

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 20, том 4

Наукове фахове видання

Технічні науки

Мелітополь – 2020

УДК 631.3**Т 13**

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – Вип. 20, т. 4. – 279 с.

Друкується за рішенням вченої ради ТДАТУ,
Протокол № 3 від 01.12.2020 р.

У збірнику наукових праць опубліковано матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства та галузевого машинобудування.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, аспірантів, інженерно-технічного персоналу і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Головний редактор

Кюрчев В. М. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний секретар Діордієв В. Т. - д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo - д.т.н., проф. (Болгарія)

Ivanovs Semjons - PhD (Latvia)

Нукешев Саяхат - д.т.н., проф. (Казахстан)

Прищепов М.А. - д.т.н., доц. (Білорусь)

Постолатій В. М. - д.х.т.н. (Молдова)

Шингісов А. У. - д.т.н., проф. (Казахстан)

Гнатушенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. А. - д.т.н., проф. (Україна)

Леженкін О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Шоман О. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Соболь О. М. - д.т.н. (м. Харків)

Сердюк М. Є. - д.т.н., доц. (Україна)

Євлаш В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Паламарчук І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Пріс О. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Малкіна В. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. - д.т.н., доц. (Україна)

Гумен О. М. - д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. - д.т.н., проф. (Україна)

Мілько Д. О. - д.т.н., в.о. проф. (Україна)

Тарасенко В. В. - д.т.н., проф. (Україна)

Караєв О. Г. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Назаренко І. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Кузнецов М. П. - д.т.н., с.н.с. (Україна)

Лисенко В. П. - д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. - д.т.н., проф. (Україна)

Скляр О. Г. - к.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Лендсел Т. І. - к.т.н., (Україна)

Яковлев В. Ф. - к.т.н., проф. (Україна)

Кашкарьов А. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Сидоренко О. С. - к.т.н., доц. (Україна)

Ляковська С. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. - к.т.н. (Україна)

Гавриленко Є. А. - к.т.н., доц. (Україна)

Строкань О. В. - к.т.н., доц. (Україна)

Мацулевич О. Є. - к.т.н., доц. (Україна)

Самойчук К. О. - к.т.н., доц. (Україна)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск - д.т.н., проф. Панченко А. І.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь Запорізька обл.
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний
агротехнологічний університет ім. Дм. Моторного, 2020

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного
університету

Випуск 20, том 4

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Панченко А. І.

Підписано до друку 10.12.2020 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.
умов. друк. арк. тираж 100 прим.

**Виготовлювач ПП Верескун.
Видавничо-поліграфічний центр «Люкс»
м. Мелітополь, вул. М. Грушевського, 10
тел. (0619) 44-45-11**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виробників
і розповсюджувачів видавничої продукції
від 11.06.2002 р. серія ДК № 1125

УДК 629

DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-239-246

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Мілаєва І. І., ст. викл.

ORCID: 0000-0003-1355-5411

Мілаєв О. І., ст. викл.

ORCID: 0000-0003-3491-7733

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Тел. (0619) 42-04-42

Постановка проблеми. Електричний трактор відкриває нову еру в електрифікації сільського господарства. Він дає можливість використовувати дешеву електричну енергію, джерело отримання якої можуть служити місцеві електричні ресурси: енергія води, низькосортне паливо. Електрична енергія стає здатною прийняти участь і в польових, найбільш трудомістких роботах сільського господарства: оранці, сівбі, боронування .

Аналіз останніх досліджень. Праця тракториста при роботі на електротракторі значно полегшується. Просте натиснення кнопки - і електротрактор пущений в хід. Ця перевага електротрактора особливо в холодну пору, коли заведенням звичайного трактора стає важкою справою.

Формування цілей статті (постановка завдання). Викласти шляхи розвитку електротракторів та узагальнення інформації щодо використання електричної енергії для забезпечення руху сільськогосподарських машин.

