

**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 ТОПЛИВОПОДАЧИ
СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЕЙ»**

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 топливоподачи современных дизелей» по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение. – 45 с.

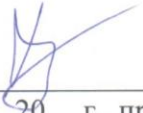
Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» разработана с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, утвержденного приказом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

СОСТАВИТЕЛИ:

канд.техн.наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Тырловой С.И.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Антоненко Н.А.

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

« 12 » 04 2023 г., протокол № 8

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

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института транспорта и логистики

« 14 » 04 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической
комиссии института



Е.И. Иванова

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины: изучить типы топливной аппаратуры современных дизелей и процессы, протекающие в таких системах питания, научиться выбирать основные параметры и выполнять расчеты процессов впрыскивания топлива в этих системах и на этой основе выбрать и анализировать пути совершенствования их конструкции с целью улучшения эффективных показателей.

Задачами изучения дисциплины является получение комплекса знаний, которые позволят рассчитывать, проектировать, испытывать и оценивать правильность выбора основных параметров систем топливоподачи современных дизельных двигателей внутреннего сгорания.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» входит в часть, формируемую 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.

Основывается на базе дисциплин: математика, теория поршневых двигателей, моделирование процессов в поршневых двигателях, системы топливоподачи и управления ДВС, теплотехника.

Является основой для изучения следующих дисциплин: двигатели специального назначения, современные энергетические технологии, современные проблемы науки и производства в энергетическом машиностроении.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

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: устройство и принцип работы топливной аппаратуры современных дизелей; влияние конструктивных и регулировочных параметров на технико-экономические показатели двигателей, основные этапы разработки и динамического расчета систем топливоподачи непосредственного действия и аккумуляторных, конструкцию, пути дальнейшего совершенствования систем топливоподачи; уметь: выполнять расчеты по выбору параметров топливной аппаратуры, определению закона подачи топлива в цилиндр дизеля; применять существующие программы расчета, анализировать связи конструкции топливной аппаратуры и ее параметров с эксплуатационными показателями системы питания и дизеля в целом; владеть навыками динамического расчета процессов впрыскивания топлива в цилиндр дизеля.
---	--	---

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)	216 (6 зач. ед)	216 (6 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	84	28

в том числе:		
Лекции	28	8
Семинарские занятия		
Практические занятия	42	12
Лабораторные работы	14	8
Курсовая работа	36	36
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	132	188
Форма аттестации	Экзамен/ курсовая работа	Экзамен/ курсовая работа

4.2. Содержание разделов дисциплины

- 1. Введение. Цели и задачи изучения дисциплины.** Основные положения динамического метода расчета систем впрыска дизелей.
- 2. Математическая модель системы топливоподачи дизельного двигателя.** Основные допущения. Расчетная схема системы топливоподачи. Граничные условия.
- 3. Реализация математической модели на ЭВМ.** Уравнения динамики клапанов, иглы, уравнения неразрывности для баротропной сжимаемой жидкости.
- 4. Аккумуляторные системы впрыска.** Насосы, электрогидравлические форсунки, типы и конструкция.
- 5. Диагностирование аккумуляторных систем впрыска.** Параметры диагностирования, методика, приборы.
- 6. Расчет аккумуляторных систем впрыска.** Расчетная схема системы топливоподачи. Граничные условия. Использование статического и динамического методов.
- 7. Насос форсунки с электронным управлением.** Устройство, работа, элементы расчета.
- 8. Перспективы развития систем топливоподачи дизелей.** Насос форсунки, аккумуляторные системы, индивидуальные ТНВД, компьютерные системы управления, диагностирование.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1 Введение. Цели и задачи изучения дисциплины.	2	1
2	Тема 2 Математическая модель системы топливоподачи дизельного двигателя.	4	1
3	Тема 3 Реализация математической модели на ЭВМ.	4	1
4	Тема 4 Аккумуляторные системы впрыска.	4	1
5	Тема 5 Диагностирование аккумуляторных систем впрыска.	4	1
6	Тема 6 Расчет аккумуляторных систем впрыска за динамично методом.	4	1
7	Тема 7 Насос форсунки с электронным управлением.	4	1
8	Тема 8 Перспективы развития систем топливоподачи дизелей.	2	1
Итого:		28	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма

1	Параметры современных автотракторных дизелей и топливной аппаратуры	7	2
2	Решение задач по теме динамического расчета процесса впрыска	7	2
3	Расчет процесса впрыска топлива динамическим методом в блочных многоплунжерных ТНВД	7	2
4	Расчет процесса впрыска топлива в распределительных ТНВД	7	2
5	Расчет процесса впрыска топлива в АСВ	7	2
6	Определение конструктивных параметров ТНВД и форсунок	7	2
Итого:		42	12

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Изучение образцов топливной аппаратуры современных автотракторных дизелей.	2	2
2	Техника применения программы динамического расчета процесса впрыска	3	2
3	Расчетный эксперимент по определению влияния конструктивных параметров блочных многоплунжерных ТНВД на параметры процесса впрыска	3	2
4	Определению влияния конструктивных параметров распределительных ТНВД и форсунок на параметры процесса впрыска	3	2
5	Расчетный эксперимент по определению влияния конструктивных параметров АСВ на параметры процесса впрыска	3	
Итого:		14	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Параметры современных автотракторных дизелей и топливной аппаратуры	Подготовка к практическим занятиям. Обзор интернет-источников по параметрам современных автотракторных дизелей и топливной аппаратуры	32	51
2	Техника применения программы динамического расчета процесса впрыска. Расчетный эксперимент по определению влияния конструктивных параметров блочных многоплунжерных ТНВД на параметры процесса впрыска	Подготовка к практическим занятиям.	32	50
3	Расчет процесса топливоподачи динамическим методом	Курсовая работа. Расчет процесса впрыска	36	36
4	Насос-форсунки с электронным управлением	Подготовка к лекционным занятиям.	32	51
Итого:			132	188

4.7. Курсовые работы. Тема: Расчет процесса топливоподачи динамическим методом [3 методические указания].

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. Макушев Ю. П. Конструктивные особенности систем подачи топлива современных дизелей: учебное пособие / Ю. П. Макушев, А. П. Жигadlo, Л. Ю. Волкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. - 200 с. - ISBN 978-5-9729-1238-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2094412>
2. Марков В. А. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях: монография / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. И. Мальчук. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2007. - 360 с. - ISBN 978-5-7038-3052-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1959254>
3. Кавтарадзе Р. З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород: монография / Р. З. Кавтарадзе. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2011. - 239 с. - ISBN 978-5-7038-3482-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1954393>
4. 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. - Режим доступа: https://yadi.sk/d/M-hvRP5R_jKa7w
5. Крайнюк А.И. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Учебное пособие. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2007. - 134 с. - Библиогр.: с. 134-135. - ISBN 966-590-617-8 : 23 грн. - Режим доступа: https://yadi.sk/d/M-hvRP5R_jKa7w

б) дополнительная литература:

6. Макушев, Ю. П. Системы подачи топлива и воздуха современных дизелей : учебное пособие / Ю. П. Макушев, А. П. Жигadlo, Л. Ю. Волкова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 216 с. - ISBN 978-5-9729-1392-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2099100> (дата обращения: 01.02.2024).
7. Электронные системы управления работой дизельных двигателей : учебное пособие / М.Ю. Карелина, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко [и др.] ; под ред. С.И. Головина. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 160 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015626-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2126600> (дата обращения: 30.01.2024).
8. 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
9. Моделирование процессов в поршневых двигателях [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Данилейченко [и др.]. - Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 131 с.

10. Кашкаров, А. П. Современные био-, бензо-, дизель-генераторы и другие полезные конструкции : пособие / А. П. Кашкаров. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 137 с. - ISBN 978-5-89818-648-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2109476> (дата обращения: 30.01.2024).

11. Падалко Л. П. Альтернативные энергоносители на автотранспорте: эффективность и перспективы / Л. П. Падалко, Ф. Ф. Иванов. В. И. Кузьменок; под науч. ред. А. Е. Дайнеко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. - Минск: Беларуская навука, 2017. - 263, [1] с. - ISBN 978-985-08-2094-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1067313>

12. Саад А. Х. Совершенствование характеристик пуска и систем питания силовых агрегатов рельсового транспорта для условий Ближнего Востока [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / А. Х. Саад; Восточнотрапийский государственный университет. - Луганск, 1997. - 169 с. - Библиогр.: с. 146-159.

13. Справочник слесаря по топливной аппаратуре двигателей [Текст] / [А. А. Зарин, А. Э. Зарин, В. Е. Логинов и др.]. - Москва : Машиностроение, 1990. - 288 с. - ISBN 5-217-01097-5 : 1 р. 40 к.

14. Топливная аппаратура дизелей КАМАЗ и КАЗ. Инструкция по эксплуатации [Текст] / сост. : Н. А. Грачев, А. Н. Истомин ; под ред. Е. С. Островского. - Ярославль : [б. и.], 1988. - 112 с. - 2 р.

15. Белявцев А. В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей [Текст] / А. В. Белявцев, А. С. Процеров. - Москва : Росагропромиздат, 1988. - 223 с. - ISBN 5-260-00005-6 : 143 крб.

16. Крутов В. И. Топливная аппаратура автотракторных двигателей [Текст] : учебник / В. И. Крутов, В. Е. Горбаневский, В. Г. Кислов; под общ. ред. В. И. Крутова. - Москва : Машиностроение, 1985. - 208 с. - 2 грн. 50 к.

17. Кислов В. Г. Топливные насосы распределительного типа [Текст] / В. Г. Кислов, Р. М. Баширов, В. Я. Попов. - Москва : Машиностроение, 1975. - 176 с. - 61 к

18. Буралев Ю. В. Устройство, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей [Текст] : учебник / Ю. В. Буралев, О. А. Мартиров, Е. В. Кленников. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1982. - 272 с. - (Профтехобразование. Автомоб. транспорт). - 132 крб.

19. Фомин Ю. Я. Топливная аппаратура дизелей [Текст] : справочник / Ю. Я. Фомин, Г. В. Никонов, В. Г. Ивановский. - Москва : Машиностроение, 1982. - 168 с. - 75 к.

20. Белявцев А. В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей [Текст] / А. В. Белявцев, А. С. Процеров. - Москва : Росагропромиздат, 1988. - 223 с. - ISBN 5-260-00005-6 : 143 крб.

в) методические указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Системы топливоподачи и управления ДВС» [Электронный ресурс]: для студентов специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.: Тырловой С.И. – Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2015.- 57с.

2. Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей: Учебное пособие [Электронный ресурс]/ С.И. Тырловой. - Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2019. - 124 с.

3. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс]/ Тырловой С.И. (Луганск. Изд. ЛНУ им. В.Даля), 2019. 31 с.

4. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Системы топливоподачи и управления ДВС» [Электронный ресурс]: для студентов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Сост.:С.И.Тырловой. Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2013. – 20 с.

5. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» (для студентов направления подготовки

13.04.03.«Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания») [Электронный ресурс]/ Тырловой С.И. (Луганск. Изд. ЛНУ им. В.Даля), 2019. 40 с.

6. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование топливоподачи современных дизелей» для студентов направления подготовки 13.03.03.«Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания [Электронный ресурс]/ Сост. С.И.Тырловой. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. - 13 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.пф/>

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 ТВЗ-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 топливоподачи современных дизелей»

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: устройство и принцип работы топливной аппаратуры современных дизелей; влияние конструктивных и регулировочных параметров на технико-экономические показатели двигателей, основные этапы разработки и динамического расчета систем топливоподачи непосредственного действия и аккумуляторных, конструкцию, пути дальнейшего совершенствования систем топливоподачи
Основной		Повышенный	уметь: выполнять расчеты по выбору параметров топливной аппаратуры, определению закона подачи топлива в цилиндр дизеля; применять существующие программы расчета, анализировать связи конструкции топливной аппаратуры и ее параметров с эксплуатационными показателями системы питания и дизеля в целом
Заключительный		Высокий	владеть навыками динамического расчета процессов впрыскивания топлива в цилиндр дизеля.

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

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции реализуемой дисциплине (по	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	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.	Тема 1 Введение. Цели и задачи изучения дисциплины. Тема 2 Математическая модель системы топливоподачи дизельного двигателя. Тема 3 Реализация математической модели на ЭВМ. Тема 4 Аккумуляторные системы впрыска. Тема 5 Диагностирование аккумуляторных систем впрыска. Тема 6 Расчет аккумуляторных систем впрыска за динамично методом. Тема 7 Насос форсунки с электронным управлением. Тема 8 Перспективы развития систем топливоподачи дизелей.	Начальный, основной, заключительный 2

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: устройство и принцип работы топливной аппаратуры современных дизелей; влияние конструктивных и регулировочных параметров на технико-экономические показатели двигателей, основные этапы разработки и динамического расчета систем топливоподачи непосредственного действия и	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8	Лабораторная работа, практическая работа, курсовая работа

			аккумуляторных, конструкцию, пути дальнейшего совершенствования систем топливоподачи; уметь: выполнять расчеты по выбору параметров топливной аппаратуры, определению з акона подачи топлива в цилиндр дизеля; применять существующие программы расчета, анализировать связи конструкции топливной аппаратуры и ее параметров с эксплуатационными показателями системы питания и дизеля в целом; владеть навыками динамического расчета процессов впрыскивания топлива в цилиндр дизеля.		
--	--	--	--	--	--

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 топливоподачи современных дизелей»

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
 базовый уровень

Задание 1.

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

Штифтовые форсунки применяются в:

- 1) в дизелях с объемным смесеобразованием
- 2) в предкамерных дизелях.
- 3) в дизелях с объемно-плёночным смесеобразованием
- 4) в вихрекамерных дизелях.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 24

Обоснование: Штифтовые форсунки применяют только в 2-х камерных дизелях, к которым относятся 1 и 4.

Задание 2.

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

Какие из функций нагнетательного клапана ТНВД указана не верно?

- 1) разгрузка трубопровода ВД
- 2) отсечка топлива в конце подачи.
- 3) создание остаточного давления в трубопроводе ВД
- 4) корректировка скоростной характеристики топливоподачи
- 5) дозирование цикловой подачи топлива.

Ответ: 25

Обоснование: 2. Отсечка топлива в конце подачи производится золотником различной конструкции, но не нагнетательным клапаном. 5. Известны 5 способов дозирования цикловой подачи топлива, среди которых не значится нагнетательный клапан.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

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

Найдите правильное утверждение о работе автомата опережения впрыска в распределительных ТНВД BOSCH-VE

- 1) уменьшает угол опережения впрыска при увеличении частоты вращения
- 2) увеличивает угол опережения впрыска при увеличении частоты вращения.
- 3) увеличивает угол опережения впрыска при увеличении нагрузки
- 4) уменьшает угол опережения впрыска при увеличении нагрузки.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 24

Обоснование: При увеличении частоты вращения вала дизеля уменьшается время для совершения процесса сгорания, поэтому он должен начинаться раньше, При увеличении нагрузки процесс сгорания ускоряется, поэтому его следует начинать раньше.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

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

Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) не приемлемы для дизелей?

- 1) 0,5.
- 2) 1.
- 3) 2
- 4) 2,5
- 5) 5

Ответ: 12

Обоснование: В процессе сгорания дизелей на всех режимах используется бедная смесь.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

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

Для возможности повышения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо:

- 1) увеличить длину факела топлива
- 2) применить вихрекамерное смесеобразование.
- 3) налить водителю рюмку газировки
- 4) повысить максимальное давление впрыска
- 5) нет правильного ответа

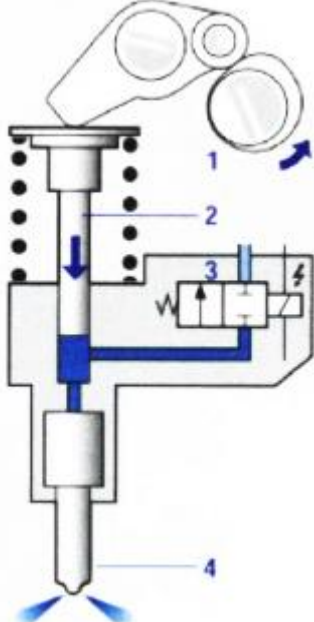
Ответ: 2

Обоснование: вихрекамерное смесеобразование обеспечивает приготовление смеси при высокой частоте вращения дизеля.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

 Рис. 1 - Схема насос форсунки с электронным управлением	Позиция 2 на рис. 1 означает: 1) кулачок 2) электромагнитный клапан 3) плунжер. 4) распылитель форсунки 5) форсунка
--	--

Ответ: 3

Обоснование: Этот факт наглядно показан на рисунке

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

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

С какой частотой N должен вращаться плунжер роторного двухплунжерного насоса, что бы обеспечить работу 4-х цилиндрового 4-х тактного дизеля с частотой вращения n ?

- 1) $N=4n$
- 2) $N=n/2$.
- 3) $N=n$
- 4) $N=2n$
- 5) $N=2n/3$

Ответ: 2

Обоснование: в 4-х тактных дизелях один впрыск топлива происходит за 2 оборота коленчатого вала.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

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

Достоинства насос-форсунок по сравнению с обычными ТНВД топливными системами.

- 1) низкое сажеобразование
- 2) отсутствие волновых процессов в трубках высокого давления.
- 3) высокая мощность дизеля

- 4) низкая стоимость
- 5) высокая стоимость

Ответ: 2

Обоснование: отсутствие волновых процессов в трубках высокого давления связано с отсутствием названных трубок.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Как осуществляется работа насосной секции?

- 1) заполнение топливом надплунжерной полости, закрытие впускного окна
- 2) движение плунжера вниз
- 3) движение плунжера вверх
- 4) отсечка подачи топлива
- 5) открытие нагнетательного клапана

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Какая последовательность прохождения топлива через элементы системы питания дизеля?

- 1) ТНВД
- 2) форсунка
- 3) топливный бак
- 4) фильтр грубой очистки топлива
- 5) фильтр тонкой очистки, топливоподкачивающий насос

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Укажите правильную последовательность выполнения работ по испытаниям многоплунжерного топливного насоса на равномерность подачи топлива по цилиндрам.

- 1) установка заданного числа оборотов кулачкового вала насоса;
- 2) измерение объема собранного топлива в мензурках;
- 3) выполнение записей в журнале наблюдений и определение степени неравномерности подачи топлива по цилиндрам;
- 4) измерение времени, в течение которого продолжался впрыск топлива во всех форсунках.
- 5) включение электродвигателя стенда.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Укажите правильную последовательность при статическом расчете процесса впрыска топлива в цилиндр дизеля.

- 1) расчет подачи топлива в камеру сгорания дизеля через форсунку от момента открытия иглы форсунки до открытия отсечного окна
- 2) расчет давления топлива над плунжером от момента открытия нагнетательного клапана до момента открытия иглы форсунки
- 3) подготовка исходных данных
- 4) расчет подачи топлива в камеру сгорания дизеля через форсунку от момента открытия отсечного окна до закрытия форсунки
- 5) перечислить полученные в результате расчета величины (ответ)

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	плунжер	1	деталь форсунки
Б	игла распылителя	2	элемент топливного фильтра
В	трубка высокого давления	3	деталь ТНВД
Г	насос-форсунка	4	деталь разделенной системы питания дизеля
		5	неразделенная система питания дизеля

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
3	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	способ дозирования цикловой подачи топлива	1	факел топлива
Б	распыливание топлива дизельной форсункой	2	дросселирование на впуске
В	отсечка топлива	3	фильтр тонкой очистки топлива
Г	насосный элемент	4	перепускное отверстие
		5	многоплунжерный ТНВД

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие утверждений

Выполняемая задача	Показатель соответствия
--------------------	-------------------------

А	интегральная характеристика впрыска топлива формируется	1	уменьшение фактора динамичности
Б	жесткость работы дизеля снижается при	2	корректор подачи топлива
В	форма скоростной характеристика топливоподачи	3	профилем кулачка ТНВД
Г	возрастание давления впрыска повышает	4	«мягком» нажатии на педаль акселератора
		5	механически потери двигателя

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
3	1	2	5

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

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

Определить теоретическую скорость W истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в атмосферу при следующих условиях: давление в сопловом канале 16,1 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, количество отверстий 5, плотность ρ топлива 800 кг/м³.

Ответ: 200 м/с.

Решение. Теоретическая скорость W истечения топлива (как несжимаемой жидкости):

$W = \sqrt{2/\rho \cdot \Delta P}$, где $\Delta P = (P_{СК} - P_0) = 16,1 - 0,1 = 16$ МПа. Здесь $P_{СК}$ - давление в сопловом канале 16,1 МПа; $P_0 = 0,1$ МПа.

После подстановки числовых значений $W = \sqrt{2/800 \cdot 16000000} = 200$ м/с.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 17.

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

Если первоначальный объем (10 см³) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как измениться (в % и МПа) исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости β принять равным $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па.

Ответ: Уменьшится на 1 МПа или 10%.

Решение. По определению коэффициент сжимаемости $\beta = -1/V \cdot dV/dP$ или в конечных разностях $\beta = -1/V \cdot \Delta V / \Delta P$, откуда изменение давления $\Delta P = -1/V \cdot \Delta V / \beta$. Здесь $\Delta P = P_{новое} - P_{исх}$;

$\Delta V = 0,0005 \cdot V$ После подстановки числовых значений

$\Delta P = -1/V \cdot 0,0005 \cdot V / (5 \cdot 10^{-10}) = -1000000$ Па = -1 МПа. Тогда $P_{новое} = 10 + (-1) = 9$ МПа, т.е. исходное давление уменьшится на 1 МПа или 10%.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

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

Какая цикловая подача топлива (в мм³) должна быть в цилиндре дизеля 4ЧН12/14 для обеспечения мощности $N_e=50,4$ кВт при $n=1250$ мин⁻¹, если эффективный КПД дизеля на этом режиме $\eta_e=36\%$? Принять плотность топлива $\rho=800$ кг/м³, его низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг.

