

DOI: 10.58168/ATER2025_23-31

УДК 631.372; 629.3.033; 62-838

Годжаев З. А.

доктор техн. наук, профессор чл-корр. РАН,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Годжаев Т.З.

Заведующий сектором кандидат техн. наук,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Godjaev Z.A.

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy
of Sciences, Federal State Budgetary Scientific
Institution «Federal Scientific Agroengineering
Center VIM», Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doktor of technical sciences, professor,
department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

Artemov A.V.

senior lecturer of the department of cars and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Godzhaev T.Z.

Head of Sector FSAC VIM, Russian Federation

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ТРАКТОРА КЛАССА 2 С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ СИЛОВЫМ ПРИВОДОМ

THE CONCEPT OF AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CLASS 2 TRACTOR WITH AN ELECTROMECHANICAL POWER DRIVE

Аннотация: В статье сформулирована стратегия развития экологически безопасного трактора класса 2, показана область применения в технологиях земледелия. Приведены основные факторы, влияющие на экологическую безопасность трактора. Показано, что основными факторами, улучшающими на экологическую совместимость трактора класса 2 с почвой является применение колесных движителей на базе шин низкого давления с регулировкой давления воздуха на ходу и применением резино-армированных гусениц.

Abstract: The article formulates a strategy for the development of an environmentally friendly class 2 tractor, and shows the scope of application in agricultural technologies. The main factors affecting the environmental safety of the tractor are given. It is shown that the main factors affecting the environmental compatibility of a Class 2 tractor with soil are the use of low-pressure tire-based wheel thrusters with adjustable air pressure on the move and the use of rubber-reinforced tracks.

Ключевые слова: трактор, мобильные энергетические средства, электромеханическая трансмиссия, шины низкого давления, экологическая безопасность.

Keywords: tractor, mobile energy systems, electromechanical transmission, low-pressure tires, environmental safety.

Введение

Стратегии развития Российской Федерации определены основные направления, среди которых повышение продуктивности и устойчивости сель-

ского хозяйства, что направлено на реализацию продовольственной безопасности страны. Достижение этой задачи невозможно без разработки отечественных наукоемких технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих переход к экологичному и высокопродуктивному производству, а также создание передовых образцов мобильно-энергетических средств (МЭС) и сельскохозяйственной техники [1].

Новые вызовы времени ставят перед производителями мобильной тракторной энергетики стратегическую задачу создания нового поколения экологически безопасной техники для обеспечения приоритетных направлений технологий точного земледелия. Экологически безопасная техника должна иметь повышенную единичную мощность, обеспечивающей рост топливной экономичности, комфорт и обеспечить экологической безопасности [2, 3].

Основными факторами воздействия мобильных средств на окружающую среду являются: выбросы отработавших газов; шум, создаваемый трактором при работе; канцерогенная пыль от износа шин, тормозных колодок, фрикционных дисков сцепления; разрушающее воздействие колесных движителей на почвенно-растительный покров [2].

Одним из путей повышение экологической совместимости тракторов (рис. 1) с почвами различной влажности является оборудование колесных движителей шинами низкого и сверхнизкого давления [4, 5, 6].



Рисунок 1 – Колёсный трактор МТЗ-1221 на широкопрофильных шинах низкого давления

Применение гибридной трансмиссии (рис. 2) позволяет снизить удельный расход топлива за счет работы дизеля в экономичном режиме, повышение ресурса дизеля благодаря отсутствию жесткой связи с ходовой частью, снижение динамических нагрузок при изменении скорости агрегата, снижения уровня вредных выбросов дизеля за счет работы в ограниченном частотном диапазоне [7].



Рисунок 2 – Трактор «Беларус-3023» с электромеханической трансмиссией

За рубежом накоплен большой опыт создания применения тяговых электродвигателей и их интеграция с серийно выпускаемыми конечными узлами трансмиссий тракторов (рис. 3).



Рисунок 3 – Ведущие мосты для колёсных тракторов с тяговым электрическим приводом

Обеспечение экологической безопасности эксплуатации мобильных средств предусматривает комплекс мер по совершенствованию конструкции трактора, эффективных способов эксплуатации, инновационных способов утилизации.

