Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.08.2026 10:18:29
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
/М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭКОЛОГИЯ И ТОКСИЧНОСТЬ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

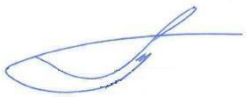
Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

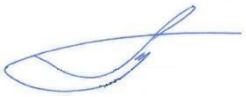
Профиль/ специализация
Поршневые двигатели и турбомашины

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026

Разработчик(и):
к.т.н., доцент  / Г.Г. Надарейшвили /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики», д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
3.4.1. Семинарские/практические занятия 9
3.4.2. Лабораторные занятия 10
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 11
4.2. Основная литература 11
4.3. Дополнительная литература 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 12
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 12
5. Материально-техническое обеспечение 13
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств 15
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 17
7.3 Оценочные средства 20

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области анализа механизмов образования токсичных компонентов в отработавших газах поршневых двигателей, методов снижения их выбросов, а также основ экологической сертификации и нормирования, необходимых для обеспечения соответствия разрабатываемых двигателей современным экологическим требованиям на четвёртом этапе сквозного проектирования «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация».

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных токсичных компонентов отработавших газов (ОГ) двигателей, их воздействия на окружающую среду и здоровье человека, а также современных экологических нормативов (Евро, ЕЭК ООН, технического регламента Таможенного союза);
- освоение методов анализа механизмов образования оксидов углерода, азота, углеводородов, твёрдых частиц (сажи) в зависимости от типа двигателя, режима работы и конструктивных параметров;
- формирование навыков расчёта массовых выбросов вредных веществ и оценки экологических показателей двигателей на различных режимах работы;
- изучение конструктивных и технологических методов снижения токсичности ОГ внутри цилиндра (оптимизация камеры сгорания, рециркуляция ОГ, послойное смесеобразование);
- приобретение навыков проектирования и расчёта систем нейтрализации отработавших газов (каталитических нейтрализаторов, сажевых фильтров, систем SCR);
- освоение методов экспериментального определения состава ОГ с использованием газоанализаторов, дымомеров и систем забора проб;
- изучение методов проведения сертификационных испытаний по утверждённым испытательным циклам;
- формирование умения разрабатывать рекомендации по снижению токсичности и повышению экологической безопасности проектируемого двигателя.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3. Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации	**ИПК-3.4.** Способен разрабатывать программу и проводить испытания автомобиля на беговых барабанах по утверждённому циклу для определения соответствия нормам выбросов токсичных веществ
	ИПК-3.5. Способен обработать данные газоанализатора, выполнять отбор проб, рассчитывать массовые выбросы вредных веществ
	ИПК-3.6. Способен планировать и выполнять сравнительные эксперименты по оценке эффективности компонентов системы нейтрализации отработавших газов

Роль дисциплины в формировании компетенций:

Формирующая. Дисциплина обеспечивает углублённое изучение экологических аспектов работы поршневых двигателей: механизмов образования токсичных компонентов (CO, CH, NOx, твёрдые частицы), нормирования токсичности (стандарты Евро, Правила ЕЭК ООН), методов снижения выбросов (EGR, каталитические нейтрализаторы, сажевые фильтры, SCR). Студенты осваивают методы испытаний автомобилей на беговых барабанах по утверждённым ездовым циклам (NEDC, WLTC) для определения соответствия нормам выбросов (ИПК-3.4). В ходе лабораторных работ и практических занятий формируются навыки обработки данных газоанализатора, отбора проб, расчёта массовых выбросов вредных веществ (ИПК-3.5), а также планирования и выполнения сравнительных экспериментов по оценке эффективности

компонентов систем нейтрализации отработавших газов (трёхкомпонентные катализаторы, сажевые фильтры, системы SCR) (ИПК-3.6).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Экология и токсичность поршневых двигателей»** относится к **части блока Б.1, формируемой участниками образовательных отношений** учебного плана (код дисциплины: Б1.2.17) и изучается в **7-м семестре**.

Данная дисциплина является **ключевой для четвёртого этапа сквозного проекта «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация»**, обеспечивая экологическую составляющую верификации разработанного двигателя и его соответствие современным природоохранным нормам и стандартам.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении следующих дисциплин и курсов:

- **Химия** (школьный курс, а также дисциплина «Органическая химия» (Б1.1.10, 1 семестр): знание основ химической кинетики, механизмов химических реакций необходимо для понимания процессов образования токсичных компонентов и их нейтрализации.
- **Термодинамика** (Б1.1.17, 3 семестр): знание термодинамических процессов необходимо для анализа влияния температуры на образование токсичных веществ.
- **Теория рабочих процессов поршневых двигателей** (Б1.1.20, 4 семестр): понимание процессов смесеобразования и сгорания является основой для анализа механизмов токсичности.
- **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): знание состава и свойств топлив необходимо для понимания их влияния на токсичность ОГ.
- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр) и **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр): знание конструкции двигателя и его систем необходимо для понимания методов снижения токсичности.
- **Методы испытаний поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.14, 7 семестр), изучаемая параллельно, даёт знания о методах измерений, необходимых для экологических испытаний.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении следующих дисциплин и освоении элементов образовательной программы, обеспечивая завершение четвёртого и переход к пятому этапу сквозного проекта:

- **Системы газобаллонного оборудования двигателей** (Б1.2.24, 8 семестр): экологические аспекты использования газового топлива являются важной частью дисциплины (V этап).
- **Комбинированные энергетические установки** (Б1.2.20, 8 семестр): экологические показатели комбинированных установок требуют специального анализа (V этап).
- **Сертификация силовых установок транспортных средств** (Б1.2.23, 8 семестр): экологическая сертификация является одним из ключевых разделов (V этап).
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр): экологические показатели используются для диагностики технического состояния (V этап).
- **Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы** (Б3.1, 8 семестр): экологический раздел ВКР может базироваться на результатах, полученных в рамках данной дисциплины.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4 зачетные единицы (144 часа)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
1	Аудиторные занятия	72	72
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	72	72
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Экзамен	Экзамен
	Итого	**144**	**144**

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 7	**Экология и токсичность поршневых двигателей**						
1	Тема 1. Введение. Экологические проблемы автотранспорта	10	4	2	2	–	6
2	Тема 2. Токсичные компоненты отработавших газов	12	6	4	2	–	6
3	Тема 3. Физико-химические основы образования токсичных веществ	16	8	4	2	2	8

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4	Тема 4. Нормирование токсичности и методы испытаний	16	8	4	2	2	8
5	Тема 5. Методы снижения токсичности бензиновых двигателей	16	8	4	2	2	8
6	Тема 6. Методы снижения токсичности дизельных двигателей	16	8	4	2	2	8
7	Тема 7. Системы нейтрализации отработавших газов	16	8	4	2	2	8
8	Тема 8. Влияние альтернативных топлив на токсичность	14	6	4	2	–	8
9	Тема 9. Экологическая безопасность и перспективы развития	12	6	2	2	2	6
10	Тема 10. Комплексная оценка экологических характеристик двигателя	16	8	4	2	4	8
11	Подготовка к экзамену	4	–	–	–	–	4

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Итого за 1 семестр	**144**	**72**	**36**	**18**	**18**	**72**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 7. Экология и токсичность поршневых двигателей

Тема 1. Введение. Экологические проблемы автотранспорта

Роль автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологический ущерб от эксплуатации автотранспорта. Влияние выбросов двигателей на атмосферу, гидросферу и литосферу. Парниковый эффект, кислотные дожди, смог. Социально-экономические аспекты проблемы. Место дисциплины в сквозном проекте: обеспечение экологической безопасности разрабатываемого двигателя.

