

УДК 629.114

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА С  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ**

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF USING AN  
AGRICULTURAL TRACTOR WITH AN ELECTROMECHANICAL  
TRANSMISSION**

**Артименя И. В., Арабей Р. А., студ., Поздняков Н. А., ст. преп.,**  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
I. Artimenia, R. Arabei, student, N. Pozdnyakov, Senior Lecturer,  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*В работе выполнено расчетное определение технико-экономических показателей работы машинно-тракторного агрегата в рамках технологических циклов с целью сравнительной оценки эффеkтивности электромеханической трансмиссии трактора.*

*The work carried out a computational determination of the technical and economic indicators of the operation of a machine-tractor unit within the framework of technological cycles with the aim of comparatively assessing the efficiency of the electromechanical transmission of the tractor.*

**Ключевые слова:** *электромеханическая трансмиссия, сельскохозяйственных трактор, производительность, энергопотребление, технологический процесс.*

**Keywords:** *electromechanical transmission, agricultural tractor, performance, energy consumption, technological process.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Использование тракторов в сельском хозяйстве связано с рядом специфических особенностей их эксплуатации, таких как цикличность технологических процессов, повышенная неравномерность нагрузки (например, при работе трактора на вспашке) и др., что существенно отличает работу сельскохозяйственных тракторов от промышленных.

Возможность эффективного применения электромеханической трансмиссии в составе сельскохозяйственного трактора должна оцениваться не только преимуществами бесступенчатого регулирования тягового усилия, но и суммой эксплуатационных затрат, определяемых как энергопотреблением, так и амортизацией и стоимостью обслуживания.

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данного исследования является комплексный анализ эффективности применения электропривода для ходовой части сельскохозяйственного трактора.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: провести обзор современных вариаций электроприводов, используемых в сельскохозяйственной технике, и выявить особенности их применения в ходовой части самоходных машин, на основе анализа технологического цикла работы машинно-тракторного агрегата (МТА) оценить эксплуатационные затраты.

## 2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование эффективности электропривода ходовой части самоходной машины включает несколько этапов:

- компьютерные испытания и тестирование: анализ работы электроприводов в различных режимах и технологических циклах.
- сравнение расхода топлива и электроэнергии: электроприводы потребляют меньше энергии при выполнении аналогичных задач по сравнению с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Последние десятилетия принесли значительные изменения в области применения электроприводов в сельскохозяйственной технике. Исследования и разработки в этой области сосредоточены на следующих направлениях.

1. Электроприводы в ходовых частях сельскохозяйственных машин: Исследования в этой области ориентированы на разработку и оптимизацию электроприводов для повышения производительности и эффективности сельскохозяйственной техники в различных условиях эксплуатации.

2. Автономные электроприводы: Одним из актуальных направлений является разработка автономных электроприводов, которые

обеспечивают независимую работу ходовой части машины от внешних источников энергии, что особенно важно в сельском хозяйстве.

Примеры существующих разработок в области электроприводов ходовых частей сельскохозяйственных машин включают:

- использование электроприводов в сельскохозяйственных тракторах: Многие ведущие производители сельскохозяйственной техники внедряют электроприводы в ходовые части своих тракторов, что позволяет снизить расход топлива и улучшить маневренность при выполнении различных операций на поле;
- разработка электрических трансмиссий для самоходных комбайнов: Новейшие модели самоходных комбайнов оснащены электрическими трансмиссиями, что обеспечивает более плавное и точное управление, а также значительно снижает затраты на обслуживание;
- использование электроприводов в роботизированных с.-х. машинах: роботизированные сельскохозяйственные машины, оснащенные электроприводами в ходовых частях, демонстрируют высокую эффективность и точность выполнения задач как на открытых полях, так и в тепличных условиях.

Наиболее ценными данными для анализа работы МТА являются: информация о его скоростях движения, пройденном расстоянии, часовом, погектарном и интегральном расходе топлива и других параметрах, влияющих на его (МТА) производительность и топливную экономичность (например, буксование ведущих колес). В качестве примера моделирования авторами взят МТА в составе трактора «Беларус-1025» и навесного культиватора.

Созданная модель колесного трактора в составе МТА представляет собой средство для проведения расчетных исследований эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов различного состава в процессе выполнения технологического цикла с использованием компьютерных испытаний. Эта модель обладает широким спектром функциональных возможностей, позволяя задавать различные параметры МТА, технологического процесса и условий работы. Благодаря наличию неограниченного числа "датчиков", контролирующих физические величины, модель обеспечивает обширные возможности для обработки результатов экспериментов и анализа эксплуатационных показателей.