Ответ: 100 мм³.

Решение. Используем известные формулы: $g_e = 3600 / (Q_n \cdot \eta_e)$ и $G_T = g_e \cdot N_e$, откуда

$V_{ц} = G_T / \rho \cdot Z_{ц} / 60 / n \cdot 0,5$ (здесь из обозначения ДВС количество цилиндров $Z_{ц}=4$, коэффициент тактности 1,0) или $V_{ц} = 3600 \cdot N_e / (Q_n \cdot \eta_e \cdot \rho \cdot Z_{ц} \cdot 60 \cdot n \cdot 1,0)$ после подстановки числовых значений: $V_{ц} = 3600 \cdot 50,4 / (42000 \cdot 0,36 \cdot 800 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 1250 \cdot 0,5) = 100$ мм³.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

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

Определить эффективный КПД дизеля мощностью 100 кВт, если за 1 час он расходует 25 литров дизельного топлива ($Q_n=42000$ кДж/кг, плотность топлива 850 кг/м³).

Ответ 40% (0,4).

Решение: используем известные формулы: $\eta_e = 3600 / (Q_n \cdot g_e)$. Найдем $g_e = G_T / N_e$, где $G_T = \rho \cdot 0,025$. Подставив числовые значения, получим $\eta_e = 3600 \cdot 100 / (850 \cdot 0,025 \cdot 42000) = 0,4$ или 40%.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 20.

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

Для настройки ТНВД на стенде необходимо определить объем топлива $V_{изм}$ (см³), подаваемого за 15 секунд из одного штуцера насоса дизеля 4Ч91/95 мощностью 60 кВт при $n=2400$ мин⁻¹, если на этом режиме $g_e=0,24$ кг/кВт ч, плотность топлива 800 кг/м³).

$V_{изм} =$

Ответ. 18,75 см³.

Решение. Найдем расход топлива $G_T = g_e \cdot N_e$ (кг/час) за 1 час через все штуцера, затем для одного штуцера за 15 секунд (см³): $V_{изм} = g_e \cdot N_e \cdot 1000000 \cdot 15 / (\rho \cdot Z_{ц} \cdot 60 \cdot 60)$, здесь из обозначения ДВС количество штуцеров равно количеству цилиндров дизеля $Z_{ц}=4$. После подстановки числовых значений:

$V_{изм} = 0,24 \cdot 60 \cdot 1000000 \cdot 15 / (800 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 60) = 18,75$ см³.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	24	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	25	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	24	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	12	1б – 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.	2	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
8.	2	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
9.	13542	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
10.	34512	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
11.	51423	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
12.	32145	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
13.	A3B1B4Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
14.	A2B1B4Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
15.	A3B1B2Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
16.	Решение. Теоретическая скорость W истечения топлива (как несжимаемой жидкости): $W = \sqrt{2/\rho * \Delta P}$, где $\Delta P = (P_{СК} - P_0) = 16,1 - 0,1 = 16 \text{ МПа}$. Здесь $P_{СК}$ – давление в сопловом канале 16,1 МПа; $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$. После подстановки числовых значений $W = \sqrt{2/800 * 16000000} = 200 \text{ м/с}$.	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.	Ответ: Уменьшится на 1МПа или 10%. Решение. По определению коэффициент сжимаемости $\beta = -1/V * dV/dP$ или в конечных разностях $\beta = -1/V * \Delta V / \Delta P$, откуда изменение давления $\Delta P = -1/V * \Delta V / \beta$. Здесь $\Delta P = P_{новое} - P_{исх}$; $\Delta V = 0,0005 * V$ После подстановки числовых значений $\Delta P = -1/V * 0,0005 * V / (5 * 10^{-10}) = -1000000 \text{ Па} = -1 \text{ МПа}$. Тогда $P_{новое} = 10 + (-1) = 9 \text{ МПа}$, т.е. исходное давление уменьшится на 1МПа или 10%.	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.	Ответ: 100 мм ³ . Решение. Используем известные формулы: $g_e = 3600 / (Q_n * \eta_e)$ и $G_T = g_e * N_e$, откуда $V_{ц} = G_T / \rho / Z_{ц} / 60 / n / 0,5$ (здесь из обозначения ДВС количество цилиндров $Z_{ц} = 4$, коэффициент тактности 1,0) или $V_{ц} = 3600 * N_e / (Q_n * \eta_e * \rho * Z_{ц} * 60 * n * 1,0)$ после подстановки числовых значений: $V_{ц} = 3600 * 50,4 / (42000 * 0,36 * 800 * 4 * 60 * 1250 * 0,5) = 100 \text{ мм}^3$.	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.	Ответ 40% (0,4).	Полный правильный ответ на

	Решение: используем известные формулы: $\eta_e = 3600 / (Q_n * g_e)$. Найдем $g_e = G_T / N_e$, где $G_T = \rho * 0,025$. Подставив числовые значения, получим $\eta_e = 3600 * 100 / (850 * 0,025 * 42000) = 0,4$ или 40%.	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. 18,75 см ³ . Решение. Найдем расход топлива $G_T = g_e * N_e$ (кг/час) за 1 час через все штуцера, затем для одного штуцера за 15 секунд (см ³): $V_{изм} = g_e * N_e * 1000000 * 15 / (\rho * Z_{ц} * 60 * 60)$, здесь из обозначения ДВС количество штуцеров равно количеству цилиндров дизеля $Z_{ц}=4$. После подстановки числовых значений: $V_{изм} = 0,24 * 60 * 1000000 * 15 / (800 * 4 * 60 * 60) = 18,75$ см ³ .	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

ВАРИАНТ 2

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 1.

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

Штифтовые форсунки применяются в:

- 1) в предкамерных дизелях.
- 2) в дизелях с объемным смесеобразованием
- 3) в дизелях с объемно-плёночным смесеобразованием
- 4) в вихрекамерных дизелях.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 14

Обоснование: Штифтовые форсунки применяют только в 2-х камерных дизелях, к которым относятся 1 и 4.

Задание 2.

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

Какие из функций нагнетательного клапана ТНВД указана **НЕ ВЕРНО**?

- 1) отсечка топлива в конце подачи.
- 2) разгрузка трубопровода ВД
- 3) создание остаточного давления в трубопроводе ВД
- 4) корректировка скоростной характеристики топливоподачи
- 5) дозирование цикловой подачи топлива.

Ответ: 15

Обоснование: 1. Отсечка топлива в конце подачи производится золотником различной конструкции, но не нагнетательным клапаном. 5. Известны 5 способов дозирования цикловой подачи топлива, среди которых не значится нагнетательный клапан.

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 3.

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

Найдите правильное утверждение о работе автомата опережения впрыска в распределительных ТНВД BOSCH-VE

- 1) увеличивает угол опережения впрыска при увеличении частоты вращения
- 2) уменьшает угол опережения впрыска при увеличении частоты вращения
- 3) увеличивает угол опережения впрыска при увеличении нагрузки
- 4) уменьшает угол опережения впрыска при увеличении нагрузки
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 14

Обоснование: При увеличении частоты вращения вала дизеля уменьшается время для совершения процесса сгорания, поэтому он должен начинаться раньше, При увеличении нагрузки процесс сгорания ускоряется, поэтому его следует начинать раньше.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

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

Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) не приемлемы для дизелей?

- 1) 5
- 2) 1.
- 3) 2
- 4) 2,5
- 5) 0,5.

Ответ: 25

Обоснование: В процессе сгорания дизелей на всех режимах используется бедная смесь.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

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

Для возможности повышения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо:

- 1) применить вихрекамерное смесеобразование.
- 2) увеличить длину факела топлива
- 3) налить водителю рюмку газировки
- 4) повысить максимальное давление впрыска
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: вихрекамерное смесеобразование обеспечивает приготовление смеси при высокой частоте вращения дизеля.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

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

Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи включают:

- 1) волновые процессы в трубопроводе высокого давления

- 2) уравнение неразрывности движения топлива в надплунжерной полости.
- 3) уравнение динамики дизеля
- 4) скоростные характеристики топливоподачи
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 2

Обоснование: другие уравнения не являются граничными условиями.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

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

С какой частотой N должен вращаться плунжер роторного двухплунжерного насоса, что бы обеспечить работу 4-х цилиндрического 4-х тактного дизеля с частотой вращения n ?

- 1) $N=n/2$.
- 2) $N=4n$
- 3) $N=n$
- 4) $N=2n$
- 5) $N=2n/5$

Ответ: 1

Обоснование: в 4-х тактных дизелях один впрыск топлива происходит за 2 оборота коленчатого вала.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

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

Достоинства насос-форсунок по сравнению с обычными ТНВД топливными системами.

- 1) низкое сажеобразование
- 2) высокая мощность дизеля
- 3) отсутствие волновых процессов в трубках высокого давления.
- 4) низкая стоимость
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: отсутствие волновых процессов в трубках высокого давления связано с отсутствием названных трубок.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Какая последовательность работы насосной секции?

- 1) заполнение топливом надплунжерной полости, закрытие впускного окна
- 2) движение плунжера вниз
- 3) движение плунжера вверх
- 4) отсечка подачи топлива
- 5) открытие нагнетательного клапана

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Какая последовательность прохождения топлива через элементы системы питания дизеля?

- 1) топливоподкачивающий насос, ТНВД
- 2) форсунка
- 3) топливный бак
- 4) фильтр грубой очистки топлива
- 5) фильтр тонкой очистки

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Укажите правильную последовательность выполнения работ по испытаниям многоплунжерного топливного насоса на равномерность подачи топлива по цилиндрам.

- 1) включение электродвигателя стенда;
- 2) измерение объема собранного топлива в мензурках;
- 3) выполнение записей в журнале наблюдений и определение степени неравномерности подачи топлива по цилиндрам;
- 4) измерение времени, в течение которого продолжался впрыск топлива во всех форсунках.
- 5) установка заданного числа оборотов кулачкового вала насоса.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Укажите правильную последовательность при статическом расчете процесса впрыска топлива в цилиндр дизеля.