Тема 2. Токсичные компоненты отработавших газов

Состав отработавших газов бензиновых и дизельных двигателей. Нормируемые компоненты: оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NOx), твёрдые частицы (сажа). Ненормируемые компоненты: диоксид серы (SO_2), бенз(а)пирен, альдегиды, полициклические ароматические углеводороды. Воздействие токсичных компонентов на здоровье человека: влияние на дыхательную, сердечно-сосудистую, нервную системы, канцерогенное действие. Влияние на окружающую среду: парниковый эффект (CO_2), разрушение озонового слоя (NOx), кислотные дожди (SO_2, NOx). Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе.

Тема 3. Физико-химические основы образования токсичных веществ

Механизмы образования оксида углерода (CO) при неполном сгорании. Влияние коэффициента избытка воздуха α на содержание CO. Образование углеводородов (CH): неполное сгорание, закалка пламени у стенок, пропуски воспламенения, отложения в камере сгорания. Механизмы образования оксидов азота (NOx): термический (цепной) механизм Зельдовича, быстрый механизм Фенимора. Влияние температуры, давления, состава смеси на образование NOx. Образование сажи в дизелях: пиролиз, неполное сгорание, влияние состава смеси. Влияние конструктивных факторов на токсичность: форма камеры сгорания, степень сжатия, организация смесеобразования.

Тема 4. Нормирование токсичности и методы испытаний

Международные и национальные стандарты токсичности. Эволюция экологических стандартов: Евро-0 – Евро-6, их содержание и требования. Правила ЕЭК ООН № 83, 49, 24. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011). Методы испытаний: стендовые испытания двигателей, испытания автомобилей на беговых барабанах по ездовым циклам. Испытательные циклы: NEDC, WLTC, для бензиновых и дизельных двигателей. Оборудование для испытаний: газоанализаторы, дымомеры, измерительные системы. Сертификация автомобилей по уровню токсичности.

Тема 5. Методы снижения токсичности бензиновых двигателей

Влияние состава смеси на токсичность. Оптимизация угла опережения зажигания. Применение систем рециркуляции отработавших газов (EGR) для снижения NOx. Управление фазами газораспределения (VVT). Системы впрыска топлива: распределённый впрыск, непосредственный впрыск (GDI), влияние на токсичность. Системы улавливания паров топлива (адсорбер). Особенности пуска и прогрева двигателя: каталитический подогрев, вторичный воздух. Электронные системы управления двигателем (ЭСУД) и их роль в снижении токсичности.

Тема 6. Методы снижения токсичности дизельных двигателей

Особенности рабочего процесса дизеля и образования токсичных компонентов. Влияние цетанового числа топлива на токсичность. Оптимизация угла опережения впрыска.

Многофазный впрыск топлива (пилотный, основной, последующий). Системы Common Rail: преимущества для снижения токсичности. Рециркуляция отработавших газов (EGR) в дизелях: принцип работы, влияние на NOx. Применение принудительного зажигания в дизелях (газодизельный процесс). Системы изменения геометрии впускного коллектора и наддува.

Тема 7. Системы нейтрализации отработавших газов

Трёхкомпонентные каталитические нейтрализаторы для бензиновых двигателей: состав, принцип работы, требования к составу смеси. Датчики кислорода (лямбда-зонды). Сажевые фильтры (DPF) для дизельных двигателей: конструкции, принцип работы, методы регенерации (активная, пассивная). Системы селективного каталитического восстановления (SCR): принцип работы, применение реагента AdBlue. Окислительные катализаторы (DOC). Комбинированные системы (DOC+DPF+SCR). Конструкции нейтрализаторов, интегрированных в систему выпуска. Методы испытаний и диагностики нейтрализаторов.

Тема 8. Влияние альтернативных топлив на токсичность

Газовые топлива: КПГ, СПГ, СНГ. Влияние на токсичность отработавших газов. Спиртовые топлива: метанол, этанол. Биодизель: особенности сгорания, влияние на токсичность. Синтетические топлива (GTL, BTL). Водород как топливо: особенности образования NOx при сгорании. Композиционные топлива: бензоэтанольные смеси, дизельно-биодизельные смеси. Экологические преимущества и недостатки альтернативных топлив.

Тема 9. Экологическая безопасность и перспективы развития

Комбинированные энергетические установки: гибридные автомобили, их экологические преимущества. Электромобили и водородные топливные элементы. Методы снижения выбросов на стадии эксплуатации: диагностика, регулировка, техническое обслуживание. Бортовая диагностика (OBD) систем снижения токсичности. Утилизация автомобилей и отработавших газов. Перспективы ужесточения экологических норм (Евро-7). Тенденции развития экологически чистых двигателей.

Тема 10. Комплексная оценка экологических характеристик двигателя

Методика расчёта массовых выбросов вредных веществ. Построение графиков зависимости токсичности от режимов работы двигателя. Оценка влияния конструктивных параметров на токсичность. Сравнительный анализ токсичности бензиновых и дизельных двигателей. Оценка эффективности применения различных методов снижения токсичности. Экономическая эффективность систем снижения токсичности. Оформление отчёта по экологическим характеристикам двигателя.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
1	Тема 1	Анализ экологических проблем автотранспорта в регионе	2
2	Тема 2	Определение ПДК токсичных компонентов и оценка воздействия	2
3	Тема 4	Анализ требований стандартов Евро и Правил ЕЭК ООН	2
4	Тема 5	Расчёт влияния состава смеси на выбросы CO, CH, NOx	2
5	Тема 6	Оптимизация угла опережения впрыска дизеля для снижения токсичности	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практического занятия	Трудоемкость (час.)
6	Тема 7	Расчёт эффективности трёхкомпонентного катализатора	2
7	Тема 7	Анализ методов регенерации сажевых фильтров	2
8	Тема 8	Сравнительный анализ токсичности при использовании альтернативных топлив	2
9	Тема 10	Расчёт массовых выбросов вредных веществ для заданного двигателя	2
	Итого		**18**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 3	Анализ влияния состава смеси на выбросы CO, CH, NOx (на стенде)	2
2	Тема 3	Определение зависимости выбросов NOx от угла опережения зажигания	2
3	Тема 5	Определение токсичности отработавших газов бензинового двигателя на различных режимах	2
4	Тема 6	Определение дымности отработавших газов дизельного двигателя	2
5	Тема 6	Анализ влияния рециркуляции отработавших газов (EGR) на выбросы NOx	2
6	Тема 7	Исследование эффективности трёхкомпонентного катализатора	2
7	Тема 7	Исследование эффективности сажевого фильтра	2
8	Тема 7	Исследование эффективности системы SCR	2
9	Тема 10	Комплексное исследование экологических характеристик двигателя	2
	Итого		**18**

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Однако результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы для оценки экологических характеристик разрабатываемого двигателя и обоснования выбора систем снижения токсичности

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 41.49-99 (правила ЕЭК ООН № 49) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе (снг), и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на снг, в отношении выделяемых ими загрязняющих веществ.

2. ГОСТ Р 41.83—2004 (Правила ЕЭК ООН № 83) Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей.

3. ГОСТ Р 51832-2001 Двигатели внутреннего сгорания с принудительным зажиганием, работающие на бензине, и автотранспортные средства полной массой более 3,5 т, оснащенные этими двигателями выбросы вредных веществ. Технические требования и методы испытаний.

4. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния

5. ГОСТ Р 52160—2003 автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.

