

## **Лекция 19. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ И ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГИБРИДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА.**

1. Значение электрификации транспортных систем.
2. Исторический обзор и текущие тенденции
3. Технологии и компоненты электрических транспортных средств
4. Технологии и компоненты гибридных транспортных средств
5. Экологические и экономические аспекты
6. Будущее электрификации транспортных систем

### **19.1. Значение электрификации транспортных систем**

Электрификация транспортных систем представляет собой ключевой элемент в переходе к устойчивому и экологически чистому транспорту. Основная цель этой инициативы заключается в сокращении зависимости от ископаемых видов топлива, таких как нефть и газ, и в снижении углеродных выбросов, связанных с транспортом. Электрические транспортные средства (ЭТС) и гибридные транспортные средства (ГТС) играют центральную роль в этом процессе, способствуя более эффективному использованию энергетических ресурсов и снижению общего уровня загрязнения окружающей среды.

**Техническое значение электрификации** заключается в интеграции передовых технологий аккумуляторных систем и электродвигателей, что позволяет достигать высокой эффективности преобразования энергии и минимизировать потери на преобразование энергии. Это способствует улучшению производительности транспортных средств и снижению их эксплуатационных затрат.

**Экономическое значение** электрификации также имеет важное значение, поскольку оно предполагает сокращение затрат на топливо и техническое обслуживание. Электрические транспортные средства имеют

меньше движущихся частей по сравнению с традиционными транспортными средствами с двигателями внутреннего сгорания, что снижает износ и необходимость в частом обслуживании.

### **Влияние на экологию и устойчивое развитие**

Электрификация транспортных систем оказывает существенное влияние на экологию и устойчивое развитие. В первую очередь, **экологическое влияние** заключается в значительном снижении выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу. Электрические транспортные средства не выбрасывают углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) или частицы (PM), которые являются основными источниками загрязнения воздуха и ухудшают качество жизни в городских агломерациях.

Кроме того, **переход на электрический транспорт** способствует уменьшению зависимости от нефти и других ископаемых топлив, что снижает экологическую нагрузку, связанную с добычей и переработкой этих ресурсов. Это также способствует сохранению природных экосистем и снижению уровня воздействия на биоразнообразие.

**Устойчивое развитие** является еще одной ключевой областью влияния электрификации транспортных систем. Переход на электрический транспорт способствует интеграции возобновляемых источников энергии в транспортный сектор. Электрические транспортные средства могут быть заряжены от источников возобновляемой энергии, таких как солнечные и ветряные электростанции, что снижает общий углеродный след.

Вдобавок, развитие электрификации транспортных систем стимулирует инновации и технологические достижения в смежных областях, таких как аккумуляторные технологии и системы управления энергией. Это создает новые рабочие места и способствует экономическому росту в рамках зеленой экономики, что является важным аспектом устойчивого развития.

Таким образом, электрификация транспортных систем представляет собой стратегически важный шаг в направлении более устойчивого, экологически чистого и экономически эффективного будущего.

## **19.2. Основные понятия и определения**

**Электрические транспортные средства (ЭТС)** представляют собой транспортные средства, которые используют электрическую энергию в качестве основного источника энергии для движения. В их конструкцию входят аккумуляторные батареи или топливные элементы, которые преобразуют электрическую энергию в механическую.

### **Принципы работы:**

- **Аккумуляторные батареи.** Основные элементы питания для ЭТС. Современные батареи могут быть литий-ионными, литий-железо-фосфатными или другими передовыми типами. Они обеспечивают хранение энергии, которая затем передается электродвигателю.

- **Электродвигатели.** Преобразуют электрическую энергию в механическую работу. Электродвигатели обладают высокой эффективностью, низким уровнем шума и отсутствием выбросов загрязняющих веществ.

- **Системы управления энергией.** Включают инверторы и системы управления зарядом, которые оптимизируют распределение энергии, улучшая производительность и эффективность.

### **Современные тренды:**

- **Твердотельные батареи.** Исследуются твердотельные батареи, которые обещают значительно улучшить запас энергии, безопасность и долговечность по сравнению с традиционными литий-ионными батареями.

- **Батареи на основе натрия.** Эти батареи изучаются как альтернатива литий-ионным из-за их низкой стоимости и доступности сырья.

- **Беспроводная зарядка.** Внедрение беспроводной зарядки, включая резонансные и индукционные системы, упрощает зарядку и улучшает удобство.

- **Системы управления энергией.** Продвинутая система управления энергией, включая прогнозирование потребностей в зарядке и интеграцию с умными сетями (smart grids), позволяет оптимизировать использование энергии.

**Гибридные транспортные средства (ГТС)** сочетают традиционные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) с электрическими системами. Они могут использовать оба источника энергии для улучшения эффективности и снижения выбросов.

#### **Принципы работы:**

- **Системы многорежимного привода.** ГТС могут работать на электрическом двигателе, на ДВС или на комбинации обоих, в зависимости от режима работы и условий эксплуатации.

- **Рекуперативное торможение.** При замедлении или торможении электрический двигатель действует как генератор, возвращая часть энергии в аккумуляторные батареи.

- **Интеллектуальное управление энергией.** ГТС используют сложные алгоритмы для оптимального распределения нагрузки между электрическим и традиционным двигателем.

#### **Современные тренды:**

- **Подключаемые гибридные системы (PHEV).** Эти системы позволяют заряжать батареи от внешних источников и использовать электрический режим на больших расстояниях, что делает их более конкурентоспособными с полностью электрическими транспортными средствами.

- **Гибридные трансмиссии с постоянным сцеплением.** Разработки направлены на улучшение эффективности и производительности гибридных систем за счет инновационных трансмиссий.

**Зеленые технологии в транспортной сфере** направлены на минимизацию негативного воздействия транспортных систем на окружающую среду и на оптимизацию использования ресурсов.

Таблица 19.1.

