

Проблема и предпосылки совершенствования механизма регулирования поперечной базы универсально-пропашных тракторов

Ю.А. Ушаков, д.т.н., профессор, Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, В.С. Стеновский, к.т.н., А.А. Черкасов, инженер, Н.Г. Журкина, аспирантка, А.С. Путрин, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Одним из приоритетных направлений совершенствования технологии сельскохозяйственных работ является расширение эксплуатационных возможностей МТП хозяйств, т.е. совмещение видов работ при выполнении технологических операций [1, 2].

Оценивая работу универсально-пропашных тракторов, можно констатировать, что колёсные тракторы класса 1.4 имеют лучшую перспективу

при целевой модернизации отдельных конструктивных элементов. Это не требует больших изменений базовой модели, а следовательно, крупных капиталовложений.

Как отмечают конструкторы-тракторостроители и учёные-исследователи агропромышленного комплекса, вопрос модернизации универсально-пропашных тракторов сегодня с повестки дня не снимается, поскольку при эксплуатации их в сельскохозяйственном производстве выявлен ряд проблем [3, 4].

Необходимо улучшать технико-экономические показатели тракторов, оптимизировать режимно-конструкционные параметры в соответствии с

требованиями технологии работ. Для устранения проблемы несоответствия существующего парка машин производственно-технологическим условиям работы в животноводстве и растениеводстве необходимо, чтобы научно-исследовательские и проектно-конструкторские мероприятия целевым образом были направлены на развитие эксплуатационной технологичности колёсных машин, которых в Оренбургской области, только универсально-пропашных, около 46% [1, 5].

На сегодняшний день состояние МТП в сельском хозяйстве оценивается как нестабильное. Это ведёт к нарушению требований, предъявляемых при эксплуатации автотракторной техники в сельскохозяйственном производстве.

Научно обосновано, что МТП должен включать не менее 3–4 моделей тракторов. Однако из-за отсутствия у хозяйств собственных средств на приобретение техники и диспаритета цен на сельскохозяйственную продукцию состояние парка определяется объёмом государственной помощи из федерального и местного бюджетов, что недостаточно для содержания машин в технически исправном и работоспособном состоянии. В свою очередь, разномарочность МТП привела к высокому коэффициенту простоя, частым техническим отказам [2].

В настоящее время хозяйствам необходима техника (а именно тракторы) более дешёвая, но обладающая универсальностью и способностью работать в широком диапазоне. Наиболее эффективным направлением является модернизация серийных универсально-пропашных тракторов, которые составляют в среднем 60% МТП Оренбургской области [3].

Таким образом, актуальность достоверна и обусловлена практической необходимостью, вызванной современным уровнем технического обеспечения растениеводческой отрасли АПК России.

Цель исследования – повышение эффективности эксплуатации универсально-пропашных тракторов посредством совершенствования системы регулирования поперечной базы заднего моста.

Материал и методы исследования. Объект исследования представляет процесс взаимодействия колёсного движителя с опорной поверхностью при выполнении транспортных операций и перегона МЭС в условиях сельскохозяйственного производства. Предмет исследования – закономерность влияния боковых реакций опорной поверхности на процесс изменения технологической колеи мобильного энергетического средства.

Теоретическое исследование базировалось на методах теории устойчивости движения колёсных машин, математическом и физическом моделировании ландшафтных характеристик, теории резания почв, основанной на положениях механики грунтов. Экспериментальное исследование проводили

в соответствии с действующими стандартами на основе общепринятых и частных методик с использованием теории планирования многофакторного эксперимента. Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики, а также в программах Microsoft Excel, MathCAD14, STATISTICA10.

Одной из основных причин дорожно-транспортных происшествий является непереод транспорта средств, сельскохозяйственных агрегатов и орудий в транспортное положение. У тракторов класса 1.4, как правило, это неизменение колеи при окончании работы. Например, при обработке междурядий. Это приводит к падению трактора на бок или опрокидыванию через крышу. Вследствие этого в ДТП ежегодно по стране гибнет около 600 человек.

