

**Годжаев З.А.**

доктор техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

**Годжаев Т.З.**

Заведующий сектором ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

**Малахов И.С.**

Инженер ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

**Godzhaev Z.A.**

Doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAS, Deputy director of the FSAC VIM, Russian Federation

**Godzhaev T.Z.**

Head of Sector FSAC VIM, Russian Federation

**Malakhov I.S.**

Engineer at the FSAC VIM

**НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
АВТОМОБИЛЕЙ НА ЭЛЕКТРОТЯГЕ**

**PRESENT AND FUTURE OF AGRICULTURAL ELECTRIC VEHICLES**

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, электрификация, электромеханическая трансмиссия, роботизация, экологическая безопасность.

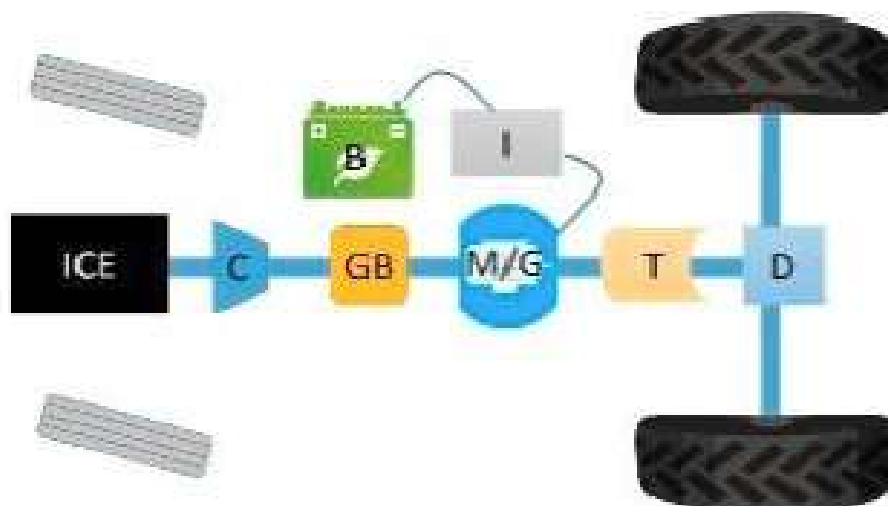
Keywords: mobile energy vehicle, electrification, electromechanical transmission, robotization, environmental safety.

Основываясь на проблеме выбросов  $CO_2$  и с целью повышения тягово-скоростных характеристик, для последующей роботизации мобильных энергетических средств, проводится анализ перехода сельскохозяйственной техники на электрическую и электромеханическую трансмиссию. Рассматриваются варианты получения «чистой» энергии из возобновляемых источников.

Based on  $CO_2$  pollution problem in order to performance speed traction characteristics for further robotic of mobile energy-related vehicle analyze of conversion agricultural machinery to electric and electromechanical transmission. Explores options for receive clear energy from renewable energy.

В настоящее время одной из острых проблем, требующих незамедлительного решения, является проблема выбросов  $CO_2$ . Снижение выбросов и снижение зависимости от ископаемого топлива считаются приоритетными задачами современной энергетики. Согласно исследованиям, сельскохозяйственные тракторы, оснащенные ДВС, вносят весомый вклад в загрязнение окружающей среды. Межправительственной группой экспертов