**Сравнение гибридных и микроэлектрических сетей**

Параметр	Гибридные Сети	Микроэлектрические Сети
Определение	Системы, использующие комбинацию различных источников энергии.	Независимые системы, работающие автономно от основной сети.
Источники энергии	Солнечные панели, ветрогенераторы, дизельные генераторы и др.	Солнечные панели, ветрогенераторы, батареи и др.
Основная цель	Обеспечение надежности и оптимизация использования энергии.	Обеспечение автономности и устойчивости в условиях ограниченного доступа к энергии.
Контроль и управление	Интеграция систем управления для оптимизации работы различных источников.	Автономные системы управления и мониторинга.
Экологические аспекты	Снижение выбросов за счет использования возобновляемых источников.	Минимизация зависимости от внешних источников энергии, снижение углеродного следа.
Экономические аспекты	Снижение затрат на топливо и обслуживание за счет интеграции возобновляемых источников.	Уменьшение затрат на энергию и повышение независимости от централизованных систем.

**Ключевые принципы и направления:**

- **Использование возобновляемых источников энергии.** Зарядка электрических транспортных средств от солнечных, ветряных и гидроэлектростанций снижает зависимость от ископаемых топлив и уменьшает углеродный след.

- **Энергоэффективность.** Разработка транспортных средств с высокоэффективными системами привода, легкими и аэродинамическими

конструкциями для уменьшения расхода энергии и повышения общей эффективности.

- **Развитие зарядной инфраструктуры.** Создание и модернизация зарядных станций, внедрение быстрых зарядных технологий и создание сетей зарядных точек для удобства пользователей электромобилей.

- **Умные транспортные системы.** Интеграция технологий управления транспортными потоками, оптимизация маршрутов и внедрение решений для улучшения общего управления транспортной инфраструктурой.

#### **Современные тренды и дополнительные аспекты:**

- **Водородные технологии.** Разработка водородных топливных элементов для транспортных средств, которые выбрасывают только воду как побочный продукт, обеспечивая нулевой уровень загрязнения при эксплуатации.

- **Автономные электромобили.** Развитие технологий автономного вождения, которые могут снизить аварийность, оптимизировать маршруты и улучшить общую эффективность транспортных систем.

- **Системы микрогридов.** Интеграция электромобилей в энергосистему через технологии микрогридов, позволяя использовать батареи транспортных средств как элементы хранения энергии в сетях.

- **Умные дороги и инфраструктура.** Разработка дорожной инфраструктуры, которая взаимодействует с транспортными средствами для управления потоками трафика, мониторинга состояния дорожного покрытия и снижения воздействия на окружающую среду.

- **Энергетические хабы и точки зарядки.** Создание энергетических хабов, которые объединяют зарядные станции для электромобилей с другими зелеными технологиями, такими как солнечные панели и системы хранения энергии.

- **Эволюция городской мобильности.** Внедрение электрических скутеров, велосипедов и других небольших электромобилей для более экологичного и удобного перемещения в городах.

- **Анализ жизненного цикла и вторичная переработка.** Применение методов оценки жизненного цикла (LCA) для анализа экологических последствий транспортных средств на всех этапах, от производства до утилизации, а также разработка технологий для переработки и повторного использования аккумуляторов и других компонентов.

Эти принципы и направления представляют собой передовые подходы к созданию более устойчивых и экологически чистых транспортных систем, которые играют ключевую роль в будущем транспортной отрасли.

### **19.3. Исторический обзор и текущие тенденции**

**Исторический обзор. Ранние разработки.** В начале 20 века, когда бензиновые автомобили начали доминировать, электрические транспортные средства переживали спад. Однако с учетом роста интереса к экологическим вопросам и техническим инновациям, 21 век стал эпохой возрождения электрических автомобилей.

**Возрождение и развитие.** В начале 2000-х годов, с запуском таких моделей как Tesla Roadster и Nissan Leaf, а также с поддержкой со стороны правительств через налоговые льготы и субсидии, электрические автомобили начали набирать популярность. Это также связано с улучшением технологий батарей и зарядных станций.

**Текущие тенденции. Переход к массовому производству.** Переход к массовому производству электромобилей и гибридов стал очевидным благодаря снижению цен на батареи, улучшению технологий и росту интереса со стороны потребителей. Многие автопроизводители, включая

традиционных игроков и стартапы, начали выпускать электрические и гибридные модели.

**Системы по управлению энергией и зарядкой.** Интеграция с умными сетями и разработка передовых систем управления энергией играют ключевую роль в обеспечении эффективного использования энергии и поддержки зарядной инфраструктуры. Технологии, такие как V2G (Vehicle-to-Grid), позволяют транспортным средствам не только получать заряд, но и возвращать энергию в сеть.

**Глобальные инициативы и регулирование.** Многие страны разрабатывают амбициозные планы по переходу на электрические транспортные средства. Например, страны ЕС, Китай и США устанавливают строгие нормы по выбросам и планируют постепенный переход к продаже только электрических автомобилей в ближайшие десятилетия.

### **Развитие электрических и гибридных транспортных средств**

**Электрические транспортные средства (ЭТС). Будущие технологии:**

- **Автономные электрические транспортные средства.** Внедрение полностью автономных электрических автомобилей открывает новые возможности для повышения безопасности, улучшения трафика и снижения потребления энергии.

- **Модульные и многофункциональные конструкции.** Новые концепции модульных транспортных средств, которые могут быть адаптированы для различных целей, от личного транспорта до коммерческих решений.

- **Снижение затрат и повышение доступности.** Снижение стоимости батарей и улучшение масштабируемости производства способствуют снижению цен на электрические транспортные средства, что делает их более доступными для широкой аудитории.



## **Гибридные транспортные средства (ГТС). Эволюция гибридных технологий:**

- **Системы с возможностью полного электрического пробега.** Новые гибридные системы предлагают значительный запас хода на электрической тяге, что сокращает необходимость в использовании ДВС и снижает общий уровень выбросов.

- **Интеграция с водородными технологиями.** Разработка гибридных систем, которые используют водородные топливные элементы в сочетании с батареями для улучшения дальности и производительности.

- **Будущее гибридных транспортных средств.** Гибридные транспортные средства будут продолжать эволюционировать в направлении улучшения их эффективности и интеграции с новыми источниками энергии.

### **Ключевые достижения и вызовы**

- **Долговечность и надежность.** Современные батареи обладают улучшенной долговечностью и надежностью, что способствует увеличению срока службы электрических транспортных средств.