Основна частина. Спочатку людина використовувала в якості тягової сили при оранці можливості домашніх тварин, а потім енергію машин. З початком епохи машинного землеробства тягове зусилля забезпечувалося тракторами, які приводилися в рух двигунами внутрішнього згоряння. Однак практично одночасно з розробкою традиційних тракторів стали з'являтися різноманітні машини, в яких тягове зусилля створювалося електродвигунами. По суті ці машини з'явилися прообразами нових технічних засобів, які отримали свій розвиток в електролебідках і електротракторах. Спочатку інженери пішли простим шляхом, просто замінивши дизельний двигун гусеничного трактора електричним. Але, як зазначали фахівці, «ця конструкція виявилася недосконалою». У 1937 році у Всеросійському інституті електрифікації сільського господарства (ВІЕСГ) створили електротрактор ВІМЕ-2, два дослідні зразки якого пройшли дослідну

експлуатацію на полях. А наступну модифікацію - ВІМЕ-4 в 1939 році навіть демонстрували на Всесоюзній сільськогосподарській виставці серед інших передових зразків радянської сільгосптехніки.

З початком Великої Вітчизняної війни робота по створенню електротракторів відійшла на другий, а то й на третій план. Але після її закінчення про техніку, здатної знизити споживання пального і мастильних матеріалів згадали знову. У 1948 році досвідчені зразки електротракторів були відправлені на польові випробування. Випробування електротракторів проведено по весняній оранці, розпушуванні ґрунту і оранці пара. Питома витрата електроенергії на орних роботах, при глибині обробки 25-27 см, склав 45 кВт / га. При повному напрузі і частоті в енергосистемі електротрактор вільно тягнув п'ятикорпусний тракторний плуг з передплужниками.

У 1949 році на поля країни вийшли електротрактори.



Рис. 1. Перші електротрактори

Основними недоліками електротрактора були висока початкова ціна і швидкий знос кабелю живлення. Крім того, трактор не міг пересуватися самостійно поза досяжністю мереж або перевозити за собою підстанцію уздовж лінії електропередач - для цього була потрібна спільна робота як мінімум двох електротракторів або буксирування звичайним трактором.

Протягом 1949-1954 років у різних МТС працювало кілька десятків електротракторів, випущених першою дослідною партією, які жилися електрикою за допомогою тролейного кабелю. Передові трактористи за один сезон обробляли понад 1100 га на машину; середня змінна продуктивність на оранці становила 6-7 га; максимальна за зміну досягала 9 га. На лущенні парів відповідно середня і максимальна продуктивність за зміну становила 20 га і 38 га; на посіві відповідно 20 і 30 га.

У 1951 році з новим типом електротракторів марки ХТЗ-12 були випробувані 5-корпусні оборотні плуги, керовані з електротрактора за

допомогою гідроприводу. При цьому в процесі оранки виключалися розвальні борозни і звальні гребені, і оранка мала вигляд зливої оранки високої якості.

Серед основних переваг електротрактора у порівнянні з трактором з тепловим двигуном фахівці називають: хороші тягові властивості і надійність роботи тягового електродвигуна; простота технічного обслуговування і легкість пуску, економія часу і робочої сили, а також заправки паливом та водою.

До недоліків відповідно відносять: великі початкові капіталовкладення; дещо меншу маневрену здатність через кабель; недостатню довговічність роботи живильного кабелю, а також його високу вартість по відношенню до вартості всього електротрактора; потребу в тракторі з тепловим двигуном для перевезення електротрактора з ділянки на ділянку поза польових електричних мереж; більшу проти теплового трактора вагу на 1-2 т через вагу конструкції барабанної групи, електроприводу для намотування кабелю і великої кількості роликів, необхідних для направлення кабелю на барабан.

Підвищена вага електротрактора спричиняє більший тиск на ґрунт навантаження на трансмісію і ходову частину машини. Кабель живлення є найбільш слабкою ланкою в системі, важкі умови роботи призводять до його порівняно швидкого зносу.

Від 1957 року в СРСР почали працювати також потужні дизель-електротрактори ДЕТ-250М2 (Дизель-Електричний Трактор тягового класу 250 к.с.) , які виготовлялися на Челябінському тракторному заводі (їх припинили випускати лише 2014-го). Принцип роботи машини такий: дизельний двигун запускав генератор електричної енергії, від якого живився тяговий електричний двигун. ДЕТ-250 дотепер залишається єдиним у світі (поряд зі своїми новішими моделями ДЕТ-320 і ДЕТ-400) трактором з електромеханічною трансмісією.

Творці електротракторів не здавалися і створювали проекти нових, більш досконалих зразків. Але в 1970-х роках було проведено новий порівняльний розрахунок економічної ефективності двох типів тракторів. Капіталовкладення в електротрактори значно вище за рахунок вартості генератора і електрообладнання. Експлуатаційні витрати по електротракторам також вище дизельних. Тому при рівній продуктивності тракторів застосування даних електроагрегатів економічно недоцільно.