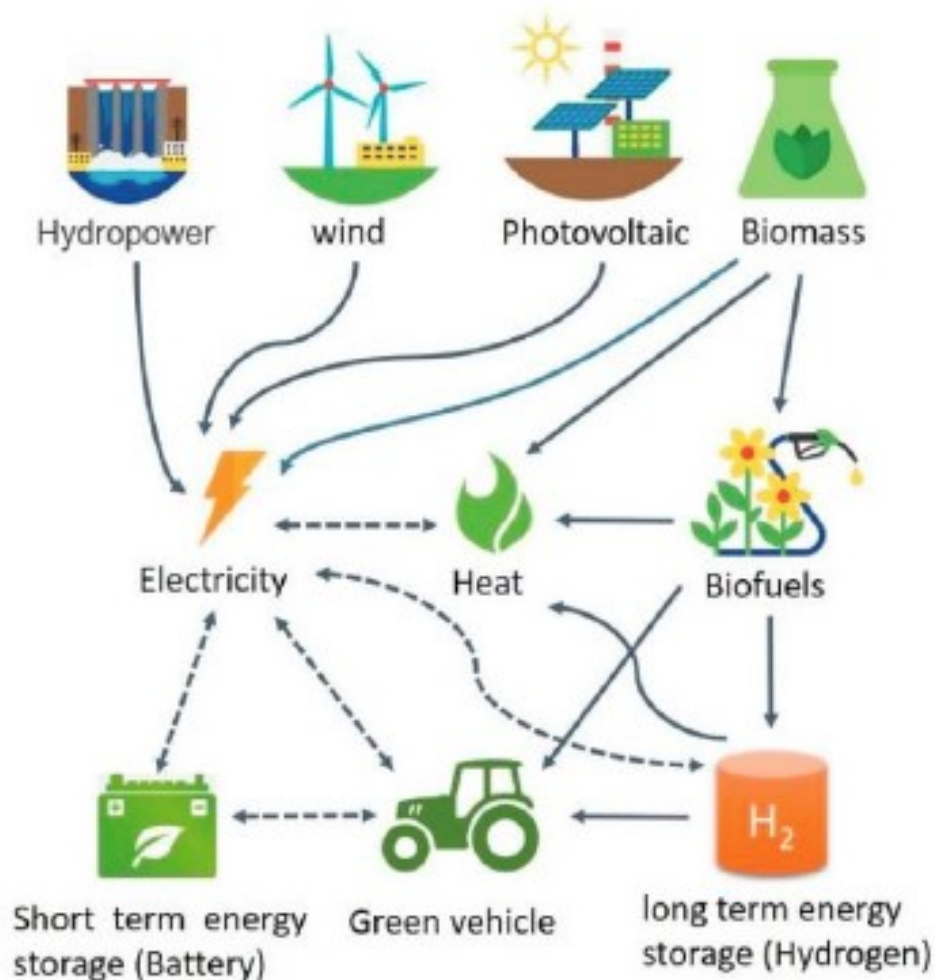
по изменению климата (IPCC) относительно парниковых газов было принято решение постепенного отказа от ДВС и применение в транспорте экологически чистых компонентов. Повышение энергоэффективности и функциональности, облегчения роботизации отнюдь не все преимущества использования экологически чистого электрического привода для транспортного средства сельскохозяйственного назначения. Возможность использовать сельскохозяйственную технику в отдаленных регионах, за счет возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является неоспоримым плюсом в вопросе применения электропривода. Невозможность работы двигателя внутреннего сгорания от нулевых оборотов порождает потребность в использовании целого ряда агрегатов, которые заметно повышают вес машинно-тракторного агрегата (МТА). Высокий приоритет в сельскохозяйственной технике отводится низким, «ползучим» скоростям и большому крутящему моменту, потребности в которых, перекрывает электродвигатель с применением двухступенчатого бортового редуктора. Отказ от типичных, кинематических сложных узлов механических трансмиссий уменьшает вес машины, при этом электромеханическая трансмиссия, снижая вес, повышает тягово-скоростные характеристики МТА, делая их более благоприятными. Электрификация навесного оборудования и трансмиссии трактора, исключает частые утечки масла под действием высокого давления в ответственных узлах техники, а также облегчает работу оператора. В целях повышения автономности, в 2009 компания NewHolland выпустила концептуальный трактор NH2, аккумуляторная батарея которого вырабатывает 106 лошадиных сил, а электродвигатель работает на резервуаре с водородом (рис. 1).



## **Рисунок 1 –Трансмиссия трактора NewHollandNH2**

ICE – Двигатель внутреннего сгорания; С – сцепление; GB – коробка передач; В – АКБ; I – инвертор; M/G – мотор-генератор; Т – трансмиссия; D – дифференциал.