- **Поддержка инновационных программ.** Глобальные и национальные программы по поддержке электрических и гибридных транспортных средств способствуют развитию рынка и внедрению новых технологий.

### **Вызовы:**

- **Инфраструктура для утилизации.** Разработка эффективных и устойчивых методов утилизации старых аккумуляторов и других компонентов является важной задачей для снижения воздействия на окружающую среду.

- **Технические и экономические барьеры.** Оставшиеся технические и экономические барьеры, такие как стоимость батарей и

доступность редкоземельных материалов, продолжают влиять на развитие и распространение электрических транспортных средств.

### **Рынок и перспектива**

- **Динамика роста.** Рынок электрических транспортных средств и гибридов демонстрирует динамичный рост. Прогнозируется, что доля электрических и гибридных автомобилей будет увеличиваться по мере развития технологий и расширения инфраструктуры.

- **Инвестиции и сотрудничество.** Инвестиции со стороны крупных автопроизводителей, стартапов и правительств в развитие новых технологий и инфраструктуры способствуют ускорению перехода на электрический транспорт.

Таблица 19.2.

### **Примеры компонентов гибридных систем электроснабжения**

<b>Компонент</b>	<b>Описание</b>	<b>Примеры использования</b>
Солнечные панели	Преобразуют солнечную энергию в электрическую.	Используются для генерации электроэнергии в гибридных системах.
Ветрогенераторы	Преобразуют кинетическую энергию ветра в электрическую.	Обеспечивают дополнительную энергию в гибридных системах.
Аккумуляторы	Хранят электрическую энергию для последующего использования.	Используются для хранения избыточной энергии и повышения надежности систем.
Генераторы	Используются в качестве резервного источника энергии.	Дизельные или газовые генераторы для обеспечения надежности.
Системы управления	Обеспечивают оптимизацию работы различных источников энергии.	Интеграционные платформы для контроля и управления гибридными системами.

### **Будущие перспективы:**

- **Интеграция с умными городами и транспортными системами.** Электрические и гибридные транспортные средства будут играть ключевую роль в умных городах, улучшая управление транспортными потоками и взаимодействие с городской инфраструктурой.

- **Разработка новых бизнес-моделей.** Появление новых бизнес-моделей, таких как совместное использование автомобилей и транспортные сервисы по подписке, будет способствовать увеличению доступа к электрическим транспортным средствам.

Таким образом, развитие электрических и гибридных транспортных средств представляет собой сложный и многогранный процесс, который продолжает эволюционировать в ответ на вызовы и возможности, предоставляемые современными технологиями и глобальными инициативами.

#### **19.4. Технологии и компоненты электрических транспортных средств**

##### **Аккумуляторные батареи и системы хранения энергии**

- **Литий-ионные батареи (Li-ion).** Литий-ионные батареи остаются основными источниками энергии для большинства современных электрических транспортных средств благодаря своей высокой плотности энергии, долговечности и относительно низкой стоимости. Современные исследования направлены на улучшение их емкости, безопасности и долговечности. В последние годы наблюдается тенденция к внедрению батарей с использованием новых химических элементов, таких как литий-железо-фосфат ( $\text{LiFePO}_4$ ), которые обеспечивают большую безопасность и долговечность.

- **Твердотельные батареи.** Твердотельные батареи представляют собой передовую технологию, которая использует твердотельный электролит вместо жидкого. Это позволяет улучшить плотность энергии, повысить безопасность и продлить срок службы батарей. Ведутся активные исследования и испытания, направленные на коммерциализацию этой технологии в ближайшие годы.

- **Натриево-ионные батареи.** Натриево-ионные батареи представляют собой перспективную альтернативу литий-ионным

батареям, предлагая более доступные материалы и потенциально более низкую стоимость. Они могут стать важным компонентом для хранения энергии в масштабах grid-scale и мобильных приложений.

- **Батареи с высокой плотностью энергии.** Разработки в области высокоплотных батарей, такие как литий-серные и литий-воздушные батареи, обещают значительно повысить запас хода электрических транспортных средств. Эти технологии пока находятся на стадии прототипов и исследований.

#### **Системы хранения энергии:**

- **Умные системы управления зарядкой.** Умные системы управления зарядкой, такие как Vehicle-to-Grid (V2G), позволяют электрическим транспортным средствам возвращать энергию в сеть, что помогает балансировать нагрузку и интегрировать возобновляемые источники энергии. Разработка и внедрение умных систем управления зарядкой улучшают взаимодействие транспортных средств с энергосетями, способствуя повышению устойчивости и эффективности использования энергии.

- **Промышленные системы хранения.** Большие системы хранения энергии, такие как накопители на основе литий-ионных батарей или других передовых технологий, используются для поддержания стабильности электросетей и интеграции возобновляемых источников энергии. Внедрение таких систем позволяет сглаживать колебания в подаче энергии и оптимизировать использование возобновляемых источников.

- **Проблемы утилизации и вторичной переработки.** Разработка технологий для эффективной утилизации и переработки аккумуляторных батарей критически важна. В настоящее время разрабатываются методы химического и механического разложения, а также возможности для повторного использования редкоземельных материалов. Это поможет

снизить воздействие на окружающую среду и улучшить устойчивость к ресурсным дефицитам.

Таблица 19.3.

**Технологии и тренды в гибридных и микроэлектрических сетях**

Технология/Тренд	Описание	Примеры применения
Системы хранения энергии	Технологии для накопления энергии, такие как литий-ионные и твердотельные батареи.	Использование для хранения избыточной энергии и повышения надежности.
Умные сети и IoT	Интеграция с системами управления для оптимизации использования энергии.	Автоматизация зарядки, мониторинг состояния батарей, управление нагрузкой.
Беспроводная зарядка	Зарядка без физического подключения через индукцию.	Применение в городских системах и для упрощения зарядки в домашних условиях.
Гибридные генераторы	Комбинированные генераторы, использующие различные источники топлива.	Применение для повышения гибкости и надежности систем в удаленных районах.
Адаптивное управление	Системы, которые могут автоматически изменять параметры работы в зависимости от условий.	Управление энергопотреблением в зависимости от времени суток и погодных условий.

