



Становление отечественной мобильной сельскохозяйственной техники на электротяге

Юлия Сергеевна Ценч¹,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
e-mail: vimasp@mail.ru;

Владимир Васильевич Шаров²,
кандидат технических наук, хранитель фондов,
e-mail: sharov_vv56@mail.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

²Музей памяти Лопасненского края, г. Чехов, Российская Федерация

Реферат. С реализацией плана ГОЭЛРО в конце 1920-х-начале 1930-х годов применение электроэнергии стремились распространить на сельскохозяйственные работы в поле, создавая специальные машины и механизмы. Усилия были направлены на поиск возможностей по электрификации энергоемких работ в земледелии. Стали появляться различные конструкции электроплугов и электротракторов. (*Цель исследования*) Провести анализ работ по созданию электротрактора в СССР в период с 1930 по 1956 год. (*Материалы и методы*) В работе использован хронологический метод исследований. Изучались научно-технические публикации и другие источники, в которых отражены вопросы изготовления и испытания электротракторов. На основе анализа и обобщения рассмотренных материалов формировались выводы. (*Результаты и обсуждение*) Начальный этап электрификации операций обработки почвы ознаменовался созданием плугов, приводимых в действие электрическими лебедками. В начале 1930-х годов стали появляться тракторы, в которых тепловой двигатель (внутреннего сгорания) заменяли электрическим. Совершенствование электротракторов привело к созданию гусеничных моделей ХТЗ-15 (Харьков) и ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ (Москва). Однако всесторонняя проверка выявила, что не только по техническим, но и экономическим показателям применение электротракторов в полеводстве нецелесообразно. (*Выводы*) С 1930 по 1956 год в Советском союзе были построены не менее 15 типов колесных и гусеничных электротракторов. Их испытания показали положительные и отрицательные стороны электрифицированной тяговой техники. Технические проблемы, возникшие на пути внедрения электротрактора, не смогли преодолеть инженеры середины XX века. Тематика по этому направлению была закрыта в 1956 году.

Ключевые слова: сельское хозяйство, обработка почвы, электроплуг, электротрактор, лебедка, кабель, барабан, приемное устройство.

■ **Для цитирования:** Ценч Ю.С., Шаров В.В. Становление отечественной мобильной сельскохозяйственной техники на электротяге // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №3. С. 4-13. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-4-13. EDN: ZMGVTW.

Scientific article

Advancement of Domestic Mobile Agricultural Machinery Powered by Electric Traction

Yuliya S. Tsench¹,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher,
e-mail: vimasp@mail.ru;

Vladimir V. Sharov²,
Ph.D.(Eng.), curator of museum funds,
e-mail: sharov_vv56@mail.ru

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Museum of Memory of the Lopasny region, Chekhov, Russian Federation

Abstract. With the implementation of the GOELRO plan in the late 1920s and early 1930s, efforts were made to extend the use of electricity to agricultural fieldwork through the development of specialized machines and mechanisms. Numerous inventors, engineers, and scientists focused on finding ways to electrify energy-intensive agricultural operations. As a result, various designs of electric plows and electric tractors emerged. (*Research purpose*) The paper aims to analyze the development of electric tractors in the USSR during the period from 1930 to 1956. (*Materials and methods*) The study employs a chronological research method, examining scientific and technical publications, along with other sources, that address the manufacturing and testing of electric tractors. Conclusions were drawn through the analysis and synthesis of the reviewed materials. (*Results and discussion*) The

initial phase of electrifying soil cultivation operations was marked by the development of plows powered by electric winches. In the early 1930s, tractors emerged with electric motors replacing traditional heat (internal combustion) engines. Advancements in electric tractor design led to the creation of tracked models such as the HTZ-15 (Kharkov) and ET-5-ENIN-VIESh (Moscow), which underwent extensive economic testing. The results indicated that the use of electric tractors in field crop farming was unsuitable due to both technical and economic factors. (*Conclusions*) Between 1930 and 1956, at least 15 types of wheeled and tracked electric tractors were developed in the Soviet Union. Testing these models revealed both the advantages and drawbacks of electrified traction equipment. Despite their efforts, mid-twentieth-century engineers were unable to resolve the technical challenges associated with the implementation of electric tractors, leading to the termination of the project in 1956.

Keywords: agriculture, soil cultivation, electric plow, electric tractor, winch, cable, drum, receiving mechanism.

For citation: Tsench Yu. S., Sharov V.V. Advancement of domestic mobile agricultural machinery powered by electric traction. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N3. 4-13 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-4-13. EDN: ZMGVTW.

Возможность применения электроэнергии в земледелии постоянно будоражит умы специалистов в области механизации сельскохозяйственного производства. Технические решения по этой проблеме на протяжении более ста лет неоднократно предлагались как зарубежными, так и отечественными инженерами [1-4].

В нашей стране такие разработки появились во время создания плана ГОЭЛРО (1918-1920 гг.). Актуальность и значимость этому направлению придавали убеждения руководителей государства в необходимости повсеместной электрификации в производственной сфере и повседневной жизни человека. Внедрение электрооборудования в производство и быт сулило несомненные улучшения экологического и экономического плана, комфортности проживания.

Одним из идеологов массового применения нового для страны вида энергии был В.И. Ленин, который энергетическое строительство считал величайшей частью государственно-политического и научно-технического переустройства России после 1917 г. [5]. Сам вождь интересовался ходом практической работы по внедрению электричества в земледелии, принимал участие в демонстрационных испытаниях электроплуга (рис. 1).



Рис. 1. В.И. Ленин на испытаниях 22.10.1921 г. электроплуга на Бутырском хуторе в Москве. Художник К.И. Феногенов. 1939 г.

Fig. 1. V.I. Lenin at the testing of an electric winch plow at Butyrsky Farmstead in Moscow on October 22, 1921. Artist: K.I. Fenogenov. 1939

«Коммунизм – это есть советская власть плюс электрификация всей страны»: эта фраза В.И. Ленина на Московской конференции РКП(б) 20 ноября 1920 г. породила всплеск социальной энергии. Отечественные ученые, конструкторы, изобретатели направили свои усилия на создание машин для сельского хозяйства с использованием энергии электрического тока.