4.2. Основная литература

1. Экология : учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай [и др.] ; под общей редакцией А. В. Тотая, А. В. Корсакова. — 5-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 352 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01759-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/510589

2. Ларионов, Н. М. Промышленная экология : учебник и практикум для вузов / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. — 4-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 472 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17350-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/532917

3. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчёта и эксплуатации : учебник / Н. Г. Фаталиев, М. М. Аливагабов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2018. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/113001

4.3. Дополнительная литература

1. Хван, Т. А. Экология. Основы рационального природопользования : учебник для вузов / Т. А. Хван. — 7-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 278 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16561-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/531288

2. Павлова, Е. И. Общая экология и экология транспорта : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. — 7-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 416 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-16735-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/531601

3. Павлова, Е. И. Экология транспорта : учебник и практикум для вузов / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. — 7-е изд., перераб. И доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 416 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16734-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/531600

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Экологические проблемы наземных энергоустановок»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=12151

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для освоения дисциплины и выполнения учебных, научно-исследовательских и проектных работ в рамках образовательной программы рекомендуется использование следующего лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Microsoft Windows – лицензионная операционная система, используемая для обеспечения работы всех учебных компьютеров и персональных устройств в аудиториях университета. Доступна на всех компьютерах университета в рамках лицензионного соглашения. Студенты могут использовать свободно распространяемые альтернативы (Linux, Astra Linux) для выполнения учебных задач.

Microsoft Office – лицензионный пакет офисных приложений, включающий текстовый редактор Word, табличный процессор Excel, программу для создания презентаций PowerPoint. Используется для оформления расчётно-пояснительных записок, отчётов, презентаций и другой учебной документации. Доступен на компьютерах университета. Свободными аналогами являются LibreOffice и OpenOffice.

КОМПАС-3D – российская система трёхмерного моделирования, широко используемая в отечественном машиностроении. Позволяет выполнять параметрическое моделирование, создавать чертежи в соответствии с ЕСКД, проводить прочностные расчёты в среде APM FEM. Учебная версия доступна для свободного скачивания на сайте разработчика (https://kompas.ru).

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для успешного освоения образовательной программы и выполнения научно-исследовательских, проектных и выпускных квалификационных работ студентам рекомендуется использовать следующие современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – крупнейшая российская электронная библиотека научных публикаций, интегрированная с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Содержит полнотекстовые статьи из научных журналов по энергетическому машиностроению, двигателестроению и смежным отраслям. Позволяет отслеживать публикационную активность и находить актуальные исследования. Доступ открыт с любого компьютера через сеть Интернет по адресу: https://elibrary.ru.

КиберЛенинка – научная электронная библиотека открытого доступа. Содержит полнотекстовые научные статьи, в том числе по техническим наукам, энергетическому машиностроению и двигателестроению. Все материалы доступны бесплатно. Адрес ресурса: https://cyberleninka.ru.

Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (docs.cntd.ru**)** – бесплатная база нормативных документов, включающая ГОСТы, технические условия, строительные нормы и правила. Удобна для оперативного поиска актуальных стандартов, необходимых при проектировании и расчётах деталей и узлов двигателей. Адрес: https://docs.cntd.ru.

Росстандарт (ФГУП «Стандартинформ») – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Содержит информацию о действующих стандартах, технических регламентах и нормативных документах. Адрес: https://www.gost.ru.

Научная библиотека Московского политехнического университета – электронный каталог библиотеки университета, содержащий информацию о фондах учебной и научной литературы. Доступен с любого устройства, имеющего подключение к интернету. Адрес: https://lib.mospolytech.ru.

«Известия вузов. Машиностроение» – рецензируемый научный журнал открытого доступа, публикующий статьи по актуальным проблемам машиностроения, включая двигателестроение. Входит в перечень ВАК. Содержит исследования по рабочему процессу ДВС, динамике, прочности и другим направлениям. Адрес: https://izvuzmash.ru.

Объединение сетевых электронных библиотек (СЭБ) – некоммерческое партнёрство, объединяющее научную и учебную литературу вузов — участников проекта. Обеспечивает доступ к учебно-методическим материалам по техническим специальностям. Доступ осуществляется через портал ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com (авторизация по IP-адресам университета или через личный кабинет).

5. Материально-техническое обеспечение

Для успешного освоения дисциплины используется общий аудиторный фонд университета и специализированные аудитории, закреплённые за кафедрой, имеющие следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование специальных помещений	Оснащённость специальных помещений
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Компьютерный класс № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Компьютеры и мебель для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-229 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, переносной ноутбук. Возможность доступа в интернет.
Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13	Комплект мебели для учебного процесса. Мультимедийное оборудование: интерактивная электронная доска, экран для проектора, переносной ноутбук, проектор. Возможность доступа в интернет.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Эффективность освоения дисциплины определяется качеством организации учебного процесса, выбором адекватных форм и методов обучения. Преподавателю необходимо учитывать специфику дисциплины, уровень подготовленности обучающихся и современные образовательные технологии.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- чётко представлять, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- ознакомиться с видами учебной работы и содержанием разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен:

- назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы;

- во вступительной части обосновать место и роль темы, раскрыть её практическое значение, увязать с предыдущим материалом;

- в основной части раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на ключевых категориях, явлениях и процессах, аргументированно обосновывать собственную позицию, приводить примеры, задавать риторические вопросы;

- руководить конспектированием, подчёркивая необходимость фиксации основных положений;

- в заключительной части сформулировать выводы, объявить план следующего занятия, дать рекомендации по подготовке.

При проведении практических (семинарских) занятий рекомендуется:

- обеспечивать активное участие всех студентов, использовать индивидуальные выступления, групповые дискуссии, решение практических задач, разбор кейсов;

- контролировать степень усвоения материала, поощрять самостоятельный поиск информации.

При проведении лабораторных занятий (при наличии) рекомендуется:

- ознакомить студентов с правилами техники безопасности;

- обеспечить понимание цели и задач каждой работы;

- организовать защиту работ с оценкой понимания сущности изучаемых процессов.

При организации самостоятельной работы студентов следует:

- чётко формулировать задания, указывать сроки выполнения;

- обеспечивать необходимыми учебно-методическими материалами;

- осуществлять регулярный контроль выполнения.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации рекомендуется:

- использовать разнообразные формы контроля в соответствии с фондом оценочных средств;

- обеспечить объективность оценивания, руководствуясь установленными критериями;

- своевременно доводить результаты до студентов с указанием ошибок и рекомендаций.

В целях повышения эффективности образовательного процесса рекомендуется использовать:

- мультимедийные презентации для визуализации материала;

- интерактивные методы обучения (деловые игры, дискуссии, разбор кейсов);

- дистанционные образовательные технологии;

- материалы, размещённые в системе дистанционного обучения Московского Политеха (СДО-LMS).

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объёме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке необходимые издания. Доступ к информационным ресурсам организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного устройства через беспроводной доступ.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой с рекомендованными источниками и материалами лекций. Начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно.

Каждый студент должен самостоятельно планировать свою работу, исходя из возможностей и приоритетов. Для плодотворной работы важно организовать постоянное рабочее место, чередовать труд и отдых (перерывы каждые 1–2 часа).

Особое место уделяется консультированию как форме обучения и контроля. Консультирование предполагает взаимодействие между преподавателем и студентами, направленное на разрешение проблем.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется:

- систематически посещать лекции, вести конспект;
- готовиться к практическим занятиям заранее, изучая теорию и выполняя задания;
- при наличии лабораторных работ — выполнять их в соответствии с методическими указаниями, оформлять отчёты и готовиться к защите;
- своевременно выполнять задания для самостоятельной работы;
- активно участвовать в обсуждениях, задавать вопросы;
- использовать СДО-LMS для доступа к материалам и выполнения тестов;
- регулярно проверять свои знания с помощью вопросов для самопроверки.

При подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации рекомендуется:

- повторить теоретический материал по соответствующим разделам;
- выполнить практические задания, аналогичные разобранным на занятиях;
- ознакомиться с критериями оценивания;
- систематизировать материал, составить краткий план ответов;
- при необходимости посетить консультацию преподавателя.

Соблюдение данных рекомендаций позволит качественно освоить учебный материал и успешно пройти все формы контроля.

