

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»**  
**Инженерно-физический факультет высоких технологий**

Глущенко А.А.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**  
**СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОМБИНИРОВАННЫЕ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»**

для студентов специалитета по направлению 25.03.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» и бакалавриата по направлению 23.03.02 – «Наземные транспортно-технологические комплексы» всех форм обучения

Ульяновск, 2019

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Комбинированные энергетические установки» / составитель: А.А. Глущенко. - Ульяновск: УлГУ, 2019.

Настоящие методические указания предназначены для студентов специалитета по направлению 25.03.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» и бакалавриата по направлению 23.03.02 – «Наземные транспортно-технологические комплексы» всех форм обучения, изучающих дисциплину «Комбинированные энергетические установки». В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала, контрольные вопросы для самоконтроля, кейсы и тесты для самостоятельной работы.

Студентам заочной формы обучения следует использовать данные методические указания при самостоятельном изучении дисциплины. Студентам очной формы обучения они будут полезны при подготовке к практическим занятиям и к экзамену по данной дисциплине.

*Рекомендованы к введению в образовательный процесс Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ (протокол № 11 от 18 июня 2019 г.).*

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Литература для изучения дисциплины.....	4
2	Тема 1. Современные проблемы экологии и ресурсосбережения применительно к двигателям внутреннего сгорания.....	5
3	Тема 2. Классификация гибридных силовых установок.....	6
4	Тема 3. Современные конструкции и характеристики элементов гибридного привода.....	9
5	Тема 4. Особенности эксплуатационных режимов работы установок с ДВС.....	12
6	Тема 5. Оценка степени повышения эксплуатационной топливной экономичности гибридного автомобиля.....	15
7	Тема 6. Оценка потребной емкости аккумулирующей системы гибридной силовой установки автомобиля.....	16
8	Тема 7. Конструкция гибридной силовой установки легкового автомобиля.....	
9	Тема 8. Перспективы применения гибридных силовых установок на транспорте	

## 1. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Острецов, В. Н. Электропривод и электрооборудование: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / В. Н. Острецов, А. В. Палицын. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 239 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-02840-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437446>

2. Охотников, Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Б. Л. Охотников. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 139 с. — ISBN 978-5-7996-1204-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68414.html>

3. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие / Ю. В. Подураев. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-4497-0063-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/86501.html>

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Методические рекомендации по работе с текстом учебной литературы

1. Прочитайте весь текст, составьте целостное представление об изложенных в нем технических средствах и устройствах, принципах работы, рабочих процессах, закономерностях, явлениях. Внимательно рассмотрите схемы, графики, таблицы и другие иллюстрации.

2. Обратите внимание на выделенные в тексте новые понятия. Формулировки законов, обобщения, закономерности, выводы, основные факты.

3. Составьте развернутый план, это поможет в осмыслении научной информации.

4. Вспомните, что изучалось ранее по данной тематике. Иногда необходимо восстановить в памяти базовые положения, принципы, законы, понятия.

5. Постарайтесь связать учебную информацию с современностью, определить значение новых знаний для будущей профессиональной деятельности.

6. В случае необходимости обратитесь к техническим словарям, энциклопедиям. Выпишите новые понятия, термины иностранного происхождения, произнесите их вслух.

7. Проверьте, как усвоен новый материал, перескажите его, пользуясь планом, затем без него.

8. Подготовьте ответы на вопросы и задания, которые помещены в конце каждой темы.

9. Выполните задания, предложенные преподавателем.

## **ТЕМА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДВИГАТЕЛЯМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

### **Основные вопросы темы:**

1. Экологические проблемы использование ДВС. Экологические проблемы использования углеводородного топлива.
2. Современные методы улучшения качества дизельных топлив.
3. Ресурсосбережения применительно к двигателям внутреннего сгорания.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопрос 1 изложен в учебнике [1], учебном пособии [3].

Для самостоятельного изучения вопроса 2 следует обратиться к материалам учебного пособия [3], учебника [2].