Цель исследований. Провести анализ и обобщение по работам, посвященным вопросам создания электротракторов в СССР с 1930 по 1956 год.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В работе использовался хронологический метод исследований. Изучались научно-технические и информационные источники, в которых отражены вопросы изготовления и испытания электротракторов. На основе анализа и обобщения рассмотренных материалов формировались выводы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. С возведением электростанций в стране начались разработки электрифицированных машин для сельского хозяйства на смену ветровым, водяным и паровым двигателям. Электродвигатели стремились применить не только на стационарных установках, но и на передвигающихся полевых машинах. Вначале усилия инженеров были сконцентрированы на разработке электроплуга. Суть этого технического решения сводилась к электроприводу многокорпусного плуга с двойным набором лево- и правооборачивающих корпусов.

Плуг приводился в движение двумя электролебедками, которые укреплялись на концах прогона на тележках с мощными электродвигателями и пускорегулирующей аппаратурой на 2000 В. Для перемещения тележки на ней устанавливались двигатели внутреннего сгорания, и плуг челночным способом поочередно подтягивался стальным тросом от одной лебедки к другой. Один рабочий управлял плугом, а двое – лебедками. После каждого прохода тележки передвигались на ширину захвата плуга.

Работы по электроплугу с 1921 по 1925 г. были сосредоточены на предприятии «Электрострой», возглавляемом активным сторонником советской электроэнергетики Г.М. Кржижановским. Отделом электропахоты в организации руководил талантливый инженер П.П. Пыляй, сумевший развернуть масштабные работы в тяжелых условиях послевоенного времени.

Всесторонние хозяйственные испытания электроплуга проводились в разных регионах России: в Самарской губернии (на землях Тимашевского сахарного завода), Костромской губернии (в Шунгенском совхозе), в Донбассе (на землях треста «Химуголь», в совхозах им. Шевченко и «Хлебное») и даже в Средней Азии на хлопковых полях совхоза «Мургаб».

Многочисленные испытания в условиях реальной эксплуатации показали, что везде внедрению нового метода пахоты препятствовало отсутствие достаточных электрических мощностей.

В 1925 г. во время испытаний электроплуга в Донбассе трагически погиб инженер П.П. Пыляй. Возглавляемая им тематика постепенно затухает, а ученые и инженеры нового поколения в 1930-х годах начинают работать над созданием электротрактора.

Электротрактор с двигателем, получающим питание от внешней электросети, предназначен для выполнения операций в растениеводстве и животноводстве как стационарных, так и в движении. Одновременно с перемещением сельскохозяйственных машин электричество может подаваться на механизмы и рабочие органы, оборудованные электродвигателями, средствами электроавтоматики и другими устройствами [6].

По сравнению с тракторами, оснащенными двигателями внутреннего сгорания, электрические обладали рядом преимуществ. Высвобождалось значительное количество топлива и смазочных материалов, не требовалось подвозить топливо и воду, существенно улучшались условия труда тракториста за счет отсутствия выхлопных газов и шума от работы двигателя. КПД повышалось в 1,5-2 раза, а на вспомогательные электродвигатели агрегируемых сельскохозяйственных машин можно передавать мощности с помощью гибких кабелей.

Электротрактора, как правило, создавались на базе серийно выпускаемых тракторов, у которых к двигателю от подстанции по кабелю подводился электрический ток. Для свободного маневрирования на тракторе устанавливался кабельный барабан, приводимый во вращение от трансмиссии трактора или дополнительного электродвигателя.

В начале 1930-х годов в Советском Союзе были созданы несколько конструкций электротракторов, их разработкой занимались не только профессио-

нальные ученые, но и энтузиасты-изобретатели. В научно-технических журналах того времени содержалась информация о некоторых из них. Так, профессор А.И. Дидебулидзе из Закавказского НИМЭСХ предложил два варианта электротрактора – колесный и гусеничный. Колесный трактор на базе американского «Фордзона» оснащался электродвигателем мощностью 20 л.с. с частотой вращения 950 об/мин [7] (рис. 2).



Рис. 2. Электротрактор системы А.И. Дидебулидзе на базе колесного трактора «Фордзон»

Fig. 2. Electric tractor designed by A.I. Didebulidze, based on the Fordson wheeled tractor

Для питающего кабеля на передней части трактора устанавливался горизонтальный барабан с поперечной осью вращения диаметром 0,4 м, длиной 0,45 м и вертикальная мачта (стрела) высотой 3,5 м. Длина кабеля составляла 275 м, вес электротрактора 1470 кг (с кабелем 1620 кг). Трансмиссия обеспечивала три передачи вперед (2,35, 4,34 и 10,90 км/ч) и одну назад (4,15 км/ч).

Гусеничный электротрактор выполнялся на базе американского трактора «Катерпиллер-20» с мощностью электродвигателя 28 л.с. и вращением 1450 об/мин [7]. Горизонтальный барабан диаметром 0,67 м устанавливался в передней части электротрактора, а стрела длиной 2,1 м горизонтального типа размещалась на мощной подставке в средней части. Точка подвеса кабеля стрелой находилась на высоте 2,14 м. Длина кабеля составляла 275 м, вес трактора равнялся 2330 кг (с кабелем 2500 кг). Трансмиссия обеспечивала три передачи вперед (5,50, 7,62 и 13,30 км/ч) и одну назад (6,15 км/ч).

