

2. Ишуточкина К.А. Выбор типа источника электрической энергии с целью повышения эффективности запуска ДВС / К.А. Ишуточкина // В сборнике: ЧТЕНИЯ АКАДЕМИКА В. Н. БОЛТИНСКОГО. Сборник статей семинара. – 2020. – С. 52-57.

3. Бижаев, А.В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом / А.В. Бижаев // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. №4. С. 0-0. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.

4. Бижаев, А.В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге / А.В. Бижаев // В сборнике: ЧТЕНИЯ АКАДЕМИКА В. Н. БОЛТИНСКОГО. семинар: сборник статей. –2020. – С. 247-252.

5. Деспотули, А. Суперконденсаторы для электроники (часть 2) А. Деспотули, А. Андреева // Современная электроника. – 2006. – № 6. – С. 46.

УДК 631.372

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИВОДА ВЕДУЩИХ КОЛЕС ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ТРАКТОРОВ**

*Перевозчикова Наталья Васильевна, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Шутенко Владимир Витальевич, аспирант кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* Изучение применения индивидуального привода с микропроцессорной системой управления ведущих колес на транспортно-технологических модулях для повышения тягового усилия и улучшения топливной экономичности тракторов.

*Ключевые слова:* балластирование, индивидуальный привод, транспортно-технологический модуль, активный привод, тягово-цепные свойства, давление движителей на почву.

Традиционные технологии возделывания сельскохозяйственных культур сопровождаются многократными проходами техники по полю. В результате почва уплотняется, что приводит к ухудшению основных физических и физико-механических свойств пахотного и подпахотного слоев. Это проблема становится все острее с массовым применением тяжелых колесных тракторов. Основной причиной применения тракторов с большим весом является высокая энергонасыщенность современной сельскохозяйственной техники. Для того, чтобы реализовать полностью мощность двигателя трактора требуются высокие тяговые показатели [1], для достижения которых зачастую трактор нагружают балластными грузами, их вес может составлять до 50% от веса трактора [2-4].

В 80-х годах XX-го века коллективом специалистов НАТИ, МГАУ, ХТЗ, ЮФ, ИМЭСХ, ХГПУ был предложен способ повышения тягового усилия. В основу данного способа было положено увеличение количества ведущих мостов у трактора, что позволило увеличивать тяговое усилие так же эффективно, как и при балластировании. Эта разработка получила название транспортно-технологический модуль (ТТМ) МЭС-300 [2, 3].

#### **Исследование эффективности применения трактора, агрегатированного транспортно-технологическим модулем**

Путем математического моделирования было произведено сравнение эффективности работы трактора Terrion-3180 с балластом и агрегатированного МЭС-300. Результаты исследования, следующие: при достижении максимального тягового усилия при использовании балластных грузов давление движителей на почву на 38% больше, чем при использовании МЭС-300. Однако, при использовании ТТМ расход топлива увеличивается в среднем на 3%, в связи с механическими потерями в приводе ведущих колёс. Поэтому был проведен анализ конструкции МЭС-300 и принято решение о модернизации привода ведущих колёс для увеличения КПД трансмиссии и снижения расхода топлива.

#### **Сравнение различных схем привода колес транспортно-технологического модуля**

Для проведения исследований мы приняли условие, что трактор, агрегатированный ТТМ (масса ТТМ 3900 кг), движется по полю, при этом правые колёса трактора движутся по стерне с коэффициентом сцепления 0,7 и буксованием 16%, а левые колёса по пахоте с коэффициентом сцепления 0,6 и буксованием 25%.

Проведя математическое моделирование движения, в таких условиях, мы получили, что ТТМ может создать дополнительное тяговое усилие 17,79 кН (дифференциальная схема привода). Применение схемы жесткого (блокированного) привода ведущих колёс ТТМ, позволяет при тех же условиях увеличить тяговое усилие, создаваемое ТТМ до 19,5 кН, однако при этом в приводе возникают такие негативные явления как кинематическое несоответствие и циркуляция мощности. Индивидуальный привод колёс позволяет совместить положительные эффекты дифференциального и жесткого привода. Тяговое усилие при таком типе привода составит 19,5 кН. (табл.). [5]

*Таблица 1*

#### **Сравнительные характеристики различных схем привода ТТМ**

	Дифференциальный привод	Жесткий привод	Индивидуальный привод
$P_{кр}$ , кН	17,79	19,5	19,5
$N$ , кВт	45,96	56,88	59,23
$G_t$ , кг/ч	10,1	12,5	13,0
$\omega_p$ , об/с	3,007	3,007	3,007
$\omega_l$ , об/с	3,241	3,007	3,241

Отрицательной стороной применения индивидуального привода, является то, что для управления им, требуется сложная микропроцессорная система управления, которая сможет регулировать распределение мощности и угловых скоростей вращения колёс в соответствии с буксованием и сцеплением колёс с поверхностью. А также, будет обеспечивать согласование и стабилизацию движения ТТМ и трактора для обеспечения максимально ровного движения орудия.