- 1) расчет подачи топлива в камеру сгорания дизеля через форсунку от момента открытия отсечного окна до закрытия форсунки;
- 2) расчет давления топлива над плунжером от момента открытия нагнетательного клапана до момента открытия иглы форсунки;
- 3) подготовка исходных данных;
- 4) расчет подачи топлива в камеру сгорания дизеля через форсунку от момента открытия иглы форсунки до открытия отсечного окна.
- 5) выписать в ответ основные рассчитанные величины

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

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

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Подберите соответствующее описание неисправности в зависимости от цвета отработавших газов ДВС

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

Выполняемая задача	Показатель соответствия
--------------------	-------------------------

А	плунжер	1	деталь ТНВД
Б	игла распылителя	2	элемент топливного фильтра
В	трубка высокого давления	3	деталь форсунки
Г	насос-форсунка	4	деталь разделенной системы питания дизеля
		5	неразделенная система питания дизеля

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
1	3	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	способ дозирования цикловой подачи топлива	1	факел топлива
Б	распыливание топлива дизельной форсункой	2	перепускное отверстие
В	отсечка топлива	3	фильтр тонкой очистки топлива
Г	насосный элемент	4	дросселирование на впуске
		5	многоплунжерный ТНВД

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
4	1	2	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие утверждений

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	интегральная характеристика впрыска топлива формируется	1	уменьшение фактора динамичности
Б	жесткость работы дизеля снижается при	2	профилем кулачка ТНВД
В	форма скоростной характеристика топливоподачи	3	корректор подачи топлива
Г	возрастание давления впрыска повышает	4	«мягком» нажатии на педаль акселератора
		5	механические потери двигателя

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	3	5

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 16.

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

Определить теоретическую скорость W истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в атмосферу при следующих условиях: давление в сопловом канале 25,1 МПа, диаметр соплового отверстия 0,2 мм, количество отверстий 4, плотность ρ топлива 800 кг/м³.

Ответ: 250 м/с.

Решение. Теоретическая скорость W истечения топлива (как несжимаемой жидкости):

$W = \sqrt{2/\rho * \Delta P}$, где $\Delta P = (P_{СК} - P_0) = 25,1 - 0,1 = 25 \text{ МПа}$. Здесь $P_{СК}$ - давление в сопловом канале 25,1 МПа; $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$.

После подстановки числовых значений $W = \sqrt{2/800 * 25000000} = 250 \text{ м/с}$.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 17.

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

Если первоначальный объем (10 см³) топлива, сжатого до давления 10 МПа, уменьшится на 0,05%, то как измениться (в % и МПа) исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости β принять равным $5 * 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Ответ: Увеличится на 1 МПа или 10%.

Решение. По определению коэффициент сжимаемости $\beta = -1/V * dV/dP$ или в конечных разностях $\beta = -1/V * \Delta V / \Delta P$, откуда изменение давления $\Delta P = -1/V * \Delta V / \beta$. Здесь $\Delta P = P_{\text{новое}} - P_{\text{исх}}$;

$\Delta V = -0,0005 * V$ После подстановки числовых значений

$\Delta P = 1/V * 0,0005 * V / (5 * 10^{-10}) = 1000000 \text{ Па} = 1 \text{ МПа}$. Тогда $P_{\text{новое}} = 10 + 1 = 11 \text{ МПа}$, т.е. исходное давление увеличится на 1 МПа или 10%.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 18.

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

Какая цикловая подача топлива (в мм³) должна быть в цилиндре дизеля 4ДН12/14 для обеспечения мощности $N_e = 50,4 \text{ кВт}$ ($42 * 1,2 = 50,4$) при $n = 1250 \text{ мин}^{-1}$, если эффективный КПД дизеля на этом режиме $\eta_e = 36\%$? Принять плотность топлива $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, его низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг .

Ответ: 50 мм³.

Решение. Используем известные формулы: $g_e = 3600 / (Q_n * \eta_e)$ и $G_T = g_e * N_e$, откуда

$V_{ц} = G_T / \rho / Z_{ц} / 60 / n / 0,5$ (здесь из обозначения ДВС количество цилиндров $Z_{ц} = 4$, коэффициент тактности 1,0) или $V_{ц} = 3600 * N_e / (Q_n * \eta_e * \rho * Z_{ц} * 60 * n * 1,0)$ после подстановки числовых значений: $V_{ц} = 3600 * 42 / (42000 * 0,36 * 800 * 4 * 60 * 1250 * 1,0) = 50 \text{ мм}^3$.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

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

Определить эффективный КПД бензинового двигателя мощностью 80 кВт, если за 1 час он расходует 25 литров дизельного топлива ($Q_H=44000$ кДж/кг, плотность бензина $\rho=720$ кг/м³).

Ответ: 36% (0,36).

Решение: используем известные формулы: $\eta_e = 3600 / (Q_H * g_e)$. Найдем $g_e = G_T / N_e$, где $G_T = \rho * 0,025$. Подставив числовые значения, получим $\eta_e = 3600 * 80 / (720 * 0,025 * 44000) = 0,36$ или 36%.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 20.

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

Для настройки ТНВД на стенде необходимо определить объем топлива $V_{изм}$ (см³), подаваемого за 15 секунд из одного штуцера насоса дизеля 4Ч91/95 мощностью 40 кВт при $n=1200$ мин⁻¹, если на этом режиме $g_e=0,24$ кг/кВт ч, плотность топлива 800 кг/м³).

Ответ: 12,5 см³.

Решение. Найдем расход топлива $G_T = g_e * N_e$ (кг/час) за 1 час через все штуцера, затем для одного штуцера за 15 секунд (см³): $V_{изм} = g_e * N_e * 1000000 * 15 / (\rho * Z_{ц} * 60 * 60)$, здесь из обозначения ДВС количество штуцеров равно количеству цилиндров дизеля $Z_{ц}=4$. После подстановки числовых значений:

$$V_{изм} = 0,24 * 40 * 1000000 * 15 / (800 * 4 * 60 * 60) = 12,5 \text{ см}^3.$$

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	14	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	15	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	25	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	2	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	13542	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	34512	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи

11.	15423	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
12.	32415	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
13.	A1B3B4Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
14.	A4B1B2Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
15.	A2B1B3Г5	16 – полное правильное соответствие 06 – остальные случаи
16.	Ответ: 250 м/с. Решение. Теоретическая скорость W истечения топлива (как несжимаемой жидкости): $W = \sqrt{2/\rho * \Delta P}$, где $\Delta P = (P_{СК} - P_0) = 25,1 - 0,1 = 25 \text{ МПа}$. Здесь $P_{СК}$ – давление в сопловом канале 25,1 МПа; $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$. После подстановки числовых значений $W = \sqrt{2/800 * 25000000} = 250 \text{ м/с}$.	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.	Ответ: Увеличится на 1 МПа или 10%. Решение. По определению коэффициент сжимаемости $\beta = -1/V * dV/dP$ или в конечных разностях $\beta = -1/V * \Delta V / \Delta P$, откуда изменение давления $\Delta P = -1/V * \Delta V / \beta$. Здесь $\Delta P = P_{новое} - P_{исх}$; $\Delta V = -0,0005 * V$ После подстановки числовых значений $\Delta P = 1/V * 0,0005 * V / (5 * 10^{-10}) = 1000000 \text{ Па} = 1 \text{ МПа}$. Тогда $P_{новое} = 10 + 1 = 11 \text{ МПа}$, т.е. исходное давление увеличится на 1 МПа или 10%.	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.	Ответ: 50 мм³. Решение. Используем известные формулы: $g_e = 3600 / (Q_n * \eta_e)$ и $G_T = g_e * N_e$, откуда $V_{ц} = G_T / \rho * Z_{ц} / 60 / n / 0,5$ (здесь из обозначения ДВС количество цилиндров $Z_{ц} = 4$, коэффициент тактности 1,0) или $V_{ц} = 3600 * N_e / (Q_n * \eta_e * \rho * Z_{ц} * 60 * n * 1,0)$ после подстановки числовых значений: $V_{ц} = 3600 * 42 / (42000 * 0,36 * 800 * 4 * 60 * 1250 * 1,0) = 50 \text{ мм}^3$.	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.	Ответ: 36% (0,36). Решение: используем известные формулы: $\eta_e = 3600 / (Q_n * g_e)$. Найдем $g_e = G_T / N_e$, где $G_T = \rho * 0,025$. Подставив числовые значения, получим $\eta_e = 3600 * 80 / (720 * 0,025 * 44000) = 0,36$ или 36%.	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: 12,5 см³. Решение. Найдем расход топлива $G_T = g_e * N_e$ (кг/час) за 1 час через все штуцера, затем для одного штуцера за 15 секунд (см³): $V_{изм} = g_e * N_e * 1000000 * 15 / (\rho * Z_{ц} * 60 * 60)$, здесь из обозначения ДВС количество штуцеров равно количеству цилиндров дизеля $Z_{ц} = 4$. После подстановки числовых значений: $V_{изм} = 0,24 * 40 * 1000000 * 15 / (800 * 4 * 60 * 60) = 12,5 \text{ см}^3$.	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
------------------	-----------------

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

Оценочные средства по дисциплине
«Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей»

Вопросы при защите практических работ (базовый уровень):

1. Дайте определение среднему индикаторному давлению.
2. Что характеризует удельный индикаторный расход топлива, индикаторный КПД?
3. Какие составляющие механических потерь в ДВС?
4. Величина среднего давления трения, мощности механических потерь, механического КПД в ДВС.
5. Что такое среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя?
6. Удельный, эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя.
7. Методы повышения эффективной мощности двигателя.
8. Конструкция топливных насосов высокого давления.
9. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов.
10. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок.
11. Проектирование и расчет форсунок.
12. Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив.
13. Классификация топливных систем двигателей с внутренним смесеобразованием.
14. Показатели литровой мощности, поршневой мощности, комбинированные показатели современных автотракторных дизелей.
15. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя.
16. Какие основные параметры топливной аппаратуры ДВС?
17. Основные этапы динамического расчета процесса впрыска.
18. Аккумуляторные системы с электронным управлением.
19. Системы с мультипликаторами давления.
20. Электрогидравлические форсунки.
21. Специальные насосы высокого давления.
22. Метод расчета. Расчетная схема. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.
23. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок.
24. Решение уравнений нестационарного движения жидкости в форме Д'Аламбера.
25. Учет диссипативных явлений путем включения в решение уравнения нестационарного движения жидкости в форме Д'Аламбера коэффициента в виде декремента, учитывающего затухание волн:
26. Повышение точности расчета с помощью учета следа прошедших волн по методике Крайнюка А.И.
27. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение для определения давления в надплунжерной полости.
28. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения нагнетательного клапана.
29. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Давление в полости штуцера РШ.
30. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Давление в кармане распылителя форсунки P_f .
31. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения плунжера.

32. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Эквивалентное проходное сечение распылителя форсунки.
33. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения иглы форсунки.
34. Имитации движения прямой и обратной волн при моделировании процесса топливоподачи.
35. Устройство и работа аккумуляторной системы впрыска.
36. ТНВД аккумуляторной системы впрыска. Устройство и работа.
37. Форсунки аккумуляторной системы впрыска. Устройство и работа.
38. Преимущества АСТП перед традиционными топливными системами.
39. Недостатки АСТП по сравнению с традиционными топливными системами.
40. Расчетная схема аккумуляторной системы питания. Использование схемы для составления основных уравнений к статическому расчету.
41. Устройство и работа насосфорсунок с электронным управлением.
42. Достоинства и недостатки насосфорсунок по сравнению с традиционными топливными системами.
43. Основные допущения при моделировании процесса топливоподачи на ЭВМ с использованием динамического метода расчета.
44. Основные допущения при моделировании процесса топливоподачи в АСП с использованием статического метода расчета.