Электротрактор гусеничного типа инженера Данильченко (Институт хлопководства, Узбекская ССР) был создан на базе трактора «Катерпиллер-30» с заменой ДВС на электродвигатель мощностью 39,4 л.с. при 960 об/мин [7] (рис. 3). Он отличался оригинальной конструкцией кабельного барабана, который вращался относительно вертикальной оси. Барабан диаметром 1,57 м, высотой 0,3 м располагался в задней части машины вокруг места водителя с рычагами и педалями управления. Стрела дли-

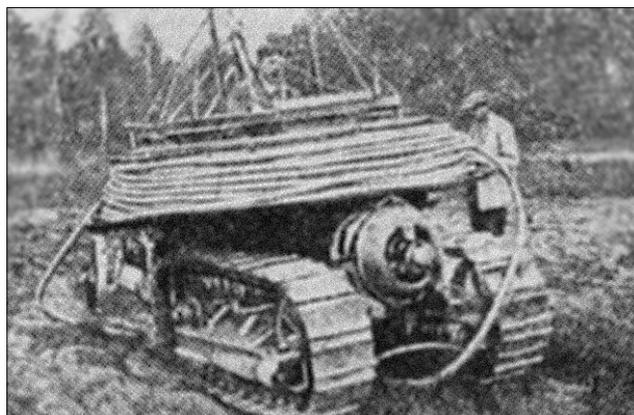


Рис. 3. Электротрактор системы инженера Данильченко на базе гусеничного трактора «Катерпиллер-30»
Fig. 3. Electric tractor designed by engineer Danilchenko, based on the Caterpillar-30 crawler tractor

ной 3,6 м с возможностью изменения угла наклона могла вращаться относительно барабана. Длина питающего кабеля составляла 500 м, вес электротрактора 4100 кг (с кабелем 5000 кг). Трансмиссия обеспечивала три передачи вперед (3,19, 4,76 и 6,57 км/ч) и одну назад (3,64 км/ч).

Другой колесный электротрактор СТЗ-ВИЭСХ был разработан на базе серийного трактора СТЗ-15/30 Сталинградского тракторного завода с электродвигателем мощностью 28 л.с. при 960 об/мин [8] (рис. 4).

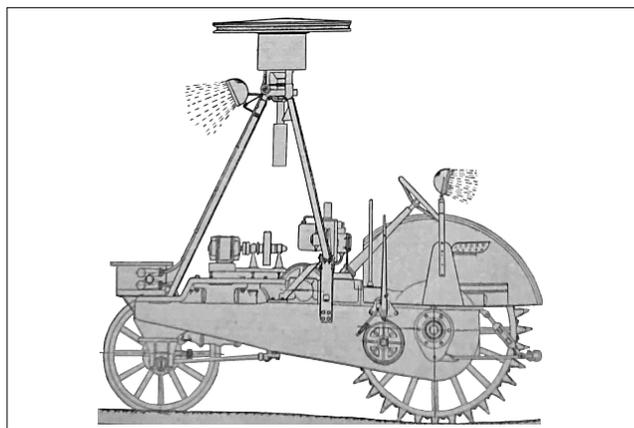


Рис. 4. Электротрактор системы ВИЭСХ на базе колесного трактора СТЗ-15/30
Fig. 4. Electric tractor VIESKh based on the STZ-15/30 wheeled tractor

Конструкция СТЗ-ВИЭСХ создавалась для апробации метода группового кабельного питания нескольких тяговых машин. Этот метод предусматривал подачу электроэнергии через 40-метровый кабель на головной трактор. Кабельный барабан размещался на специальной повозке, передвигающейся по оси обрабатываемого загона параллельно тяговым машинам. Остальные три-четыре электротрактора запитывались последовательно от

головного, таким образом предусматривалась экономия дорогостоящего медного кабеля. Длина кабеля между соседними электротракторами составляла 20 м. В конструкции отсутствовал большой барабан (на 300-500 м) для питающего кабеля.

Для фиксации приемного и передающего кабелей на вершине трехножной мачты устанавливалась так называемая электротракторная головка. Конструктивно это был небольшой барабан с вертикальной осью вращения диаметром 0,25 м для кабеля длиной 20-25 м. Также предусматривался механизм, создающий всегда момент закрутки барабана, что позволяло поддерживать кабель в подвешенном состоянии. Головка располагалась на высоте 3 м. Вес трактора составлял 2990 кг. Трансмиссия обеспечивала три передачи вперед (2,93, 4,40 и 5,85 км/ч) и одну назад (4,04 км/ч).

В январе 1936 г. на Ремонтно-механическом заводе «Агроджойнт» в Джанкое (Крым) был изготовлен гусеничный электротрактор конструкции механика З.Л. Элькина [9] (рис. 5).

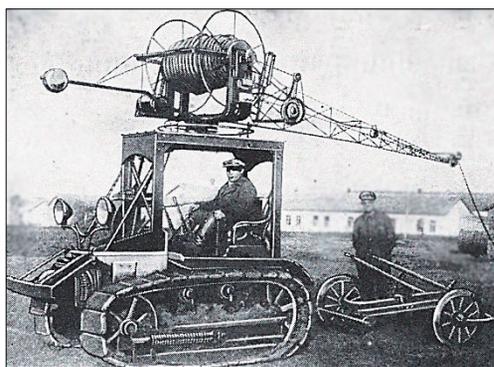


Рис. 5. Электротрактор системы механика З.Л. Элькина на базе гусеничного трактора «Катерпиллер-30»
Fig. 5. Electric tractor designed by mechanic Z.L. Elkin, based on the Caterpillar-30 crawler tractor

За основу использовался трактор «Катерпиллер-30», на котором двигатель внутреннего сгорания заменен на электрический мощностью 29 кВт и 960 об/мин. Отличительная особенность от систем А.И. Дидебулидзе и Данильченко заключалась в расположении кабельного барабана на крыше помоста, который возвышался над местом водителя. Барабан диаметром 0,3 м и шириной 0,72 м имел горизонтальную ось вращения и благодаря оригинальному креплению мог поворачиваться в горизонтальной плоскости. Кабель подавался на барабан посредством стрелы длиной 5,5 м, снабженной приемными роликами. Для устойчивости стрелы с противоположной стороны устанавливался рычаг с противовесом, вся конструкция могла поворачиваться вместе с барабаном на 360°. Длина питающего кабеля предусматривалась 1000 м, вес электротрактора с кабелем равнялся 5200 кг. Трансмис-

сия обеспечивала три передачи вперед (3,19, 4,76 и 6,57 км/ч) и одну назад (3,64 км/ч).

