Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.06.2026 12:15:50
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

СИСТЕМЫ ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 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  /Д.В. Апелинский/

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

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области устройства, проектирования, эксплуатации и диагностики систем газобаллонного оборудования (ГБО) для поршневых двигателей, а также методов оценки эффективности, экологической безопасности и надёжности газовых двигателей при использовании различных видов газового топлива на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

Задачами дисциплины являются:

- изучение физико-химических свойств газовых топлив (природного газа, пропан-бутановых смесей, водорода, биогаза) и их влияния на рабочий процесс двигателя;
- освоение классификации, принципиальных схем и конструкции систем газобаллонного оборудования различных поколений;
- формирование навыков расчёта основных параметров газовых систем (расхода газа, давления, пропускной способности форсунок, объёма баллонов);
- изучение особенностей рабочих процессов газовых и газодизельных двигателей, методов повышения их эффективности и экономичности;
- приобретение навыков проектирования и подбора компонентов ГБО для конкретных типов двигателей и условий эксплуатации;
- освоение методов диагностики и обслуживания газовых систем, включая проверку герметичности, регулировку редукторов, калибровку форсунок;
- изучение правил безопасной эксплуатации газобаллонного оборудования, требований нормативных документов и стандартов;
- формирование умения оценивать экологические и экономические преимущества использования газового топлива по сравнению с традиционными нефтяными топливами.

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-5. Способен выполнять диагностику, анализировать причины неисправностей и дефектов поршневых двигателей и турбомашин в процессе их эксплуатации и испытаний, разрабатывать мероприятия по их устранению	**ИПК-5.7.** Способен проводить диагностику герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя
	ИПК-5.8. Способен выполнять регулировку и диагностику газового редуктора по давлению на выходе
	ИПК-5.9. Способен разработать рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО на основе пробега и выявленных дефектов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина **«Системы газобаллонного оборудования двигателей»** относится к **части блока Б.1, формируемой участниками образовательных отношений** учебного плана (код дисциплины: Б1.2.24) и изучается в **8-м семестре**.

Данная дисциплина обеспечивает **пятый этап сквозного проекта «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита»**, расширяя компетенции обучающихся в области альтернативных топлив и специализированных систем питания, что является важным направлением развития современного двигателестроения и обеспечения экологической безопасности.

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

- **Конструкция поршневых двигателей** (Б1.2.2, 2 семестр): знание устройства базового двигателя необходимо для адаптации его к работе на газовом топливе.

- **Топлива и смазочные материалы энергетических установок** (Б1.1.18, 3-4 семестры): знание свойств углеводородных топлив является основой для изучения газовых топлив.
- **Теория рабочих процессов поршневых двигателей** (Б1.1.20, 4 семестр): понимание процессов смесеобразования и сгорания необходимо для анализа особенностей работы газовых двигателей.
- **Системы поршневых двигателей** (Б1.2.5, 5 семестр): знание топливных систем двигателей необходимо для понимания отличий и особенностей ГБО.
- **Электротехника и электроника** (Б1.1.7, 4 семестр): знание основ электроники необходимо для понимания работы электронных блоков управления ГБО.
- **Экология и токсичность поршневых двигателей** (Б1.2.17, 7 семестр): понимание экологических преимуществ газового топлива базируется на знаниях этой дисциплины.
- **Диагностика и техническая эксплуатация поршневых двигателей и турбомашин** (Б1.2.18, 8 семестр), изучаемая параллельно, дополняет знания в области диагностики газовых систем.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при освоении элементов образовательной программы на завершающем этапе обучения:

- **Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы** (Б3.1, 8 семестр): тематика ВКР может быть связана с разработкой или модернизацией газобаллонного оборудования или газового двигателя.
- **Комбинированные энергетические установки** (Б1.2.20, 8 семестр) – газовые двигатели часто используются в составе комбинированных установок.
- **Сертификация силовых установок транспортных средств** (Б1.2.23, 8 семестр) – газобаллонное оборудование подлежит обязательной сертификации.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2 зачетные единицы (72 часа)**.