Выполняется в соответствии с материалами учебного пособия «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» (для студентов направления подготовки «Энергетическое машиностроение» специальности 13.04.03 Двигатели внутреннего сгорания) /Сост.: С.И. Тырловой. – Луганск: Изд-во ЛУ им. В.Даля, 2019.– 124 с. и методическими указаниями к практическим занятиям по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» (для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» (магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания»)/Сост.: С.И. Тырловой - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2015.- 57 с.

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 типы распределительных ТНВД применяются в настоящее время для автотракторных дизелей?

2. Какие способы дозирования топлива используют в различных типах распределительных ТНВД?
3. Назовите виды приводов плунжеров распределительных ТНВД.
4. Назовите основные этапы развития распределительных ТНВД.
5. Из каких основных узлов и деталей состоит распределительный ТНВД BOSCH-VE?
6. Как регулируется цикловая подача топлива в распределительном ТНВД BOSCH-VE?
7. Назначение электромагнитного клапана.
8. Как регулируется УОВ в распределительном ТНВД BOSCH-VE?
9. Как осуществляется привод плунжеров таких ТНВД?
10. Основные правила эксплуатации ТНВД BOSCH-VE.
11. Пояснить устройство приспособления для безмоторного диагностирования плунжерных пар распределительных ТНВД Bosch VE.
12. Описать порядок проведения эксперимента.
13. Как по результатам эксперимента определить остаточный ресурс плунжерной пары?
14. Оценить факторы, влияющие на точность полученных экспериментальных и расчетных результатов.
15. Какова цель данной лабораторной работы?
16. Как определить утечки топлива за время t ?
17. Как определить эквивалентное проходное сечение для утечек топлива из плунжерных пар распределительных ТНВД Bosch VE?
18. Произвести сборку-разборку отдельных узлов ТНВД BOSCH-VE по указанию преподавателя.
19. Пояснить работу системы АСП, используя схему.
20. Назвать типы топливных насосов высокого давления.
21. Пояснить работу роторно-аксиального ТНВД АСП Bosch CP1S31, используя схему.
22. Пояснить работу ЭГФ фирмы Bosch, используя схему.
23. Как разобрать частично электрогидравлическую форсунку?

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к лабораторным занятиям по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» (для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания») / Тырловой С.И. Луганск. Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2019. - 40 с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Лабораторная работа выполнена на высоком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 90-100 % вопросов/задач)
4	Лабораторная работа выполнена на среднем уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 75-89 % вопросов/задач)
3	Лабораторная работа выполнена на низком уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны на 50-74 % вопросов/задач)
2	Лабораторная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (расчеты, оформление, представление итогового материала даны менее чем на 50 %)

Контрольная работа:

Теоретическая часть (базовый уровень)

1. Основные положения динамического метода расчета.
2. Решение уравнений нестационарного движения жидкости в форме Д'Аламбера.

3. Учет диссипативных явлений путем включения в решение уравнения нестационарного движения жидкости в форме Д'Аламбера коэффициента в виде декремента, учитывающего затухание волн:
4. Повышение точности расчета с помощью учета следа прошедших волн по методике Крайнюка А.И.
5. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение для определения давления в надплунжерной полости.
6. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения нагнетательного клапана.
7. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Давление в полости штуцера $P_{шт}$.
8. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Давление в кармане распылителя форсунки P_f .
9. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения плунжера.
10. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Эквивалентное проходное сечение распылителя форсунки.
11. Граничные условия при моделировании процесса топливоподачи. Уравнение движения иглы форсунки.
12. Имитации движения прямой и обратной волн при моделировании процесса топливоподачи.
13. Устройство и работа аккумуляторной системы впрыска.
14. ТНВД аккумуляторной системы впрыска. Устройство и работа.
15. Форсунки аккумуляторной системы впрыска. Устройство и работа.
16. Преимущества АСТП перед традиционными топливными системами.
17. Недостатки АСТП по сравнению с традиционными топливными системами.
18. Расчетная схема аккумуляторной системы питания. Использование схемы для составления основных уравнений к статическому расчету.
19. Устройство и работа насосфорсунок с электронным управлением.
20. Достоинства и недостатки насосфорсунок по сравнению с традиционными топливными системами.
21. Основные допущения при моделировании процесса топливоподачи на ЭВМ с использованием динамического метода расчета.
22. Основные допущения при моделировании процесса топливоподачи в АСП с использованием статического метода расчета.

Практическая часть (повышенный уровень):

1. Определить эффективный КПД дизеля мощностью 100 кВт, если за 1 час он расходует 25 литров дизельного топлива ($Q_H=42000$ кДж/кг, плотность топлива 850кг/м^3).
2. Определить перемещение плунжера в зависимости от угла ПКВ для профиля кулачка, заданного таблицей.
3. Определить скорость плунжера в зависимости от угла ПКВ в табличной форме. Построить график.
4. Определить ускорение плунжера в зависимости от угла ПКВ.
5. Если первоначальный объем (1 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как измениться исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па.
6. Определить КПД дизеля 8Д12\14 мощностью 200 кВт при $n=1200\text{ мин}^{-1}$, если $V_{ц}=200\text{мм}^3$. Принять плотность топлива 800 кг/м^3 .
7. Определить перемещение иглы форсунки в зависимости от угла ПКВ для профиля кулачка, заданного таблицей.
8. Определить скорость плунжера в зависимости от угла ПКВ в табличной форме. Построить график.
9. Определить ускорение иглы форсунки в зависимости от угла ПКВ.

10. Вычислить расход топлива (в мм^3) через сопловое отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя постоянно и равно 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу в течение 12° угла поворота ТНВД при частоте вращения вала насоса 200 мин^{-1} . Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.
11. Пояснить расчетную схему АСП.
12. Составить уравнение для определения давления топлива в аккумуляторе.
13. Составить уравнение для определения ускорения редукционного клапана.
14. Составить уравнение для определения расхода на входе в аккумулятор.
15. Составить уравнение для определения давления топлива над плунжером.
16. Составить уравнение для определения ускорения выпускного клапана в надплунжерной полости.
17. Как пользоваться функцией присвоения знака?
18. Составить уравнение для определения расхода на входе в камеру управления мультипликатора.
19. Составить уравнение для определения расхода на выходе из камеры управления мультипликатора.
20. Составить уравнение для определения расхода на входе в форсунку.
21. Составить уравнение для определения давления топлива в камере управления мультипликатора.
22. Составить уравнение для определения ускорения иглы форсунки.
23. Составить уравнение для определения давления топлива в кармане распылителя форсунки.
24. Пояснить работу системы АСП, используя схему.
25. Назвать типы топливных насосов высокого давления.
26. Пояснить работу роторно-аксиального ТНВД АСП Bosch CP1S31, используя схему.
27. Пояснить работу ЭГФ фирмы Bosch, используя схему.
28. Разобрать частично (по указанию преподавателя) электрогидравлическую форсунку и сопоставить извлеченные детали с рисунком.
29. Определить теоретическую скорость истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в атмосферу при следующих условиях: давление в сопловом канале 16,1 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, количество сопловых отверстий 5, плотность топлива 800 кг/м^3 .

Тест №1

1. Вычислить мгновенный расход топлива (в $\text{см}^3/\text{с}$) через одно сопловое отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8. Ответы: 1)50; 2)100; 3)150; 4)35; 5)20.
2. Где применяются аккумуляторные системы впрыска? Ответы: 1)только на автотракторных дизелях; 2)только на судовых дизелях; 3) на указанных типах дизелей не применяются; 4) применяются для обоих указанных типов дизелей.
- 3.. Для уменьшения жесткости работы дизеля следует: Ответы: 1) уменьшить нагрузку; 2) уменьшить угол опережения впрыска; 3) уменьшить период задержки самовоспламенения; 4) увеличить период задержки самовоспламенения; 5) увеличить диаметр сопловых отверстий форсунки.

4. Укажите правильное утверждение: Ответы: 1) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске цикловая подача топлива $B_{ц}$ падает с увеличением частоты вращения ("n"); 2) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске $B_{ц}$ возрастает с увеличением "n"; 3) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске $B_{ц}$ не изменяется по скоростной характеристике; 4) при изменении частоты вращения от $n_{хх}$ до $n_{ср}$ величина $B_{ц}$ возрастает, а при $n_{ср} < n < n_{макс}$ $B_{ц}$ уменьшается; 5) при изменении частоты вращения от $n_{хх}$ до $n_{ср}$ $B_{ц}$ уменьшается, а при $n_{ср} < n < n_{макс}$ возрастает.

5. Характеристика распыливания топлива определяется формулой: Ответы: 1) $\frac{\sqrt[3]{\sum V_I^3}}{n_K}$; 2)

$\frac{\sqrt{\sum V_I^3}}{n_K}$; 3) $\sqrt[3]{\frac{\sum V_I^3}{n_K}}$; 4) $\frac{\sum V_I^3}{\sum V_I^2}$; 5) нет ни одного верного ответа.

Тест №2

1. Какая цикловая подача топлива (в мм³) должна быть в цилиндре дизеля 4ЧН12/14 для обеспечения мощности 50,4 кВт (42*1,2=50,4) при 1250 мин⁻¹, если эффективный КПД дизеля на этом режиме 36%? Принять плотность топлива 800 кг/м³, его низшую теплоту сгорания Q_н принять равной 42000 кДж/кг. Ответы: 1)50; 2)100; 3)150; 4)200; 5)35.
2. Для повышения ресурса дизеля необходимо: Ответы: 1) повысить P_z ; 2) повысить T_z ; 3) понизить давление открытых форсунок; 4) снизить жесткость работы дизеля; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.
3. Для возможности повышения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо: Ответы: 1) увеличить длину факела топлива; 2) повысить максимальное давление впрыска; 3) повысить степень сжатия; 4) применить вихрекамерное смесеобразование; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.
4. Тонкость распыливания топлива форсункой больше, если: Ответы: 1) выше пик дифференциальной характеристики распыливания; 2) ниже пик дифференциальной характеристики распыливания; 3) пик ближе к оси ординат; 4) пик ближе к оси абсцисс; 5) нет ни одного верного ответа.
5. Какие недостатки имеют ТНВД с переменным ходом плунжера: 1) сложная конструкция плунжера; 2) неудовлетворительная скоростная характеристика; 3) большие усилия на приводе регулятора; 4) низкое быстродействие; 5) отсутствие отсечки топлива.

