в соответствии с:

- Методическими указаниями к практическим занятиям «Расчет рабочего процесса ДВС при работе на смесевых топливах» /Сост. В.А. Звонов, В.Ю. Баранов, В.А. Гречко. - Луганск: ЛМСИ, 1992. - 52 с.;

- Методическими указаниями к практическим занятиям по курсу «Моделирование процессов в поршневых двигателях» (для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания») / Сост.: А. А. Данилейченко. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 71 с.;

- Методическими указаниями к практическим занятиям по дисциплине «Методы моделирования объектов и процессов в ДВС» (для студентов специальности 13.03.03)/ Сост.: Данилейченко А.А Луганск: ЛНУ им.В.Даля, 2018. - с.43.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практическая работа выполнена на высоком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 75-100 %, соответствуют правильному решению на 90-100 % вопросов/задач)
4	Практическая работа выполнена на среднем уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 50-75 %, соответствуют правильному решению на 75-89 % вопросов/задач)
3	Практическая работа выполнена на низком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно 40-50 %, соответствуют правильному решению на 50-74 % вопросов/задач)
2	Практическая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически неправильно, соответствуют правильному решению менее чем на 50 %)

Вопросы при защите лабораторных работ (базовый уровень):

1. Какие характеристики механических потерь?
2. Как определяют характеристики холостого хода?
3. Что такое нагрузочная характеристика двигателя?
4. Что такое скоростная характеристика двигателя?
5. Как определяют коэффициент наполнения дизельного двигателя?
6. Как определить коэффициент избытка воздуха в цилиндре дизельного двигателя?
7. Как определить давление сжатия и сгорания в камере сгорания дизеля?

8. Составляющие теплового баланса двигателя?
9. Методика установки зазоров в клапанах механизма газораспределения.
10. Зачем делают разноску масс шатуна кривошипно-шатунного механизма и каким методом?
11. Устройство и работа топливного насоса высокого давления и форсунки.
12. Каково назначение поплавковой камеры?
13. Какие существуют виды компоновки поплавковой камеры?
14. В силу чего изменяется уровень топлива в поплавковой камере?
15. Какие устройства предусмотрены в поплавковых камерах карбюраторов для проверки уровня топлива?
16. Объясните устройство и принцип действия прибора для проверки герметичности игольчатого клапана.
17. Каковы теоретические предпосылки разnosки масс шатуна?
18. Почему при динамическом расчете двигателя силы инерции шатуна определяются применительно к двухмассовой системе?
19. Как доказать динамическую эквивалентность заменяющей трехмассовой системы шатуна действительному шатуну?
20. Почему при разnosке масс шатуна методом взвешивания расстояние между опорами призм должно быть равно L ?

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным работам по курсу «Моделирование процессов в поршневых двигателях» (для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания») / Сост.: А. А. Данилейченко, И.П.Васильев. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2018. - 55с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Работа выполнена на высоком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 75-100 %, соответствуют правильному решению на 90-100 % вопросов/задач)
4	Работа выполнена на среднем уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 50-75 %, соответствуют правильному решению на 75-89 % вопросов/задач)
3	Работа выполнена на низком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно 40-50 %, соответствуют правильному решению на 50-74 % вопросов/задач)
2	Работа выполнена на неудовлетворительном уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически неправильно, соответствуют правильному решению менее чем на 50 %)

Индивидуальное задание (высокий уровень):

Первая часть задания (выбрать два вопроса по согласованию с преподавателем или по номеру в журнале группы)

Вариант	Содержание задания
1	Понятия объекта, модели, моделирования. Общая схема технологии

