

**Аннотация:** Статья посвящена актуальным методам прогнозирования уровня заряда аккумуляторных батарей в электромобилях (СОЗ) с помощью искусственных нейронных сетей. Рассматриваются различные модели и их эффективность при условиях изменчивости рабочих параметров. Представлена концепция модели, сочетающей рекуррентные нейронные сети и автокодеры для достижения высокой точности прогнозов.

Статья подчеркивает значимость увеличения числа электромобилей и необходимость повышения эффективности их работы.

**Ключевые слова:** электромобили, уровень заряда, искусственные нейронные сети, автокодер, рекуррентная нейронная сеть.

**Abstract:** The article is devoted to current methods of forecasting the state of charge of batteries in electric vehicles (EV) using artificial neural networks. Various models and their effectiveness under conditions of variability of operating parameters are considered. The concept of a model combining recurrent neural networks and autoencoders to achieve high forecast accuracy is presented.

The article emphasizes the importance of increasing the number of electric vehicles and the need to improve their efficiency.

**Keywords:** electric vehicles, state of charge, artificial neural networks, autoencoder, recurrent neural network..

## **Введение**

Быстрое развитие электромобилей требует эффективных методов управления энергоресурсами. Состояние заряда аккумулятора является ключевым показателем, оказывающим влияние на решения об зарядке и маршруте. Однако задача точного прогнозирования СОЗ в условиях неопределенности до сих пор остаётся актуальной.[1]

Актуальность прогнозирования заряда аккумуляторной батареи в электромобилях объясняется несколькими важными факторами. Во-первых, с ростом популярности электромобилей возникает необходимость в надежных

системах управления зарядом, которые помогут планировать поездки и избегать неожиданных остановок. Точное прогнозирование заряда позволяет оптимизировать расход энергии, что увеличивает пробег на одной зарядке.

Кроме того, эффективное управление зарядом способствует снижению воздействия на окружающую среду, что становится все более важным в условиях глобальных экологических проблем. Важно учитывать и технологические вызовы: различные факторы могут влиять на производительность батарей, и их учет позволяет повысить точность прогнозов.

### **Обзор литературы**

Актуальность исследования подтверждается рядом научных публикаций. В статьях [2] и [9] акцентируется внимание, на необходимость исследования в области прогнозирования состояния заряда основаны на методах физических моделей, статистических методов и интеллектуальных алгоритмов.

В статьях [6], [5] и [3] также отмечаются физические модели, которые предполагают использование расчётных методов, однако они чувствительны к изменениям в среде и обработке данных. Искусственные нейронные сети предлагают альтернативу, позволяя учитывать сложные нелинейные взаимосвязи

### **Основная часть**

В рамках исследования были разработаны и протестированы модели рекуррентных нейронных сетей (RNN), а также модели с использованием автокодиров для прогнозирования состояния заряда батареи. Основное внимание уделялось анализу влияния различных архитектур и гиперпараметров на точность модели.[1]

Для прогнозирования СОЗ применялись RNN с модификациями в виде долгой краткосрочной памяти (LSTM) и сглаживающих блоков (GRU). Эти

подходы позволяют моделировать временные зависимости и учитывать предыдущее состояние системы.

Автокодеры применялись для сокращения размерности входных данных и выявления ключевых характеристик, влияющих на состояние заряда. Выходы автокодеров передавались в RNN, что позволило улучшить общую точность.

Модели тестировались на наборе данных, собранном из реальных поездок электромобилей. Для оценки точности использовались метрики среднеквадратической ошибки (MSE) и среднеабсолютной ошибки (MAE). Результаты показали, что сочетание автокодеров с LSTM даёт наилучшие показатели точности.

Основные аспекты работы аккумуляторных батарей.

Аккумуляторные батареи в электромобилях работают на основе химических реакций, которые происходят во время зарядки и разрядки. Основные параметры, влияющие на их производительность, включают:

1. Температура: Влияние температуры на внутреннее сопротивление и емкость батареи.
2. Возраст: Со временем аккумуляторы теряют свою емкость из-за химических изменений.
3. Степень разряда: Разные режимы эксплуатации могут приводить к различным уровням деградации.
4. Скорость зарядки/разрядки: Быстрая зарядка может привести к перегреву и сокращению срока службы.

Эти факторы делают прогнозирование SoC сложной задачей, требующей комплексного подхода.

Искусственные нейронные сети — это системы, вдохновленные работой человеческого мозга, которые способны обучаться на основе данных. Они состоят из слоев нейронов, где каждый нейрон выполняет простую вычислительную задачу, а их взаимодействие позволяет сети

решать более сложные проблемы. В контексте прогнозирования SoC ИНС можно использовать для:

- Обработки исторических данных о заряде и разряде батареи.
- Выявления закономерностей в данных.
- Прогнозирования будущих значений SoC на основе текущих условий.[2]

Применение ИНС для прогнозирования SoC.

Сбор данных.

Для обучения нейронной сети необходимы данные о работе аккумуляторов. Это могут быть данные о:

- Историческом состоянии заряда батареи.
- Условиях эксплуатации (температура, скорость движения, режимы зарядки).
- Параметрах батареи (возраст, тип).