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			8
1	Аудиторные занятия	30	30
	В том числе:		
1.1	Лекции	10	10
1.2	Семинарские/практические занятия	10	10
1.3	Лабораторные занятия	10	10
2	Самостоятельная работа	42	42
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	**72**	**72**

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела / темы	Всего часов	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
Семестр 8	**Системы газобаллонного оборудования двигателей**						
1	Тема 1. Введение. Обзор газовых топлив и ГБО	6	2	2	–	–	4
2	Тема 2. Конструкция элементов газобаллонного оборудования	10	4	2	2	–	6
3	Тема 3. Монтаж и настройка ГБО	10	4	2	2	–	6
4	Тема 4. Диагностика газобаллонного оборудования	14	6	2	2	2	8
5	Тема 5. Техническое обслуживание и ремонт ГБО	12	6	2	2	2	6
6	Тема 6. Безопасность эксплуатации газовых систем	10	4	–	2	2	6
7	Тема 7. Эксплуатационные характеристики и экономическая эффективность	10	4	–	–	4	6
	Итого за 1 семестр	**72**	**30**	**10**	**10**	**10**	**42**

3.3. Содержание дисциплины

Семестр 8. Системы газобаллонного оборудования двигателей

Тема 1. Введение. Обзор газовых топлив и ГБО

Роль газового топлива в современном двигателестроении. Экономические и экологические преимущества использования газа. Связь с дисциплинами «Конструкция поршневых двигателей» (Б1.2.2) и «Альтернативные топлива для двигателей и методы исследования их эксплуатационных характеристик» (Б1.ЭД.2). Классификация газовых топлив: сжатый природный газ (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ), сжиженный нефтяной газ (СНГ, пропан-бутан). Физико-химические свойства газовых топлив (повторение). Поколения газобаллонного оборудования (ГБО): от 1-го до 6-го. Типы систем питания: вакуумные, впрыск газа во впускной коллектор, распределённый впрыск газа, непосредственный впрыск. Место дисциплины в сквозном проекте: обеспечение диагностики и обслуживания газовой системы проектируемого двигателя.

Тема 2. Конструкция элементов газобаллонного оборудования

Газовые баллоны: типы (металлические, металлокомпозитные, композитные), устройство, требования к установке. Запорная арматура: вентили, мультиклапаны, их устройство и принцип работы. Редуктор-испаритель: назначение, конструкция, принцип работы, регулировка. Газовые форсунки: типы (электромагнитные, пьезоэлектрические), конструкция, принцип работы. Газовый фильтр. Электронный блок управления (ЭБУ) ГБО: функции, алгоритмы работы, интеграция со штатной системой управления двигателем. Датчики системы: давления газа, температуры, положения дроссельной заслонки. Связь с дисциплиной «Системы электронного управления поршневыми двигателями» (Б1.2.25).

Тема 3. Монтаж и настройка ГБО

Требования к монтажу ГБО на транспортном средстве. Размещение баллонов, редуктора, форсунок. Требования к газопроводам высокого и низкого давления. Подключение к системе охлаждения и впускному коллектору. Электрическая схема подключения. Калибровка и настройка ГБО: подбор параметров, адаптация к двигателю. Программное обеспечение для настройки ГБО (например, PC-интерфейс). Проверка герметичности системы. Технология установки ГБО на автомобили с различными типами двигателей.

Тема 4. Диагностика газобаллонного оборудования

Диагностические признаки неисправностей ГБО. Методы диагностики: визуальный осмотр, прослушивание, измерение параметров. Диагностика герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя. Проверка давления газа на входе и выходе редуктора. Диагностика газовых форсунок: проверка сопротивления обмоток, проверка производительности. Считывание и анализ кодов неисправностей ЭБУ ГБО. Диагностика системы охлаждения редуктора. Выявление причин нестабильной работы двигателя на газе. Диагностика систем безопасности.

Тема 5. Техническое обслуживание и ремонт ГБО

Периодичность технического обслуживания ГБО. Операции ТО: проверка герметичности, замена фильтров, проверка и регулировка редуктора, проверка состояния форсунок. Замена баллонов по истечении срока службы. Требования к освидетельствованию баллонов. Ремонт элементов ГБО: замена уплотнений, ремонт редуктора, замена форсунок. Типовые неисправности и методы их устранения. Рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО на основе пробега и выявленных дефектов. Оформление диагностической и ремонтной документации.