7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Сформированность компетенций при изучении дисциплины определяется посредством оценки соответствия ответов и/или выполнения заданий заявленным индикаторам в рамках мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации (экзамена). Дисциплина «Экология и токсичность поршневых двигателей» является формирующей для компетенции ПК-3, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области анализа механизмов образования токсичных компонентов в отработавших газах поршневых двигателей, методов снижения их выбросов, а также основ экологической сертификации и нормирования, необходимых для обеспечения соответствия разрабатываемых двигателей современным экологическим требованиям на четвёртом этапе сквозного проектирования «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

ПК-3. Способен планировать и проводить экспериментальные исследования (испытания) поршневых двигателей, турбомашин и их компонентов, обрабатывать и анализировать полученные данные, формулировать выводы и технические рекомендации

Индикаторы достижения компетенции:

- **ИПК-3.4.** Способен разрабатывать программу и проводить испытания автомобиля на беговых барабанах по утверждённому циклу для определения соответствия нормам выбросов токсичных веществ.
- **ИПК-3.5.** Способен обработать данные газоанализатора, выполнять отбор проб, рассчитывать массовые выбросы вредных веществ.
- **ИПК-3.6.** Способен планировать и выполнять сравнительные эксперименты по оценке эффективности компонентов системы нейтрализации отработавших газов.

Дисциплина «Экология и токсичность поршневых двигателей» является ключевой для четвёртого этапа сквозного проекта «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация», обеспечивая экологическую составляющую верификации разработанного двигателя и его соответствие современным природоохранным нормам и стандартам. В ходе изучения дисциплины студент осваивает экологические проблемы автотранспорта, токсичные компоненты отработавших газов, физико-химические основы их образования, методы нормирования токсичности, методы снижения токсичности бензиновых и дизельных двигателей, системы нейтрализации отработавших газов, влияние альтернативных топлив на токсичность, а также методы комплексной оценки экологических характеристик двигателей.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей дисциплины. Тестирование осуществляется в письменной или компьютерной форме и включает вопросы закрытого и открытого типа, а также расчётные задачи, направленные на проверку знаний токсичных компонентов, механизмов их образования, методов нормирования, методов снижения токсичности, систем нейтрализации, влияния альтернативных топлив. Результаты тестирования используются для оценки уровня освоения материала модуля и определения готовности студента к дальнейшему обучению. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических и лабораторных занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать механизмы образования токсичных компонентов, анализировать влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на токсичность, обосновывать выбор методов снижения токсичности и систем нейтрализации, разрабатывать программу экологических испытаний. Устный опрос может быть как индивидуальным, так и фронтальным, и направлен на выявление глубины усвоения материала, умения применять полученные знания для решения профессиональных задач. В рамках сквозного проекта устный опрос позволяет оценить способность студента разрабатывать экологические мероприятия для проектируемого двигателя. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (анализ экологических проблем, определение ПДК, анализ требований стандартов Евро, расчёт влияния состава смеси на выбросы, оптимизация угла опережения впрыска, расчёт эффективности катализатора, анализ методов регенерации сажевых фильтров, сравнительный анализ токсичности альтернативных топлив, расчёт массовых выбросов) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Результаты выполнения практических заданий фиксируются в виде отчётов, которые защищаются студентом в устной форме. Практические занятия ориентированы на формирование навыков экологического анализа и расчёта выбросов, необходимых для выполнения четвёртого этапа сквозного проекта. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Лабораторные занятия

В ходе выполнения лабораторных работ студент работает с газоанализаторами, дымомерами, системами сбора данных, стендами для испытаний двигателей. Проводятся работы по анализу влияния состава смеси на выбросы, определению зависимости выбросов NOx от угла опережения зажигания, определению токсичности отработавших газов бензинового и дизельного двигателей, исследованию эффективности каталитического нейтрализатора и сажевого фильтра, исследованию эффективности системы SCR. Оценивается умение работать с измерительным оборудованием, проводить измерения, обрабатывать результаты, анализировать зависимости. Лабораторные работы выполняются в соответствии с методическими указаниями и защищаются студентом путем ответов на контрольные вопросы. Проверяемые индикаторы: ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с экологической оценкой проектируемого двигателя. Содержание индивидуального задания включает анализ ожидаемых выбросов токсичных компонентов, выбор методов снижения токсичности, расчёт эффективности систем нейтрализации, разработку программы экологических испытаний, оценку соответствия нормативным требованиям. Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объёмом 10-15 страниц. Защита индивидуального задания проводится в форме презентации результатов перед преподавателем. Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет комплексно оценить сформированность индикаторов ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Экзамен

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по завершении изучения дисциплины. Экзамен позволяет комплексно оценить знания, умения и навыки студента по всем разделам дисциплины. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса (по основным разделам экологии и токсичности) и одно практическое задание (расчётная задача или анализ данных). Результаты экзамена определяют итоговую оценку по дисциплине и отражают степень сформированности знаний, необходимых для выполнения четвёртого этапа сквозного проекта «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация». Проверяемые индикаторы: ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6.

Роль дисциплины в оценке результатов сквозного проекта

Дисциплина «Экология и токсичность поршневых двигателей» формирует фундаментальные знания и навыки, необходимые для выполнения четвёртого этапа сквозного проекта — «Технологическая подготовка и экспериментальная верификация». В рамках этого этапа студент должен выполнить экологическую оценку проектируемого двигателя, разработать мероприятия по снижению токсичности, выбрать системы нейтрализации, спланировать экологические испытания. Результаты освоения дисциплины оцениваются в ходе защиты индивидуального задания и отчёта по четвёртому этапу сквозного проекта. Оценка сформированности компетенции ПК-3 по дисциплине учитывается при подведении итогов выполнения сквозного проекта в целом.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценки текущего (рубежного) тестирования по модулям

Текущее (рубежное) тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест — 20.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов). Студент, получивший «зачтено», демонстрирует достаточное знание теоретического материала модуля, владеет классификацией токсичных компонентов, понимает механизмы их образования, знает методы нормирования и снижения токсичности, умеет рассчитывать массовые выбросы. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6 в части теоретических основ экологии и токсичности.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% заданий теста (набрано 15 баллов и менее). Студент, получивший «не зачтено», не владеет основным материалом модуля, допускает грубые ошибки в определении токсичных компонентов, не может рассчитать массовые выбросы, не знает методов снижения токсичности. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

Критерии оценки итогового тестирования по курсу

Итоговое тестирование проводится после завершения изучения всех модулей. Тест состоит из 30 заданий, охватывающих весь материал дисциплины. Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов — 30.

Оценка «отлично» выставляется студенту, набравшему от 29 до 30 баллов (97-100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно рассчитывает массовые выбросы, анализирует влияние факторов на токсичность, обосновывает выбор методов снижения токсичности и систем нейтрализации, разрабатывает программу экологических испытаний. Сформированность индикаторов ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6 оценивается на продвинутом уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с экологической оценкой.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, набравшему от 24 до 28 баллов (80-97% правильных ответов). Студент в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов, но допускает отдельные неточности в сложных вопросах, связанных с расчётом выбросов по ездовому циклу или эффективностью систем SCR. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне, достаточном для выполнения сквозного проекта.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 18 до 23 баллов (60-80% правильных ответов). Студент демонстрирует знание основного материала, но допускает ошибки в деталях, испытывает затруднения при расчёте массовых выбросов, не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне, что требует дополнительной работы для успешного выполнения сквозного проекта.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, набравшему от 0 до 17 баллов (менее 60% правильных ответов). Студент не демонстрирует системных знаний, не владеет основными понятиями, не может рассчитать массовые выбросы, допускает грубые ошибки. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение раздела сквозного проекта по экологической оценке без дополнительной подготовки.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе и логически стройно его излагает. Студент демонстрирует полное знание экологических проблем автотранспорта, токсичных компонентов, механизмов их образования, методов нормирования, методов снижения токсичности, систем нейтрализации, влияния альтернативных топлив, методов комплексной оценки экологических характеристик, а также методов разработки программ экологических испытаний. Уверенно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. В контексте сквозного проекта такой уровень подготовки позволяет студенту самостоятельно выполнять экологическую оценку проектируемого двигателя.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет решать типовые задачи, но может испытывать затруднения при ответе на уточняющие вопросы или при объяснении сложных разделов. В целом демонстрирует хорошее владение профессиональной терминологией.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей. Студент допускает неточности и ошибки в изложении, испытывает затруднения при анализе механизмов образования токсичных компонентов, обладает фрагментарными знаниями. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, требуют наводящих вопросов. Профессиональная терминология используется недостаточно уверенно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может объяснить механизмы образования токсичных компонентов. Отсутствует понимание экологических требований. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по экологической оценке.