**Энергетическая плотность и долговечность:**

- **Нанотехнологии.** Внедрение нанотехнологий в производство аккумуляторов может улучшить их энергетическую плотность и продлить срок службы. Например, наноматериалы могут использоваться для создания более эффективных катодов и анодов.

**Электродвигатели и системы управления**

**Электродвигатели:**

- **Синхронные двигатели с постоянными магнитами (PM-Syn).** Синхронные двигатели с постоянными магнитами предлагают высокий КПД и надежность. Эти двигатели используются в большинстве современных электрических транспортных средств из-за их эффективности и компактности. Новые разработки в области синхронных

машин с переменным магнитным полем обеспечивают гибкую настройку характеристик двигателя в реальном времени.

- **Асинхронные (индукционные) двигатели.** Асинхронные двигатели, разработанные для обеспечения высокой мощности и надежности, все еще применяются в некоторых моделях электромобилей. Они менее дорогие в производстве, но требуют более сложного управления. В новых разработках также используются системы активного управления, которые могут улучшать эффективность и гибкость работы двигателей.

#### **Системы управления:**

- **Инверторы и контроллеры.** Инверторы преобразуют постоянный ток (DC) от батарей в переменный ток (AC) для питания электродвигателей. Современные инверторы интегрируют функции управления скоростью и моментом, обеспечивая оптимальное использование энергии. Также внедряются передовые системы управления, которые включают адаптацию к изменениям в условиях вождения и предсказание технического обслуживания.

- **Системы рекуперативного торможения.** Системы рекуперативного торможения позволяют преобразовывать кинетическую энергию при торможении в электрическую, которая возвращается в батарею. Это помогает увеличивать общий запас хода и эффективность использования энергии. Современные системы рекуперативного торможения также интегрируются с автоматизированными системами управления для повышения безопасности и предотвращения аварий.

- **Автоматизированные системы управления.** Внедрение автоматизированных систем управления позволяет адаптировать работу двигателя в зависимости от дорожных условий, стиля вождения и состояния батареи, что повышает общую эффективность и безопасность.

#### **Зарядные станции и инфраструктура**

### **Зарядные станции:**

- **Стандартные зарядные станции.** Зарядные станции различаются по типам и уровням зарядки. Уровень 1 (AC) представляет собой стандартные бытовые розетки, которые обеспечивают медленную зарядку. Уровень 2 (AC) включает более быстрые зарядные станции, которые могут быть установлены в общественных местах и на домах. Уровень 3 (DC) или ультра-быстрая зарядка предлагает наивысшую зарядку, позволяя зарядить батарею на 80% за 20-30 минут.

- **Беспроводные зарядные системы.** Беспроводные зарядные системы используют индукционные технологии для зарядки транспортных средств без необходимости физического подключения к зарядной станции. Эти системы уже тестируются и внедряются в некоторых местах, и они могут значительно повысить удобство зарядки.

- **Станции быстрой зарядки и сети.** Развивается инфраструктура ультра-быстрой зарядки с поддержкой высоких мощностей (до 350 кВт и более), что позволяет значительно сократить время зарядки. Компании и правительства активно работают над расширением сетей таких станций, что способствует росту популярности электрических транспортных средств.

### **Инфраструктура:**

- **Умные зарядные сети.** Умные зарядные сети включают системы управления, которые оптимизируют зарядку в зависимости от нагрузки на сеть и доступности возобновляемых источников энергии. Это может включать в себя динамическое ценообразование и управление временем зарядки для повышения эффективности.

- **Интеграция с возобновляемыми источниками энергии.** Многие зарядные станции интегрируются с солнечными панелями или другими источниками возобновляемой энергии для обеспечения устойчивого и экологически чистого процесса зарядки. Это помогает уменьшить

углеродный след зарядных станций и способствует общей устойчивости энергетической системы.

- **Развитие городской инфраструктуры.** Внедрение зарядных станций в общественные места, такие как паркинги, торговые центры и здания с офисами, а также разработка инфраструктуры для ночной зарядки на жилых территориях, помогает поддерживать рост использования электрических транспортных средств. Мобильные зарядные станции могут быть развернуты в местах с временной потребностью в зарядке, таких как крупные мероприятия или чрезвычайные ситуации.

- **Биологически разлагаемые зарядные кабели.** Использование экологически чистых материалов для зарядных кабелей и других компонентов, которые способствуют уменьшению отходов и экологическому воздействию.

### **Зеленые технологии и устойчивое развитие**

#### **Интеграция с зеленой энергией:**

- **Возобновляемые источники энергии.** Для достижения наибольшей экологической эффективности электрические транспортные средства должны заряжаться от источников возобновляемой энергии, таких как солнечные, ветровые или гидроэлектростанции. Это способствует снижению углеродного следа и делает транспортные системы более устойчивыми.

- **Энергетическая эффективность.** Разработка новых технологий, таких как улучшенные системы управления энергией и эффективные решения для хранения энергии, позволяет минимизировать потери и увеличить общую эффективность использования энергии.

#### **Круговая экономика:**

- **Модели бизнес-проектов с замкнутым циклом.** Разработка бизнес-моделей, которые учитывают полный жизненный цикл транспортных средств, от производства до утилизации, с акцентом на



минимизацию отходов и повторное использование материалов. Это поможет снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить устойчивость к ресурсным дефицитам.

#### **Влияние на экологию и устойчивость:**

- **Системы управления энергией в умных городах.** Разработка интегрированных систем, которые координируют использование энергии в транспортных системах, зданиях и инфраструктуре для достижения максимальной энергоэффективности и снижения углеродного следа.

- **Влияние на качество воздуха и здоровье.** Исследования показывают, что переход на электрические транспортные средства может значительно улучшить качество воздуха в городах, что имеет позитивное влияние на здоровье населения и снижение заболеваемости, связанной с загрязнением воздуха.