Эффективное использование ресурсов является ключевым аспектом повышения производительности и улучшения устойчивости сельскохозяйственного производства. В этом контексте сравнение расхода топлива и электроэнергии при приведении в движение сельскохозяйственной техники играет важную роль для определения наиболее экономичных решений.

В контексте данного исследования, целью было оценить эффективность электрического электропривода в сравнении с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Для достижения этой цели был проведен расчет, в котором сравнивались два основных типа двигателей в различных условиях эксплуатации.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Также рамках данного исследования был проведен сравнительный анализ стоимости расходуемого топлива обоих типов двигателей в различных условиях эксплуатации. Особое внимание уделено выявлению различий в экономической эффективности и факторов, влияющих на принятие решений о выборе оптимального типа двигателя для конкретных задач и условий эксплуатации.

Результаты расчета представлены в таблице.

Таблица – Сравнение технико-экономических показателей работы МТА

ДВС						Электрический двигатель					
Челночный способ			Круговой способ			Челночный способ			Круговой способ		
$\varphi$	$G_T$ , кг/га	$C$ , руб/га	$\varphi$	$G_T$ , кг/га	$C$ , руб/га	$\varphi$	$G_э$ , кВт·ч/га	$C$ , руб/га	$\varphi$	$G_э$ , кВт·ч/га	$C$ , руб/га
0,81	12,30	33,76	0,75	12,51	34,34	0,81	56,70	22,68	0,75	57,53	23,01
0,82	12,27	33,67	0,76	12,48	34,24	0,82	56,56	22,62	0,76	57,40	22,96
0,83	12,23	33,57	0,77	12,44	34,15	0,83	56,42	22,57	0,77	57,26	22,90
0,84	12,20	33,48	0,78	12,41	34,05	0,84	56,28	22,51	0,78	57,12	22,85
0,85	12,16	33,38	0,79	12,37	33,96	0,85	56,14	22,46	0,79	56,98	22,79
0,86	12,13	33,28	0,80	12,34	33,86	0,86	56,00	22,40	0,80	56,84	22,73

Используемые обозначения:

$\varphi$  – коэффициент рабочих ходов двигателя;  $G_T$  – общий погектарный расход топлива;  $G_э$  – погектарный расход электроэнергии.

Формулы, используемые для расчета расхода ДВС:  
общий погектарный расход топлива:

$$G_T = G_{T,га} + G_{T,xx} ;$$

погектарный расход топлива на рабочем ходу:

$$G_{T,га} = \frac{G_{T,н}}{W_{ч}} ;$$

расход топлива на холостом ходу:

$$G_{T,xx} = 0,3 \cdot G_{T,га} \cdot (1 - \varphi) ;$$

часовая производительность:

$$W_{ч} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p ;$$

$$G_{T,p} = G_{T,н} \cdot \gamma_d ;$$

$$G_{T,н} = N_{e\max} \cdot g_e / 1000.$$

Формулы, используемые для расчета расхода электроэнергии:

$$N_{эд,р} = \gamma_d \cdot N_{эд} ;$$

$$G_э = N_{эд} / W_э ;$$

$$G_{э,р} = N_{эд,р} / (W_{ч} \cdot \eta_{эд,р}) ;$$

$$G_{э,xx} = 0,3 \cdot G_{э,р} \cdot \eta_{эд,xx} / (\eta_{эд,р} \cdot (1 - \varphi)) ;$$

$$G_э = G_{э,р} + G_{э,xx}.$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный расчет сравнительной экономической эффективно-

сти показал, что ДВС обходится значительно дороже в использовании по сравнению с электродвигателем, в основном из-за низких тарифов на электроэнергию.

Расходы на энергию для электродвигателя оказались существенно ниже по сравнению с ДВС, что делает его более экономически выгодным решением в текущих условиях.

Это означает, что при выборе между электроприводом и ДВС необходимо учитывать не только их экологические преимущества, но и экономические аспекты. В настоящее время, при высоких расходах на ДВС, использование электродвигателя может оказаться более предпочтительным с точки зрения экономии средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ксенович, И. П. Механические трансмиссии с бесступенчатым регулированием передаточных чисел между смежными ступенями коробки передач / И. П. Ксенович // Мобильная техника. – 2004. – № 1. – С. 21–29.

2. Ксенович, И. П. Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники / И. П. Ксенович, Д. Б. Изосимов // Тракторы и сельхозмашины. – 2007. – № 2. – С. 12–20.