Тема 6. Безопасность эксплуатации газовых систем

Потенциальные опасности при эксплуатации ГБО: утечка газа, взрыв, пожар. Требования безопасности при эксплуатации и обслуживании газовых систем. Средства индивидуальной защиты. Правила поведения при обнаружении утечки газа. Порядок действий в аварийных ситуациях. Требования к помещениям для хранения автомобилей с ГБО. Периодические проверки и освидетельствования. Обучение персонала. Нормативные документы по безопасности.

Тема 7. Эксплуатационные характеристики и экономическая эффективность

Влияние ГБО на мощностные и экономические показатели двигателя. Сравнение расхода топлива на газе и бензине/дизеле. Экологические показатели при работе на газе. Экономическая эффективность переоборудования автомобиля на газ: срок окупаемости, экономия топлива. Факторы, влияющие на эффективность эксплуатации ГБО. Особенности эксплуатации в зимний период. Гарантийные обязательства производителей ГБО.

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 2	Изучение конструкции газовых баллонов различных типов	2
2	Тема 2	Изучение конструкции редуктора-испарителя и газовых форсунок	2
3	Тема 3	Разработка схемы монтажа ГБО для заданного типа двигателя	2
4	Тема 4	Разработка алгоритма пошаговой диагностики неисправности электронной системы управления ГБО	2
5	Тема 6	Анализ требований безопасности при эксплуатации ГБО	2
	Итого		**10**

3.4.2. Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость (час.)
1	Тема 4	Диагностика газового редуктора (проверка давления на выходе)	2
2	Тема 4	Диагностика газовых форсунок (сопротивление, производительность)	2
3	Тема 5	Регулировка газового редуктора	2
4	Тема 7	Сравнение мощностных и экономических показателей работы двигателя на бензине и газе	2
5	Тема 7	Оценка экологических показателей двигателя при работе на газе (газоанализ)	2
	Итого		**10**

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 разработки рекомендаций по эксплуатации и диагностике газовых систем проектируемого двигателя.

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. 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

2. Земсков В. И., Александров И. Ю. Проектирование технических систем производства биогаза в животноводстве: — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 312 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). https://e.lanbook.com/reader/book/92948/#2

3. Кязимов, К. Г. Газоснабжение: устройство и эксплуатация газового хозяйства : учебник для среднего профессионального образования / К. Г. Кязимов, В. Е. Гусев. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 392 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12470-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/517028

4.3. Дополнительная литература

1. Общая энергетика: водород в энергетике / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа ; под научной редакцией С. Е. Щеклеина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 230 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07557-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492147

2. Богданов, С. И. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / С. И. Богданов, В. Г. Рябцев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15016-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/520379

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Основы конструкции, технического обслуживания и диагностики энергоустановок на природном газе

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=12152

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

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 (зачета). Дисциплина «Системы газобаллонного оборудования двигателей» является углубляющей для компетенции ПК-5, обеспечивая теоретические знания и практические навыки в области устройства, проектирования, эксплуатации и диагностики систем газобаллонного оборудования (ГБО) для поршневых двигателей, а также методов оценки эффективности, экологической безопасности и надёжности газовых двигателей при использовании различных видов газового топлива на пятом этапе сквозного проектирования «Интеграция, эксплуатация, экономика и защита».

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность следующих компетенций и индикаторов:

ПК-5. Способен выполнять диагностику, анализировать причины неисправностей и дефектов поршневых двигателей и турбомашин в процессе их эксплуатации и испытаний, разрабатывать мероприятия по их устранению

Индикаторы достижения компетенции:

- **ИПК-5.7.** Способен проводить диагностику герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя.
- **ИПК-5.8.** Способен выполнять регулировку и диагностику газового редуктора по давлению на выходе.
- **ИПК-5.9.** Способен разработать рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО на основе пробега и выявленных дефектов.

Дисциплина «Системы газобаллонного оборудования двигателей» расширяет компетенции обучающихся в области альтернативных топлив и специализированных систем питания, что является важным направлением развития современного двигателестроения и обеспечения экологической безопасности. В ходе изучения дисциплины студент осваивает физико-химические свойства газовых топлив, классификацию и конструкцию систем ГБО различных поколений, методы расчёта параметров газовых систем, особенности рабочих процессов газовых и газодизельных двигателей, методы проектирования и подбора компонентов ГБО, методы диагностики и обслуживания газовых систем, правила безопасной эксплуатации, а также методы оценки экологических и экономических преимуществ использования газового топлива.