### **Контрольные вопросы:**

1. Системы для поддержания постоянства стехиометрического состава горючей смеси
2. Тенденция развития перспективных энергетических установок (по материалам патентных источников).
3. Современные методы омологирования эксплуатируемых АТС.
4. Передвижные эколого-диагностические системы.
5. Сравнительная энерго-экологическая оценка альтернативных моторных топлив.
6. Тенденции развития систем зажигания бензиновых ДВС.
7. Анализ работы катализаторов-нейтрализаторов отработавших газов бензиновых ДВС.
8. Анализ работы катализаторов-нейтрализаторов отработавших газов дизелей.
9. Альтернативные моторные топлива.
10. АТС на топливных элементах
11. Современное состояние инжекторных систем питания ДВС и их сравнительная экологическая безопасность
12. Интенсификация рабочего процесса ДВС с искровым зажиганием
13. Рециркуляция отработавших газов
14. Совместное применение рециркуляции отработавших газов с другими методами снижения вредных выбросов ОГ
15. Анализ методов снижения выбросов сажи дизелей.
16. Экологическая экспертиза лаборатории для испытаний бензиновых ДВС.
17. Экологическая экспертиза лаборатории для испытаний дизелей.
18. Экологическая экспертиза научных, технологических и производственных решений.
19. Экологический паспорт закрытой автостоянки.
20. Сертификация газобаллонных АТС.
21. Энерго-экологическая оценка АТС на СНГ.
22. Энерго-экологическая оценка АТС на СПГ.
23. Энерго-экологическая оценка газодизельного АТС.
24. Управление движением АТС помощью глобальной системы позиционирования (Global Positioning System GPS).

25. Анализ удельной энерго(эколого)емкости транспортных средств по части их дизелизации, газификации и диверсификации по грузоподъемности и сферам услуг.
26. Сравнение ПДК, ПДВ.
27. Бортовые диагностические системы.
28. Система Common Rail.
29. Стационарные эколого-диагностические станции (центры).
30. Эколого-экономическая оценка омологирования АТС.

**Тесты для самостоятельной работы:**

1. Что входит в понятие «природная среда»?
  - а) Все, что окружает человека
  - б) Природные компоненты, явления, процессы, существующие на земле и вокруг нее
  - в) Искусственно созданная человеком материальная среда
  - г) Уровень развития средств производства
  
2. Охрана исчерпаемых ресурсов сводится к –
  - а) бережному расходованию
  - б) использованию вторичного сырья
  - в) закупке необходимых ресурсов в более обеспеченных районах
  
3. Что такое биосфера?
  - а) воздушная среда; б) среда абиотическая; в) область существования.
  
4. Что такое экология?
  - а) наука о природе;
  - б) наука о закономерностях взаимоотношения между организмами и средой обитания.
  
5. Природные ресурсы- это
  - а) тела и свойства природной среды, которые используются или могут быть использованы для удовлетворения физических и духовных потребностей общества
  - б) процессы и тела биосферы, которые воздействуют на людей и на производство своими физическими и химическими свойствами, но при этом не расходуются и не присваиваются
  - в) природные тела, которые воздействуют на физические и химические свойства среды.
  
6. Основные свойства природных ресурсов –
  - а) неисчерпаемость
  - б) расходимость
  - в) Возможность изъятия из природы для превращения в те или иные предметы.
  
7. Исчерпаемые природные ресурсы можно поделить на следующие группы
  - а) возобновимые, невозновимые
  - б) культурные
  - в) Рекреационные
  
8. Обеспечить рациональное использование минеральных ресурсов можно

посредствам –

- а) максимально полного и комплексного извлечения из месторождений
- б) открытия новых месторождений
- в) малоотходного и безотходного использования сырья в производстве

9. Проблема нехватки топливно-энергетических ресурсов может быть решена:

- а) путем снижения потерь топлива и энергии при транспортировке и использовании
- б) путем перехода на нетрадиционные источники
- в) путем увеличения добычи горючих полезных ископаемых

10. Какое вещество является главным при загрязнении атмосферы?

- а) углекислый газ;
- б) фенол;
- в) нефтепродукты.

## **ТЕМА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИБРИДНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК**

### **Основные вопросы темы:**

1. Типы гибридного транспорта.
2. Классификация гибридных силовых установок.
3. Последовательный, параллельный и последовательно-параллельный типы.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопрос 1 изложен в учебнике [1], учебном пособии [3].

Для самостоятельного изучения вопроса 2 следует обратиться к учебному пособию [2] и учебнику [1].

Теоретические аспекты вопроса 3 рассматриваются в учебных пособиях [1, 3].