	моделирования технической системы.
2	Классификация моделей. Содержание этапа "Составление содержательного описания объекта моделирования".
3	Понятие и классификация математических моделей. Содержание этапа "Разработка концептуальной модели".
4	Методы упрощения математической модели. Содержание этапа "Преобразование формального описания объекта в математическую модель".
5	Способы оценки адекватности, универсальности и экономичности математической модели. Классификация моделей.
6	Причины нарушения адекватности модели и способы устранения. Понятие метода сеток.
7	Дифференциальные уравнения сохранения массы, количества движения и энергии. Классификация моделей.
8	Понятие метода конечных элементов. Применение МКЭ при моделировании элементов ДВС.
9	Понятие метода конечных разностей. Применение МКР при моделировании элементов ДВС.
10	Моделирование механических поступательных систем. Основные элементы и компонентные уравнения моделей механических поступательных систем.
11	Моделирование механических вращательных систем. Основные элементы и компонентные уравнения моделей механических вращательных систем.
12	Выбор и обоснование физических принципов. Принятие абстракций и допущений. Выбор и обоснование граничных и начальных условий.
13	Дифференциальные уравнения сохранения массы, энергии, количества движения. Численные методы, используемые при моделировании на микроуровне.
14	Понятие методов конечных элементов и метода конечных разностей. Описание метод сеток и его применение.
15	Основные этапы разработки модели. Содержание этапа "Составление содержательного описания".
16	Содержание этапа "Составление Нормального описания". Формальный и концептуальный подходы к составлению математического описания.
17	Понятие адекватности модели. Способы упрощения модели. Понятие задач анализа, синтеза, оптимизации.
18	Мировоззренческие аспекты теории моделирования. Понятия "объект", "модель", "моделирование". Примеры.
19	Общая классификация моделей. Понятие математической модели. Примеры.
20	Классификация математических моделей. Структура и формы представления математических моделей.
21	Понятие моделирования на микро-, макро- и метеоуровнях. Роль моделирования в процессе познавательной и практической деятельности инженера.
22	Понятия объекта, модели и моделирования. Абстрактные и материальные модели. Физические, аналоговые и символьные модели. Примеры моделей.
23	Понятие математической модели. Детерминированные и стохастические, статические и динамические, линейные и нелинейные, структурные и функциональные модели. Имитационные модели.
24	Структура математических моделей. Формы представления математических моделей. Общие требования к математическим моделям.

Вторая часть задания: определить параметры цикла и построить индикаторную диаграмму термодинамического цикла двигателя с внешним подводом теплоты,

[illegible][illegible]

25	0,075	0,08	10	0,158	293	0,159										
26	0,07	0,08	10	0,198	293	0,15										
27	0,08	0,07	9	0,189	293	0,16										
28	0,085	0,085	9	0,19	293	0,17										
29	0,085	0,08	10	0,2	293	0,18										
30	0,075	0,085	9	0,21	293	0,15										

Выполняется в соответствии с методическими указаниями самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование процессов в поршневых двигателях» (для студентов специальности двигатели внутреннего сгорания) / Сост.: Данилейченко А.А Луганск: ЛНУ им.В.Даля, 2018. - 20с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству индивидуальное задание

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание представлено на высоком уровне (студент полностью представил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста полностью соответствует требованиям оформления технического текста
4	Задание представлено на среднем уровне (студент в целом изложил рассматриваемую проблематику, привел мало аргументов в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). Изложение и оформление текста в основном соответствует требованиям оформления технического текста
3	Задание представлено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста частично соответствует требованиям оформления технического текста
2	Задание представлено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.). Изложение и оформление текста полностью не соответствует требованиям оформлению технического текста

Контрольная работа:

ТЕСТЫ (базовый уровень)

Вариант 1

1. Степень сжатия ε в двигателях внутреннего сгорания – это отношение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- $\varepsilon = V_a / V_h$
- $\varepsilon = V_h / V_c$
- $\varepsilon = V_a / V_c$
- $\varepsilon = V_c / V_h$

V_a – полный объем рабочего цилиндра
 V_h – рабочий объем цилиндра
 V_c – объем камеры сгорания