Тест №3

1. Какой способ дозирования цикловой подачи не применяется в дизелях: 1) дросселирование на впуске; 2) дросселирование на выпуске; 3) дросселирование на перепуске; 4) золотниковое дозирование.
2. В каких случаях происходит более тонкое распыливание топлива: 1) характеристика распыливания проходит более полого; 2) характеристика распыливания проходит более круто; 3) характеристика распыливания расположена ближе к оси абсцисс; 4) характеристика распыливания расположена ближе к оси ординат.
3. Определить мощность (кВт), потребную на привод ТНВД дизеля 6Ч12/14 с диаметром плунжеров 10мм при 1500 мин⁻¹, если цикловая подача за период активного впрыска составляет 100 мм³. Коэффициент увеличения мощности привода из-за механических потерь принять равным 1,5. Среднее давление впрыска 48 МПа.
 Ответы: 1)0,22; 2)0,54; 3)1,0; 4)0,80; 5)1,25
4. Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) не приемлемы для дизелей?
 Ответы: 1)1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

5. Какой из способов гибкого привода плунжера ТНВД не существует: 1) аккумуляторный; 2) пружинный; 3) газовый; 4) пневмогидравлический; 5) с использованием упругого элемента (звена)?

Тест №4

1. Вычислить мгновенный расход топлива (в $\text{см}^3/\text{с}$) через два сопловых отверстий форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 70 МПа, а впрыск происходит в цилиндр с давлением 6 МПа. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8. Ответы: 1)200, 2)160, 3)80, 4)40,

5)20.

2. Чем характеризуется структура факела?

- 1) характеристикой впрыска; 2) характеристикой распыливания;
3) формой факела.

3. Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) приемлемы для вихрекамерных дизелей?

Ответы: 1)1; 2) 1.4; 3) 1.8; 4) 0.8; 5) 6.0?

4. В какой момент времени наиболее целесообразно впрыскивать топливо в цилиндр дизеля?

Ответы: 1) в конце наполнения; 2) в конце сжатия; 3) в конце расширения; 4) в момент открытия впускного клапана (окна); 5) в момент закрытия впускного клапана (окна)?

5. Гибкий привод плунжера применяется с целью:

Ответы: 1) уменьшить габариты ТНВД; 2) получить независимость параметров впрыска от частоты вращения вала ДВС; 3) для обеспечения оптимального регулирования $Q_{впр}$; 4) для увеличения цикловой подачи топлива на режиме максимального крутящего момента; 5) нет ни одного верного ответа.

Тест №5

1. Какие из перечисленных показателей не являются параметрами топливоподачи?

Ответы: 1) фактор динамичности цикла; 2) активный ход плунжера; 3) жесткость работы дизеля; 4) угол опережения впрыска; 5) цикловая подача топлива.

2. Если первоначальный объем (10 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как измениться исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Ответы: уменьшится на: 1) 0,1%; 2) 1%; 3) 10%; 4) 0,01%; 5) 0,05%.

3. Максимально возможный ход иглы в дизельной форсунке ФД-22 зависит от:

Ответы: 1)изменения затяжки пружины; 2)изменения давления открытия форсунки;
3)качества уплотнения запорного конуса иглы; 4)от всех выше перечисленных факторов;
5)нет ни одного верного ответа.

4. Достоинствами карандашной форсунки являются:

Ответы: 1)высокое давление впрыска; 2)высокое качество распыливания; 3)малый размер отверстия в головке цилиндра; 4)все вышеперечисленное является достоинством; 5)нет ни одного верного ответа.

5. Штифтовые форсунки применяются в:

Ответы: 1)в дизелях с объемным смесеобразованием; 2)в предкамерных дизелях; 3)в дизелях с объемно-плёночным смесеобразованием; 4)во всех выше названных; 5)нет ни одного верного ответа.

Тест №6

1. При каких из перечисленных величин коэффициента избытка воздуха (α) дизель имеет наиболее высокое среднее эффективное давление цикла?

Ответы: 1) 1.5; 2) 2.0; 3) 2.5; 4) 3.0; 5) 3.5?

2. Принято структуру факела топлива, выходящего из отверстия распылителя, характеризовать распределением скоростей частиц топлива по длине факела?

Ответы: 1) Да 2) Нет

3. Определить скорость истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в атмосферу при следующих условиях: давление в сопловом канале 16,1 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, количество отверстий 5, плотность топлива 800 кг/м³:

Ответы: 1) 100; 2) 150; 3) 200; 4) 400; 5) 300.

4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерными могут развивать большую частоту вращения?

Ответы: 1) Да 2) Нет

5. Может ли от конструкции нагнетательного клапана ТНВД зависеть форма скоростной характеристики топливоподачи?

Ответы: 1) Нет 2) Да

Тест №7

1. Достоинства штифтовых форсунок заключаются в:

Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) высокое качество распылителя; 3) отсутствие закоксованности соплового отверстия; 4) отсутствие залегания иглы; 5) нет ни одного верного ответа.

2. Достоинства пружинного привода плунжера:

Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) простая конструкция плунжера; 3) удобство регулировки;

4) независимость параметров впрыска от «п»; 5) нет ни одного верного ответа.

3. Какую величину будет иметь скорость истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в цилиндр дизеля при следующих условиях: давление в сопловом канале 20 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, плотность топлива 800 кг/м³, давление в цилиндре 4 МПа.

Ответы: 1) 50; 2) 100; 3) 150; 4) 200; 5) 250.

4. Достоинства метода дозирования цикла подачи дросселированием на впуске:

Ответы: 1) четкая отсечка топлива; 2) высокое давление впрыска; 3) простая форма плунжера; 4) все вышеперечисленное; 5) нет ни одного верного ответа.

5. По сравнению с цилиндрическими нагнетательными клапанами недостатком грибовидных клапанов является сложность их изготовления?

Ответы: 1) Да 2) Нет

Тест №8

1. Какие параметры процесса топливоподачи значительно влияют на шумность работы дизеля?

Ответы: 1) цикловая подача; 2) скоростная характеристика топливоподачи; 3) фактор динамичности; 4) максимальное давление впрыска; 5) угол опережения впрыска топлива.

2. Продолжительность процесса впрыска топлива в цилиндр дизеля не зависит от:

Ответы: 1) профиля кулачка; 2) давления впрыска; 3) давления газов в цилиндре; 4) активного хода плунжера; 5) нет ни одного верного ответа.

3. Штифтовые форсунки применяются:

Ответы: 1) в дизелях с объемным смесеобразованием; 2) в предкамерных дизелях; 3) в дизелях с объемно-плёночным смесеобразованием; 4) во всех выше названных; 5) нет ни одного верного ответа.

4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерным дизелем имеют большую мощность? Ответы: 1) Да 2) Нет

5. Определить мгновенный расход топлива (в г/с) через сопловые отверстия форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 70 МПа, а впрыск происходит в цилиндр с давлением 6 МПа.. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.

Ответы: 1) 200, 2) 160, 3) 80, 4) 40, 5) 20.

Тест №9

1. Применяются ли в 2-х камерных дизелях какой-либо из следующих видов смесеобразования? Ответы: 1) объемное; 2) пленочное; 3) объемно-пленочное; 4) вихрекамерное; 5) нет ни одного верного ответа.
2. В каких ТНВД применяются дозирования $B_{ц}$ методом дросселирования топлива на впуске?
Ответы: 1) ТНВД фирмы Bosch; 2) ТНВД семейства НД; 3) ТНВД фирмы CAV; 4) ТНВД дизелей КамАЗ; 5) нет ни одного верного ответа.
3. Вычислить расход топлива (в мм^3) через одно сопловое отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя постоянно и равно 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу в течение 12° угла поворота ТНВД при частоте вращения вала насоса 200 мин^{-1} . Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.
Ответы: 1) 50; 2) 100; 3) 150; 4) 200; 5) 400.
4. При какой величине коэффициента избытка воздуха (α) дизель имеет наиболее высокое среднее эффективное давление цикла?
Ответы: 1) 1.5; 2) 2.0; 3) 2.5; 4) 3.0; 5) 3.5
5. Характеризует ли длина факела топлива, выходящего из отверстия распылителя, структуру факела?
1) Да 2) Нет

Тест №10

1. ТНВД распределительного типа относятся к:
1) разделенной топливной аппаратуре (ТА); 2) к неразделенной ТА;
3) к ТА с гибким приводом; 4) к аккумуляторной ТА; 5) все приведенные ответы неверные.
2. Какие параметры процесса топливоподачи главным образом влияют на шумность работы дизеля?
Ответы: 1) цикловая подача; 2) скоростная характеристика топливоподачи;
3) фактор динамичности; 4) максимальное давление впрыска;
5) угол опережения впрыска топлива.
3. Если первоначальный объем (10 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как увеличится исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.
Ответы: давление увеличится на: 1) 0,1%; 2) 1%; 3) 10%; 4) 0,05%; 5) нет ни одного верного ответа
4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерными дизелями могут развивать большую частоту вращения?
1) Да 2) Нет
5. Достоинства бесштанговых форсунок по сравнению с длинноштанговыми:
Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) высокое качество распыливания; 3) снижение закоксованности соплового отверстия; 4) отсутствие залегания иглы; 5) не ни одного верного ответа.

Тест №12

1. Характеристика распыливания топлива определяется формулой: Ответы: 1) $\frac{\sqrt[3]{\sum V_I^3}}{n_K}$; 2) $\frac{\sqrt{\sum V_I^3}}{n_K}$; 3) $\sqrt[3]{\frac{\sum V_I^3}{n_K}}$; 4) $\frac{\sum V_I^3}{\sum V_I^2}$; 5) нет ни одного верного ответа.

2. Где применяются аккумуляторные системы впрыска? Ответы: 1) на автотракторных дизелях; 2) на судовых дизелях; 3) на указанных типах дизелей не применяются; 4) применяются для обоих указанных типов дизелей.

3.. Для уменьшения жесткости работы дизеля следует: Ответы: 1) уменьшить нагрузку; 2) уменьшить угол опережения впрыска; 3) уменьшить период задержки самовоспламенения; 4) увеличить период задержки самовоспламенения; 5) увеличить диаметр сопловых отверстий форсунки.

4. Укажите правильное утверждение: Ответы: 1) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске цикловая подача топлива $B_{ц}$ падает с увеличением частоты вращения ("n"); 2) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске $B_{ц}$ возрастает с увеличением "n"; 3) при дозировании цикловой подачи топлива методом дросселирования на впуске $B_{ц}$ не изменяется по скоростной характеристике; 4) при изменении частоты вращения от $n_{хх}$ до $n_{ср}$ величина $B_{ц}$ возрастает, а при $n_{ср} < n < n_{max}$ $B_{ц}$ уменьшается; 5) при изменении частоты вращения от $n_{хх}$ до $n_{ср}$ $B_{ц}$ уменьшается, а при $n_{ср} < n < n_{max}$ возрастает.

5. Вычислить мгновенный расход топлива (в см³/с) через одно сопловое отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу. Принять плотность топлива $800 \frac{кг}{м^3}$, коэффициент расхода 0,8. Ответы: 1)50; 2)100; 3)150; 4)35; 5)20.