### **19.5. Технологии и компоненты гибридных транспортных средств**

#### **Гибридные двигатели и их принципы работы**

##### **Гибридные двигатели:**

##### **1. Типы гибридных систем:**

- **Параллельные гибридные системы.** В этих системах как бензиновый, так и электрический двигатели могут одновременно передавать мощность на колеса. Примеры включают Toyota Prius и Honda Insight. Такая конфигурация обеспечивает гибкость в выборе источника энергии в зависимости от условий вождения и требует эффективной системы управления для координации работы обоих двигателей.

- **Последовательные гибридные системы.** В таких системах бензиновый двигатель используется только для генерации электроэнергии, которая затем используется для питания электрического двигателя. Это упрощает передачу мощности и позволяет использовать оптимальные

настройки двигателя для генерации электроэнергии. Примером являются модели, такие как Chevrolet Volt.

- **Смешанные (параллельно-последовательные) гибридные системы.** Эти системы сочетают элементы параллельных и последовательных гибридных систем, позволяя двигателям работать как совместно, так и независимо друг от друга. Это дает гибкость в управлении энергией и повышает эффективность использования ресурсов.

## **2. Принципы работы:**

- **Рекуперация энергии.** Гибридные системы используют рекуперацию энергии при торможении для зарядки батарей. Это позволяет не только увеличивать запас хода, но и уменьшать нагрузку на традиционный двигатель, что повышает общую эффективность.

- **Системы управления.** Современные гибридные транспортные средства используют продвинутые системы управления для оптимизации взаимодействия между бензиновым и электрическим двигателями. Это включает адаптивные алгоритмы для переключения между источниками энергии, управление мощностью и динамическую настройку системы в зависимости от условий вождения.

## **Интеграция электрических и традиционных систем**

### **Компоненты интеграции:**

#### **1. Электрический привод:**

- **Электродвигатели.** Гибридные системы включают один или несколько электродвигателей, которые работают совместно с бензиновым двигателем. Эти двигатели могут использоваться для дополнительного ускорения, поддержки работы внутреннего сгорания или для обеспечения движения на малых скоростях и в условиях городского трафика.

- **Электронные системы управления.** Управление интеграцией электродвигателей и традиционного двигателя осуществляется с помощью

электронных систем, которые контролируют зарядку батареи, работу двигателей и распределение энергии.

## **2. Системы управления батареями:**

- **Управление зарядом.** Гибридные системы включают сложные схемы управления зарядкой и разрядкой батарей, которые обеспечивают оптимальное использование накопленной энергии и предотвращают избыточное или недостаточное зарядное состояние.

- **Терморегуляция.** Системы управления температурой батарей важны для обеспечения их долговечности и эффективности. Используются системы охлаждения и обогрева для поддержания оптимального температурного диапазона.

## **Преимущества и недостатки гибридных систем**

### **Преимущества:**

#### **1. Экономия топлива и снижение выбросов:**

- **Улучшенная топливная эффективность.** Гибридные транспортные средства значительно улучшают топливную эффективность по сравнению с традиционными бензиновыми автомобилями благодаря комбинированному использованию электрического и бензинового двигателей.

- **Снижение выбросов CO<sub>2</sub>.** Использование электрической энергии, особенно при рекуперации, снижает выбросы углекислого газа и других загрязняющих веществ, что способствует улучшению качества воздуха и снижению экологического воздействия.

#### **2. Улучшенная динамика и производительность:**

- **Мгновенный крутящий момент.** Электродвигатели обеспечивают мгновенный крутящий момент, что улучшает ускорение и динамику транспортного средства. Это особенно заметно при старте и в городских условиях, снижая экологическую нагрузку.

- **Интеллектуальные системы управления.** Современные гибридные системы управления оптимизируют работу двигателей для достижения максимальной производительности и комфорта.

3. **Меньшая нагрузка на традиционный двигатель.** Поскольку электрический двигатель может выполнять значительную часть работы, это снижает нагрузку на бензиновый двигатель и уменьшает его износ, что может привести к снижению затрат на обслуживание, и снижение воздействие на экосистему.

#### **Недостатки:**

##### **1. Высокая стоимость:**

- **Первоначальная стоимость.** Гибридные транспортные средства часто имеют более высокую первоначальную стоимость по сравнению с традиционными автомобилями из-за сложных технологий и дополнительных компонентов.

- **Обслуживание и ремонт.** Специализированные компоненты и технологии гибридных систем могут требовать более высоких затрат на обслуживание и ремонт.

2. **Ограниченный запас хода. Зависимость от батарей.** Хотя гибридные транспортные средства предлагают улучшенные характеристики по сравнению с традиционными автомобилями, их электрический запас хода может быть ограничен, особенно в условиях высоких требований к мощности и дальности.

3. **Сложность системы. Сложность интеграции.** Интеграция электрических и традиционных систем требует сложного управления и точной настройки, что может усложнить эксплуатацию и ремонт транспортных средств.

#### **Новые направления и технологии:**

1. **Интеграция с возобновляемыми источниками энергии. Энергетическая инфраструктура.** Внедрение гибридных систем с

возможностью зарядки от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, для повышения экологической устойчивости и сокращения углеродного следа.

**2. Развитие систем водородных топливных элементов. Гибридные системы на водороде.** Разработка и внедрение гибридных систем, использующих водородные топливные элементы в сочетании с электродвигателями, предлагает новый уровень эффективности и устойчивости, с нулевыми выбросами углерода.

**3. Развитие технологий беспроводной зарядки. Беспроводная зарядка.** Внедрение беспроводных зарядных систем для гибридных транспортных средств, что упрощает процесс зарядки и делает его более удобным и доступным.

**4. Инновации в системах рекуперации энергии. Усовершенствованные системы рекуперации.** Разработка более эффективных систем рекуперации энергии, которые могут повысить общий запас хода и производительность гибридных транспортных средств.

**5. Разработка и использование новых типов аккумуляторов.**

- **Солидные аккумуляторы.** Технология твердофазных аккумуляторов, которые предлагают повышенную безопасность и большую плотность энергии по сравнению с традиционными литий-ионными батареями. Они могут значительно увеличить запас хода гибридных транспортных средств и сократить время зарядки.

- **Батареи с использованием редкоземельных элементов.** Исследования направлены на создание аккумуляторов с использованием редкоземельных материалов, которые могут улучшить характеристики батарей и снизить зависимость от ресурсов, подвергающихся рискам дефицита.