2. Укажите оптимальную степень сжатия для любого типа автотракторного двигателя...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\varepsilon = 6 \div 8$
2. $\varepsilon = 9 \div 10$
3. $\varepsilon = 11 \div 12$
4. $\varepsilon = 14 \div 16$

3. У какого автотракторного двигателя продолжительность процесса смесеобразования наименьшая?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. У карбюраторного
2. У дизельного
3. У газового
4. У роторно-поршневого

4. Эффективный к.п.д. « η_e » двигателя – это отношение...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\eta_e = q_i / q_1$ q_1 – количество тепла, подведенного в цилиндр за цикл
2. $\eta_e = q_e / q_i$ q_i – количество тепла, превращенного в полезную работу внутри цилиндра двигателя
3. $\eta_e = q_e / q_1$ q_e – количество тепла, превращенного в полезную работу, снимаемой с коленчатого вала
4. $\eta_e = q_m / q_1$ q_m – количество тепла, затраченного на преодоление механических потерь двигателя

5. Нагрузочная характеристика двигателя – это графическая зависимость ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|--|--|
| 1. N_e , G_T и др. показателей от n | N_e – эффективная мощность, |
| 2. G_T , g_e и др. показателей от α | G_T – часовой расход топлива, |
| 3. M_k , G_T и др. показателей от g_e | n – частота вращения коленвала, |
| G_T , g_e и др. показателей от N_e | g_e – удельный расход топлива, |
| | M_k – крутящий момент двигателя, |
| | α – коэффициент избытка воздуха |

6. Скоростная характеристика двигателя – это графическая зависимость...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. N_e , G_T , g_e и др. показателей от M_k | N_e – эффективная мощность, |
| 2. G_T , g_e , n и др. показателей от N_e | G_T – часовой расход топлива, |
| 3. N_e , G_T , g_e и др. показателей от n | n – частота вращения коленвала, |
| 4. N_e , M_k , n и др. показателей от G_T | g_e – удельный расход топлива, |
| | M_k – крутящий момент двигателя |

7. Регуляторная характеристика дизеля – это графическая зависимость ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. N_e , M_k , g_e и др. показателей от G_T | N_e – эффективная мощность, |
| 2. N_e , M_k , G_T и др. показателей от g_e | G_T – часовой расход топлива, |
| 3. G_T , g_e , N_e и др. показателей от M_k | n – частота вращения коленвала, |
| 4. N_e , G_T , g_e и др. показателей от n | g_e – удельный расход топлива, |
| | M_k – крутящий момент двигателя |

8. Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания – это графическая зависимость...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. g_e , Θ_z и др. показателей от N_e
2. N_e , G_T и др. показателей от g_e
3. N_e , g_e и др. показателей от Θ_z
4. N_e , g_e и др. показателей от G_T

N_e – эффективная мощность,
 G_T – часовой расход топлива,
 g_e – удельный расход топлива,
 Θ_z – угол опережения зажигания

9. При каком коэффициенте избытка воздуха « α » скорость сгорания в карбюраторном двигателе максимальная?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\alpha = 0,6 \div 0,7$
2. $\alpha = 0,8 \div 0,9$
3. $\alpha = 1 \div 1,05$
4. $\alpha = 1,2 \div 1,25$

10. В каких пределах изменяется коэффициент избытка воздуха « α » у дизельного двигателя в условиях нагрузочной характеристики?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\alpha = 1,4 \div 1,8$
2. $\alpha = 1,4 \div 2,0$
3. $\alpha = 1,4 \div 3,4$
4. $\alpha = 1,4 \div 8,0$

11. Укажите для карбюраторного двигателя правильную формулу определения среднего эффективного давления « P_e »...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $P_e = c \cdot \Delta g_u \cdot \eta_i \cdot \eta_m$
2. $P_e = c \cdot \eta_V \cdot \eta_i \cdot \eta_m$
3. $P_e = c \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \eta_V \cdot \eta_i \cdot \eta_m$
4. $P_e = c \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \eta_V \cdot \eta_i$

где Δg_u – цикловая подача;
 c – коэффициент избытка воздуха;
 η_i – индикаторный к.п.д.
 η_V – коэффициент наполнения;
 η_m – механический к.п.д.