Разработка экологически безопасного трактора с электромеханической трансмиссией призвана вывести отечественное сельхозмашиностроение на новый уровень, а также заложить методологические и технические основы для перспективной автономной и цифровой сельскохозяйственной техники.

Цель исследования – разработать концепцию экологически безопасного трактора класса 2 с электромеханическим силовым приводом, обеспечивающих повышение эксплуатационных характеристик и комфорта.

Материалы и методы

Параметры трактора определялись по формулам: [8]

$$G_{mp} = \frac{P_{кр.н}}{\lambda_k \varphi_k f_k} N_{н.э} = \frac{(P_{кр.н} + P_f) v}{\eta_{mp} \eta_c (1 - \delta_n)}$$

где $P_{кр.н}$ – номинальное тяговое усилие, кН; λ_k – коэффициент нагрузки ведущих колес; φ_k – коэффициент сцепления; f_k – коэффициент сопротивления качению; P_f – сила сопротивления качению; v – действительная скорость; η_{mp} – КПД трансмиссии; η_c – КПД гусеничного движителя; δ_n – буксование.

Результаты и обсуждение

Повышение экологической совместимости трактора класса 2 целесообразно путем применения почвощающего движителя, а также плавным приложением крутящего момента к движителям. Одним из путей снижения динамической нагруженности трактора в целом, является применение электромеханической трансмиссии (рис. 4). Однако в настоящее время данный тип трансмиссии получил применение на тракторах большой мощности, что обусловлено наличием элементной базы для их производства. Тракторы класса 2 в основном эксплуатируются как универсально-пропашные, при возделывании различных сельскохозяйственных культур с различным междурядьем и при различной влажности почвы. Поэтому, они должны соответствовать агротехническому регламенту по уровню контактных давлений движителя на почву, при этом при-

ложение крутящего момента к движителю должно быть плавным без рывков, что позволит снизить буксование и повысить скорость движения и топливную экономичность. Повышение эффективности использования трактора данного класса может быть достигнуто путем комбинированного агрегатирования. Так установка передней навесной системы позволяет агрегатировать трактор культиватором, а на задней трехточечной навеске устанавливать сеялку, наличие технологической площадки позволяет монтировать емкости для внесения жидких минеральных удобрений. Мобильное энергетическое средство класса 2 позволит за один проход совмещать три технологические операции, при этом уменьшить количество проходов по полю, рационально распределить массу орудий и отказаться от традиционного балластирования передних и задних колес трактора.



Рисунок 4 – Трактор класса 2 с гибридной трансмиссией

Реализация нормативных давлений движителя на почву должна реализовываться сменным типом – колесным и гусеничным. Колесный движитель должен обеспечивать возможность изменения внутри-шинного давления воздуха на ходу (рис. 5), а резиноармированная гусеница должна иметь комбинированный способ передачи тягового усилия.

Применение на данных тракторах электромеханической трансмиссии позволит повысить общую энергоэффективность моторно-трансмиссионной установки, плавность регулирования скорости, снизит буксование движителя, а

также повысит маневренность и точность управления тяговым усилием; кроме того, она позволит снизить уровень шума и вибрации, упростить конструкцию и снизить стоимость обслуживания.



Рисунок 5 – Система регулирования давления воздуха в шинах на ходу

В настоящее время перспективное направление совершенствования трансмиссий мобильных средств является применение электромеханических трансмиссий. Гибридные установки, в которых ДВС питает электродвигатели, повышают КПД, маневренность и снижают уровень шума. В электромеханической трансмиссии вместо сцепления, коробки передач и главной передачи с колесных редукторов установлены генератор на двигателе и тяговые электродвигатели на картерах бортовых передач. Тяговые электродвигатели хорошо приспособлены к нагрузке, изменяющейся в зависимости от режимов работы трактора.