Так как изменение колеи трактора – процесс трудоёмкий, требующий больших затрат времени ($1,08 \pm 10$ мин.) и специального оборудования, то трактористы игнорируют этот процесс, пытаясь за счёт дополнительного времени выполнить больший объём работы. Тем самым нарушают требования правил техники безопасности и охраны труда, подвергают себя опасности и наносят ущерб хозяйствам и предприятиям.

Эти данные, а также анализ использования универсально-пропашных тракторов в хозяйствах Оренбургской области при выполнении сельскохозяйственных работ указывают на необходимость решения данной проблемы, модернизации механизма регулирования поперечной базы (колеи) колёсных тракторов класса 1.4–2.

В настоящее время конструкторы предлагают множество различных способов изменения колеи колёсных тракторов, однако большинство этих способов не получило массового распространения и тем более не рекомендовано к серийному производству, так как их техническая реализация не является целесообразной, поскольку присутствуют существенные режимно-конструктивные недостатки [1–6].

Наиболее часто на современных тракторах используются пять способов регулирования поперечной базы, но и они достаточно сложны и трудоёмки.

Так, например, изменение ширины колеи посредством перемещения ступиц ведущих колёс по полуосям с помощью червяка является операцией достаточно простой, но в полевых условиях зачастую просто невыполнимой. В стационарных условиях на эту операцию затрачивается от 45 мин. до часа, а в полевых – до 1,5 часа рабочего времени. Кроме того, необходимо принимать во внимание, что при данном способе регулирование колеи осуществляется сугубо вручную.

При другом способе, когда используются винтовые планки обода колеса, конструкция механизма позволяет бесступенчато изменять колею в задан-

ных пределах, но уже за счёт использования мощности двигателя. Несмотря на то что этот способ более механизирован, он мало чем отличается от первого, поскольку технология его более сложна и реализовать его можно только в условиях стационарной мастерской [4, 7].

Регулирование поперечной базы может проводиться аналогичным образом, но уже перемещением полуосей с ведущими колёсами посредством червячного механизма, которому передаётся крутящий момент от двигателя через ведомую шестерню главной передачи. Конструкция данного механизма регулирования ширины колеи отличается высокой степенью сложности как при эксплуатации, так и при ремонте. Кроме того, как и в предыдущем случае, регулирование можно осуществлять только в условиях стационарной мастерской.

Наиболее простым из механических способов является перестановка диска колеса относительно ступицы. Но этот способ предполагает частичный демонтаж ходовой части трактора, поэтому в полевых условиях он не применяется, в связи с чем его практическое применение ограничено.

Таким образом, все вышеперечисленные механические способы регулирования поперечной базы трактора обладают принципиально однотипными недостатками, т.е.: значительные затраты труда, необходимость в использовании специального оборудования и, что самое главное, невозможность использования какого-либо из них в полевых условиях [8, 9].

По этой причине был разработан и апробирован механизм гидромеханического принципа действия, применение которого обеспечивает выдвижение полуосей колёс вместе со ступицами и дисками колёс на заданную величину перпендикулярно движению трактора. Перемещение полуосей осуществляется гидроцилиндрами, управление которыми производится из кабины трактора. Таким образом предполагалось решить сразу две проблемы: свести к минимуму затраты ручного труда и сделать возможным регулирование поперечной базы трактора в соответствии с видом выполняемых работ непосредственно перед началом работы в полевых условиях.

Однако функциональные испытания проявили два существенных недостатка предлагаемой конструкции.

Во-первых, для расстановки колёс трактору необходимо равномерно поступательно двигаться по ровной малоухабистой площадке, а это практически обеспечить достаточно сложно.

Во-вторых, значительно повышается износ шин расставляемых колёс, а также возникает деформация и опасность разрушения элементов ходовой части трактора.

Попытки устранить указанные недостатки, сохранив при этом гидромеханический принцип действия механизма, не привели к положительным

результатам. Все последующие разработки отличались от предыдущих большей степенью сложности как при эксплуатации, так и при ремонте, а монтаж такого механизма на трактор предполагал необходимость модернизации не только ходовой части, но и отдельных элементов трансмиссии. Это привело к нецелесообразности регулирования поперечной базы трактора непосредственно перед выполнением полевых работ. Поэтому, несмотря на острую необходимость в периодическом изменении ширины колеи, тракторы тягового класса 1.4 оборудованы простейшим механизмом червячного типа, предполагающим проведение операции регулирования в стационарных условиях, длительность которой определяется от 45 мин. до 1 часа.