12. Какой коэффициент оказывает большее влияние на мощность и экономичность в карбюраторном двигателе?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. η_V – коэффициент наполнения
2. γ – коэффициент остаточных газов
3. α – коэффициент избытка воздуха
4. K – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту

13. Какой автотракторный двигатель экономичнее?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Карбюраторный
2. Газовый
3. Дизельный

4. Роторно-поршневой.

14. На какой показатель в карбюраторном двигателе коэффициент наполнения « η_V » оказывает большее влияние?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. На экономичность
2. На износ
3. На мощность
4. На дымность выхлопа.

Вариант 2

1. Какой двигатель развивает максимальную мощность при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 0,8 \div 0,9$?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Дизельный
2. Карбюраторный
3. Газовый
4. Роторно-поршневой.

2. От изменения какого фактора интенсивность изнашивания автотракторного двигателя резко возрастает?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. С увеличением нагрузки до номинальной
2. С увеличением частоты вращения коленчатого вала до номинальных
3. С изменением теплового режима с $t_{\text{ж}} = t_{\text{м}} = 90^{\circ}\text{C}$ до $t_{\text{ж}} = t_{\text{м}} = 60^{\circ}\text{C}$ *
где $t_{\text{ж}}, t_{\text{м}}$ - температура охлаждающей жидкости и моторного масла.
4. С изменением температуры окружающей среды воздуха с $t_{\text{ж}} = +30^{\circ}\text{C}$ до $t_{\text{ж}} = -30^{\circ}\text{C}$.

3. Какой коэффициент оказывает большее влияние на изменение среднего эффективного давления « P_e » в дизельном двигателе в условиях скоростной характеристики?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\Delta g_{\text{ц}}$ - цикловая подача
2. η_V - коэффициент наполнения
3. $\eta_{\text{м}}$ - механический к.п.д.
4. η_i - индикаторный к.п.д.

4. Какой двигатель на номинальном режиме имеет наибольшую частоту вращения коленчатого вала?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Карбюраторный
2. Дизельный
3. Газовый
4. Роторно-поршневой

5. При каком коэффициенте избытка воздуха « α » карбюраторный двигатель развивает максимальную мощность?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\alpha = 0,6 \div 0,7$
2. $\alpha = 0,8 \div 0,9$
3. $\alpha = 1,0 \div 1,1$
4. $\alpha = 1,2 \div 1,3$

6. При каком коэффициенте избытка воздуха « α » карбюраторный двигатель работает экономичнее?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\alpha = 0,8 \div 0,9$
2. $\alpha = 1,05 \div 1,15$
3. $\alpha = 1,15 \div 1,20$
4. $\alpha = 1,20 \div 1,25$

7. Какой коэффициент в условиях нагрузочной характеристики дизеля изменяется в наибольших пределах в цифровом значении?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. α - коэффициент избытка воздуха
2. η_V - коэффициент наполнения
3. η_i - индикаторный к.п.д.
4. η_m - механический к.п.д.

8. Какой автотракторный двигатель полностью взаимноуравновешен?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Одноцилиндровый
2. Двухцилиндровый
3. Четырехцилиндровый
4. Шестицилиндровый

9. Цикловая подача топлива насоса высокого давления в условиях скоростной характеристики дизеля с увеличением частоты вращения коленчатого вала...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Увеличивается резко
 2. Увеличивается постепенно
 3. Не изменяется
 4. Уменьшается
10. В условиях какой характеристики механический к.п.д. η_m изменяется наиболее интенсивно в карбюраторном автотракторном двигателе?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Регулировочной по составу смеси
2. Регулировочной по углу опережения зажигания
3. Скоростной
4. Нагрузочной