Данные могут быть собраны из различных источников, включая встроенные системы мониторинга в электромобилях и лабораторные испытания.

Предобработка данных

Перед тем как данные будут использованы для обучения модели, их необходимо предобработать. Это включает:

- Нормализацию данных для приведения всех параметров к единому масштабу.
- Обработку пропусков и выбросов.
- Разделение данных на обучающую и тестовую выборки.

Архитектура нейронной сети.

Для прогнозирования SoC можно использовать различные архитектуры нейронных сетей, включая:

- Полносвязные сети: Простые и эффективные для небольших наборов данных.

- Рекуррентные нейронные сети (RNN): Подходят для временных рядов, так как могут учитывать предшествующие значения.

- Сверточные нейронные сети (CNN): Хотя они чаще используются для обработки изображений, их можно адаптировать для анализа временных рядов.

Выбор архитектуры зависит от специфики задачи и доступных данных.

Обучение модели включает настройку весов нейронов на основе входных данных и ожидаемых выходов (значений SoC). Основные этапы:

- Определение функции потерь, которая измеряет разницу между предсказанными и фактическими значениями SoC.

- Использование алгоритмов оптимизации (например, градиентный спуск) для минимизации функции потерь.

- Регуляризация для предотвращения переобучения.

После обучения модель необходимо оценить на тестовой выборке. Это позволяет определить ее точность и способность к обобщению. Метрики оценки могут включать:

- Среднюю абсолютную ошибку (MAE).

- Среднеквадратичную ошибку (MSE).

- Коэффициент детерминации ( $R^2$ ).

Внедрение и тестирование в реальных условиях.

После успешного обучения и оценки модели следует этап внедрения. Это может включать интеграцию ИНС в систему управления зарядом электромобиля, где она будет использоваться для прогнозирования SoC в реальном времени. Важно также проводить тестирование в реальных условиях эксплуатации для проверки надежности и точности прогнозов.[7]

Использование ИНС для прогнозирования SoC имеет множество преимуществ:

1. Адаптивность: Модели могут быть адаптированы под различные типы батарей и условия эксплуатации.

2. Точность: Способность выявлять сложные зависимости позволяет достигать высокой точности прогнозов.

3. Автоматизация: Системы могут работать в автоматическом режиме без необходимости ручного вмешательства.[10]

В итоге прогнозирование состояния заряда аккумуляторной батареи в электромобилях с использованием искусственных нейронных сетей представляет собой перспективное направление исследований и разработок. Оно не только улучшает управление зарядом и увеличивает пробег на одной зарядке, но и способствует повышению общей надежности электромобилей. С учетом быстрого развития технологий машинного обучения можно ожидать дальнейшего совершенствования методов прогнозирования, что окажет положительное влияние на будущее электромобильной индустрии.

### **Выводы и дальнейшие перспективы исследования**

Результаты исследования демонстрируют потенциал использования рекуррентных нейронных сетей и автокодировщиков для прогнозирования состояния заряда электромобилей. Однако дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию дополнительных данных, таких как погодные условия, дорожные характеристики и поведение водителей. Также требуется работа над повышением устойчивости моделей к шумам и отсутствию данных.

Таким образом, текущее и ближайшее будущее мирового автомобилестроения заключается в прогнозировании заряда аккумуляторной батареи в электромобилях.

**Заключение:** таким образом, проведенное исследование позволяет прийти к выводу важности и перспективы применения современных методов машинного обучения для управления энергоресурсами в электромобилях. Внедрение предложенных подходов может существенно повысить удобство

использования и эксплуатационные характеристики электромобилей, ускоряя их распространение на рынке.

### **Библиографический список**

1. Rahimov E. A. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ // International Journal of Advanced Studies. 2020. № 1 (10) — С. 5-8.
2. Битиманова С. С. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ // Bulletin of Toraighyrov University. Energetics series. 2021. № 2,2021 (56) — С. 30-32.
3. Глазырин А. С. [и др.]. Аналитическая модель динамической системы «широотно-импульсный преобразователь – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением» // Известия ТПУ. Промышленная кибернетика. 2023. № 4 (1) — С. 1.
4. Касимов Е. А. Технология снижения выбросов ДВС // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. 2022. № 9 (92) — С. 45-50.
5. Кириллов В. А. [и др.]. Каталитический двигатель внешнего сгорания // Теоретические основы химической технологии. 2015. № 4 (49) — С. 35-36.
6. Максимов Н. М., Головань И. Н., Корнякова О. Ю. Моделирование пуска ДВС от накопителя кинетической энергии // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. 2021. № 3 (80) — С. 55-59.
7. ПОТАПКИН К.О ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ХОПФИЛДА // XLVI ОГАРЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ Материалы научной конференции: В 3-х частях. . 2018. № ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ. НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ХОПФИЛДА (504) — С. 144-146.
8. Суфиянов Р. Ш. Аккумуляторные батареи для электромобилей // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. 2022. № 2 (86) — С. 12-14.
9. Тихонов М. С., Макарова О. Ю. Склонность российских

потребителей к использованию электрической коммерческой автотехники // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 4 (95) — С. 144-146.

10. Шемилева М. .-А., Кудусова М. И. Нейронные сети и их применение // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. 2022. № 11 (92) — С. 86-88.