Генератор, в свою очередь, питает три тяговых электродвигателя. Два из них, объединенные с бортовыми редукторами в мотор-редукторы, приводят в движение гусеницы через ведущие колеса, а третий используется для привода вала отбора мощности. Ходовая часть имеет треугольную форму и состоит на

каждый борт из ведущего колеса, направляющего колеса, пяти поддрессоренных опорных катков, двух поддерживающих роликов, одного заднего опорного катка и резиноармированных гусениц.

Для обеспечения МЭС необходимой мощностью в условиях кратковременных перегрузок используется импульсный накопитель энергии. Это устройство позволяет силовой передаче справляться с пиковыми режимами и снижает требуемую эксплуатационную мощность двигателя внутреннего сгорания.

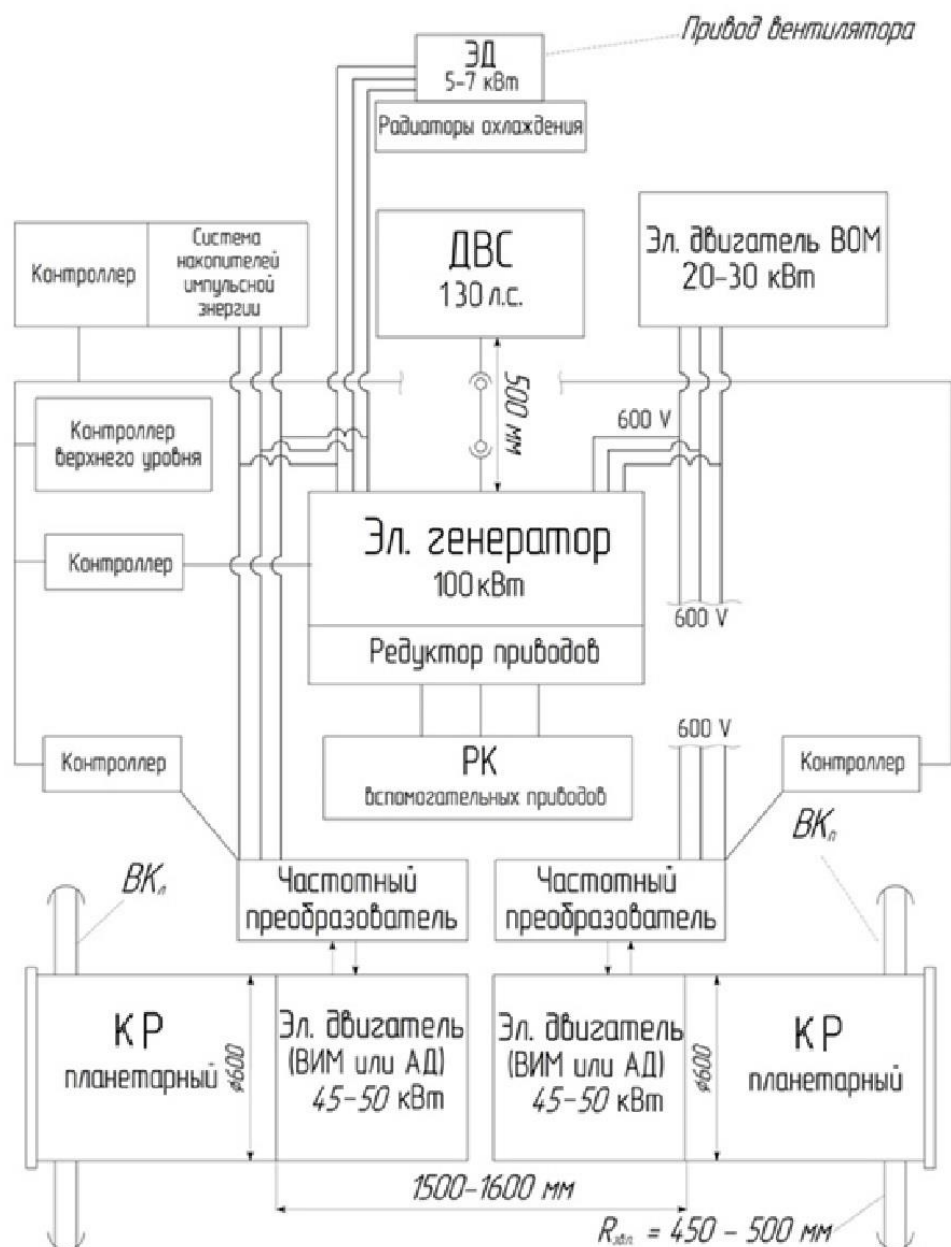


Рисунок 6 – Принципиальная схемы гусеничного трактора класса 2 с электромеханической трансмиссией