11. В условиях какой характеристики коэффициент наполнения « η_V » в карбюраторном двигателе изменяется наиболее интенсивно?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Скоростной
2. Регулировочной по углу опережения зажигания
3. Нагрузочной
4. Регулировочной по составу смеси

12. У какого двигателя сумма сил инерции первого порядка P_{j1} всегда действуют по радиусу кривошипа а сумма сил инерции второго порядка P_{j2} всегда равны по величине и направлены по горизонтали...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. Двухцилиндровый рядный
2. двухцилиндровый V-образный
3. четырёхцилиндровый рядный
4. шестицилиндровый рядный

13. В каких пределах изменяется коэффициент приспособляемости - $\kappa = \frac{M_{\kappa}^{\max}}{M_{\kappa}^H}$ в условиях

скоростной характеристики дизельного двигателя?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1. $\kappa = 1,05 \div 1,15$
2. $\kappa = 1,15 \div 1,25$
3. $\kappa = 1,25 \div 1,30$
4. $\kappa = 1,30 \div 1,45$

14. Укажите правильную формулу зависимости эффективного к.п.д. - η_e :

1. $\eta_e = \eta_t \cdot \eta_V \cdot \eta_m$ - коэффициент остаточных газов
2. $\eta_e = \eta_t \cdot \gamma \cdot \eta_m$ индикаторный к.п.д.
3. $\eta_e = \eta_t \cdot \eta_\partial \cdot \eta_m$ коэффициент наполнения
4. $\eta_e = \eta_t \cdot \eta_\partial \cdot \eta_V$ механический к.п.д.

относительный к.п.д.

Ответы к тестам:

Вариант 1

1. 3
2. 3
3. 2
4. 3
5. 4
6. 3
7. 4
8. 3
9. 2
10. 4
11. 3
12. 3
13. 3
14. 3

Вариант 2

1. 2
2. 3
3. 3
4. 4
5. 2
6. 2
7. 1
8. 4
9. 2
10. 4
11. 3
12. 2
13. 1
14. 3

Задачи к контрольной работе (повышенный уровень)