Для того чтобы разработка и использование механизма регулирования поперечной базы колёсного трактора были целесообразны, необходимо непременно выполнение следующих условий: 1) не должна изменяться конструкция основных агрегатов трактора, т.е. предполагаемая модернизация не должна нарушать серийности выпускаемых тракторов; 2) конструкция механизма регулирования ширины колеи должна быть спроектирована таким образом, чтобы при монтаже на трактор и дальнейшей эксплуатации данного механизма использовалось по возможности больше устройств и приспособлений, уже разработанных и применяемых на серийных тракторах; 3) обеспечение простоты при изготовлении, эксплуатации и ремонте; 4) управление механизмом регулирования должно осуществляться трактористом из кабины трактора, как при расстановке, так и при сближении колёс; 5) управление должно осуществляться в автоматическом или полуавтоматическом режиме; 6) при расстановке или сближении колёс, в случае если они являются ведущими, подводящийся к ним мощный поток прерываться не должен (это условие крайне важно, поскольку при разрыве мощного потока возможно возникновение разрушительных напряжений различных видов в трансмиссии и ходовой части трактора); 7) в основу проектируемой конструкции механизма регулирования поперечной базы трактора должен быть положен гидромеханический / гидрообъёмный / принцип действия, так как наиболее простым техническим решением было бы использование стандартного гидравлического оборудования смонтированного на тракторе. Кроме того, в этом случае значительно упрощается система управления, поскольку механизмы управления / гидрораспределитель / модернизации не подлежат.

Таким образом, при разработке конструкции механизма регулирования ширины колеи колёсного трактора нужно стремиться прежде всего повысить степень унификации создаваемой модели, обеспечить простоту изготовления и универсальность использования в сельскохозяйственном производстве, а также снизить срок окупаемости модернизированного трактора.

При оптимизации угла поворота колеса относительно продольной оси трактора оценивали путь, пройденный трактором до фиксации максимальной поперечной базы, и скорость движения трактора на первой передаче, наибольший путь выдвижения колеса, а также угол поворота колеса. Принятые рациональные условия выражены параметрами дистанции (50 м) и скоростью её преодоления (2,5 км/ч).

Скорость выдвижения колеса на максимальную поперечную базу определяется условием, что при движении колеса параллельно продольной оси трактора его скорость перемещения будет равна скорости движения трактора.

Инновационная специфика предлагаемой технологии заключается в обеспечении возможности непрерывной подачи силового потока, преобразуемого в касательную силу тяги колёсного движителя, при выполнении операции изменения технологической колеи без остановки трактора, в устойчивости и неразрушаемости кинематических связей при смене режимов выполнения технологических.

В соответствии с предлагаемой технологией эксплуатации колёсных тракторов, колея задних колёс которых может оперативно изменяться в зависимости от производимых операций, была разработана методика экспериментальных исследований для лабораторных и производственных условий, где в качестве базовой модели использовался трактор МТЗ-80.

Лабораторное исследование проводили на кафедре «Технический сервис». Для этого были использованы как новые, так и уже апробированные методики с соответствующей прибор-

ной и инструментальной базой, позволяющей определять конструкционно-геометрические и функционально-режимные параметры предлагаемого технического решения для реализации проектной технологии.

Результаты исследования. В результате проведённого исследования установлены параметры режима реализации проектируемой функции (изменение колеи) (табл. 1).

Экономическая оценка эффективности внедрения разработанной конструкции, механизма регулирования ширины колеи колёсного трактора, которая устанавливалась в сравнении затрат денежных средств при эксплуатации серийного образца и модернизированного мобильного энергетического средства, представлена в таблице 2.

Выводы.

1. В результате исследования вопроса улучшения технологичности универсально-пропашных тракторов класса 1.4 установлена практическая потребность в регулировании поперечной базы ведущих мостов в режиме оперативного исполнения до 180 с, что связано с неоднородностью опорной поверхности с коэффициентом сцепления $\varphi = [0,5-0,9]$.