Тест №11

1. Какие недостатки имеют ТНВД с переменным ходом плунжера: 1) сложная конструкция плунжера; 2) неудовлетворительная скоростная характеристика; 3) большие усилия на приводе регулятора; 4) низкое быстродействие; 5) отсутствие отсечки топлива.

2. Для повышения ресурса дизеля необходимо: Ответы: 1) повысить P_z ; 2) повысить T_z ; 3) понизить давление открытых форсунок; 4) снизить жесткость работы дизеля; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.

3. Для возможности повышения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо: Ответы: 1) увеличить длину факела топлива; 2) повысить максимальное давление впрыска; 3) повысить степень сжатия; 4) применить вихрекамерное смесеобразование; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.

4. Тонкость распыливания топлива форсункой больше, если: Ответы: 1) выше пик дифференциальной характеристики распыливания; 2) ниже пик дифференциальной характеристики распыливания; 3) пик ближе к оси ординат; 4) пик ближе к оси абсцисс; 5) нет ни одного верного ответа.

5. Какая цикловая подача топлива (в мм³) должна быть в цилиндре дизеля 4ЧН12/14 для обеспечения мощности 50,4 кВт ($42 \cdot 1,2 = 50,4$) при 1250 мин⁻¹, если эффективный КПД дизеля на этом режиме 36%? Принять плотность топлива $800 \frac{кг}{м^3}$, его низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг. Ответы: 1)200; 2)150; 3)100; 4)50; 5)35.

Тест №13

1. Какой из способов гибкого привода плунжера ТНВД не существует: 1) аккумуляторный; 2) пружинный; 3) газовый; 4) пневмогидравлический; 5) с использованием упругого элемента (звена)?

2. В каких случаях происходит более тонкое распыливание топлива: 1) характеристика распыливания проходит более полого; 2) характеристика распыливания проходит более круто; 3) характеристика распыливания расположена ближе к оси абсцисс; 4) характеристика распыливания расположена ближе к оси ординат.

3. Определить мощность (кВт), потребную на привод ТНВД дизеля 6Ч12/14 с диаметром плунжеров 10мм при 1500 мин⁻¹, если цикловая подача за период активного впрыска составляет 100 мм³. Коэффициент увеличения мощности привода из-за механических потерь принять равным 1,5. Среднее давление впрыска 48 МПа.

Ответы: 1)1,25; 2)1,0; 3)0,8; 4)0,54; 5)0,22

4. Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) не приемлемы для нормальной работы дизелей?

Ответы: 1) 1,1; 2) 2,5; 3) 3; 4) 4; 5) 6.

5. Какой способ дозирования цикловой подачи не применяется в дизелях: 1) дросселирование на впуске; 2) дросселирование на выпуске; 3) дросселирование на перепуске; 4) золотниковое дозирование.

Тест №14

1. Гибкий привод плунжера применяется с целью:

Ответы: 1) уменьшить габариты ТНВД; 2) получить независимость параметров впрыска от частоты вращения вала ДВС; 3) для обеспечения оптимального регулирования $Q_{ВПР}$; 4) для увеличения цикловой подачи топлива на режиме максимального крутящего момента; 5) нет ни одного верного ответа.

2. Чем характеризуется структура факела?

1) характеристикой впрыска; 2) характеристикой распыливания;
3) формой факела.

3. Какие величины коэффициента избытка воздуха (α) приемлемы для нормальной работы вихрекамерных дизелей?

Ответы: 1) 1,1; 2) 1.4; 3) 1.8; 4) 0.8; 5) 6.0?

4. В какой момент времени наиболее целесообразно впрыскивать топливо в цилиндр дизеля?

Ответы: 1) в конце наполнения; 2) в конце сжатия; 3) в конце расширения; 4) в момент открытия впускного клапана (окна); 5) в момент закрытия впускного клапана (окна)?

5. Вычислить мгновенный расход топлива (в $\text{см}^3/\text{с}$) через все сопловые отверстия форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 4-х дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 70 МПа, а впрыск происходит в цилиндр с давлением 6 МПа. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8. Ответы: 1) 200, 2) 160 3) 100, 4) 80, 5) 20.

Тест №15

1. Штифтовые форсунки применяются:

Ответы: 1) в дизелях с объемным смесеобразованием; 2) в дизелях с пленочным смесеобразованием; 3) в дизелях с объемно-пленочным смесеобразованием; 4) во всех выше названных; 5) нет ни одного верного ответа.

2. Если первоначальный объем (10 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как измениться исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Ответы: уменьшится на: 1) 10%; 2) 5%; 3) 1%; 4) 0,1%; 5) 0,05%.

3. Максимальный ход иглы в дизельной форсунке ФД-22 зависит от:

Ответы: 1) изменения затяжки пружины; 2) изменения давления открытия форсунки; 3) качества уплотнения запорного конуса иглы; 4) от всех выше перечисленных факторов; 5) нет ни одного верного ответа.

4. Достоинствами карандашной форсунки являются:

Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) высокое качество распыливания; 3) малые размеры отверстия под форсунку в головке цилиндров; 4) все вышеперечисленное является достоинством; 5) нет ни одного верного ответа.

5. Какие из перечисленных показателей не являются параметрами топливоподачи?

Ответы: 1) фактор динамичности цикла; 2) активный ход плунжера; 3) жесткость работы дизеля; 4) угол опережения впрыска; 5) цикловая подача топлива.

Тест №16

1. Может ли от конструкции нагнетательного клапана ТНВД зависеть форма скоростной характеристики топливоподачи?

Ответы: 1) Нет 2) Да

2. Структура факела топлива, выходящего из отверстия распылителя, определяется распределением скоростей частиц топлива по длине факела?

Ответы: 1) Да 2) Нет

3. Определить скорость истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в атмосферу при следующих условиях: давление в сопловом канале 16,1 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, количество отверстий 5, плотность топлива 800 кг/м³:

Ответы: 1) 100; 2) 150; 3) 200; 4) 400; 5) 300.

4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерными могут развивать большую частоту вращения?

Ответы: 1) Да 2) Нет

5. При каких из перечисленных величин коэффициента избытка воздуха (α) дизель имеет наиболее высокое среднее эффективное давление цикла?

Ответы: 1) 1.5; 2) 2.0; 3) 2.5; 4) 3.0; 5) 3.5?

Тест №17

1. Недостатком грибовидных клапанов (по сравнению с цилиндрическими) является сложность их изготовления?

Ответы: 1) Да 2) Нет

2. Достоинства пружинного привода плунжера:

Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) простая конструкция плунжера; 3) удобство регулировки;

4) независимость параметров впрыска от «п»; 5) нет ни одного верного ответа.

3. Какую величину будет иметь скорость истечения топлива (м/с) из сопла 2-х дырчатого распылителя форсунки в цилиндр дизеля при следующих условиях: давление в сопловом канале 20 МПа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, плотность топлива 800 кг/м³, давление в цилиндре 4 МПа.

Ответы: 1) 50; 2) 100; 3) 150; 4) 200; 5) 250.

4. Достоинства метода дозирования цикла подачи дросселированием на впуске:

Ответы: 1) четкая отсечка топлива; 2) высокое давление впрыска; 3) простая форма плунжера; 4) все вышеперечисленное; 5) нет ни одного верного ответа.

5. Достоинства штифтовых форсунок заключаются в:

Ответы: 1) высокое давление впрыска; 2) высокое качество распылителя; 3) отсутствие закоксованности соплового отверстия; 4) отсутствие залегания иглы; 5) нет ни одного верного ответа.

Тест №18

1. Определить мгновенный расход топлива (в г/с) через сопловые отверстия форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя 70 МПа, а впрыск происходит в цилиндр с давлением 6 МПа. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.

Ответы: 1) 200; 2) 160; 3) 80; 4) 40; 5) 20.

2. Продолжительность процесса впрыска топлива в цилиндр дизеля не зависит от:

Ответы: 1) профиля кулачка; 2) давления впрыска; 3) давления в цилиндре; 4) активного хода плунжера; 5) давления газов в цилиндре; 6) нет ни одного верного ответа.

3. Могут ли штифтовые форсунки применяться:

Ответы: Да, например в: 1) в дизелях с объемным смесеобразованием; 2) в предкамерных дизелях; 3) в дизелях с объемно-пленочным смесеобразованием; 4) во всех выше названных; 5) нет ни одного верного ответа.

4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерными дизелями одинаковой размерности и тактности имеют большую мощность? Ответы: 1) Да 2) Нет

5. Какие параметры процесса топливоподачи главным образом влияют на шумность работы дизеля?

Ответы: 1) цикловая подача; 2) скоростная характеристика топливоподачи; 3) фактор динамичности; 4) максимальное давление впрыска; 5) угол опережения впрыска топлива.

Тест №19

1. Структура факела топлива, выходящего из отверстия распылителя, характеризуется длиной факела?

1) Да 2) Нет

2. В каких ТНВД применяются дозирования $B_{ц}$ методом дросселирования топлива на впуске?

Ответы: 1) ТНВД фирмы Bosch; 2) ТНВД семейства НД; 3) ТНВД фирмы CAV; 4) ТНВД дизелей КамАЗ; 5) нет ни одного верного ответа.

3. Вычислить суммарный расход топлива (в мм^3) через сопловое отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя постоянно и равно 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу в течение 12° угла поворота ТНВД при частоте вращения вала насоса 200 мин^{-1} . Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.

Ответы: 1)50; 2)100; 3)150; 4);200; 5)1000.

4. При какой величине коэффициента избытка воздуха (α) дизель имеет наиболее высокое среднее эффективное давление цикла?

Ответы: 1) 1.5; 2) 2.0; 3) 2.5; 4) 3.0; 5) 3.5

5. В 2-х камерных дизелях применяется следующий вид смесеобразования. Ответы: 1) объемное; 2) пленочное; 3) объемно-пленочное; 4) вихрекамерное; 5) нет ни одного верного ответа.

Тест №20

1. Достоинства бесштанговых форсунок по сравнению с длинноштанговыми:

Ответы: 1)высокое давление впрыска; 2)высокое качество распыливания; 3)снижение закоксованности соплового отверстия; 4)отсутствие залегания иглы; 5)не ни одного верного ответа.

2. Какие параметры процесса топливоподачи в основном влияют на шумность работы дизеля?

Ответы: 1) цикловая подача; 2) скоростная характеристика топливоподачи; 3) фактор динамичности; 4) максимальное давление впрыска; 5) угол опережения впрыска топлива.

3. Если первоначальный объем (10 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как увеличится исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Ответы: давление увеличится на: 1) 0,1%; 2) 1%; 3) 10%; 4) 0,05%; 5) нет ни одного верного ответа

4. Дизели с непосредственным впрыском по сравнению с 2-х камерными дизелями могут развивать большую частоту вращения?

1) Да 2) Нет

5. ТНВД распределительного типа относятся к:

1) разделенной топливной аппаратуре (ТА); 2) к неразделенной ТА; 3) к ТА с гибким приводом; 4)к аккумуляторной ТА; 5)все приведенные ответы неверные.