1. На данном режиме двигателя 6ЧН12\14 через выпускные клапаны вышло столько же газа, сколько и вошло через впускные клапаны. Определить коэффициент остаточных газов, если коэффициент наполнения $\eta_{vs}=0,9$, $P_s=200\text{кПа}$, $T_s=350\text{К}$, а параметры газа в цилиндре на момент начала выпуска, следующие: $P_e=0,6\text{МПа}$, $T_e=1000\text{К}$, $V_e=1,4$ литра.
2. Определить расход воздуха ($\text{м}^3/\text{час}$ при условиях во впускном ресивере) дизеля 6Ч12\14 при следующих исходных данных: мощность 50 кВт, частота вращения коленчатого вала 1500 мин^{-1} , среднее эффективное проходное сечение впускного клапана 10 см^2 .
3. Определить расход газа ($\text{кг}/\text{с}$) дизеля 6Ч12\14 при следующих исходных данных: мощность 50 кВт, частота вращения коленчатого вала 1500 мин^{-1} , среднее эффективное проходное сечение впускного клапана 10 см^2 , давление во впускном ресивере 98 кПа, удельный эффективный расход топлива $0,24\text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{час})$.
4. В двигателе 6Ч12\14 на данном установившемся режиме средняя скорость воздуха в горловине впускного клапана во время процесса наполнения составляет $80\text{ м}/\text{с}$. Оценить частоту вращения двигателя на этом режиме, если диаметр горловины 50мм, диаметр стержня клапана 10мм, коэффициент расхода $\mu_s=0,75$.
5. Определить температуру начала продувки 2-х тактного двигателя, если $\gamma=0,08$, $T_s=310\text{К}$, $T_v=340\text{К}$.
6. Определить температуру T_v конца наполнения 2-х тактного двигателя, если $\gamma=0,09$, $T_s=300\text{К}$, а температура начала продувки 700К.
7. Определить показатели газообмена (γ, η_v) 4-х тактного двигателя, если составляющие массовых балансов для процессов продувки (M_{np} , $M_{вз}$, $M_{в(анп-\alpha v)}$, M_s) и всего газообмена (M_s , M_v , M_e) известны по результатам расчета.
8. Определить, на сколько изменится давление в цилиндре двигателя Ч110/154 во время процесса наполнения при повороте коленчатого вала с 30° до 40° п.к.в., если для 30° п.к.в. известны величины: $X_s=6705\text{Па}/\text{град}$, $P=84,6\text{ кПа}$, $P_s=95\text{кПа}$, $T_s=299\text{К}$, $V=3,66\cdot 10^{-4}\text{ м}^3$, $Y_s=0,31$, $C_p/C_v=1,4$, а относительная скорость поршня в этот момент времени равна 0,6136.
9. Оцените среднюю скорость истечения воздуха через впускной клапан с проходным сечением 10 см^2 у двигателя с диаметром цилиндра 100 мм и ходом поршня 100 мм при частоте вращения вала 3000 мин^{-1} (из условия неразрывности истечения).
10. Вычислите степень предварительного расширения заряда в цилиндре двигателя, если $T_c = 850\text{ К}$; $T_z = 2100\text{ К}$; $\beta = 1,1$; $\lambda = 2,0$.
11. Вычислите степень повышения давления при сгорании топлива в двигателе, если $T_c = 700\text{ К}$; $T_z = 2500\text{ К}$; $\beta = 1,15$.
12. Определите механический к.п.д. двигателя при $\eta_i = 0,35$, $\eta_e = 0,28$
13. Определите температуру T_c в конце сжатия в цилиндре двигателя при $T_a = 330\text{К}$; $\varepsilon = 15$; $\kappa_c = 1,36$.
14. Определите давление p_c сжатия в цилиндре двигателя при $P_a = 0,089\text{ Мпа}$; $\varepsilon = 15$; $\kappa_c = 1,36$.
15. Определите максимальное давление сгорания в цилиндре двигателя при $\lambda = 1,9$ и $p_c = 3,7\text{ Мпа}$, а также максимальное усилие газов на поршень с диаметров 100 мм.
16. Определите механический к.п.д. двигателя при $\eta_i = 0,4$, $\eta_e = 0,33$.
17. Определить действительную степень сжатия двигателя ДН300/340, если высота впускных окон составляет 80 мм, а геометрическая степень сжатия равна 18.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74 % вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50 %)

Вопросы по оценочному средству промежуточной аттестации (экзамен):

Контрольные вопросы к теме 1:

1. Какие бывают скоростные характеристики? 2. Определение среднего эффективного давления. 3. Что такое коэффициент наполнения и что он характеризует? 4. Коэффициент наполнения зависит от..? 5. Что такое коэффициент продувки? 6. Какие механизмы газодинамических явлений во впускной и выпускной системах ДВС? 7. Какие основные уравнения газовой динамики? 8. Что относится к основным элементам газоздушных трактов двигателей?

Контрольные вопросы к теме 2-3:

1. Какие элементы оказывают влияние на газообмен ДВС? 2. Какие две основные группы конструктивных элементов газоздушных трактов ДВС? 3. Из каких периодов состоит процесс газообмена ДВС? 4. Охарактеризуйте период газообмена - свободный выпуск. 5. Охарактеризуйте период газообмена - принудительный выпуск. 6. Охарактеризуйте период газообмена - продувка камеры сгорания. 7. Охарактеризуйте период газообмена – наполнение. 8. Охарактеризуйте период газообмена –дозарядка. 9. Какие возможности при газообмене имеет выпускная система и как их реализовать при проектировании ГВТ. 10. Факторы, влияющие на процесс газообмена в четырехтактных ДВС. 11. В двухтактных ДВС какие факторы влияют на основные показатели газообмена: коэффициент остаточных газов и на коэффициент наполнения (на удаление ОГ, продувку и наполнение РК), в отличие от четырехтактных ДВС. 12. Факторы, влияющие на процесс газообмена в двухтактных ДВС. 13. Особенности процесса газообмена в двухтактных ДВС. 14. Схемы продувки рабочих камер в двухтактных ДВС.