Критерии оценки практических занятий

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил практическое задание правильно, в установленные сроки. Студент продемонстрировал понимание методики решения задачи, способность применять теоретические знания для расчёта выбросов, анализа влияния факторов, оценки эффективности систем нейтрализации, разработки программы экологических испытаний. При защите студент аргументирует полученные результаты, отвечает на уточняющие вопросы, демонстрирует владение профессиональной терминологией. В рамках сквозного проекта успешное выполнение практических заданий позволяет студенту овладеть методами экологического анализа, необходимыми для выполнения четвёртого этапа сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил практическое задание, выполнил его не в полном объёме, или выполнил с грубыми ошибками. Студент не понимает методику решения, не может объяснить полученные результаты, не отвечает на вопросы по существу задания, не владеет профессиональной терминологией. Студент обязан выполнить практическое задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объёме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с газоанализаторами, дымомерами, системами сбора данных, проводить измерения, обрабатывать результаты, анализировать зависимости. При защите работы студент показывает понимание цели и методики проведения работы, уверенно отвечает на контрольные вопросы, правильно интерпретирует полученные результаты. Отчёт оформлен в соответствии с требованиями. Успешное выполнение лабораторных работ позволяет студенту получить практический опыт, необходимый для проведения экологических испытаний в рамках сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил лабораторную работу, выполнил её не в полном объёме, или выполнил с грубыми ошибками. При защите студент не понимает цели и методики работы, не может ответить на контрольные вопросы, допускает грубые ошибки в интерпретации результатов. Отсутствует отчёт или он оформлен с грубыми нарушениями требований. Студент обязан выполнить лабораторную работу повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «отлично» выставляется студенту, который полностью выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует глубокое понимание методов экологической оценки, самостоятельно анализирует ожидаемые выбросы, выбирает методы снижения токсичности, рассчитывает эффективность систем нейтрализации, разрабатывает программу экологических испытаний, оценивает соответствие нормативным требованиям. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит все необходимые расчёты и графические материалы. При защите студент свободно владеет материалом, аргументированно отвечает на вопросы, демонстрирует понимание экологических аспектов проектирования двигателя. Сформированность индикаторов ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6 оценивается на продвинутом уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в полном объёме, но допускает отдельные неточности в расчётах или неполноту в обосновании выбора систем нейтрализации. Студент демонстрирует понимание методов экологической оценки, способен выполнять основные расчёты, но может испытывать затруднения при анализе эффективности сложных систем. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, но содержит незначительные замечания. При защите студент в целом отвечает на вопросы, но может допускать неточности. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание, но допустил существенные ошибки в расчётах или не полностью выполнил требуемые разделы. Студент демонстрирует фрагментарные знания методов экологической оценки, испытывает значительные затруднения при расчёте массовых выбросов. Пояснительная записка оформлена с нарушениями требований. При защите студент отвечает на вопросы неуверенно,

требует наводящих вопросов. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания методов экологической оценки, не может выполнить расчёты. Пояснительная записка отсутствует или оформлена с грубыми нарушениями. При защите студент не отвечает на вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня. Студент обязан выполнить индивидуальное задание повторно в установленные преподавателем сроки.

Критерии оценки ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется студенту, который глубоко и прочно усвоил программный материал по всем разделам, исчерпывающе и логически стройно излагает ответы на теоретические вопросы. Студент демонстрирует полное знание экологических проблем автотранспорта, токсичных компонентов, механизмов их образования, методов нормирования, методов снижения токсичности, систем нейтрализации, влияния альтернативных топлив. Уверенно и без ошибок выполняет практическое задание (расчётную задачу или анализ данных), аргументирует последовательность решения, делает обоснованные выводы. Даёт полные ответы на дополнительные вопросы, свободно владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов ИПК-3.4, ИПК-3.5, ИПК-3.6 оценивается на продвинутом уровне, что подтверждает готовность студента к выполнению четвёртого этапа сквозного проекта.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу излагает ответы на теоретические вопросы, не допуская существенных неточностей. Студент владеет основными понятиями и методами, умеет решать типовые задачи. Выполняет практическое задание в целом правильно, но может испытывать затруднения при обосновании отдельных этапов. На дополнительные вопросы отвечает в целом правильно, но допускает несущественные ошибки. Сформированность индикаторов оценивается на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, допускает неточности и ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент обладает фрагментарными знаниями по отдельным разделам. Выполняет практическое задание с помощью наводящих вопросов или допускает ошибки в расчётах. Ответы на дополнительные вопросы даются с трудом, профессиональная терминология используется недостаточно уверенно. Сформированность индикаторов оценивается на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает грубые ошибки в изложении теоретических вопросов. Студент не может выполнить практическое задание или выполняет его с грубыми ошибками, не понимает сути задания. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Сформированность индикаторов не достигла порогового уровня, что делает невозможным выполнение четвёртого этапа сквозного проекта.

7.3 Оценочные средства
Текущий контроль
Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 7-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Экологические проблемы. Токсичные компоненты. Механизмы образования. Нормирование

Включает темы: Тема 1. Введение. Экологические проблемы автотранспорта; Тема 2. Токсичные компоненты отработавших газов; Тема 3. Физико-химические основы образования токсичных веществ; Тема 4. Нормирование токсичности и методы испытаний; Тема 5. Методы снижения токсичности бензиновых двигателей; Тема 6. Методы снижения токсичности дизельных двигателей.

Модуль 2 (недели 9–16) — Системы нейтрализации. Альтернативные топлива. Экологическая безопасность. Комплексная оценка

Включает темы: Тема 7. Системы нейтрализации отработавших газов; Тема 8. Влияние альтернативных топлив на токсичность; Тема 9. Экологическая безопасность и перспективы развития; Тема 10. Комплексная оценка экологических характеристик двигателя.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)
Модуль 1. Экологические проблемы. Токсичные компоненты. Механизмы образования. Нормирование