В процессе изучения дисциплины используются следующие методы контроля.

Текущее (рубежное) тестирование по модулям

Проводится после завершения изучения каждого из двух модулей. Тест состоит из 20 заданий различного типа. 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). Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

Устный опрос (собеседование)

Проводится в ходе практических занятий для проверки понимания студентом теоретического материала, способности аргументированно излагать принципы работы ГБО, анализировать неисправности, обосновывать выбор компонентов. Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

Практические занятия

В ходе выполнения практических заданий (изучение конструкций газовых баллонов, редукторов, форсунок, разработка схемы монтажа ГБО, разработка алгоритма диагностики, анализ требований безопасности) оценивается способность студента применять теоретические знания для решения конкретных профессиональных задач. Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

Лабораторные занятия

В ходе выполнения лабораторных работ студент работает с диагностическим оборудованием: течеискателями, манометрами, сканерами ГБО. Проводятся работы по диагностике газового редуктора, диагностике форсунок, регулировке редуктора, сравнительному анализу работы двигателя на бензине и газе, оценке экологических показателей. Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание позволяет оценить способность студента применять полученные знания для разработки раздела сквозного проекта, связанного с выбором и обоснованием применения ГБО для проектируемого двигателя. Содержит анализ свойств газовых топлив, выбор поколения ГБО, расчёт параметров, разработку рекомендаций по эксплуатации и диагностике. Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

Зачет

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по завершении изучения дисциплины. Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины, с возможным выполнением практического задания. Проверяемые индикаторы: ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 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 газовых топлив, знает устройство и принципы работы элементов ГБО, понимает методы диагностики и обслуживания. Это свидетельствует о сформированности на пороговом уровне индикаторов ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9 в части теоретических основ газобаллонного оборудования.

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 свойств газовых топлив, не знает устройства ГБО, не понимает методов диагностики. Студент обязан ликвидировать задолженность по модулю до прохождения следующего рубежного контроля.

7.2.2 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 «зачтено» выставляется студенту, набравшему от 18 до 30 баллов (60-100% правильных ответов). Студент демонстрирует системные теоретические знания по всем разделам дисциплины, уверенно ориентируется в устройстве и принципах работы ГБО, умеет выполнять расчёты, диагностику, разрабатывать рекомендации. Сформированность индикаторов ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9 оценивается на пороговом или более высоком уровне, что позволяет студенту успешно выполнить раздел сквозного проекта, связанный с газобаллонным оборудованием.

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

7.2.3 Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний материала. Студент владеет основными понятиями и методами диагностики газобаллонного оборудования, понимает устройство и принципы работы ГБО, знает методы диагностики и эксплуатации. Допускаются отдельные неточности, не искажающие сути ответа. Студент владеет профессиональной терминологией.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает грубые ошибки в изложении, не может выполнить диагностику ГБО. Отсутствует понимание принципов работы газовых систем. Не способен ответить на дополнительные вопросы, не владеет профессиональной терминологией. Студент не готов к выполнению раздела сквозного проекта по газобаллонному оборудованию.

7.2.4 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 изучения конструкций, разработки схем монтажа, составления алгоритмов диагностики, анализа требований безопасности. 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 диагностики и обслуживания ГБО, необходимыми для выполнения пятого 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.

7.2.5 Критерии оценки лабораторных работ

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил лабораторную работу в полном объёме, в установленные сроки. Студент продемонстрировал умение работать с диагностическим оборудованием (течеискателями, манометрами, сканерами ГБО), проводить измерения, обрабатывать результаты, анализировать диагностические данные. 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 диагностики ГБО 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.

7.2.6 Критерии оценки индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который выполнил индивидуальное задание в соответствии с требованиями. Студент демонстрирует понимание методов расчёта и диагностики ГБО, анализирует свойства газовых топлив, выбирает поколение ГБО и его компоненты, рассчитывает параметры, разрабатывает рекомендации по эксплуатации и диагностике, оценивает экономическую эффективность. Пояснительная записка оформлена в соответствии с требованиями, содержит необходимые расчёты. При защите студент отвечает на вопросы, демонстрирует понимание принципов работы газовых систем. Сформированность индикаторов ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9 оценивается на пороговом или более высоком уровне.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не выполнил индивидуальное задание, выполнил его не в полном объёме или допустил грубые ошибки. Студент не демонстрирует понимания методов расчёта, 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.