Опытная проверка электротракторов показала возможность их применения на полях в сельских районах широкой электрификации. Широкомасштабные испытания в 1935-1936 гг. имеющихся конструкций электротракторов позволили специалистам ВИЭСХ выявить наиболее перспективные новые виды техники [7, 10]. Лучшие показатели были отмечены у электротрактора конструкции З.Л. Элькина.

Основываясь на полученных знаниях, специалисты ВИЭСХ продолжили работу по совершенствованию конструкции электротрактора. Одним из ученых, возглавивших это направление, стал аспирант П.Н. Листов. Будущий академик ВАСХНИЛ Петр Николаевич Листов (1902-1981) приложил много усилий для развития этого направления прикладной науки. Вместе с инженерами В.Г. Стеценко и Т.П. Самойловой он создал несколько модификаций электротракторов на колесном и гусеничном ходу.

В 1938 г. усовершенствованные конструкции электротракторов испытывались на Машинно-тракторной станции имени Энгельса в АССР немцев Поволжья (часть современной Саратовской области). Проводились испытания электротрактора конструкции ВИЭСХ и в хозяйствах Средней Азии (рис. 6).

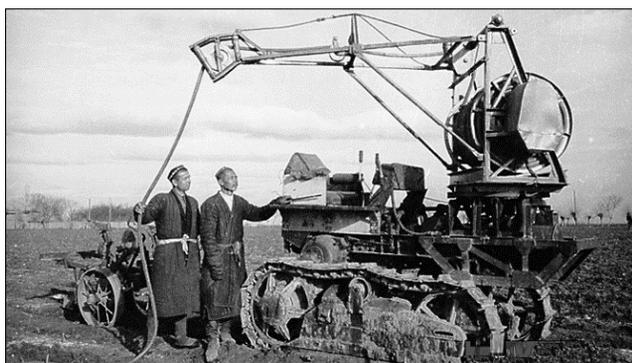


Рис. 6. Испытания электротрактора ВИЭСХ в Средней Азии, 1938 г.

Fig. 6. Testing of the VIESKh electric tractor in Central Asia, 1938

Электротрактор ВИМЭ-4-500 (рис. 7) состоял из смонтированного на шасси гусеничного трактора СТЗ-НАТИ и трансформаторной подстанции, преобразующей высокое напряжение в рабочее. С помощью специальной мачты агрегат подключался в любой точке к высоковольтной линии электропередачи. Подстанция стояла на месте, а электротрактор двигался перпендикулярно к линии, обрабатывая участок. Электроснабжение трактора от подстанции осуществлялось по гибкому кабелю длиной 750 м.

В период Великой Отечественной войны работы по созданию электротракторов приостановились и возобновились только в послевоенные годы. В феврале 1945 г. советское правительство приняло решение «О развитии сельской электрификации», в рамках его реализации были вновь организованы работы по созданию электротракторов. Научно-исследовательской деятельностью занимались специалисты нескольких организаций, разрабатывая конструкции как гусеничных, так и колесных тяговых машин.

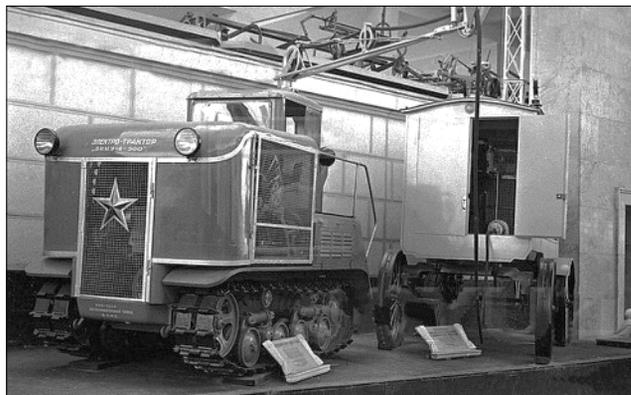


Рис. 7. Электротрактор ВИМЭ-4-500 на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке, 1940 г.

Fig. 7. VIME-4-500 electric tractor at the All-Union Agricultural Exhibition, 1940

Используя опыт довоенных лет, П.Н. Листов, В.Г. Стеценко и другие сотрудники Всесоюзного НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМЭ) спроектировали в 1945 г. электротрактор ВИМЭ-4-1000. Он отличался от предыдущей модели ВИМЭ-4-500 меньшим сечением кабеля, улучшенным токосъемником, пусковой аппаратурой и механизмом укладки кабеля. На электротракторе устанавливался трехфазный электродвигатель 48 кВт, барабан для 750 м гибкого кабеля с резиновой изоляцией. Номинальное напряжение было увеличено до 1000 В.

На опыте конструирования этих электротракторов в 1945-1946 гг. в Энергетическом институте им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) АН СССР совместно с Всесоюзным НИИ электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ выделен из ВИМЭ) на базе трактора СТЗ-НАТИ спроектирован улучшенный образец электротрактора ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ. На раме трактора стоял асинхронный электромотор переменного тока с короткозамкнутым ротором мощностью 38 кВт с постоянным, не зависящим от нагрузки, и нерегулируемым числом оборотов 980 в минуту. Маховик, муфта сцепления, коробка передач, трансмиссия и ходовая система трактора СТЗ-НАТИ не подвергались изменениям (рис. 8).



Рис. 8. Гусеничные электротрактора ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ, 1949 г.

Fig. 8. ET-5-ENIN-VIESKh crawler-type electric tractors, 1949

Для намотки кабеля использовался вспомогательный электродвигатель 3 кВт, соединенный с барабаном через двухступенчатый шестеренный редуктор, цепную передачу и фрикционную муфту. Тормоз привода к барабану предотвращал произвольную размотку кабеля.