### **Контрольные вопросы:**

1. История создания первых гибридных силовых установок.
2. Дизель-электрический трактор. Теплоход. Принцип работы силовых установок.
3. Первые автомобили с гибридными силовыми установками.
4. Автомобильные гибридные силовые установки. Типы гибридных силовых установок.
5. Общие принципы функционирования гибридных силовых установок в составе транспортных средств.
6. Классификация гибридных силовых установок.
7. Последовательная схема гибридной силовой установки. Структурная схема привода.
8. Режимы работы гибридной силовой установки с последовательной схемой.
9. Параллельная схема гибридной силовой установки. Структурная схема привода.
10. Варианты выполнения параллельных схем. Силовые соединительные устройства.
11. Типы и схемы силовых соединительных устройств при параллельной схеме гибридной силовой установки.
12. Режимы работы гибридной силовой установки с параллельной схемой.
13. Стратегия управления работой гибридной силовой установки, выполненной по последовательной схеме.

14. Стратегия управления работой гибридной силовой установки, выполненной по параллельной схеме.

15. Модификации гибридных силовых установок. Гибридные силовые установки с электродвигателями малой мощности.

16. Последовательно-параллельная схема гибридной силовой установки.

17. Рабочие циклы поршневых двигателей для гибридных силовых установок

### **Тесты для самостоятельной работы:**

1 В качестве тяговых двигателей, как правило, применяют

- а) двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в сочетании с электродвигателями,
- б) ДВС с пневмодвигателями (ПД)
- в) электродвигатели в сочетании с ПД.
- г) ДВС с электродвигателями и ПД.

2. Источниками энергии являются

- а) химическая энергия топлива,
- б) химическая энергия накопителей электрической энергии,
- в) топливные элементы,
- г) механическая энергия, накопленная в баллонах высокого давления,
- д) отработавшие газы.

3. Гибридные установки классифицируются на

- а) последовательные,
- б) параллельные,
- в) последовательно-параллельные,
- г) перпендикулярно-последовательные,
- д) с перекрытием канала энергии.

4. Гибридные силовые установки обладают рядом существенных недостатков:

- а) повышенная сложность конструкции и системы управления.
- б) увеличенная масса
- в) увеличенная стоимость, в том числе и эксплуатационная,
- г) низкая надежность.

5. Преимущества гибридных установок

- а) повышенная сложность конструкции и системы управления.
- б) увеличенная экономичность
- в) увеличенная стоимость, в том числе и эксплуатационная,
- г) низкая надежность.

6. Классификация по абсолютной доле (PE)

- а) микро гибрид (менее 6 кВт)
- б) малый гибрид (6 - 20 кВт)
- в) полный гибрид (более 40 кВт)
- г) супер гибрид (более 120 кВт).



### **ТЕМА 3. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ГИБРИДНОГО ПРИВОДА**

#### **Основные вопросы темы:**

1. Тяговый электропривод гибридного автомобиля.
2. Вентильный двигатель, его описание и принцип работы.
3. Система управления вентильным двигателем.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Первый вопрос изложен в учебнике [1], учебном пособии [3].

Вопрос 2 изложен в учебнике [1], учебных пособиях [2, 3].

Вопросы 3, 4 и 5 изложены в учебнике [1] и учебном пособии [2].

#### **Контрольные вопросы:**

1. Типы электропривода гибридных автомобилей.
2. Элементы современных гибридных установок.
3. Какие элементы входят в состав современных гибридных систем электропривода.
4. Приведите примеры систем с электроприводом.
5. Типы электродвигателей используемые в автомобилях.
6. Вентильные двигатели, устройство, характеристики.
7. Синхронные и асинхронные двигатели.
8. Типы систем управления электроприводом.
9. Стратегия управления работой гибридной силовой установки, выполненной по последовательной схеме.
10. Стратегия управления работой гибридной силовой установки, выполненной по параллельной схеме.
11. Модификации гибридных силовых установок.
12. Гибридные силовые установки с электродвигателями малой мощности.

### **ТЕМА 4. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВОК С ДВС**

#### **Основные вопросы темы:**

1. Эксплуатационные режимы работы гибридного привода.
2. Режим работы гибридного привода различных автомобилей.
3. Системная блок схема и принцип работы инвертора.

#### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1 и 2 рассмотрены в учебнике [1] и учебном пособии [3].

Вопросы 3 изложены в учебнике [1] и учебных пособиях [2, 3].

#### **Контрольные вопросы:**

1. Рабочие циклы поршневых двигателей для гибридных силовых установок.
2. Цикл Аткинсона. Кинематическая схема кривошипно-шатунного механизма для реализации цикла Аткинсона.