7.2.7 Критерии оценки ответа на зачете

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который продемонстрировал достаточный уровень знаний и умений, необходимых для формирования компетенций по дисциплине. Студент ориентируется в свойствах газовых топлив, устройстве ГБО, методах диагностики и обслуживания. Ответы на вопросы в целом правильные, но могут содержать незначительные неточности, не искажающие сути. Студент владеет профессиональной терминологией, способен применять полученные знания для решения практических задач (разработка алгоритма диагностики, анализ неисправностей). Сформированность индикаторов ИПК-5.7, ИПК-5.8, ИПК-5.9 оценивается на пороговом или базовом уровне, что позволяет студенту приступить к выполнению пятого этапа сквозного проекта.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не продемонстрировал достаточного уровня знаний и умений, допущены существенные ошибки, отсутствует понимание ключевых понятий и/или неспособность применять знания на практике. Студент не может выполнить диагностику ГБО, не понимает принципов работы газовых систем. Ответы не соответствуют требованиям, уровень подготовки недостаточен.

7.2.8 Соответствие методов контроля проверяемым индикаторам компетенций

В процессе изучения дисциплины оценивается сформированность знаний и навыков, необходимых для освоения индикаторов компетенции **ПК-5**. Дисциплина является углубляющей для указанной компетенции.

ИПК-5.7. Способен проводить диагностику герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя. Формируется через изучение методов контроля герметичности, работы течеискателей. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, лабораторные работы, зачет.

ИПК-5.8. Способен выполнять регулировку и диагностику газового редуктора по давлению на выходе. Формируется через изучение устройства газовых редукторов, методов регулировки и диагностики. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, лабораторные работы, индивидуальное задание, зачет.

ИПК-5.9. Способен разработать рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО на основе пробега и выявленных дефектов. Формируется через изучение ресурса элементов газобаллонного оборудования, периодичности обслуживания. Проверяется методами: текущее тестирование, устный опрос, практические занятия, индивидуальное задание, зачет.

Оценка сформированности знаний и навыков осуществляется комплексно с использованием всех методов контроля. Результаты текущего и итогового тестирования, устных опросов, выполнения практических и лабораторных работ, защиты индивидуального задания в рамках сквозного проекта, а также зачета учитываются при формировании итоговой оценки по дисциплине и оценке выполнения пятого этапа сквозного проекта. Дисциплина «Системы газобаллонного оборудования двигателей» закладывает содержательную основу для завершающего этапа сквозного проекта, обеспечивая студента знаниями и навыками, необходимыми для эксплуатации, диагностики и обслуживания газобаллонного оборудования, анализа неисправностей и разработки мероприятий по их устранению.

7.3 Оценочные средства

Текущий контроль

Модульная структура дисциплины

Дисциплина изучается в 8-м семестре. Семестр делится на два равных модуля (периода), каждый из которых включает определенные темы.

Модуль 1 (недели 1–8) — Газовые топлива. Конструкция элементов ГБО. Монтаж и настройка

Включает темы: Тема 1. Введение. Обзор газовых топлив и ГБО; Тема 2. Конструкция элементов газобаллонного оборудования; Тема 3. Монтаж и настройка ГБО; Тема 4. Диагностика газобаллонного оборудования.

Модуль 2 (недели 9–16) — Техническое обслуживание и ремонт ГБО. Безопасность эксплуатации. Экономическая эффективность

Включает темы: Тема 5. Техническое обслуживание и ремонт ГБО; Тема 6. Безопасность эксплуатации газовых систем; Тема 7. Эксплуатационные характеристики и экономическая эффективность.

Рубежный контроль по модулям (устный опрос/собеседование)

Модуль 1. Газовые топлива. Конструкция элементов ГБО. Монтаж и настройка

Перечень вопросов для собеседования:

1. Роль газового топлива в современном двигателестроении. Экономические и экологические преимущества использования газа.
2. Классификация газовых топлив: сжатый природный газ (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ), сжиженный нефтяный газ (СНГ, пропан-бутан). Физико-химические свойства газовых топлив.
3. Поколения газобаллонного оборудования (ГБО): от 1-го до 6-го. Типы систем питания: вакуумные, впрыск газа во впускной коллектор, распределённый впрыск газа, непосредственный впрыск.
4. Газовые баллоны: типы (металлические, металлокомпозитные, композитные), устройство, требования к установке.
5. Запорная арматура: вентили, мультиклапаны, их устройство и принцип работы.
6. Редуктор-испаритель: назначение, конструкция, принцип работы, регулировка.
7. Газовые форсунки: типы (электромагнитные, пьезоэлектрические), конструкция, принцип работы.