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологический ущерб от эксплуатации автотранспорта. Влияние выбросов двигателей на атмосферу, гидросферу и литосферу.
2. Парниковый эффект, кислотные дожди, смог. Социально-экономические аспекты проблемы.
3. Состав отработавших газов бензиновых и дизельных двигателей. Нормируемые компоненты: оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NOx), твёрдые частицы (сажа).
4. Ненормируемые компоненты: диоксид серы (SO_2), бенз(а)пирен, альдегиды, полициклические ароматические углеводороды.
5. Воздействие токсичных компонентов на здоровье человека: влияние на дыхательную, сердечно-сосудистую, нервную системы, канцерогенное действие.
6. Влияние на окружающую среду: парниковый эффект (CO_2), разрушение озонового слоя (NOx), кислотные дожди (SO_2, NOx). Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе.
7. Механизмы образования оксида углерода (CO) при неполном сгорании. Влияние коэффициента избытка воздуха α на содержание CO.
8. Образование углеводородов (CH): неполное сгорание, закалка пламени у стенок, пропуски воспламенения, отложения в камере сгорания.
9. Механизмы образования оксидов азота (NOx): термический (цепной) механизм Зельдовича, быстрый механизм Фенимора. Влияние температуры, давления, состава смеси на образование NOx.
10. Образование сажи в дизелях: пиролиз, неполное сгорание, влияние состава смеси. Влияние конструктивных факторов на токсичность: форма камеры сгорания, степень сжатия, организация смесеобразования.
11. Международные и национальные стандарты токсичности. Эволюция экологических стандартов: Евро-0 — Евро-6, их содержание и требования.
12. Правила ЕЭК ООН № 83, 49, 24. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).
13. Методы испытаний: стендовые испытания двигателей, испытания автомобилей на беговых барабанах по ездовым циклам. Испытательные циклы: NEDC, WLTC, для бензиновых и дизельных двигателей.
14. Оборудование для испытаний: газоанализаторы, дымомеры, измерительные системы. Сертификация автомобилей по уровню токсичности.
15. Влияние состава смеси на токсичность. Оптимизация угла опережения зажигания. Применение систем рециркуляции отработавших газов (EGR) для снижения NOx.
16. Управление фазами газораспределения (VVT). Системы впрыска топлива: распределённый впрыск, непосредственный впрыск (GDI), влияние на токсичность.
17. Системы улавливания паров топлива (адсорбер). Особенности пуска и прогрева двигателя: каталитический подогрев, вторичный воздух. Электронные системы управления двигателем (ЭСУД) и их роль в снижении токсичности.
18. Особенности рабочего процесса дизеля и образования токсичных компонентов. Влияние цетанового числа топлива на токсичность. Оптимизация угла опережения впрыска.

19. Многофазный впрыск топлива (пилотный, основной, последующий). Системы Common Rail: преимущества для снижения токсичности. Рециркуляция отработавших газов (EGR) в дизелях: принцип работы, влияние на NOx.
20. Применение принудительного зажигания в дизелях (газодизельный процесс). Системы изменения геометрии впускного коллектора и наддува.

Модуль 2. Системы нейтрализации. Альтернативные топлива. Экологическая безопасность. Комплексная оценка

Перечень вопросов для собеседования:

1. Трёхкомпонентные каталитические нейтрализаторы для бензиновых двигателей: состав, принцип работы, требования к составу смеси. Датчики кислорода (лямбда-зонды).
2. Сажевые фильтры (DPF) для дизельных двигателей: конструкции, принцип работы, методы регенерации (активная, пассивная).
3. Системы селективного каталитического восстановления (SCR): принцип работы, применение реагента AdBlue.
4. Окислительные катализаторы (DOC). Комбинированные системы (DOC+DPF+SCR). Конструкции нейтрализаторов, интегрированных в систему выпуска. Методы испытаний и диагностики нейтрализаторов.
5. Газовые топлива: КПГ, СПГ, СНГ. Влияние на токсичность отработавших газов.
6. Спиртовые топлива: метанол, этанол. Биодизель: особенности сгорания, влияние на токсичность.
7. Синтетические топлива (GTL, BTL). Водород как топливо: особенности образования NOx при сгорании.
8. Композиционные топлива: бензоэтанольные смеси, дизельно-биодизельные смеси. Экологические преимущества и недостатки альтернативных топлив.
9. Комбинированные энергетические установки: гибридные автомобили, их экологические преимущества. Электромобили и водородные топливные элементы.
10. Методы снижения выбросов на стадии эксплуатации: диагностика, регулировка, техническое обслуживание. Бортовая диагностика (OBD) систем снижения токсичности.
11. Утилизация автомобилей и отработавших газов. Перспективы ужесточения экологических норм (Евро-7). Тенденции развития экологически чистых двигателей.
12. Методика расчёта массовых выбросов вредных веществ. Построение графиков зависимости токсичности от режимов работы двигателя.
13. Оценка влияния конструктивных параметров на токсичность. Сравнительный анализ токсичности бензиновых и дизельных двигателей.
14. Оценка эффективности применения различных методов снижения токсичности. Экономическая эффективность систем снижения токсичности.
15. Оформление отчёта по экологическим характеристикам двигателя.

Рубежный контроль по модулям (тестирование)

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа (выбор правильного ответа, установление соответствия, краткий ответ, расчётная задача). Каждое верно выполненное задание оценивается в 1 балл. Максимальное количество баллов за тест – 20. Оценка «зачтено» выставляется при выполнении верно более 75% заданий (более 15 баллов).

Пример тестовых заданий (один вариант)

1. **Какой токсичный компонент отработавших газов является основной причиной кислотных дождей?**
2. A) CO
3. B) CH
4. C) NOx
5. D) Сажа

Правильный ответ: C

2. **Какой механизм образования NOx является основным при высоких температурах в камере сгорания?**
3. A) Быстрый механизм Фенимора
4. B) Термический механизм Зельдовича
5. C) Механизм образования из топливных азотсодержащих соединений
6. D) Механизм образования из воздуха

Правильный ответ: B

3. **Какой стандарт токсичности впервые ввёл нормы на выбросы твёрдых частиц для дизельных двигателей?**
4. A) Евро-1
5. B) Евро-2
6. C) Евро-3
7. D) Евро-4

Правильный ответ: A

4. **Какой компонент системы нейтрализации бензинового двигателя обеспечивает одновременное снижение CO, CH и NOx?**
5. A) Окислительный катализатор
6. B) Трёхкомпонентный каталитический нейтрализатор
7. C) Сажевый фильтр
8. D) Система SCR

Правильный ответ: B

5. **Какое альтернативное топливо имеет нулевые выбросы CO, CH и твёрдых частиц?**
6. A) Биодизель
7. B) Этанол
8. C) Водород
9. D) Метан

Правильный ответ: C

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта является одним из ключевых методов контроля, позволяющим оценить способность студента применять полученные теоретические знания и практические навыки для решения комплексной профессиональной задачи. Задание выполняется студентом самостоятельно в течение семестра и представляет собой разработку раздела сквозного проекта, связанного с экологической оценкой проектируемого двигателя.

Содержание индивидуального задания:

Индивидуальное задание включает в себя выполнение следующих этапов:

1. **Анализ ожидаемых выбросов токсичных компонентов.** На основе параметров проектируемого двигателя (тип двигателя, рабочий объём, степень сжатия, система питания, наличие наддува) проводится анализ ожидаемых уровней выбросов CO, CH, NOx, твёрдых частиц. Определяются факторы, влияющие на токсичность.
2. **Выбор методов снижения токсичности.** На основе анализа выбираются методы снижения токсичности: внутрицилиндровые (оптимизация состава смеси, угла опережения зажигания/впрыска, рециркуляция ОГ) и внешние (системы нейтрализации). Обосновывается выбор.
3. **Расчёт эффективности систем нейтрализации.** Для выбранных систем нейтрализации (трёхкомпонентный катализатор, сажевый фильтр, система SCR) выполняется расчёт ожидаемой эффективности снижения выбросов. Определяются необходимые параметры систем.
4. **Разработка программы экологических испытаний.** Разрабатывается программа испытаний для подтверждения соответствия экологическим нормам. Определяются типы испытаний (стендовые, дорожные), испытательные циклы (WLTC, NEDC), перечень измеряемых параметров, средства измерений.
5. **Оценка соответствия нормативным требованиям.** На основе расчётных данных и эффективности систем нейтрализации оценивается соответствие проектируемого двигателя

требованиям экологических стандартов (Евро-6, перспектива Евро-7). Формулируются рекомендации по доводке двигателя для обеспечения соответствия.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц, включающей:

- титульный лист с указанием темы задания, ФИО студента, группы, руководителя;
- содержание;
- введение с обоснованием актуальности экологической оценки;
- основную часть, содержащую анализ выбросов, выбор методов снижения, расчёт эффективности систем нейтрализации, программу испытаний, оценку соответствия;
- графические материалы (схемы систем нейтрализации, графики зависимостей);
- заключение с выводами по результатам выполненной работы;
- список использованных источников.