Сільськогосподарська галузь знаходиться в постійному розвитку. Щороку для різних напрямків АПК пропонуються інноваційні рішення, що допомагають зробити ведення аграрного бізнесу більш ефективним і менш витратним. Однак найбільшу увагу всіх

сільгосвиробників традиційно привертають розробки в сфері сільгоспмашинобудування.

Існує величезний попит на електричні транспортні засоби і невелике ядро інженерів-виконавців, які почали обмінюватися технічними напрацюваннями у цій галузі.

ПАТ «Харківський тракторний завод» винайшов електротрактор ХТЗ-2511Е на місці дизельного двигуна і відповідних ДВЗ-деталей встановили китайський електродвигун з 6 лужними акумуляторами 6СТ-190. На одній зарядці трактор може пропрацювати в транспортному режимі до 5 годин, а з навантаженням при виконанні силових операцій - 2 години. Час, необхідне для повної зарядки акумуляторів, становить близько 10 годин. Застосування літій-іонних батарей значно підвищує як час роботи трактора без підзарядки, так і ресурс батарей.



Рис. 2. Электрический ХТЗ-2511Е

Однак в «серію» піде дещо інша модель, під назвою Edison. ХТЗ Edison (на базі ХТЗ-3512) – задньопривідний трактор класу 0,6 оснащений 24-кіловатними батареями і електродвигуном Nissan Motors/Electric Motor потужністю 35 л.с.



Рис. 3. Модель електротрактора Edison ХТЗ

Німецька фірма Fendt представила електротрактор 100 Varjo. Зовні він має вигляд звичайного трактора, але замість гучного мотора

встановлено електродвигун потужністю 50 кВт (67,98 к.с.), що отримує енергію від батареї ємністю 100 кВт/год. Цього достатньо для п'ятигодинної безперервної роботи трактора. Поповнити запаси енергії до 80% на спеціальній зарядній станції можна за 40 хв. А ще заряд батареї частково можна і рекуперувати, тобто повернути частину енергії для повторного використання у тому самому технологічному процесі.



Рис. 4. Електричний трактор німецької фірми Fendt

Найбільший у світі виробник сільгосптехніки John Deere представив прототип трактора на електротязі. Оснащена батареями на 130 кВт/год модель SESAM (Sustainable Energy Supply for Agricultural Machinery) відрізняється від сучасної агротехніки практично повною відсутністю шуму. Компанія також повідомила про створення підрозділу для розробки електрифікованих сільгоспмашин. Трактор SESAM використовує тільки електротягу — замість дизельного мотора під капотом встановлено акумулятори на 130 кВт/год і два електродвигуни по 150 кВт. Для порівняння найпотужніші батареї Tesla видають 100 кВт/год. Потужність SESAM становить 407,88 кінські сили.



Рис. 5. Електричний трактор SESAM виробництва компанії John Deere

Науковці Таврійського державного агротехнологічного університету ім. Дмитра Моторного розробили перший в Україні електрифікований агроміст. Особливістю цього енергетичного засобу

є безступінчаста трансмісія. Ця конструкція має електричний привід коліс та власний навісний механізм для агрегування із сільськогосподарським реманентом. Робоча ширина захвату моста — 2,8 м.



Рис. 6. Міні-електротрактор

За тяговими показниками його можна віднести до тракторів тягового класу 0,2.

Висновки. Таким чином, сільськогосподарське машинобудування повільними, але впевненими кроками рухається до епохи електричних аграрних машин, які будуть поступово проникати в сільське господарство і в майбутньому змінять його докорінно.

Більше не доведеться витратити кошти і час на обслуговування тракторів з дизельними двигунами, зберігання великих запасів палива до них і частим ремонтам через швидку зношеність деталей. Виходячи з того, що все більше компаній зацікавлені в перекладі сільгосптехніки на електротягу, це тільки питання часу. Майбутнє сільгосптехніки за електрикою. Позитивні характеристики електротрактора - тихий хід, нульова емісія, малі експлуатаційні витрати, відсутність палива.

Список використаних джерел:

1. Загинайлов В. И., Андреев С. А. История развития, состояние и перспективы применения техники в полеводстве. *Агроинженерия*. 2017. № 6. С. 15-22.