8. Газовый фильтр. Электронный блок управления (ЭБУ) ГБО: функции, алгоритмы работы, интеграция со штатной системой управления двигателем.
9. Датчики системы: давления газа, температуры, положения дроссельной заслонки.
10. Требования к монтажу ГБО на транспортном средстве. Размещение баллонов, редуктора, форсунок.
11. Требования к газопроводам высокого и низкого давления. Подключение к системе охлаждения и впускному коллектору.
12. Калибровка и настройка ГБО: подбор параметров, адаптация к двигателю. Программное обеспечение для настройки ГБО.
13. Проверка герметичности системы. Технология установки ГБО на автомобили с различными типами двигателей.
14. Диагностические признаки неисправностей ГБО. Методы диагностики: визуальный осмотр, прослушивание, измерение параметров.
15. Диагностика герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя. Проверка давления газа на входе и выходе редуктора.
16. Диагностика газовых форсунок: проверка сопротивления обмоток, проверка производительности. Считывание и анализ кодов неисправностей ЭБУ ГБО.
17. Диагностика системы охлаждения редуктора. Выявление причин нестабильной работы двигателя на газе. Диагностика систем безопасности.

Модуль 2. Техническое обслуживание и ремонт ГБО. Безопасность эксплуатации. Экономическая эффективность

Перечень вопросов для собеседования:

1. Периодичность технического обслуживания ГБО. Операции ТО: проверка герметичности, замена фильтров, проверка и регулировка редуктора, проверка состояния форсунок.
2. Замена баллонов по истечении срока службы. Требования к освидетельствованию баллонов.
3. Ремонт элементов ГБО: замена уплотнений, ремонт редуктора, замена форсунок.
4. Типовые неисправности и методы их устранения. Рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО на основе пробега и выявленных дефектов.
5. Оформление диагностической и ремонтной документации.
6. Потенциальные опасности при эксплуатации ГБО: утечка газа, взрыв, пожар. Требования безопасности при эксплуатации и обслуживании газовых систем.
7. Средства индивидуальной защиты. Правила поведения при обнаружении утечки газа. Порядок действий в аварийных ситуациях.
8. Требования к помещениям для хранения автомобилей с ГБО. Периодические проверки и освидетельствования. Обучение персонала. Нормативные документы по безопасности.
9. Влияние ГБО на мощностные и экономические показатели двигателя. Сравнение расхода топлива на газе и бензине/дизеле.
10. Экологические показатели при работе на газе. Экономическая эффективность переоборудования автомобиля на газ: срок окупаемости, экономия топлива.
11. Факторы, влияющие на эффективность эксплуатации ГБО. Особенности эксплуатации в зимний период. Гарантийные обязательства производителей ГБО.

Рубежный контроль по модулям (тестирование)

Тестирование проводится после завершения изучения каждого модуля. Тест состоит из 20 заданий различного типа. 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 тип газового топлива хранится в жидком состоянии при низкой температуре?**
2. А) КПГ

3. B) СПГ
4. C) СНГ
5. D) Пропан-бутан

Правильный ответ: B

0. **Какой элемент ГБО предназначен для снижения давления газа и его испарения?**
1. A) Газовый баллон
2. B) Редуктор-испаритель
3. C) Газовый фильтр
4. D) Электронный блок управления

Правильный ответ: B

0. **Какое устройство используется для диагностики герметичности газовой магистрали?**
1. A) Манометр
2. B) Течеискатель
3. C) Сканер OBD
4. D) Газоанализатор

Правильный ответ: B

0. **Какой параметр контролируется при диагностике газового редуктора?**
1. A) Температура газа
2. B) Давление газа на выходе
3. C) Расход газа
4. D) Состав газа

Правильный ответ: B

0. **Какая периодичность освидетельствования газовых баллонов установлена нормативными документами?**
1. A) Каждые 5 лет
2. B) Каждые 10 лет
3. C) Каждые 2 года
4. D) Каждые 3 года

Правильный ответ: A

Оценочные средства для индивидуального задания в рамках сквозного проекта

Индивидуальное задание в рамках сквозного проекта позволяет оценить способность студента применять полученные знания для разработки раздела сквозного проекта, связанного с выбором и обоснованием применения ГБО для проектируемого двигателя.