Применение электромеханической трансмиссии в тракторостроении является перспективным направлением. Применение на тракторе класса 2 почво-

щадящего двигателя с системой регулирования давления воздуха на ходу и электромеханической трансмиссии позволяет обеспечить высокую экологическую безопасность трактору класса тяги 2.

Выводы

1. Разработка экологически безопасного трактора с электромеханической трансмиссией призвана вывести отечественное сельхозмашиностроение на новый уровень, а также заложить методологические и технические основы для перспективной автономной и цифровой сельскохозяйственной техники.

2. Экологически безопасный трактор с электромеханической трансмиссией представляет собой новое поколение мобильных энергетических средств и должен занять нишу в типаже тракторов отечественного производства.

Список литературы

1. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р)
2. Годжаев З.А., Аврамов Д.В., Мартынов Н.В., Белоусов Б.Н., Добромиров В.Н. Экологическая безопасность транспортно-технологических средств // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т.13. №2 – С.40-47.
3. Русанов В. А. Проблема переуплотнения почв двигателями и эффективные пути ее решения – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.
4. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения / Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Прядкин В.И. // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машин. технологий / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. - Москва, 2014. - С. 327-329. - Библиогр.: с.329. Шифр 14-12792 // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – No. 3. – Р. 676. – EDN UNUKGB.
5. Прядкин В.И. и др. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин, В.Я. Шапиро, З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2019. – 492 с.
6. Прядкин, В. И. Агротехническая проходимость энергосредств по почвам с низкой несущей способностью / В. И. Прядкин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С. 34-37.
7. Кулаков А.Т., Макушин А.А. Разработка алтайского трактора в варианте с электромеханической трансмиссией / А.Т. Кулаков, А.А. Макушин // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 2 – С. 3-5.
8. Гуськов, В. В. Тракторы / В. В. Гуськов. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.

References

1. Strategy for the development of the agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030 (Decree of the Government of the Russian Federation dated September 8, 2022 No. 2567-r)

2. Gojaev Z.A., Avramov D.V., Martynov N.V., Belousov B.N., Dobromirov V.N. Environmental safety of transport and technological facilities // Agricultural machinery and technologies. 2019. Vol.13. No. 2 – pp.40-47.
3. Rusanov V. A. The problem of soil compaction by propellants and effective ways to solve it – M.: VIM, 1998. – 368 p.
4. Gojaev Z.A., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Pryadkin V.I. The problem of impact on the soil of running systems of mobile energy facilities and effective solutions // Innovats. development of the Russian agro-industrial complex on the basis of intellectual. of cars. technologies / All-Russian Scientific research Institute of Agricultural Mechanization. - Moscow, 2014. - pp. 327-329. - Bibliogr.: pp.329. Cipher 14-12792 // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal. – 2015. – No. 3. – P. 676. – EDN UHUKGB.
5. Pryadkin V.I. and others. Transport and technological means on ultra-low pressure tires / V.I. Pryadkin, V.Ya. Shapiro, Z.A. Gojaev, S.V. Goncharenko ; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VGLTU. Voronezh, 2019. 492 p. (in Russian)
6. Pryadkin, V. I. Agrotechnical permeability of energy facilities on soils with low bearing capacity / V. I. Pryadkin // Agricultural machinery and technologies. - 2013. – No. 4. – pp. 34-37.
7. Kulakov A.T., Makushin A.A. Development of the Altai tractor in a variant with an electromechanical transmission / A.T. Kulakov, A.A. Makushin // Tractors and agricultural machinery. – 2011. – No. 2 – pp. 3-5.
8. Guskov, V. V. Tractors / V. V. Guskov. – M. : Mashinostroenie, 1988. – 376 p.