Для работы электротрактора на подлежащих обработке полях перпендикулярно к их длине строили высоковольтные полевые электролинии напряжением 6000 или 10 000 В. Электролинии устанавливали параллельно друг другу на расстоянии двойной длины кабеля. Электротрактор питался от высоковольтной линии через передвижную трансформаторную подстанцию, которая снижала высокое напряжение до рабочего. На четырехколесной повозке монтировались понижающий трехфазный трансформатор с аппаратурой управления, а также аппараты защиты и сигнализации. Подстанция могла быть подключена к любой точке высоковольтной линии без выключения в ней напряжения через выдвижную мачту с роговидными токосъемами или посредством подъемных штанг. При длине кабеля на 800 м от одного присоединения подстанции к линии мог быть обработан участок поля от 15 до 60 га (в зависимости от длины загона).

Чтобы обрабатывать поля в двух взаимно перпендикулярных направлениях электротракторный агрегат снабжался тележкой для перевозки дополнительной длины кабеля 800 м. На четырехколесной тележке с прицепом размещался кабельный барабан или бункер с приводом от ходовых колес тележки. При наличии в агрегате кабельной тележки электротрактор от одного присоединения подстанции к сети мог обрабатывать поле площадью свыше 200 га.

Постановлением Совета Министров СССР от 31 августа 1948 г. № 3273 предписывалось изготовить для всестороннего испытания 30 тракторов ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ. Опытные образцы были изготовлены на Свердловском мотороремонтном заводе Минсельхоза СССР. Широкомасштабные

испытания в 1949 г. на трех МТС выявили существенные конструктивные недостатки тракторов: неудовлетворительное положение центра тяжести, завышенный вес, недостаточная прочность отдельных механических узлов, неудовлетворительные габариты по ширине и высоте, заниженные скорости поступательного движения. Электрооборудование трактора не гарантировало безопасность работы обслуживающего персонала, кабель не отвечал требованиям работы трактора и не обеспечивал необходимую долговечность, трансформаторная подстанция была недостаточно устойчива при передвижении.

В принятом в июне 1950 г. Постановлении Совета Министров СССР № 2736 за подписью И.В. Сталина был намечен комплекс работ по продолжению создания электротракторов ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ с учетом выявленных недостатков. Предусматривалось организовать специализированное бюро по электротракторам на Харьковском тракторном заводе и специальную лабораторию в Научно-исследовательском тракторном институте (НАТИ). Устанавливались сроки: не позднее 1 января 1951 г. изготовить и представить на испытания три экземпляра электротракторов и 30 не позднее 15 мая 1951 г.

Харьковский тракторный завод совместно с Ереванским электромеханическим заводом и заводами кабельной промышленности разработали гусеничный электротрактор мощностью 44 кВт, вначале получивший наименование ХТЗ-12 (рис. 9), а после некоторой доработки ХТЗ-15.

Модель ХТЗ-15 [11] была выполнена на базе шасси гусеничного трактора ДТ-54, а схема кабелеприемного устройства использовалась от электротрактора ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ. Тяговым был трехфазный асинхронный короткозамкнутый защищенный электродвигатель с повышенным скольжением ротора и числом оборотов 1500 в минуту. Номинальное рабочее напряжение составляло 1000 В. При разгоне трактора и переключении шестерен коробки передач применялась муфта сцепления. Натяжение кабеля в режиме намотки и размотки регулировалась с помощью электромагнитной муфты, изменяющей передаваемый момент в зависимости от относительной скорости вращения ведущих и ведомых частей. Постоянный ток возбуждения обмоток электромагнитной муфты вырабатывался генератором, который вращался через ременный привод от тягового электродвигателя. Конструкция трансмиссии обеспечивала четыре скорости вперед (3,59, 4,65, 5,43 и 6,28 км/ч) и одну назад (2,40 км/ч). Эксплуатационный вес равнялся 6600 кг (5600 кг без кабеля). Электротрактор при вспашке агрегатировался с оборотным плугом ПО-5-35, что позволяло двигаться челночным способом и существенно расширяло возможности на основной обработке почвы.

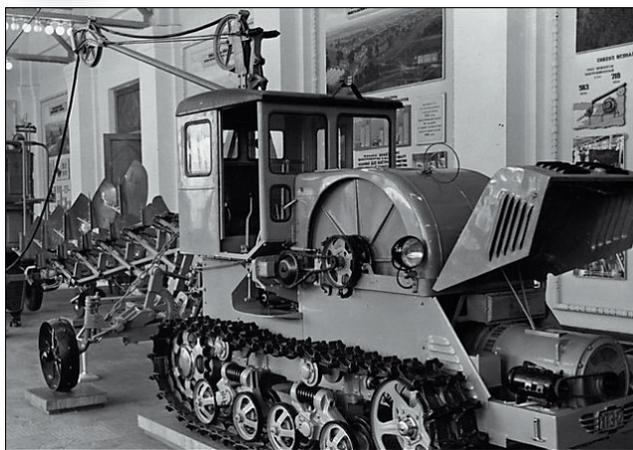


Рис. 9. Гусеничный электротрактор ХТЗ-12 на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке

Fig. 9. HTZ-12 crawler-type electric tractor at and the All-Union Agricultural Exhibition

В 1945 г. специалисты Центральной станции механизации и агротехники хлопководства (ЦСМАХ) Союзного хлопкового института (СОЮЗНИХИ) приступили к созданию электротрактора для хлопководческих хозяйств.

В 1948 г. на базе колесного трактора «Универсал-1» был изготовлен и испытан образец электротрактора ЭТУ-1 для пропашных работ. В следующем году построена и испытана улучшенная модель ЭТУ-12, оборудованная электромотором переменного тока 15,2 кВт при напряжении 380 В. Особенности конструкции ЭТУ-12:

- расположение барабана с кабелем по продольной оси трактора;
- фиксированное положение стрелы;
- согласованное вращение кабельного барабана и поступательного движения трактора.