Содержание индивидуального задания:

1. **Анализ свойств газовых топлив.** Студент анализирует физико-химические свойства различных газовых топлив (КПГ, СПГ, СНГ). Обосновывает выбор топлива для проектируемого двигателя с учётом условий эксплуатации, требований к мощности, экономичности, экологичности.
2. **Выбор поколения ГБО и его компонентов.** На основе выбранного топлива и типа двигателя выбирает поколение ГБО. Обосновывает выбор компонентов: тип баллонов, редуктора-испарителя, форсунок, ЭБУ.
3. **Расчёт параметров системы.** Выполняет расчёт необходимой производительности редуктора, цикловой подачи газа, подбор форсунок по производительности.
4. **Разработка рекомендаций по эксплуатации и диагностике.** Разрабатывает рекомендации по техническому обслуживанию ГБО, периодичности проверок, методам диагностики типовых неисправностей. Составляет алгоритм диагностики.
5. **Оценка экономической эффективности.** Выполняет расчёт срока окупаемости переоборудования, экономии топлива.

Требования к оформлению:

Индивидуальное задание выполняется в форме пояснительной записки объемом 10-15 страниц.

Оценочные средства для практических занятий
Типовые задания для практических занятий

Задание 1. Изучение конструкции газовых баллонов различных типов

Изучить конструкцию и маркировку металлических, металлокомпозитных и композитных баллонов. Определить сроки службы и периодичность освидетельствования.

Задание 2. Изучение конструкции редуктора-испарителя и газовых форсунок

Изучить устройство редуктора-испарителя, принцип его работы. Изучить конструкцию электромагнитных и пьезоэлектрических форсунок.

Задание 3. Разработка схемы монтажа ГБО для заданного типа двигателя

Для заданного типа двигателя разработать схему монтажа ГБО: размещение баллонов, редуктора, форсунок, прокладку газопроводов.

Задание 4. Разработка алгоритма пошаговой диагностики неисправности электронной системы управления ГБО

Для заданной неисправности (например, нестабильная работа двигателя на газе) разработать алгоритм пошаговой диагностики.

Задание 5. Анализ требований безопасности при эксплуатации ГБО

Проанализировать требования безопасности при эксплуатации ГБО. Составить инструкцию для водителя.

Оценочные средства для лабораторных занятий
Перечень лабораторных работ и контрольные вопросы для защиты

Лабораторная работа №1. Диагностика газового редуктора (проверка давления на выходе)

Краткое содержание: подключение манометра к выходу редуктора, измерение давления на холостом ходу и при увеличении нагрузки. Сравнение с нормативными значениями.

Контрольные вопросы:

- Какое давление должно быть на выходе редуктора?
- Как изменяется давление при увеличении нагрузки?
- Какие неисправности редуктора можно выявить?

Лабораторная работа №2. Диагностика газовых форсунок (сопротивление, производительность)

Краткое содержание: измерение сопротивления обмоток форсунок мультиметром. Проверка производительности форсунок на стенде.

Контрольные вопросы:

- Какое сопротивление обмоток форсунок считается нормальным?
- Как проверяется производительность форсунок?
- Какие признаки неисправности форсунок?

Лабораторная работа №3. Регулировка газового редуктора

Краткое содержание: настройка давления на выходе редуктора с помощью регулировочного винта. Проверка стабильности давления.

Контрольные вопросы:

- Как выполняется регулировка редуктора?
- Какие параметры контролируются при регулировке?
- Каковы последствия неправильной регулировки?

Лабораторная работа №4. Сравнение мощностных и экономических показателей работы двигателя на бензине и газе

Краткое содержание: проведение испытаний двигателя на бензине и газе. Сравнение мощности, крутящего момента, расхода топлива.

Контрольные вопросы:

- Как изменяется мощность двигателя при работе на газе?
- Как изменяется расход топлива?
- Каковы причины различий?