**6. Развитие интеллектуальных систем навигации и управления:**

- **Интеграция с системами умного города.** Гибридные транспортные средства могут быть интегрированы с системами умного города, которые обеспечивают оптимизированное управление движением, управление зарядными станциями и координацию с другими транспортными средствами и инфраструктурой.

- **Анализ данных и машинное обучение.** Использование машинного обучения для анализа данных о работе транспортного средства, что позволяет предсказать потребности в зарядке, оптимизировать маршрут и улучшить управление энергией.

**7. Применение технологий дополненной реальности (AR) для водителей. Системы помощи водителю.** Разработка систем дополненной реальности, которые помогают водителям эффективно использовать гибридные технологии, предоставляют информацию о состоянии батареи, оптимальных режимах работы и возможностях зарядки.

#### **8. Экологические аспекты и переработка:**

- **Утилизация и переработка аккумуляторов.** Разработка и внедрение технологий для эффективной переработки старых аккумуляторов и компонентов гибридных систем, что помогает снизить экологическое воздействие и обеспечить устойчивость цепочек поставок.

- **Влияние на экосистему.** Оценка экологических последствий использования гибридных транспортных средств в целом, включая потенциальные воздействия на ресурсы и экосистему.

#### **- Психологические и социальные аспекты:**

- **Принятие общественностью.** Исследования по принятию гибридных транспортных средств обществом, включая анализ факторов, влияющих на потребительские предпочтения и барьеры для внедрения.

- **Образование и осведомленность.** Программы по повышению осведомленности и обучению пользователей гибридных транспортных

средств для эффективного использования технологий и понимания их преимуществ.

## **19.6. Экологические и экономические аспекты. Влияние на снижение выбросов и загрязнение окружающей среды**

### **Снижение выбросов:**

#### **1. Уменьшение выбросов CO<sub>2</sub>:**

##### **- Сравнение с традиционными транспортными средствами.**

Электрические и гибридные транспортные средства (ЭТС и ГТС) значительно сокращают выбросы углекислого газа по сравнению с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания. ЭТС, работающие полностью на электричестве, имеют нулевой уровень выбросов CO<sub>2</sub> на этапе эксплуатации. ГТС, комбинирующие электрическую и традиционную энергию, также демонстрируют значительное снижение углеродного следа, особенно в режимах, когда используются только электрические двигатели.

**- Интеграция возобновляемых источников энергии.** При зарядке аккумуляторов от источников возобновляемой энергии, таких как солнечные панели и ветряные установки, можно еще больше снизить выбросы CO<sub>2</sub>. Это особенно актуально в регионах, где источники энергии преимущественно экологически чистые.

#### **2. Снижение уровня загрязнения воздуха:**

**- Уменьшение выхлопных газов.** Гибридные и электрические транспортные средства уменьшают уровень загрязняющих веществ, таких как оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и твердые частицы (PM), которые часто являются результатом работы двигателей внутреннего сгорания. Это способствует улучшению качества воздуха в городских и жилых зонах.

**- Упрощение систем очистки.** В отсутствие выхлопных газов у электромобилей снижается потребность в сложных системах очистки

отработанных газов, что также приводит к снижению экологического воздействия.

### **3. Снижение зависимости от нефти:**

- **Переход на альтернативные источники.** Электрические и гибридные транспортные средства способствуют снижению зависимости от ископаемых топлив. Это уменьшает давление на добычу нефти и снижает связанные с этим экологические риски, такие как разливы нефти и разрушение экосистем.

- **Роль в борьбе с изменением климата.** Снижение выбросов парниковых газов, таких как CO<sub>2</sub>, помогает в борьбе с изменением климата. Это поддерживает усилия по выполнению международных соглашений по климату, таких как Парижское соглашение, и способствует достижению целей по ограничению глобального потепления.

### **Зеленые технологии:**

1. **Системы рекуперации энергии.** Энергетическая **эффективность.** Гибридные транспортные средства используют системы рекуперации энергии при торможении, что позволяет возвращать часть энергии, затраченной на движение, в аккумулятор. Это улучшает общую эффективность и снижает потребление энергии, снижая необходимость в частой зарядке и уменьшает углеродный след.

2. **Утилизация и переработка. Переработка аккумуляторов.** Технологии переработки аккумуляторов становятся все более эффективными, что позволяет повторно использовать редкие металлы и компоненты. Это уменьшает экологическое воздействие от добычи и переработки ресурсов, а также снижает количество отходов, связанных с окончанием срока службы аккумуляторов.

### **Экономия энергии и стоимость эксплуатации**

#### **1. Энергетическая эффективность:**



- **Энергия от рекуперации.** Гибридные системы позволяют использовать энергию, которая в традиционных автомобилях теряется при торможении. Это улучшает общий коэффициент полезного действия и снижает потребление топлива.

- **Оптимизация работы двигателя.** Интеллектуальные системы управления гибридных транспортных средств оптимизируют работу двигателей в зависимости от условий вождения, что позволяет более эффективно использовать энергию.

## **2. Энергетические затраты:**

- **Снижение затрат на топливо.** Гибридные и электрические транспортные средства позволяют значительно сократить расходы на топливо, особенно в условиях городского трафика, где электрические двигатели могут работать более эффективно.

- **Бесплатные или субсидированные зарядные станции.** В некоторых регионах существуют программы, предлагающие бесплатное или частично оплачиваемое использование зарядных станций для владельцев ЭТС, что дополнительно снижает затраты на эксплуатацию.

## **Стоимость эксплуатации:**

### **1. Снижение затрат на обслуживание:**

- **Меньший износ двигателя.** Гибридные системы снижают нагрузку на бензиновый двигатель, что приводит к меньшему износу и необходимости реже проводить обслуживание и замену деталей.

- **Меньшая потребность в сервисе.** ЭТС имеют меньше движущихся частей и требуют меньше обслуживания по сравнению с традиционными автомобилями, что может снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт.

### **2. Ставки налогов и субсидии:**

- **Финансовые стимулы.** Многие страны предоставляют налоговые льготы и субсидии для владельцев электромобилей и гибридных

транспортных средств, что снижает первоначальные затраты и способствует экономии в долгосрочной перспективе.