Контрольные вопросы к теме 4:

1. Что такое критерий Фруда? 2. Что такое критерий Маха? 3. Что такое критерий Струхала? 4. Что такое критерий Рейнольдса? 5. Что такое - критерий Прандтля? 6. Что такое - критерий Шмидта. 7. Предельные коэффициенты наполнения двигателей. 8. Чем же можно объяснить различие в значениях обобщенных коэффициентов наполнения для двухтактных (1.39) и четырехтактных (1.33) двигателей?

Контрольные вопросы к теме 5:

1.Что нужно учитывать при проектировании впускной системы двухтактного двигателя. 2. Что нужно учитывать при проектировании впускной системы четырехтактного двигателя.3. Как выбирают фазы и размеры перепускных и впускных окон. 4. Опишите процессы происходящие в цилиндре ДВС с продувочными окнами с прямоточной продувкой. 5. Компонировка элементов впускного ГВТ двухтактного двигателя. 6. Опишите процессы происходящие в цилиндре ДВС с продувочными каналами и окнами с петлевой продувкой

Контрольные вопросы к теме 6:

1. Как выбирают тактность двигателя? 2. Чем определяется число и расположение цилиндров? 3. По каким соображениям выбирают диаметр цилиндра и ход поршня? 4. Чем определяется скорость поршня? 5. Как выбирают степень сжатия? 6. По каким соображениям выбирают коэффициент избытка воздуха? 7. Как выбирают конструктивные соотношения элементов впускного клапана. 8. Расчет процесса наполнения газодизеля. 9. Расчет процесса сжатия газодизеля. 10. Расчет процесса сгорания газодизеля. 11. Расчет процесса расширения газодизеля. 12. Индикаторные и эффективные показатели двигателя. 13. Составляющие теплового баланса газодизеля.

Контрольные вопросы к теме 7:

Что такое скоростная характеристика? Какие исходные данные нужны для построения скоростной характеристики? Определение теоретически необходимого количества воздуха для сгорания 1 кг топлива. Что характеризует плотность заряда на впуске ρ_k , кг/м³. Определение коэффициента избытка воздуха. Определение удельного эффективного расхода топлива. Анализ изменения коэффициента наполнения по скоростной характеристике безнаддувного и наддувного двигателя. Как определяется эффективный крутящий момент? Что характеризует среднее эффективное давление? Что такое средняя скорость поршня? Среднее давление механических потерь, пределы изменения.

Контрольные вопросы к теме 8:

1. Опишите принцип действия КОД. 2. На каких уравнениях построена имитационная модель КОД. 3. Какие характеристик у КОД. 4. Использование принципов КОД при сжатии рабочего тела в ГТД. 5. Одноступенчатые КОД и их принцип действия. 6. Двухступенчатые КОД и их принцип действия. 7. ГТД с компрессорной ступенью каскадного типа. 8. Использование принципов каскадного обмена давлением в рабочем цикле воздушных холодильных машин. 9. Характеристики воздушных холодильных машин с КОД. 10. Использование принципов каскадного обмена давлением в рабочем цикле систем наддува. 11. Использование принципов КОД в дисковом двигателе каскадного обмена давлением. 11. Характеристики дискового двигателя КОД.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточной аттестации (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Письменная работа выполнена на высоком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 75-100 %, соответствуют правильному решению на 90-100 % вопросов/задач)
4	Письменная работа выполнена на среднем уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 50-75 %, соответствуют правильному решению на 75-89 % вопросов/задач)
3	Письменная работа выполнена на низком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно 40-50 %, соответствуют правильному решению на 50-74 % вопросов/задач)
2	Письменная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически неправильно, соответствуют правильному решению менее чем на 50 %)

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			