С помощью кабеля длиной около 400 м электротрактор соединялся с передвижной трансформаторной подстанцией, которая не имела мачты токосъемника и включалась в выводные устройства на столбах высоковольтной линии.

Дальнейшие работы по усовершенствованию конструкции колесного электротрактора для хлопководства привели к созданию модели ЭТУ-13. Мощность увеличилась до 17 кВт при напряжении 500 В, рабочая скорость варьировалась от 3,15 до 6,50 км/ч.

НАТИ совместно с Минским тракторным заводом и Институтом автоматики и телемеханики АН СССР разработали колесный электротрактор ЭТ-36 мощностью 27 кВт (рис. 10) [12]. Он был выполнен на базе трактора «Беларусь» МТЗ-2 с заменой дизельного двигателя на трехфазный асинхронный с фазовым ротором электродвигатель защищенного исполнения мощностью 27 кВт, номинальным рабочим напряжением 1000 В, частотой вращения 1500 оборотов в минуту.

Оригинальное кабелеприемное устройство с вертикальным барабаном, ось вращения которого совпадала с осью стрелы, позволяло исключить закручивание кабеля при поворотах трактора. Натяжение кабеля регулировалось с помощью фрикционных муфт, работающих в масле, а кратковременные нагрузки в кабеле при движении трактора по неровностям амортизировались. Длина гибкого кабеля составляла 800 м. Конструкция трансмиссии обеспечивала четыре скорости вперед (4,7, 5,7, 6,1 и 7,5 км/ч) и одну назад (3,3 км/ч). Эксплуатационный вес составлял 3800 кг с кабелем. Электротрактор на вспашке агрегатировался с оборотным плугом ПО-3-30.



Рис. 10. Электротрактор ЭТ-36, 1954 г.

Fig. 10. ET-36 electric tractor, 1954

Минским тракторным заводом и институтом НАТИ было построено пять образцов электротракторов ЭТ-36. В 1954-1956 гг. все они проходили испытания с активным участием ВИЭСХ и ТСХА имени К.А. Тимирязева. В частности исследованиями НАТИ было установлено, что короткозамкнутые электродвигатели трехфазного тока имели удовлетворительные показатели в установившемся режиме, но потребляли значительную мощность в пусковом режиме. Кроме того, агрегаты были недостаточно устойчивы при перегрузках: при разгоне, особенно при резком включении муфты сцепления, происходила самопроизвольная остановка двигателя («прокидывание»). Для устранения этого недостатка на электротракторе ЭТ-36 был установлен фазовый электродвигатель переменного тока.

В целях электрификации производственных процессов в полеводстве и огородничестве в колхозах Московской области в соответствии с постановлениями руководства МГК ВКП(б) было решено построить опытные колесные электротракторы на базе трактора, выпускаемого с 1947 г. московским заводом ВАРЗ [13]. Разработку проекта поручили ВИЭСХ и ВИМЭ. К выпуску узлов и деталей трактора Москворецкий райком ВКП(б) привлек 14 предприятий, в том числе оборонной промышленности.

К июню 1949 г. узлы и детали поступили на Внуковский авиаремонтный завод (ВАРЗ) для сборки. К концу июня были сделаны четыре опытных электротрактора, получившие наименование ВАРЗ-ЭТК-500, или ЭТК-500.

Электротрактор собирался на базе шасси колесного трактора ВАРЗ с заменой двигателя внутреннего сгорания короткозамкнутым асинхронным тяговым электродвигателем МА-86/6 мощностью 27 кВт с частотой вращения 975 оборотов в минуту при напряжении 500 В (рис. 11).

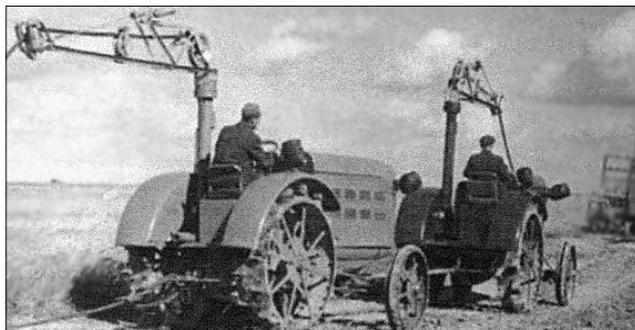


Рис. 11. Колесный электротрактор ЭТК-500, 1949 г.
Fig. 11. ETK-500 wheeled electric tractor, 1949.

Барабан с кабелем располагался горизонтально по продольной оси трактора и приводился во вращение с помощью короткозамкнутого асинхронного электродвигателя АДФЛ-32/6 с частотой вращения 980 об/мин. Вращение передавалось посредством комбинированного шестеренно-цепного редуктора и сухой однодисковой муфты. Включение и выключение вспомогательного электродвигателя было автоматизировано и согласовано с движением электротрактора. Барабан снабжался ленточным тормозом и винтовым кабелеукладчиком. Кабель типа ГРШ был длиной 460 м и диаметром 34 мм.

Вращающаяся стрела кабелеприемного устройства располагалась в левой стороне электротрактора над задним ведущим мостом. Трансмиссия обеспечивала три скорости вперед (3,31, 4,24 и 6,96 км/ч) и одну назад (3,92 км/ч). Эксплуатационный вес ЭТК-500 с кабелем 3200 кг. Работу электротрактора обеспечивали два трансформатора напряжения типа ССО-250 по 200 Вт. Испытания проходили в условиях эксплуатации в Мытищинском районе и в Горках Ленинских Московской области в 1949 г. под руководством специалистов Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева.