- **Изменение цен на энергию.** Увеличение спроса на электрические транспортные средства может способствовать изменению цен на электроэнергию. В регионах с развитой инфраструктурой для возобновляемых источников энергии это может привести к снижению цен на электричество, что дополнительно снижает эксплуатационные расходы для владельцев ЭТС.

### **Энергетические инновации:**

1. **Развитие новых технологий. Инновации в области хранения энергии.** Более эффективные аккумуляторы и новые методы зарядки способствуют снижению затрат и увеличению доступности ЭТС. Эти технологии могут также улучшить общую энергоэффективность и расширить возможности для интеграции возобновляемых источников энергии.

### **Роль в устойчивом развитии городов и транспортных систем**

#### **Устойчивое развитие городов:**

##### **1. Снижение транспортных загрязнений:**

- **Улучшение качества воздуха.** Внедрение ЭТС и ГТС помогает сократить загрязнение воздуха в городах, что способствует созданию более здоровой городской среды. Это особенно важно в мегаполисах с высоким уровнем трафика и загрязнения.

- **Уменьшение звукового загрязнения.** Электрические транспортные средства обладают низким уровнем шума, что снижает звуковое загрязнение в городских зонах, улучшая качество жизни и создавая более комфортные условия для жителей.

2. **Городская планировка и инфраструктура. Планирование зеленых зон и зарядных станций.** Устойчивое городское планирование включает создание зеленых зон и интеграцию зарядных станций в

городскую инфраструктуру. Это помогает улучшить общее качество городской среды и способствует более эффективному использованию зеленых технологий.

### **3. Развитие инфраструктуры:**

- **Создание зарядных станций.** Увеличение числа зарядных станций и развитие сетей зарядки способствует расширению возможностей для использования ЭТС и ГТС. Это также поддерживает развитие новых технологий зарядки, таких как беспроводная зарядка и ультраширокие зарядные сети.

- **Интеграция с умными городскими системами.** Интеграция зарядных станций с системами умного города позволяет оптимизировать использование энергии, управлять спросом на зарядку и интегрировать зарядные станции в общую инфраструктуру управления транспортом.

### **Транспортные системы:**

#### **1. Устойчивый общественный транспорт:**

- **Электрические автобусы и троллейбусы.** Внедрение электрических автобусов и троллейбусов снижает выбросы и улучшает качество воздуха в общественном транспорте. Это также снижает эксплуатационные расходы и способствует более устойчивому развитию городского транспорта.

- **Развитие мультимодальных транспортных систем.** Интеграция ЭТС и ГТС в мультимодальные транспортные системы позволяет улучшить связь между различными видами транспорта, такими как велосипеды, электросамокаты и общественный транспорт. Это способствует более эффективному и устойчивому передвижению в городах.

#### **2. Энергетическая независимость:**

- **Использование возобновляемых источников.** Интеграция ЭТС и ГТС с источниками возобновляемой энергии помогает сократить

зависимость от ископаемых топлив и способствует переходу на более чистые и устойчивые формы энергии.

- **Инновационные бизнес-модели.** Развитие бизнес-моделей, таких как каршеринг и аренда электромобилей, способствует более широкому использованию ЭТС и снижению общей потребности в личном транспорте. Это помогает сократить количество автомобилей на дорогах и уменьшает экологическое воздействие.

Эти аспекты подчеркивают значимость электрификации транспортных систем для достижения устойчивого развития, улучшения экологических показателей и снижения экономических затрат. Внедрение инновационных технологий и интеграция зеленых решений играет ключевую роль в формировании будущих транспортных систем.

### 19.7. Будущее электрификации транспортных систем

Будущее электрификации транспортных систем в значительной степени определяется **инновационными технологиями и перспективными разработками**. Одним из наиболее значимых направлений являются **твердотельные аккумуляторы**, которые заменяют жидкий электролит твердым, что существенно повышает безопасность, плотность энергии и срок службы батарей. Эти аккумуляторы могут обеспечить большую энергоемкость и уменьшить размеры батарей, что особенно важно для увеличения дальности хода электромобилей и повышения их общей эффективности. Важной альтернативой литий-ионным батареям являются **содий-ионные аккумуляторы**, обладающие более низкой стоимостью и доступностью сырья (натрий), хотя их плотность энергии пока что ниже, и активные исследования направлены на улучшение их характеристик и производительности.

Развитие **беспроводной зарядки** через индукцию и резонанс представляет собой важный шаг вперед. **Индуктивная зарядка** позволяет

заряжать аккумуляторы без физического подключения, повышая удобство и безопасность. Технология использует магнитные поля для передачи энергии, улучшая доступность зарядных станций, особенно в общественных местах. В свою очередь, **резонансная зарядка** позволяет передавать энергию на большие расстояния и даже заряжать электромобили во время движения через специальные системы в дорожном покрытии, что может сократить необходимость в постоянной зарядке и снизить затраты на инфраструктуру.

Развитие **высокоскоростных зарядных систем** также имеет большое значение. **Суперзарядные станции** с возможностью зарядки на 80% за менее чем 30 минут значительно сокращают время простоя. Эти станции используют более высокое напряжение и мощность, что повышает скорость зарядки и улучшает удобство для пользователей. **Ультрабыстрая зарядка** с мощностью свыше 350 кВт позволяет значительно сократить время зарядки, что критично для дальних поездок и повышения общего уровня удобства.

Интеграция электромобилей с **умными сетями и интернетом вещей (IoT)** открывает новые возможности. **Умные зарядные станции** и системы управления энергией в зданиях позволяют оптимизировать процесс зарядки в зависимости от спроса и предложения электроэнергии, включая динамическое ценообразование и управление нагрузкой. **Предиктивное обслуживание** на основе анализа данных о работе транспортного средства позволяет прогнозировать неисправности и оптимизировать техническое обслуживание, что снижает затраты на ремонт и улучшает надежность.

Современные **инновации в двигателях и трансмиссиях** способствуют улучшению производительности электромобилей. Разработка электродвигателей с высокой плотностью мощности и эффективностью позволяет обеспечить большую мощность при меньшем

размере и весе, что повышает динамические характеристики и дальность хода. **Электрические трансмиссии** с несколькими электродвигателями позволяют лучше управлять распределением мощности, улучшая управляемость и производительность транспортных средств.