3. Кинематика кривошипно-шатунного механизма двигателя, работающего по циклу Аткинсона.
4. Силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме двигателя, работающего по циклу Аткинсона.
5. Цикл Миллера.
6. Бескривошипные поршневые двигатели. Возможности реализации цикла Аткинсона в бескривошипном поршневом двигателе.
7. Особенности внутрицилиндровых рабочих процессов газодизеля. Запальная порция топлива. Коэффициент избытка воздуха.
8. Газопоршневые станции. Рабочий цикл. Система зажигания.
9. Газопоршневые станции. Воспламенение. Обеспечение безопасности. КПД установки.
10. Гибридные пневматические силовые установки. Принципиальная схема установки.
11. Эффективность гибридной пневматической силовой установки. Затраты мощности на привод компрессора.
12. Гибридные инерционные силовые установки. Принципиальная схема установки.

## **ТЕМА 5. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ**

### **Основные вопросы темы:**

1. Расход топлива при установившемся движении автомобиля с ГСУ.
2. Расход топлива при переменных режимах движения автомобиля с ГСУ.
3. Методы испытаний автомобилей с ГСУ.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1-8 изложены в учебнике [1] и учебных пособиях [2, 3].

### **Контрольные вопросы:**

1. Виды режимов работы гибридных силовых установок.
2. Виды режимов работы тяговых электродвигателей.
3. Влияние режимов работы электропривода на расход топлива поршневым двигателем.
4. Влияние режимов движения гибридных автомобилей на расход топлива поршневым двигателем.
5. Применение систем управления снижения нагрузки на двигатель.

### **Тесты для самостоятельной работы:**

- 1) Какая из указанных неисправностей приводит к неполному включению сцепления?

## **ТЕМА 6. ОЦЕНКА ПОТРЕБНОЙ ЕМКОСТИ АККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ АВТОМОБИЛЯ**

### **Основные вопросы темы:**

1. Рекуперация энергии торможения. Система рекуперации энергии при торможении для автомобилей с ГСУ. Использование системы рекуперации энергии на легковых и грузовых автомобилях. Способы рекуперации энергии торможения на автомобиле с ГСУ.

2. Механическое аккумулирование энергии.
3. Принцип гидравлического аккумулирования энергии.
4. Принцип теплового аккумулятора.
5. Принцип работы электрохимического накопителя энергии.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1 и 2 рассмотрены в учебнике [1] и учебном пособии [3].

Вопросы 3 и 4 изложены в учебнике [1], учебных пособиях [2] и [3].

**Контрольные вопросы:**

1. Методы и способы получения энергии в гибридных автомобилях.
2. Рекуперация энергии торможения.
3. Система рекуперации энергии при торможении для автомобилей с ГСУ.
4. Использование системы рекуперации энергии на легковых автомобилях.
5. Использование системы рекуперации энергии на грузовых автомобилях.
6. Способы рекуперации энергии торможения на автомобиле с ГСУ.
7. Механическое аккумулирование энергии.
8. Принцип гидравлического аккумулирования энергии.
9. Принцип теплового аккумулятора.
10. Принцип работы электрохимического накопителя энергии.

## **ТЕМА 7. КОНСТРУКЦИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ**

**Основные вопросы темы:**

1. Типы гибридных силовых установок.
2. Общие принципы функционирования гибридных силовых установок в составе транспортных средств.
3. Классификация гибридных силовых установок.

**Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1 и 2 рассмотрены в учебнике [1] и учебном пособии [3].

Вопросы 3 и 4 изложены в учебнике [1], учебных пособиях [2] и [3].

**Контрольные вопросы:**

1. Типы гибридных силовых установок.
2. Классификация гибридных силовых установок.
3. Особенности режимов работы гибридных установок.
4. Конструктивные особенности автомобилей с ГСУ.
5. Конструктивные особенности автомобилей с ГСУ последовательного типа.
6. Конструктивные особенности автомобилей с ГСУ параллельного типа.
7. Конструктивные особенности автомобилей с ГСУ последовательно-параллельного типа.

## **ТЕМА 8. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК НА ТРАНСПОРТЕ**

### **Основные вопросы темы:**

1. Перспективы применения гибридных силовых установок на транспорте.
2. Состояние и перспективы развития электротрансмиссий для электрического и гибридного транспорта.

### **Рекомендации по изучению темы:**

Вопросы 1 и 2 изложены в учебнике [1], учебных пособиях [2] и [3].

### **Контрольные вопросы:**

1. Методы и способы совершенствования конструкций ГСУ.
2. Направления оптимизации контроля режимов работы ГСУ.
3. Направления развития трансмиссий автомобилей с ГСУ.
4. Перспективы и возможности перехода на электротяговые системы.