К проблеме создания колесного электротрактора в Московском регионе привлекались специалисты военной промышленности [13]. Под руководством известного конструктора артиллерийских орудий В.Г. Грабина (1900-1980) в НИИ-58 создавалась своя модель электротрактора МЭТ-1. Трансмиссия и органы управления (муфта сцепления, ры-

чаг перемены скоростей, ручной тормоз) были заимствованы от колесного трактора ВАРЗ. Конструкция МЭТ-1 была во многом схожа с ЭТК-500, А некоторые технические параметры были разные.

Так, на МЭТ-1 тяговым был короткозамкнутый асинхронный электродвигатель МА-204-1/6 мощностью 25,5 кВт с частотой вращения 980 об/мин при напряжении 500 В. Вращающаяся стрела кабелеприемного устройства располагалась над барабаном на четырех стойках в передней части электротрактора. Барабан приводился во вращение от электродвигателя АД-32/6 трехфазного переменного тока частотой 930 об/мин. Вращение передавалось посредством комбинированного шестеренно-цепного редуктора (передаточное число 1:10,8) и сухой однодисковой муфты. Включение и выключение вспомогательного электродвигателя было автоматизировано и согласовано с движением электротрактора. Барабан снабжался ленточным тормозом и винтовым кабелеукладчиком. Применялся кабель типа ГРШС длиной 450 м и диаметром 34 мм.

Конструкция трансмиссии обеспечивала три скорости вперед (3,50, 4,50 и 7,40 км/ч) и одну назад (4,20 км/ч). Эксплуатационный вес равнялся 3600 кг с кабелем. Работу электротрактора обеспечивал однофазный трансформатор с воздушным охлаждением ТП-250, 380/12 Вт.

Итоги работ по созданию отечественного электротрактора

Разработкой конструкции отечественного электротрактора занимались довольно продолжительное время (1932-1956 гг.) с привлечением институтов Академии наук СССР, организаций оборонной промышленности, специалистов сельского хозяйства. Это направление курировал И.В. Сталин, как Председатель Совета Министров Союза ССР. Были подписаны несколько постановлений по поддержке и развитию тематики использования электроэнергии в полеводстве.

Широкая эксплуатационная проверка электротракторов различной конструкции в нескольких МТС выявила их работоспособность и возможность повышения чистой производительности на 10-15% по сравнению с базовыми дизельными тракторами в случаях, когда электротракторы работали без поломок [14]. Вместе с тем, по оценкам специалистов НАТИ, были установлены недостатки электротракторов с кабельным питанием.

- Отсутствие универсальности электротракторов для выполнения транспортных работ. Для вывода в поле или при движении от загона к загону они должны буксироваться дизельными тракторами. В связи с этим эксплуатация электротракторов сильно усложнялась, а также возрастала многомарочность тракторного парка.

- Несчастные случаи с обслуживающим персоналом при нарушении правил эксплуатации высоковольтных установок.

- Большие затраты количества дефицитной меди (около 500-700 кг на электротрактор) для изготовления кабеля электродвигателей и трансформаторной подстанции.

- Высокие капитальные затраты на постройку высоковольтных линий (6000 или 10 000 В) на полях, которые должны быть расположены на расстоянии примерно 1 км друг от друга. Кроме этого линии не использовались зимой и в периоды, когда на полях не производилось механизированных работ.

- Низкий срок службы кабеля (70-1000 ч) вследствие тяжелых условий работы. Общая потеря мощности в подводящем кабеле достигала 13%.

- Масса дополнительных агрегатов электротракторов (барабан, стрела и другие приспособления) составляли 15-20% от массы шасси трактора. В результате электротракторы были тяжелее базовых дизельных тракторов на 10-15% (без учета массы кабеля и подстанции).

Таковы были выявленные недостатки электротрактора, которые не смогли устранить инженеры середины XX века. Эти недостатки выливались в экономическую неэффективность вновь создаваемой техники, что исключало ее внедрение в сельскохозяйственное производство. Решение проблем, тормозящих внедрение электротракторов, требовало новых идей и технологий, которых в то время не было у отечественных специалистов.

В эти же годы двигатель внутреннего сгорания совершенствовался стремительными темпами, значительно улучшилась его экономичность, существенно повысились надежность и экологичность. В 1950-х годах в СССР были разведаны громадные запасы нефти, начиналась их промышленная добыча и переработка, в значительной степени был преодолен дефицит нефтепродуктов. Все это снижало актуальность использование электроэнергии в тракторной технике.

Результаты экспериментальных работ по электротракторам обсуждались в 1956 г. на специальной конференции в Энергетическом институте им. Г.М. Кржижановского АН СССР. Конференция, которой руководил член-корреспондент АН СССР В.И. Вейц, не подтвердила целесообразности внедрения в сельском хозяйстве электротракторов с кабельным питанием, и работы над этой пробле-

мой были повсеместно прекращены. С 1957 г. направление по электротракторам в планы научных организаций не включались.

В конце 1970-х годов в нашей стране был отмечен всплеск предложений по созданию конструкции электротрактора с учетом новых технических решений. В этой связи институт НАТИ однозначно высказался о нецелесообразности возобновления работ по мощным электротракторам с кабельным питанием, выполняющих полевые операции на значительных площадях.

В то же время электротракторы небольшой мощности с кабельным или троллейным питанием, по их мнению, могли найти применение в отраслях, территориально ограниченных, с постоянными трассами: в животноводстве (внутри зданий), тепличном хозяйстве, а также при возделывании многолетних культур (чай, виноград).

Ученые НАТИ, учитывая необходимость исключения расхода нефтепродуктов в полеводстве в дальней перспективе, предлагали использовать дешевую электроэнергию атомных и гидроэлектростанций в производстве из недефицитного сырья синтетического топлива для заправки тракторов. Это бы сохраняло преимущество с традиционными конструкциями и обеспечило автономность и универсальность энергетических средств сельскохозяйственного производства.

Выводы. За время работы (1930-1956 гг.) над конструкцией электротрактора советские специалисты создали не менее 15 разновидностей опытных образцов тяговых машин колесного и гусеничного типа. Наиболее совершенные гусеничные конструкции тракторов ХТЗ-15 и ЭТ-5-ЭНИН-ВИЭСХ прошли всестороннюю хозяйственную проверку.