Лабораторная работа №5. Оценка экологических показателей двигателя при работе на газе (газоанализ)

Краткое содержание: измерение концентраций CO, CH, NOx при работе двигателя на бензине и газе. Сравнение результатов.

Контрольные вопросы:

- Как изменяется токсичность при работе на газе?
- Какие компоненты снижаются наиболее значительно?
- Почему газ является более экологичным топливом?

Оценочные средства для курсовой работы (проекта)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены. Результаты освоения дисциплины используются при выполнении выпускной квалификационной работы для разработки рекомендаций по эксплуатации и диагностике газовых систем.

Промежуточная аттестация (зачет)

Условия допуска к зачету

Студент допускается к сдаче зачета 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 (5 лабораторных работ).
- Выполнение и защита всех практических занятий (не менее 80% заданий выполнены и защищены).
- Выполнение и защита индивидуального задания в рамках сквозного проекта с оценкой не ниже «удовлетворительно».
- Отсутствие академической задолженности по дисциплине.

Структура билета на зачете

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, охватывающим весь материал дисциплины. В процессе собеседования студенту может быть предложено выполнить практическое задание.

Структура собеседования:

- **Теоретический вопрос 1:** из области газовых топлив, конструкции элементов ГБО, монтажа и настройки, диагностики.
- **Теоретический вопрос 2:** из области технического обслуживания, ремонта, безопасности эксплуатации, экономической эффективности.
- **Практическое задание:** разработка алгоритма диагностики, расчёт параметров, анализ неисправности.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Классификация газовых топлив. Физико-химические свойства КПГ, СПГ, СНГ.
2. Поколения газобаллонного оборудования (ГБО). Типы систем питания.

3. Газовые баллоны: типы, устройство, требования к установке.
4. Запорная арматура: вентили, мультиклапаны.
5. Редуктор-испаритель: назначение, конструкция, принцип работы, регулировка.
6. Газовые форсунки: типы, конструкция, принцип работы.
7. Электронный блок управления (ЭБУ) ГБО: функции, алгоритмы работы.
8. Требования к монтажу ГБО. Размещение компонентов.
9. Калибровка и настройка ГБО. Программное обеспечение для настройки.
10. Проверка герметичности системы.
11. Диагностические признаки неисправностей ГБО.
12. Диагностика герметичности газовой магистрали с помощью течеискателя.
13. Диагностика газового редуктора по давлению на выходе.
14. Диагностика газовых форсунок (сопротивление, производительность).
15. Считывание и анализ кодов неисправностей ЭБУ ГБО.
16. Периодичность технического обслуживания ГБО. Операции ТО.
17. Замена баллонов. Требования к освидетельствованию баллонов.
18. Ремонт элементов ГБО. Типовые неисправности и методы их устранения.
19. Разработка рекомендаций по замене/обслуживанию элементов ГБО.
20. Потенциальные опасности при эксплуатации ГБО. Требования безопасности.
21. Средства индивидуальной защиты. Правила поведения при утечке газа.
22. Требования к помещениям для хранения автомобилей с ГБО.
23. Влияние ГБО на мощностные и экономические показатели двигателя.
24. Экологические показатели при работе на газе.
25. Экономическая эффективность переоборудования автомобиля на газ.

Примеры практических заданий для зачета

Пример 1. Разработка алгоритма диагностики

Задание: Для неисправности «двигатель нестабильно работает на газе» разработать алгоритм пошаговой диагностики. Указать последовательность проверок, контролируемые параметры, возможные причины.

Пример 2. Расчёт параметров ГБО

Задание: Для двигателя мощностью 100 кВт, работающего на пропан-бутане, рассчитать необходимую производительность редуктора. Выбрать форсунки по производительности. Плотность пропан-бутана 2,2 кг/м³, расход газа 12 л/100 км, пробег 100 км/ч.

Пример 3. Анализ неисправности

Задание: При диагностике ГБО обнаружено: давление на выходе редуктора 1,0 атм (норма 1,2-1,5 атм), форсунки работают, двигатель на газе работает нестабильно. Определить возможные причины. Предложить дальнейшие действия.

Пример 4. Разработка рекомендаций по обслуживанию

Задание: Для автомобиля с пробегом 50 000 км, оборудованного ГБО, разработать рекомендации по замене/обслуживанию элементов ГБО. Указать периодичность замены фильтров, диагностики редуктора, освидетельствования баллонов.