Затраты на сельскохозяйственное производство увеличивает факт использования МЭС на удалении от заправочных станций. Применение систем ВИЭ позволяет сделать предприятия сельскохозяйственного назначения энергонезависимыми (рис. 2), облегчив, в том числе, применение МТА с электрической и электромеханической трансмиссией на тяговых АКБ. Ветер, гидроэнергетика и солнечная энергия являются источниками «чистой» электроэнергии, которая впоследствии может храниться в различных формах, для кратковременного и длительного использования. Биомасса, солнечная энергия и ветер – широко доступные альтернативные ВИЭ, которые могут быть получены с использованием современных источников энергии. Биодизель, биоэтанол, биометан, являются энергетическими ресурсами, полученными из экологически чистого и многообещающего источника энергии – биомассы. В результате анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственных культур производится биогаз. Стоимость и низкий коэффициент эффективности, относительно аккумуляторных батарей остаются основными недостатками водородных технологий, перспективно применяемых на МЭС.



**Рисунок 2 – Схема энергонезависимой фермы**

Рост численности населения формирует потребности в увеличении производства продукции сельского хозяйства. Существует проблема возраста сотрудников сельского хозяйства, например, средний возраст Японских фермеров свыше 60 лет. Недостаток квалифицированных кадров, а также высокую потребность в операторах техники, перекрывает роботизация и интеллектуализация МЭС. Препятствия, тяжелые погодные условия, дистанция работы, а также высокие требования, предъявляемые к критерию позиционирования техники на поле, требуют применения высокоточных систем управления и позиционирования техники. Точного контроля требуют системы анализа урожайности, внесения удобрения, правильного количества посева. Картографические данные от систем ГЛОНАСС И GPS, передаваемые на роботизированную и полностью автономную МЭС, непременно должны быть обработаны с наивысшей точностью. Перспективной разработкой в данной области является технология межмашинного взаимодействия V2V, где ведущей является машина с оператором, которая способна передавать необходимую информацию другим

МЭС, работающим в поле. Ведущая машина способна передавать информацию о скорости, позиционировании, рельефе местности, вдобавок задать скорость, необходимую для работы в поле. В настоящее время идет работа над машинным зрением, способным определить особенности рельефа и соответствующими датчиками(гидролокатор), искусственными ориентирами роботизированной машины (лазерное позиционирование, волновое, радар), системами задания и измерения скорости машины(одометры).

Важной проблемой МТА с электромеханической трансмиссией является АКБ. Аккумуляторная батарея и ее замена составляют чуть больше половины общей стоимости. Низкая долговечность и длительное время зарядки препятствуют долгосрочному автономному использованию техники. Отказ от применения АКБ знаменует собой невозможность восстановления использованной энергии в периодах торможения или при движении со склона, посредством рекуперативного торможения. Транспортировка груженого прицепа сельскохозяйственным автомобилем на склоне, с помощью рекуперации позволяет восстановить весомую часть энергии, которая в последующем может быть использована снова.

### **Выводы**

Основным преимуществом применения электропривода на сельскохозяйственных тяговых и транспортно-технологических средствах является гибкость, плавность управления, улучшения энергоэффективности и экологической безопасности мобильной техники и другие преимущества, в том числе создание возможности последующей её роботизации. Перспективным направлением развития сельскохозяйственной техники является уменьшение стоимости, что позволит снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции. Производство возобновляемой энергии на месте применения электрифицированных МЭС, облегчит использование в отдаленных регионах, благоприятных для сельскохозяйственных работ.

### **Список литературы**

1. Робототехника в агрохимии точного земледелия / А.Ю. Измайлов, З.А. Годжаев, В.Г. Сычев, Р.А. Афанасьев // Плодородие. 2018. № 1. С. 53-57.

2. Перспективы развития ходовых систем современных мобильных энергосредств сельскохозяйственного назначения / З.А. Годжаев, А.М. Погожина // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 5. С. 76-84.
3. Reducing air pollution with hybrid-powered robotic tractors for precision agriculture. Centre for Automation and Robotics of Leon, Spain.
4. Production of hydrogen by autothermal reforming of biogas. Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany.
5. A technical review on navigation system of agricultural autonomous off-road vehicles. University of Tehran, Karaj, Iran.
6. Biodiesel: an Alternative to Conventional Fuel. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, P.R. China
7. State of the art of autonomous agricultural off-road vehicles driven by renewable energy systems. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Canada.
8. High voltage electrification of tractor and agricultural machinery (A review). Technical University of Madrid, Spain.