Влияние на будущее транспортной отрасли предсказывается как **трансформация рынка и развитие инфраструктуры**. Ожидается, что **доля электромобилей** будет расти, особенно в городских зонах и среди флит-операторов, что изменит спрос на нефть и поддержит переход к возобновляемым источникам энергии. Внедрение новых бизнес-моделей, таких как каршеринг и подписка на транспортные услуги, также будет способствовать более широкому внедрению электрических транспортных средств и гибридных транспортных систем. Развитие инфраструктуры зарядки и синергия с другими отраслями, такими как энергетика и IT, будут способствовать улучшению доступности и удобства зарядки.

Социальные и экономические аспекты включают изменения в **трудовом рынке и экономические выгоды**. Внедрение новых технологий изменит спрос на рабочие профессии и потребует новых навыков, что создаст новые возможности для профессионального роста и потребует адаптации образовательных программ. Снижение эксплуатационных расходов и повышение энергоэффективности электромобилей и гибридных транспортных средств приведут к экономическим выгодам для пользователей и общественного сектора, а также помогут уменьшить зависимость от импортируемого топлива и стимулируют экономический рост.

В прогнозах и сценариях развития **оптимистичный сценарий** предполагает массовое внедрение электромобилей и гибридных транспортных средств с развитой инфраструктурой и инновационными аккумуляторными технологиями, что приведет к устойчивому развитию и полной интеграции зеленой энергии. **Пессимистичный сценарий**

описывает проблемы с инфраструктурой и экономическими барьерами, замедляющими переход на электрификацию, что приведет к ограниченному росту рынка. **Промежуточный сценарий** предполагает частичное внедрение технологий с заметными, но не полными изменениями, что приведет к частичному улучшению экологической ситуации и эффективности транспортных систем.

Эти аспекты иллюстрируют возможные пути развития электрификации транспортных систем и показывают потенциал новых технологий для улучшения экологической ситуации и достижения устойчивого развития.

Переход на электрические и гибридные транспортные средства представляет собой стратегически важный аспект устойчивого развития и экологии. Этот процесс поддерживает широкую гамму новых технологий и концепций, способствующих значительным преобразованиям в транспортной отрасли и смежных секторах.

Одним из ключевых факторов является развитие **технологий нулевого выброса**, включающих в себя не только электрические и гибридные транспортные средства, но и интеграцию их с альтернативными источниками энергии. Например, **солнечные панели**, установленные на транспортных средствах или в инфраструктуре зарядных станций, могут обеспечить дополнительное пополнение энергии, уменьшив зависимость от электрических сетей и уменьшая углеродный след. **Технологии водородных топливных элементов**, которые представляют собой еще один вариант нулевых выбросов, способствуют производству энергии с нулевым уровнем выбросов углерода и воды, что значительно сокращает влияние на окружающую среду.

Разработка **умных транспортных систем и интеллектуальной транспортной инфраструктуры** активно продвигается в сторону повышения эффективности использования энергии. Эти системы

включают в себя **автоматизированное управление движением**, которое оптимизирует маршруты и минимизирует пробки, что приводит к снижению потребления энергии и выбросов. Интеграция **больших данных и аналитики** для предсказания спроса, и управления трафиком позволяет более точно контролировать нагрузку на зарядные станции и улучшает общий процесс зарядки.

Развитие **модульных и легко заменяемых аккумуляторных систем** представляет собой важный тренд в улучшении гибкости и экономичности эксплуатации электромобилей. Такие системы позволяют легко обновлять или заменять отдельные элементы аккумуляторов, что способствует удлинению срока службы транспортных средств и снижению их экологического воздействия на протяжении всего жизненного цикла.

**Инновации в производственных процессах**, направленные на снижение углеродного следа, включают в себя использование **экологически чистых материалов и рециклируемых компонентов**. Например, применение переработанных или биоразлагаемых материалов в производстве аккумуляторов и кузовов транспортных средств способствует уменьшению воздействия на окружающую среду и поддерживает круговую экономику.

**Энергетическая интеграция и синергия** между различными видами транспорта и энергетическими системами также важна для устойчивого развития. Системы **управления энергией на основе возобновляемых источников** создают условия для эффективного использования энергии в рамках единой транспортной экосистемы. Это включает в себя не только электрификацию личного транспорта, но и развитие **общественного электрического транспорта и грузовых решений** с низким уровнем выбросов, что способствует сокращению общего воздействия на окружающую среду.



**Образование и сознательность потребителей** играют важную роль в переходе на устойчивый транспорт. Программы по **просвещению и информированию** населения о преимуществах и возможностях новых технологий способствуют более широкому принятию электрических и гибридных транспортных средств, что, в свою очередь, стимулирует дальнейшее развитие и внедрение инновационных решений.

Таким образом, переход на электрические и гибридные транспортные средства не только способствует снижению воздействия на окружающую среду, но и создает платформу для внедрения новых технологий и решений, способствующих более устойчивому и экологически чистому будущему.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие основные принципы лежат в основе работы электрических транспортных средств (ЭТС)?
2. Как гибридные транспортные средства (ГТС) интегрируют электрические и традиционные системы для повышения эффективности?
3. Какие новые технологии и инновации в аккумуляторных батареях способствуют развитию электрических транспортных средств?
4. Какие экологические преимущества связаны с переходом на электрические и гибридные транспортные средства?
5. Как современные зарядные станции и инфраструктура поддерживают использование электрических транспортных средств?
6. В чем заключаются ключевые отличия между гибридными системами и микроэлектрическими сетями?
7. Как умные сети и интернет вещей (IoT) способствуют улучшению управления энергией в электрифицированных транспортных системах?
8. Какие инновационные технологии и компоненты применяются в гибридных транспортных системах для оптимизации их работы?

9. Какие ключевые достижения и вызовы связаны с развитием электрических и гибридных транспортных средств на текущий момент?

10. Какое влияние на устойчивое развитие и экологию оказывает внедрение электрических и гибридных транспортных средств?