

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ ТРАКТОРОВ

Данилов Г.К., студент 2 курса инженерного факультета  
Научный руководитель – Маллямова Э.Н.,  
кандидат педагогических наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

**Ключевые слова:** трактор, гибрид, электрификация, энергоэффективность

*Работа нацелена на изучение тракторов электрического и гибридного типа, и на сравнение их с дизельными моделями. В ходе исследований авторами был установлен вердикт на будущие возможности развития данной отрасли.*

**Введение.** Большинство сельскохозяйственных транспортных средств, используемых сегодня, по-прежнему используют дизельные двигатели, которые являются основным источником загрязнения воздуха. Электрификация рассматривается как потенциальное решение для декарбонизации этих внедорожных транспортных средств, но ей препятствуют более высокие первоначальные затраты на инфраструктуру хранения и зарядки энергии.

**Цель работы.** Анализ иностранной литературы по данной тематике.

Чтобы лучше количественно оценить эти барьеры, в этой статье описывается технико-экономический инструмент, который может помочь фермерам оценить общую стоимость владения электрическими и гибридными тракторами. Прагматичная имитационная модель трактора разработана для прогнозирования годового потребления энергии/топлива и выбросов NOx, в то время как экономическая модель оценивает общие затраты на приобретение, эксплуатацию и техническое обслуживание. Для управления энергией в гибридных тракторах разработана новая технология разделения мощности на основе управления с прогнозированием модели, позволяющая проектировщику сбалансировать энергоэффективность и выбросы NOx,

принимая во внимание эксплуатационные ограничения электрической силовой установки. Кроме того, предлагаются новые карты решений, которые позволяют фермерам быстро определять рабочие регионы (с точки зрения средней нагрузки и годового рабочего времени), где развёртывание электрических/гибридных тракторов экономически целесообразно.

Электрифицированные силовые агрегаты являются наиболее распространенным решением проблем, связанных со стабильностью климата, контролем загрязнений, выбросами парниковых газов, производства дизельных агрегатов и т.д. Эти транспортные средства не имеют локальных выбросов и могут заряжаться напрямую от местных возобновляемых источников энергии, таких как фотоэлектрические или биогазовые электростанции, которые все чаще встречаются на современных фермах. Электрификация трактора может быть выполнена:

1. На уровне вспомогательной нагрузки;
2. На уровне трансмиссии.

В первом случае электродвигатели используются для привода мощных нагрузок, расположенных на борту трактора и/или в орудии. Примерами таких нагрузок являются вентиляторы охлаждения, компрессоры HVAC (отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха), насосы и шнеки. Эти вспомогательные нагрузки могут питаться от небольшой батареи и генератора, подключенного к двигателю внутреннего сгорания (ДВС) трактора. Главным преимуществом такого подхода является возможность независимого управления скоростью каждой вспомогательной нагрузки, что позволяет ДВС работать в областях высокой энергоэффективности и снижения расхода топлива.

Гибридные тракторы, которые объединяют электродвигатель и дизельный двигатель в одной силовой установке, являются еще одним потенциальным краткосрочным вариантом для электрификации. Они обеспечивают два ключевых преимущества:

1. Дизельный генератор может поддерживать тяжелые операции без необходимости частых остановок для подзарядки аккумулятора;

2. Использование электродвигателя может быть использовано для уменьшения размера дизельного двигателя и переноса его работы в точки с более высокой энергоэффективностью.

Но стоит отметить, что этот подход усложняет конструкцию и эксплуатацию силовой установки, поскольку необходимы два типа хранения и преобразования энергии. Он также генерирует локальные выбросы, что не является идеальным с точки зрения экологии.

Учёными-инженерами были оценены две гибридные архитектуры силовых агрегатов с использованием принципов смещения точки нагрузки. А именно - электрическая силовая установка отбора мощности (ePTO) и подключаемая архитектура P4. Гибридной архитектурой с наибольшими преимуществами стала подключаемая силовая установка P4, которая достигла экономии затрат и CO<sub>2</sub> в размере 7,2% и 9,5% соответственно. В будущем, по мере увеличения доли электроэнергии из возобновляемых источников, можно будет достичь больших преимуществ. С другой стороны, архитектура ePTO позволяет добиться меньшей экономии топлива, менее 2%, но с более простой технологией. Гибридный трактор может работать в трех режимах работы, а именно полный ДВС, гибридный и полностью электрический. В режиме полного ДВС тяга происходит только на задних колесах, в то время как в полностью электрическом режиме тяга принудительно передаётся на передние колеса. За исключением операций с низким спросом и когда аккумулятор полностью заряжен, настройка для помощи в управлении, выбранная водителем, сохранялась в подключаемой архитектуре P4.

К сожалению всё это даётся ценой некоторых ощутимых недостатков. Электротракторы на аккумуляторных батареях обходятся дороже, чем дизельные аналоги, и сталкиваются со значительными ограничениями мощности и энергии. Зарядка электротрактора также становится все более серьезной проблемой, учитывая ограниченную электрическую инфраструктуру, доступную в сельской местности. Может потребоваться модернизация местной сетевой инфраструктуры, что еще больше увеличит расходы.

**Вывод:** Электрические и гибридные тракторы имеют большой потенциал на эффективное использование в будущем, из-за выше перечисленных проблем переход от сегодняшних

сельскохозяйственных машин, в которых преобладает дизель, к завтрашним тракторам с нулевым уровнем выбросов может занять длительный срок.

**Библиографический список:**

1. M. Matetty. Investigating the efficiency of hybrid architectures for agricultural tractors using real-world farming data [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ideas.repec.org>

2. M. Renzy. Optimal design of a series hybrid powertrain for an agricultural tractor [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bia.unibz.it>

3. Мельников, М. В. Международное сотрудничество в научных исследованиях аграрного сектора / М. В. Мельников, М. А. Морозова, Э. Н. Маллямова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 10. – С. 62-67. – DOI 10.32651/2110-62. – EDN WKMKKL.

4. Мельников, М. В. Эффективность подготовки научных кадров отрасли / М. В. Мельников, М. А. Морозова, Э. Н. Маллямова // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 4. – С. 57-62. – DOI 10.32651/224-57. – EDN XFRNXL.

5. Мельников, М. В. Проблемы международной кооперации в аграрных исследованиях / М. В. Мельников, М. А. Морозова, Э. Н. Маллямова // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 5. – С. 2-7. – DOI 10.32651/215-2. – EDN BEXPZY.

**ANALYSIS OF ELECTRIC AND HYBRID TRACTORS**

**Danilov G.K.**

**Scientific supervisor – Mallyamova E.N.**

**FSBEI HE Ulyanovsk SAU**

**Keywords:** *tractor, hybrid, electrification, energy efficiency*

*This work is aimed at studying electric and hybrid tractors and comparing them with diesel models. During the research, the authors established a verdict on the future development possibilities of this industry.*