Примерные темы индивидуальных заданий:

1. Экологическая оценка бензинового двигателя с непосредственным впрыском.
2. Экологическая оценка дизельного двигателя с системой Common Rail.
3. Выбор и обоснование системы нейтрализации для дизельного двигателя (DOC+DPF+SCR).
4. Разработка программы экологических испытаний двигателя по циклу WLTC.
5. Оценка влияния системы рециркуляции отработавших газов (EGR) на токсичность дизельного двигателя.
6. Сравнительный анализ экологических показателей двигателя при работе на бензине и газовом топливе.
7. Оценка эффективности системы SCR для снижения выбросов NOx дизельного двигателя.
8. Разработка рекомендаций по снижению токсичности двигателя для соответствия нормам Евро-7.

Оценочные средства для практических занятий

Типовые задания для практических занятий

Модуль 1. Экологические проблемы. Токсичные компоненты. Механизмы образования. Нормирование

Задание 1. Анализ экологических проблем автотранспорта в регионе

На основе статистических данных (количество автомобилей, состав парка, пробеги) оценить выбросы загрязняющих веществ в регионе. Определить вклад автотранспорта в общее загрязнение.

Задание 2. Определение ПДК токсичных компонентов и оценка воздействия

По заданным концентрациям токсичных компонентов в атмосферном воздухе оценить их соответствие ПДК. Сделать вывод о степени загрязнения.

Задание 3. Анализ требований стандартов Евро и Правил ЕЭК ООН

Провести сравнительный анализ требований стандартов Евро-4, Евро-5, Евро-6 для бензиновых и дизельных двигателей. Определить основные ужесточения.

Задание 4. Расчёт влияния состава смеси на выбросы CO, CH, NOx

По заданным значениям коэффициента избытка воздуха α оценить изменение выбросов CO, CH, NOx. Построить графики зависимостей.

Задание 5. Оптимизация угла опережения впрыска дизеля для снижения токсичности

Для заданного дизельного двигателя оценить влияние угла опережения впрыска на выбросы NOx и дымность. Определить оптимальный угол.

Модуль 2. Системы нейтрализации. Альтернативные топлива. Экологическая безопасность. Комплексная оценка

Задание 6. Расчёт эффективности трёхкомпонентного катализатора

Для заданного бензинового двигателя оценить эффективность трёхкомпонентного катализатора при различных значениях коэффициента избытка воздуха. Определить окно эффективности.

Задание 7. Анализ методов регенерации сажевых фильтров

Сравнить активный и пассивный методы регенерации сажевых фильтров. Оценить их достоинства и недостатки.

Задание 8. Сравнительный анализ токсичности при использовании альтернативных топлив

Для заданного двигателя сравнить выбросы CO, CH, NOx, твёрдых частиц при работе на бензине, метане, этаноле, водороде. Сделать вывод.

Задание 9. Расчёт массовых выбросов вредных веществ для заданного двигателя

По заданным концентрациям токсичных компонентов и расходу отработавших газов рассчитать массовые выбросы CO, CH, NOx (г/ч, г/км). Оценить соответствие нормам.

Задание 10. Комплексная обработка результатов экологических испытаний

По заданным данным экологических испытаний (ездовой цикл) рассчитать массовые выбросы за цикл. Оценить соответствие нормам Евро.

Оценочные средства для лабораторных занятий

Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Анализ влияния состава смеси на выбросы CO, CH, NOx (на стенде)

Краткое содержание: изменение состава смеси (коэффициента избытка воздуха) при постоянной частоте вращения и нагрузке. Измерение концентраций CO, CH, NOx. Построение зависимостей. Определение оптимального состава смеси.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как влияет состав смеси на выбросы CO?
- Как влияет состав смеси на выбросы CH?
- Как влияет состав смеси на выбросы NOx?
- Каков оптимальный состав смеси с точки зрения токсичности?

Лабораторная работа №2. Определение зависимости выбросов NOx от угла опережения зажигания

Краткое содержание: изменение угла опережения зажигания при постоянной частоте вращения и нагрузке. Измерение выбросов NOx. Построение зависимости. Определение оптимального угла.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как влияет угол опережения зажигания на выбросы NOx?
- Почему с увеличением угла опережения зажигания выбросы NOx растут?
- Каковы последствия слишком раннего и слишком позднего зажигания?

Лабораторная работа №3. Определение токсичности отработавших газов бензинового двигателя на различных режимах

Краткое содержание: измерение концентраций CO, CH, NOx на режимах холостого хода, частичных нагрузок, полной нагрузки. Анализ влияния режима на токсичность.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как изменяется токсичность с увеличением нагрузки?
- Как изменяется токсичность с увеличением частоты вращения?
- Каковы особенности токсичности на режиме холостого хода?

Лабораторная работа №4. Определение дымности отработавших газов дизельного двигателя

Краткое содержание: измерение коэффициента дымности на режиме свободного ускорения и при различных нагрузках. Построение зависимости дымности от нагрузки. Оценка технического состояния двигателя по дымности.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое дымность отработавших газов?
- Как измеряется дымность?
- Каковы допустимые значения дымности?
- Какие неисправности вызывают повышенную дымность?

Лабораторная работа №5. Анализ влияния рециркуляции отработавших газов (EGR) на выбросы NOx

Краткое содержание: включение/отключение системы EGR, измерение выбросов NOx. Оценка эффективности системы EGR.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как работает система EGR?
- Как EGR влияет на выбросы NOx?
- Как EGR влияет на мощность и экономичность двигателя?
- Каковы недостатки системы EGR?

Лабораторная работа №6. Исследование эффективности трёхкомпонентного катализатора

Краткое содержание: измерение токсичности до и после катализатора. Оценка эффективности катализатора. Анализ влияния состава смеси на эффективность.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как устроен трёхкомпонентный катализатор?
- Какие реакции происходят в катализаторе?
- Что такое окно эффективности катализатора?
- Как диагностируется состояние катализатора?

Лабораторная работа №7. Исследование эффективности сажевого фильтра

Краткое содержание: измерение дымности до и после сажевого фильтра. Оценка эффективности фильтра. Анализ процесса регенерации.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как устроен сажевый фильтр?
- Какие методы регенерации существуют?
- Как диагностируется засорение сажевого фильтра?
- Каковы признаки неисправности сажевого фильтра?

Лабораторная работа №8. Исследование эффективности системы SCR

Краткое содержание: измерение выбросов NOx до и после системы SCR при различных дозировках реагента AdBlue. Оценка эффективности системы.

Контрольные вопросы для защиты:

- Как работает система SCR?
- Какие реакции происходят в SCR-катализаторе?
- Что такое AdBlue и для чего он нужен?
- Каковы признаки неисправности системы SCR?

Лабораторная работа №9. Комплексное исследование экологических характеристик двигателя

Краткое содержание: проведение испытаний двигателя по ездовому циклу (WLTC). Измерение выбросов CO, CH, NOx, твёрдых частиц. Расчёт массовых выбросов за цикл. Оценка соответствия нормам Евро.

Контрольные вопросы для защиты:

- Что такое ездовой цикл WLTC?
- Как рассчитываются массовые выбросы за цикл?
- Каковы требования Евро-6 для бензиновых и дизельных двигателей?
- Какие факторы влияют на результаты испытаний?

Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены учебным планом. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы для оценки экологических характеристик разрабатываемого двигателя и обоснования выбора систем снижения токсичности.

Промежуточная аттестация (экзамен)

Условия допуска к экзамену

Студент допускается к сдаче экзамена при выполнении следующих условий:

- Успешное прохождение всех двух рубежных контролей (устных опросов по модулям) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Выполнение и защита всех лабораторных работ, предусмотренных учебным планом (9 лабораторных работ).
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта (экологическая оценка двигателя) с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура экзаменационного билета

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (по одному из каждого модуля) и одного практического задания (расчётная задача или анализ данных).