2. Основы электропривода и применения электрической энергии в сельском хозяйстве: учебное пособие / Г. И. Назаров и др. Москва: Колос, 1965. 392 с.

3. Рубцов П. А., Осетров П. А., Бондаренко С. П. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. Москва: Колос, 1971. 528 с.

4. Зорин К. Автономный или электрический трактор: сражение за будущее. URL: <https://www.agbz.ru/articles/avtonomnyiy-ili-elektricheskiy-traktor--srajenie-za-budushee/> (дата звернення: 20.11.2020).

5. Житков А. Електротрактори та електромобілі – історія довжиною у майже 200 років. *Агропрофі*. 2019. № 9 (429). URL: http://www.tsatu.edu.ua/wp-content/uploads/agroprofi_09.pdf (дата звернення: 20.11.2020).

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Мілаєва І., Мілаєва О.

Анотація

У статті розглянуто основні етапи та напрямки розвитку електрифікованих технічних засобів для здійснення мобільних технологічних процесів у сільському господарстві. Як з перших розробок в цій сфері визнані електропахотні агрегати канатної тяги, виконані по дводвигуновому і однодвигательним схемами. Ці пристрої були ідеєю засновника землеробської механіки В. П. Горячкіна в справі створення ефективних ґрунтообробних машин із застосуванням електричної енергії. Розглянуто найбільш вдалі конструкції електротракторів, електрокомбайнів, а також комплектів сільськогосподарських машин і знарядь для човникової обробки ґрунту. Основними недоліками електромобільних агрегатів визнані низька маневреність, громіздкість, велика металоємність кабельного барабана, а також істотні втрати потужності в підвідному кабелі. Описані технічні рішення, що дозволяють виключити використання струмопідвідного кабелю. Серед них: електротрактори, що поєднують двигуни внутрішнього згоряння з електрогенераторами, трактори з живленням від акумуляторних батарей і трактори з комбінованим енергозабезпеченням тягових електродвигунів [1]. Зроблено висновок про перспективність перекладу мобільної сільськогосподарської техніки на електричну тягу.

Ключові слова: сільськогосподарський трактор, потужність двигателя, електротрактор, енергозабезпечення, електричний кабель, акумулятор, оранка ґрунту, мобільна сільськогосподарська техніка.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Милаева И., Милаев А.

Аннотация

В статье представлен исторический обзор создания электротракторов, рассмотрены перспективы их развития. Приведены преимущества и указаны недостатки этих транспортных средств. Рассмотрены основные этапы и направления развития электрифицированных технических средств для осуществления мобильных технологических процессов в сельском хозяйстве. Представлен исторический обзор создания электротракторов, рассмотрены перспективы их развития. Как с первых разработок в этой сфере признаны электропахотные агрегаты канатной тяги, выполненные по двухдвигательном и однодвигательным схемам. Эти устройства были идеей основателя

земледельческой механики В. П. Горячкина в деле создания эффективных почвообрабатывающих машин с применением электрической энергии. Рассмотрены наиболее удачные конструкции электротракторов, электрокомбайнов, а также комплектов сельскохозяйственных машин и орудий для обработки почвы. Основными недостатками электромобильных агрегатов признана низкая маневренность, громоздкость, большая металлоемкость кабельного барабана, а также существенные потери мощности в подводящем кабеле. Описаны технические решения, позволяющие исключить использование токоподводящего кабеля. Среди них: электротракторы, объединяющих двигатели внутреннего сгорания с электрогенераторами, тракторы с питанием от аккумуляторных батарей и тракторы с комбинированным энергообеспечением тяговых электродвигателей. Сделан вывод о перспективности перевода мобильной сельскохозяйственной техники на электрическую тягу.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, мощность двигателя, электротрактор, энергообеспечения, электрический кабель, аккумулятор, вспашка почвы, мобильная сельскохозяйственная техника.