Стабильность тяговых свойств электротрактора, простота технического обслуживания, экономия нефтяного топлива и смазочных материалов, а также низкий шум и отсутствие выхлопных газов были главными преимуществами перед тракторами с двигателями внутреннего сгорания. В то же время низкая надежность питающего кабеля, ограниченные возможности перемещения, наличие высоковольтных линий электропередач на обрабатываемых полях сводили на нет все их достоинства.

Технические проблемы, возникшие на пути внедрения электротрактора, не смогли преодолеть инженеры середины XX века. В 1956 г. тематика по этому направлению была закрыта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Листов П.Н. Электротрактор инж. Кемпа (Ашбуртак, Новая Зеландия) // *Электрификация сельского хозяйства*. 1935. №2. С. 76-78.
2. Листов П.Н. Электротракторы машины непосредственной тяги // *Электрификация сельского хозяйства*. 1937. С. 18-23.
3. Шаров В.В. Фрагменты истории отечественного тракторостроения: технические очерки по тракторостроению: *Электрификация сельского хозяйства*.

ению в России. Кн. I. Конец XIX – первая половина XX веков. М.: РА «Идеи оптом». 2015. 96 с.

4. Шаров В.В. Фрагменты истории отечественного тракторостроения: технические очерки по тракторостроению в России. Кн. III. Послевоенное восстановление и переход к планомерному развитию тракторостроительной отрасли 1946-1955 гг. М.: ИКАР. 2022. 104 с.
5. Гвоздецкий В.Л. Становление отечественной электрификации. План ГОЭЛРО // Вихревая динамика развития науки и техники. Россия/СССР. Первая половина XX века: в трех томах. Т. II: Экстремальный режим развития науки и техники. ИИЕТ РАН. Саратов: Амирит. 2018. С. 20.
6. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т. 6. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Советская Энциклопедия. 1975. 891 с.
7. Дмитриев И.И. Результаты сравнительных испытаний 4 советских электротракторов кабельного питания // *Электрификация сельского хозяйства*. N4. 1935. С. 43-54.
8. Краснов А.А. Способы индивидуального и группово-

го кабельного питания электротракторов и применение последнего для электрификации трактора СТЗ // *Электрификация сельского хозяйства*. N6. 1934. С. 31-37.

9. Листов П.Н. Электротрактор новой конструкции // *Электрификация сельского хозяйства*. N2. 1936. С. 26-29.
10. Листов П.Н. Результаты испытаний четырёх электротракторов по спаренной системе работы // *Электрификация сельского хозяйства*. N4. 1936. С. 52-62.
11. Краткие технические характеристики советских тракторов, находящихся на производстве и экспериментальных. М.: НАТИ. 1954. 36 с.
12. Краткие технические характеристики советских тракторов. М.: НАТИ. 1955. 56 с.
13. Кириндас А. Механическая тяга. Первенец сталинских пятилеток // *Техника и вооружение*. N7. 2013. С. 33-40.
14. Листов П.Н. Некоторые итоги работы электрических тракторов // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. N1. 1952. С. 25-32.

REFERENCES

1. Listov P.N. Electric tractor by Engineer Kempa (Ashburta, New Zealand). *Electrification of Agriculture*. N2. 1935. 76-78 (In Russian).
2. Listov P.N. Direct traction electric machines. *Electrification of Agriculture*. N2. 1937. 18-23 (In Russian).
3. Sharov V.V. Fragments of the domestic tractor construction history. Technical essays on tractor construction in Russia. Book I: The late 19th century to the first half of the 20th century. Moscow: Ideas Wholesale. 2015. 96 (In Russian).
4. Sharov V.V. Fragments of the domestic tractor construction history. Technical essays on tractor construction in Russia. Book III. Post-war reconstruction and transition to planned development of the tractor industry 1946-1955. Moscow. IKAR. 2022. 104 (In Russian).
5. Gvozdetsky V.L. The formation of domestic electrification. The GOELRO Plan. Rapid evolution of science and technology development in Russia/USSR. The first half of the 20th century. Vol. II: The high-pressure environment of science and technology development. IET RAS. Saratov. Amirite. 2018. 721 (In Russian).
6. Agricultural Encyclopedia. Vol. 6. 4th ed. Moscow: Soviet Encyclopedia. 1975. 891 (In Russian).
7. Dmitriev I.I. Test results comparing four Soviet cable-powered electric tractors. *Electrification of Agriculture*. N4. 1935. 43-54 (In Russian).
8. Krasnov A.A. Methods of individual and group cable power supply for electric tractors: Application in electrifying the STZ tractor. *Electrification of Agriculture*. N6. 1934. 31-37 (In Russian).
9. Listov P.N. New design for electric tractors. *Electrification of Agriculture*. N2. 1936. 26-29 (In Russian).
10. Listov P.N. Test results of four electric tractors operating in a coupled work system. *Electrification of Agriculture*. N4. 1936. 52-62 (In Russian).
11. Brief technical specifications of soviet tractors at production and experimental stages. Moscow: NATI. 1954 (In Russian).
12. Brief technical specifications of soviet tractors. Moscow: NATI. 1955. 71 (In Russian).
13. Kirindas A. Mechanical traction: a pioneer of Stalin's five-year plans. *Technology and Armament*. N7. 2013. 33-40 (In Russian).
14. Listov P.N. Electric tractor operation results. *Mechanization and electrification of socialist agriculture*. 1952. N1. 25-32 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Ценч Ю.С. – общее руководство, постановка задач исследования, научное редактирование текста статьи;

Шаров В.В. – анализ предметной области, написание текста и формулирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

03.06.2024

30.08.2024

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Tsench Yu.S. – general guidance, formulation of research tasks, scientific editing of the manuscript;

Sharov V.V. – analysis of the subject area, writing the manuscript and conclusions formulation.

The authors read and approved the final manuscript.