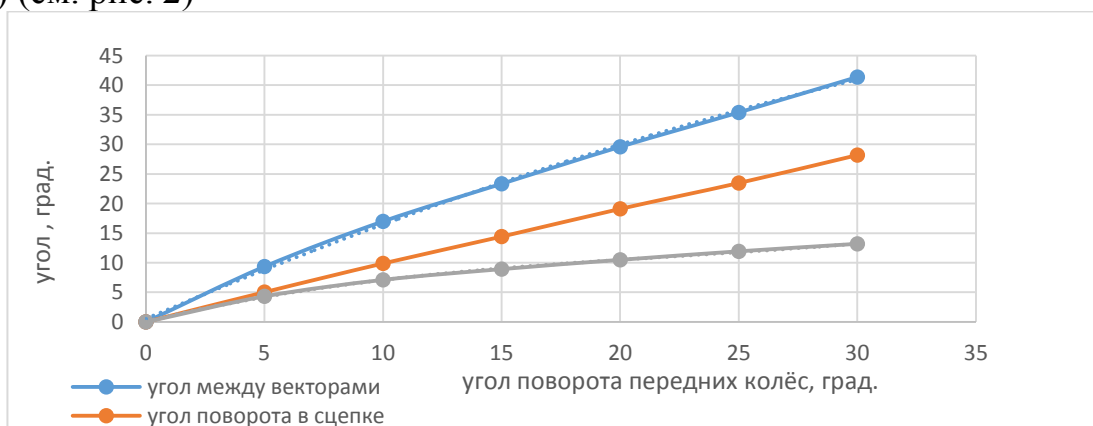
Из таблицы 1 можно сделать вывод, что применение индивидуального привода, по сравнению с жестким, даёт незначительное повышение расхода топлива (около 4%).

На основе этих исследований был сделан вывод, что для реализации индивидуального привода необходимо создать алгоритм работы микропроцессорной системы управления приводом.

#### **Микропроцессорная система управления индивидуальным приводом колес транспортно-технологического модуля**

Микропроцессорная система управления индивидуальным приводом должна выполнять две задачи. Первая задача заключается в распределении потока мощности между ведущими колёсами ТТМ таким образом, чтоб оптимизировать создание тягового усилия. Второй задачей системы управления будет корректировка траектории движения ТТМ, стабилизация движения при прямолинейном движении и максимальная оптимизация движения МТА по кривой.

Для выполнения этой задачи можно использовать датчики – акселерометры, один из которых будет определять направление движения трактора, а второй - будет определять направление движения ТТМ. Для этого нами проведено графически-аналитическое исследование направления векторов ускорения трактора и ТТМ при движении МТА с различным углом поворота передних управляющих колёс трактора. На основе этого исследования получили кривые зависимости направления векторов от угла поворота колёс (соответственно от радиусов кривизны по которым движется МТА) (см. рис. 2)



**Рис.2. Зависимости углов поворота различных элементов МТА от угла поворота передних колёс**

На основе этого графика микропроцессорная система управления может определить на сколько направление движения ТТМ соответствует направлению движения трактора и принять необходимые меры для корректировки направления движения ТТМ путём увеличения скорости вращения одного из колёс.

### **Выводы**

Модернизация МЭС-300 путем применением трансмиссии с индивидуальным приводом на каждое колесо и микропроцессорной системой управления имеет много достоинств, таких как, возможность изменения количества мощности и момента, подаваемого на каждое колесо, снижение кинематического несоответствия, снижение циркуляции паразитной мощности. Это будет положительно сказываться на тяговом усилии во время движения по поверхностям с быстро меняющимися коэффициентами сцепления.

По сравнению с механическим приводом и балластированием, имеется возможность управлять количеством мощности, подаваемой на колёса ТТМ, что позволяет повысить топливную экономичность. Микропроцессорная система оптимизирует количество мощности, затрачиваемое на создание необходимого тягового усилия ТТМ, что позволит стабилизировать движение орудий и МТА.

Ещё одним положительным эффектом модернизации системы привода является отсутствие вращающихся валов для передачи потока мощности от двигателя трактора к колёсам ТТМ, что, в свою очередь, позволяет упростить конструкцию и снизить вес.

### **Библиографический список**

1. Грибов, И.В. «Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции» / И.В. Грибов, Н.В. Перевозчикова // Техника и технологии АПК вестник. – 2017. – № 5 – С. 18-21.
2. Кутьков, Г.М. «Модульное энерготехнологическое средство МЭС-300 кл. 3-5» / Г.М. Кутьков, А.В. Рославцев, В.Г. Иваницкий, В.Т. Надыкто, В.Д. Черепухин, В.А. Хаустов, С.Л. Абдула, Е.Э. Гурковский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – №2. – С. 16-20.
3. Кутьков Г.М., Сидоров В.Н., Сидоров М.В. Тяговый расчет трактора тягово-энергетической концепции: Учебно-методическое пособие / Под редакцией проф. Г.М. Кутькова. — М.: Издательство, 2012. — 84 с.
4. Кутьков, Г.М. «Балластирование Тракторов» / Г.М. Кутьков, И.В. Грибов, Н.В. Перевозчикова // Тракторы и сельхозмашины №9 2017. С. 52-60.
5. Котиев, Г.О. Мирошниченко «Разработка закона управления индивидуальным приводом движителей многоосной колесной машины» / Г.О. Котиев, В.А. Горелов // Машиностроение. – 2012. – №1. – С. 49-59.
6. Абаев, В.А. Методика прогнозирования состава основных производственных фондов сельскохозяйственных предприятий с использованием нейронных сетей / В.А. Абаев, З.Ф. Садыкова // В сборнике: ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ АПК: МЕХАНИЗМЫ И ПРИОРИТЕТЫ. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – М.: ООО «научный консультант. - 2015. -С. 495-501.