HISTORY OF DEVELOPMENT, PROSPECTS OF APPLICATION OF ELECTROMOBILE EQUIPMENT

I. Milayeva, A. Milayev

Summary

The article presents a historical overview of the creation of electric tractors, considers the prospects for their development. The advantages and disadvantages of these vehicles are given. The main stages and directions of the development of electrified technical means for the implementation of mobile technological processes in agriculture are considered. A historical review of the creation of electric tractors is presented, the prospects for their development are considered. As from the first developments in this area, electric cable traction units made according to two-engine and single-engine schemes have been recognized. These devices were the ideas of the founder of agricultural mechanics V. P. Goryachkina in the creation of effective soil cultivation machines using electric energy. The most successful designs of electric tractors, electric combines, as well as sets of agricultural machines and implements for tillage are considered. The main disadvantages of electromobile units are recognized as low maneuverability, cumbersomeness, high metal content of the cable drum, as well as significant power losses in the supply cable. The technical solutions are described, allowing to exclude the use of a current-carrying cable. Among them: electric tractors combining internal combustion engines with electric generators, tractors powered by batteries and tractors with combined power supply of traction motors. The conclusion is made about the prospects of transferring mobile agricultural machinery to electric traction.

Key words: agricultural tractor, engine power, electric tractor, power supply, electric cable, battery, tillage, mobile agricultural machinery.

ЗМІСТ

<i>Андренко П. М., Гречка І. П., Клітної В. В., Хованський С. О.</i> Математична модель удосконаленого регулятора витрат рідини	3
<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А.</i> Проектування мехатронних систем з заданими вихідними характеристиками	18
<i>Кюрчев С. В., Шокарев О. М., Шокарев О. О.</i> Аналіз економічної ефективності використання діалектичного сепаратора насіння	36
<i>Самойчук К. О.</i> Визначення коефіцієнту витрат струминних гомогенізаторів молока	46
<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А.</i> Дослідження динамічних характеристик мехатронних систем з гідравлічним приводом	58
<i>Михайлов Є. В., Задосна Н. О., Ковальов О. В., Задосний Д. О.</i> Розрахунок технологічний параметрів процесу сепарування зернової суміші	73
<i>Журавель Д. П., Бондар А. М.</i> Перспективний спосіб підвищення керованості колісних машин	82
<i>Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Засядько А. І.</i> Прогнозування зміни вихідних характеристик при проектуванні планетарного гідроматора	91
<i>Яковлєв В. Ф.</i> Обґрунтування параметрів подільно-множувального блоку пристрою оцінки якості біологічних структур фіксованої геометричної форми	106
<i>Вовк О. Ю., Квітка С. О.</i> Періодичний контроль функціонального стану асинхронізатору електродвигунів за енергетичними показниками	115
<i>Курашкін С. Ф., Попова І. О.</i> Пристрій захисту трифазних асинхронних електродвигунів	126
<i>Данченко М. М., Шокарев О. М., Шегада К. О.</i> Експериментальні дослідження взаємодії зрізаних стеблин з обертаючою циліндричною поверхнею валкоутворювача	136
<i>Болтянська Н. І., Болтянський О. В.</i> Тендеції розвитку технологій і технічних засобів на тваринницьких фермах	147
<i>Стефановський А. Б.</i> Соотношения между основными размерами шестерен масляных насосов отечественных автотракторных двигателей	156
<i>Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Кушлик Р. В., Кушлик Р. Р.,</i> Поліпшення системи підготовки води для зрошення рослин за допомогою магнітного поля	168

<i>Болтянська Н. І., Маніта І. Ю., Подашевська О.</i> Проблеми і перспективи розвитку інформаційних технологій в сільському господарстві	175
<i>Дьоміна Н. А., Морозов М. В., Назарова О. П., Халанчук Л. В., Солодов В. В.</i> Оптичні методи вимірювання шорсткості поверхні	186
<i>Кушлик Р. Р., Кушлик Р. В., Постол Ю. О., Гулевський В. Б.</i> Вимірювання в'язкості біопального обробленого в електротехнологічному комплексі	194
<i>Стефановский А. Б., Болтянский О. В.</i> Свойства регрессионных зависимостей отношения основных размеров шестерен масляных насосов автотракторных двигателей от разности этих размеров	203
<i>Мирненко Ю. П., Пенев О. В., Бакарджиев Р. А.</i> Технология сборки многометной прессформы колец круглого сечения	225
<i>Скляр Р. В.</i> До питання удосконалення технології переробки пташиного посліду	230
<i>Мілаєва І. І., Мілаєв О. І.</i> Історія розвитку, перспективи застосування електромобільної техніки	239
<i>Савойський О. Ю.</i> Дослідження електроплазмолізу яблучної сировини в процесі комбінованого сушіння	247
<i>Мілаєва І. І., Мілаєв О. І.</i> Особливості модельного ряду тракторів John Deere	258
<i>Ковальов О. О.</i> Аналіз конструкцій гомогенізаторів молока	266