Тест №21

1. Применяются ли в 2-х камерных дизелях какой-либо из следующих видов смесеобразования? Ответы: 1) объемное; 2) пленочное; 3) объемно-пленочное; 4) вихрекамерное; 5) нет ни одного верного ответа.

2. В каких ТНВД применяются дозирования $B_{ц}$ методом дросселирования топлива на впуске?

Ответы: 1) ТНВД фирмы Bosch; 2) ТНВД семейства НД; 3) ТНВД фирмы CAV; 4) ТНВД дизелей КамАЗ; 5) нет ни одного верного ответа.

3. Определить КПД четырехтактного 5-ти цилиндрического турбодизеля «Ауди-100» мощностью 84 кВт при $n=3000 \text{ мин}^{-1}$, если $B_{ц}=40 \text{ мг}$. Принять плотность топлива 800 кг/м^3 , низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг .

Ответы: 1)30%; 2)35%; 3)40%; 4)45%; 5)50%.

4. При какой величине коэффициента избытка воздуха (α) дизель имеет наиболее высокое среднее эффективное давление цикла?

Ответы: 1) 1.5; 2) 2.0; 3) 2.5; 4) 3.0; 5) 3.5

5. Характеризует ли длина факела топлива, выходящего из отверстия распылителя, структуру факела?

1) Да 2) Нет

Тест №22

1. Какая цикловая подача топлива (в мм^3) должна быть в цилиндре дизеля 4Ч18/18 для обеспечения мощности 50,4 кВт ($42 \cdot 1,2 = 50,4$) при 1250 мин^{-1} , если эффективный КПД дизеля на этом режиме 18%? Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, его низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг. Ответы: 1)50; 2)100; 3)150; 4)200; 5)35.

2. Для повышения ресурса дизеля необходимо: Ответы: 1) повысить P_z ; 2) повысить T_z ; 3) понизить давление открытых форсунок; 4) снизить жесткость работы дизеля; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.

3. Максимальный ход иглы в дизельной форсунке ФШ-22 зависит от:

Ответы: 1)изменения затяжки пружины; 2)изменения давления открытия форсунки;

3)качества уплотнения запорного конуса иглы; 4)от всех выше перечисленных факторов;

5)нет ни одного верного ответа.

4. Достоинствами карандашной форсунки являются:

Ответы: 1)высокое давление впрыска; 2)высокое качество распыливания; 3)малые размеры отверстия под форсунку в головке цилиндров; 4)все вышеперечисленное является достоинством; 5)нет ни одного верного ответа.

5. Какие из перечисленных показателей не являются параметрами топливоподачи?

Ответы: 1) фактор динамичности цикла; 2) активный ход плунжера; 3) жесткость работы дизеля; 4) угол опережения впрыска; 5) цикловая подача топлива.

Тест №23

1. Штифтовые форсунки применяются:

Ответы: 1)в дизелях с объемным смесеобразованием; 2)в предкамерных дизелях; 3)в дизелях с объемно-плёночным смесеобразованием; 4)во всех выше названных; 5)нет ни одного верного ответа.

2. Достоинства пружинного привода плунжера:

Ответы: 1)высокое давление впрыска; 2)простая конструкция плунжера; 3)удобство регулировки;

4)независимость параметров впрыска от «п»; 5)нет ни одного верного ответа.

3. Какую величину будет иметь скорость истечения топлива (м/с) из сопла форсунки в цилиндр дизеля при следующих условиях: давление в сопловом канале 20 Мпа, диаметр соплового отверстия 0,4 мм, плотность топлива 800 кг/м^3 , давление в цилиндре 4МПа.

Ответы: 1) 50; 2) 100; 3) 150; 4) 200; 5) 250.

4. Достоинства метода дозирования цикла подачи дросселированием на впуске:

Ответы: 1)четкая отсечка топлива; 2)высокое давление впрыска; 3)простая форма плунжера;

4)все вышеперечисленное; 5)нет ни одного верного ответа.

5. Продолжительность процесса впрыска топлива в цилиндр дизеля не зависит от:

Ответы: 1)профиля кулачка; 2)давления впрыска; 3)давления газов в цилиндре; 4)активного хода плунжера; 5)нет ни одного верного ответа.

Тест №24

1. Определить КПД двухтактного 10-ти цилиндрового дизеля мощностью 168 кВт при $n=3000 \text{ мин}^{-1}$, если $V_{ц}=40 \text{ мл}$. Принять плотность топлива 800 кг/м^3 , низшую теплоту сгорания Q_n принять равной 42000 кДж/кг.

Ответы: 1)30%; 2)20%; 3)40%; 4)45%; 5)50%.

2. Для повышения ресурса дизеля необходимо: Ответы: 1) повысить P_z ; 2) повысить T_z ; 3) понизить давление открытых форсунок; 4) снизить жесткость работы дизеля;

5) увеличить период задержки самовоспламенения.

3. Максимальный ход иглы в дизельной штифтовой форсунке зависит от:
 Ответы: 1) изменения затяжки пружины; 2) изменения давления открытия форсунки; 3) качества уплотнения запорного конуса иглы; 4) от всех выше перечисленных факторов; 5) нет ни одного верного ответа.
4. Для возможности повышения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо: Ответы: 1) увеличить длину факела топлива; 2) повысить максимальное давление впрыска; 3) повысить степень сжатия; 4) применить вихрекамерное смесеобразование; 5) увеличить период задержки самовоспламенения.
5. Какие недостатки имеют ТНВД с переменным ходом плунжера: 1) сложная конструкция плунжера; 2) неудовлетворительная скоростная характеристика; 3) большие усилия на приводе регулятора; 4) низкое быстродействие; 5) отсутствие отсечки топлива.

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)
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 %)

Курсовая работа (высокий уровень):

Целью курсовой работы является закрепление студентами теоретических сведений и приобретение практических навыков по расчету процесса впрыска для различных систем питания современных дизелей. Задачей расчета является определение параметров процесса впрыска топлива заданной системы питания, определение конструктивных параметров системы питания и их влияния на показатели процесса впрыска.

Индивидуальное задание оформляется в виде пояснительной записки, которая содержит следующие разделы: титульный лист, исходные данные к заданию, основная часть (методика, программы, результаты), заключение, список литературных источников.

При выполнении курсовой работы могут быть использованы методики расчета, расчетные формулы, опытные коэффициенты и другие данные, отличающиеся от приведенных в предлагаемых методических указаниях, но с обязательной ссылкой на источник. При этом требования по номенклатуре выходных данных и их графическому представлению должны быть соблюдены.

Расчеты производятся в системе СИ и там, где это необходимо, сопровождаются иллюстрациями и расчетными схемами. Расчеты, графики и пояснительная записка могут быть выполнены и оформлены с применением ЭВМ. Курсовая работа выполняется на листах формата А4 с соблюдением требований действующих стандартов.

Варианты курсовых работ:

1. Расчет процесса впрыска двигателя КамАЗ динамическим методом.
2. Применение аккумуляторной системы питания для судового двигателя 6ЧН12/14.
3. Диагностирование аккумуляторных систем впрыска.
4. Применение насос форсунок с электронным управлением для системы питания двигателя МАЗ.
5. Расчет процесса впрыска индивидуальным ТНВД в дизеле мощностью 100 кВт при частоте вращения 3000 мин⁻¹.
6. Моделирование процесса впрыска распределительным ТНВД дизеля Ауди 100.

Выполняется по методическим указаниям к курсовой работе по дисциплине «Моделирование процессов топливоподачи современных дизелей» (для студентов направления подготовки 13.04.03. «Энергетическое машиностроение» магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания») / Тырловой С.И. (Луганск. Изд. ЛНУ им.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству курсовая работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5	Курсовая работа 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	Курсовая работа 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	Курсовая работа 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	Курсовая работа 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

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):

1. Цели и задачи изучения дисциплины. Основные положения динамического метода расчета систем впрыска дизелей.
2. Математическая модель системы топливоподачи дизельного двигателя.
3. Основные допущения. Расчетная схема системы топливоподачи. Граничные условия.
4. Реализация математической модели на ЭВМ. Уравнения динамики клапанов, иглы, уравнения неразрывности для баротропной сжимаемой жидкости.
5. Аккумуляторные системы впрыска. Насосы, электрогидравлические форсунки, типы и конструкция.
6. Диагностирование аккумуляторных систем впрыска. Параметры диагностирования, методика, приборы.
7. Расчет аккумуляторных систем впрыска. Расчетная схема системы топливоподачи. Граничные условия.
8. Использование статического и динамического методов.
9. Насос форсунки с электронным управлением. Устройство, работа, элементы расчета.
10. Перспективы развития систем топливоподачи дизелей.
11. Насос форсунки, аккумуляторные системы, индивидуальные ТНВД, компьютерные системы управления, диагностирование.
12. Определить эффективный КПД дизеля мощностью 100 кВт, если за 1 час он расходует 25 литров дизельного топлива ($Q_H=42000$ кДж/кг, плотность топлива 850кг/м^3).
13. Определить перемещение плунжера в зависимости от угла ПКВ для профиля кулачка, заданного таблицей.
14. Определить скорость плунжера в зависимости от угла ПКВ в табличной форме. Построить график.
15. Определить ускорение плунжера в зависимости от угла ПКВ.
16. Если первоначальный объем (1 см^3) топлива, сжатого до давления 10 МПа, увеличится на 0,05%, то как измениться исходное давление топлива? Коэффициент сжимаемости принять равным $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па.
17. Определить КПД дизеля 8Д12\14 мощностью 200 кВт при $n=1200$ мин⁻¹, если $V_c=200\text{мм}^3$. Принять плотность топлива 800 кг/м^3 .

18. Определить перемещение иглы форсунки в зависимости от угла ПКВ для профиля кулачка, заданного таблицей.
19. Определить скорость плунжера в зависимости от угла ПКВ в табличной форме. Построить график.
20. Определить ускорение иглы форсунки в зависимости от угла ПКВ.
21. Вычислить расход топлива (в мм³) через сопловые отверстие форсунки диаметром $0,5/\sqrt{\pi}$ мм 5-ти дырчатого распылителя, если давление в сопловом канале распылителя постоянно и равно 64,1 МПа, а впрыск происходит в атмосферу в течение 12° угла поворота ТНВД при частоте вращения вала насоса 200 мин⁻¹. Принять плотность топлива $800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, коэффициент расхода 0,8.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточная аттестация (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент полностью изложил рассматриваемую проблему, привел аргументы и факты; владеет профильным понятийным (категориальным) набором знаний и т.п.). (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом представил рассматриваемую проблематику, привел не все аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками; не владеет в достаточной степени профильными категориальными сведениями и т.п.) (правильные ответы даны на 50-74 % вопросов/задач).
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.) (правильные ответы даны 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;

– продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 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.			