Структура билета:

- **Вопрос 1** (Модуль 1): Экологические проблемы, токсичные компоненты, механизмы образования, нормирование, методы снижения токсичности бензиновых и дизельных двигателей.
- **Вопрос 2** (Модуль 2): Системы нейтрализации, альтернативные топлива, экологическая безопасность, комплексная оценка.
- **Задание 3**: Расчётная задача (расчёт массовых выбросов, оценка эффективности системы нейтрализации, анализ данных).

Типовые экзаменационные билеты

Экзаменационный билет №1

Вопрос 1 (Модуль 1)

Механизмы образования оксидов азота (NOx) в двигателях внутреннего сгорания. Термический механизм Зельдовича, быстрый механизм Фенимора. Влияние температуры, давления, состава смеси на образование NOx. Методы снижения NOx.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Системы нейтрализации отработавших газов дизельных двигателей. Сажевый фильтр (DPF): конструкция, принцип работы, методы регенерации. Система селективного каталитического восстановления (SCR): принцип работы, применение реагента AdBlue. Комбинированные системы.

Задание 3

При испытаниях бензинового двигателя получены концентрации токсичных компонентов: CO = 0,5% об., CH = 200 ppm, NOx = 800 ppm. Расход отработавших газов Gог = 0,1 кг/с. Рассчитать массовые выбросы CO и CH в г/с. Плотность CO = 1,25 кг/м³, CH = 0,67 кг/м³.

Экзаменационный билет №2

Вопрос 1 (Модуль 1)

Нормирование токсичности отработавших газов. Эволюция экологических стандартов Евро-0 — Евро-6. Испытательные циклы NEDC и WLTC. Требования к выбросам CO, CH, NOx, твёрдых частиц для бензиновых и дизельных двигателей.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Влияние альтернативных топлив на токсичность отработавших газов. Газовые топлива (КПГ, СПГ, СНГ): особенности, преимущества, недостатки. Биодизель, спиртовые топлива, водород. Сравнительный анализ экологических характеристик.

Задание 3

Для дизельного двигателя с системой SCR эффективность снижения NOx составляет 80%. Исходные выбросы NOx составляют 5 г/кВт·ч. Требуется снизить выбросы до уровня Евро-6 (0,4 г/кВт·ч). Определить, обеспечивает ли система SCR требуемый уровень. Если нет, какой должна быть эффективность системы?

Экзаменационный билет №3

Вопрос 1 (Модуль 1)

Методы снижения токсичности бензиновых двигателей. Влияние состава смеси, угла опережения зажигания. Системы рециркуляции отработавших газов (EGR). Управление фазами

газораспределения (VVT). Системы впрыска топлива (распределённый, непосредственный). Электронные системы управления.

Вопрос 2 (Модуль 2)

Трёхкомпонентные каталитические нейтрализаторы: состав, принцип работы. Датчики кислорода (лямбда-зонды). Требования к составу смеси для эффективной работы катализатора. Окно эффективности. Диагностика катализатора.

Задание 3

По данным ездового цикла WLTC для легкового автомобиля с бензиновым двигателем получены массовые выбросы: CO = 0,8 г/км, CH = 0,06 г/км, NOx = 0,05 г/км. Оценить соответствие нормам Евро-6 (CO — 1,0 г/км, CH — 0,1 г/км, NOx — 0,06 г/км). Сделать вывод. Если выбросы превышают нормы, предложить мероприятия по их снижению.

Полный перечень теоретических вопросов к экзамену по каждой теме

Модуль 1. Экологические проблемы. Токсичные компоненты. Механизмы образования. Нормирование

1. Роль автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды. Экологический ущерб от эксплуатации автотранспорта. Влияние выбросов двигателей на атмосферу, гидросферу и литосферу.
2. Парниковый эффект, кислотные дожди, смог. Социально-экономические аспекты проблемы.
3. Состав отработавших газов бензиновых и дизельных двигателей. Нормируемые компоненты: оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NOx), твёрдые частицы (сажа).
4. Ненормируемые компоненты: диоксид серы (SO_2), бенз(а)пирен, альдегиды, полициклические ароматические углеводороды.
5. Воздействие токсичных компонентов на здоровье человека. Влияние на окружающую среду. Предельно допустимые концентрации (ПДК).
6. Механизмы образования оксида углерода (CO). Влияние коэффициента избытка воздуха α на содержание CO.
7. Образование углеводородов (CH): неполное сгорание, закалка пламени у стенок, пропуски воспламенения, отложения в камере сгорания.
8. Механизмы образования оксидов азота (NOx): термический механизм Зельдовича, быстрый механизм Фенимора.
9. Влияние температуры, давления, состава смеси на образование NOx. Образование сажи в дизелях: пиролиз, неполное сгорание.
10. Влияние конструктивных факторов на токсичность: форма камеры сгорания, степень сжатия, организация смесеобразования.
11. Международные и национальные стандарты токсичности. Эволюция экологических стандартов: Евро-0 — Евро-6.
12. Правила ЕЭК ООН № 83, 49, 24. Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 018/2011).
13. Методы испытаний: стендовые испытания двигателей, испытания автомобилей на беговых барабанах. Испытательные циклы: NEDC, WLTC.
14. Оборудование для испытаний: газоанализаторы, дымомеры, измерительные системы. Сертификация автомобилей по уровню токсичности.
15. Влияние состава смеси на токсичность. Оптимизация угла опережения зажигания. Системы рециркуляции отработавших газов (EGR).
16. Управление фазами газораспределения (VVT). Системы впрыска топлива: распределённый впрыск, непосредственный впрыск (GDI).
17. Системы улавливания паров топлива (адсорбер). Особенности пуска и прогрева двигателя. Электронные системы управления двигателем (ЭСУД).
18. Особенности рабочего процесса дизеля и образования токсичных компонентов. Влияние цетанового числа топлива на токсичность.
19. Оптимизация угла опережения впрыска. Многофазный впрыск топлива. Системы Common Rail. Рециркуляция отработавших газов (EGR) в дизелях.
20. Применение принудительного зажигания в дизелях (газодизельный процесс). Системы изменения геометрии впускного коллектора и наддува.

Модуль 2. Системы нейтрализации. Альтернативные топлива. Экологическая безопасность. Комплексная оценка

21. Трёхкомпонентные каталитические нейтрализаторы: состав, принцип работы. Датчики кислорода (лямбда-зонды).
22. Сажевые фильтры (DPF): конструкции, принцип работы, методы регенерации (активная, пассивная).
23. Системы селективного каталитического восстановления (SCR): принцип работы, применение реагента AdBlue.
24. Окислительные катализаторы (DOC). Комбинированные системы (DOC+DPF+SCR). Методы испытаний и диагностики нейтрализаторов.
25. Газовые топлива: КПГ, СПГ, СНГ. Влияние на токсичность отработавших газов.
26. Спиртовые топлива: метанол, этанол. Биодизель: особенности сгорания, влияние на токсичность.
27. Синтетические топлива (GTL, BTL). Водород как топливо: особенности образования NOx при сгорании.
28. Композиционные топлива: бензоэтанольные смеси, дизельно-биодизельные смеси. Экологические преимущества и недостатки альтернативных топлив.
29. Комбинированные энергетические установки: гибридные автомобили, их экологические преимущества. Электромобили и водородные топливные элементы.
30. Методы снижения выбросов на стадии эксплуатации: диагностика, регулировка, техническое обслуживание. Бортовая диагностика (OBD).
31. Утилизация автомобилей и отработавших газов. Перспективы ужесточения экологических норм (Евро-7). Тенденции развития экологически