2. Исследование параметрической модели взаимодействия элементов гидромеханической системы управления и механизмов движителя показало пределы угла поворота колеса $\beta = [15-45^\circ]$ для выхода в режим траекториального движения в период до 73 сек. при фактическом расходе жидкости в силовом гидроцилиндре в пределах $Q_\phi = [1,35-1,57]$ л/с, что соответствует эксплуатационным параметрам гидросистемы серийной модели универсально-пропашных тракторов.

1. Результаты экспериментальных исследований (математическое ожидание)

Параметр	Результат	Условие проведения исследования
Угол поворота колеса	$-\beta$	$S_{mp} = 50 \text{ м}, V_k = V_{mp} = 2,5 \text{ км/ч}$
Скорость выдвижения колеса	$-V_{вк}$	$S_{mp} = 50 \text{ м}, V_k = V_{mp} = 2,5 \text{ км/ч}$
Наибольший путь выдвижения колеса	$-S_{вк}$	$S_{mp} = 50 \text{ м}, V_k = V_{mp} = 2,5 \text{ км/ч}$
Ход штока основного цилиндра	$-h$	$l_в = 0,6 \text{ м}$
Скорость выхода штока	$-V_{ш}$	$V_{ш} = V_{вк}$
Время изменения колеи	$-t$	$V_k = V_{mp} = 2,5 \text{ км/ч}, S_{mp} = 50 \text{ м}$

Примечание: S_{mp} – путь, пройденный трактором, до фиксации максимальной поперечной базы; V_{mp} – скорость движения трактора; $l_в$ – длина вала колеса

2. Показатели экономической эффективности

Показатель	Вариант	
	серийный	модернизированный
Балансовая стоимость, руб.	1085000	1108534
Часовая производительность, у.э. га/ч	1,05	1,19
Годовой объём работ, у.э. га	4025	4550
Себестоимость единицы объёма работ, руб.	535,15	492,45
Удельные капитальные вложения, руб.	943,46	852,71
Годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	x	50505
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет	x	2,33
Коэффициент потенциального резерва эффективности конструкции	x	0,11
Вероятность получения положительного эффекта	x	0,61

Примечание: – расчёты произведены в ценах 2017 г.

3. Проведённая технико-экономическая оценка инновационирования предложенного проекта указывает на возможность окупаемости технического решения в течение 2,33 года с коэффициентом потенциального резерва эффективности конструкции 0,11 и вероятностью получения экономического эффекта 0,61, что связано с возможностью эксплуатации универсально-пропашных тракторов при совмещении технологических операций.

Литература

1. Асманкин Е.М. Аспект на улучшение технологичности колёсных двигателей современных тракторов сельскохозяйственного назначения / Е.М. Асманкин, Ю.А. Обухов, А.А. Черкасов, А.А. Сорокин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 2 (6). С. 61–63.
2. Черкасов А.А. Перспектива развития новых методов использования машин в АПК // Совершенствование инженерно-технологического обеспечения технологических процессов в АПК: матер. междунар. науч.-практич. конф. / Под ред. Ю.А. Ушакова. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. С. 163–166.
3. Пат. RU 2111129 С1, 6 В 60 В 15/22 Устройство для движения транспортного средства по грунтам с малой несущей способностью / Асманкин Е.М., Алексеев В.Н., Соколов В.Ю., Черкасов А.А. № 97107104/28; Заявл. 29.04.1997; Оpubл. 20.05.1998. Бюл. № 14.
4. Пат. RU 2113365 С1, 6 В 60 К 17/32 Устройство бесступенчатой регулировки колеи задних колёс трактора / Черкасов А.А., Асманкин Е.М., Алексеев В.Н., Соколов В.Ю. № 97107103/28; Заявл. 29.04.1997; Оpubл. 20.06.1998. Бюл. № 17.
5. Тарасова С.В., Ушаков Ю.А. Экспериментальная модель определения величины полного поперечного смещения колёсного трактора от технологической траектории на склоне // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельскохозяйственных территорий: матер. IV междунар. науч.-практич. конф. Саратов, 2015. С. 136–141.
6. Тарасова С.В., Ушаков Ю.А. Интерпретация результатов теоретических и экспериментальных исследований курсовой стабилизации колёсного трактора при работе на склоне // Современные тенденции в науке и образовании: сб. докл. Междунар. заоч. науч.-практич. конф. ООО «АР-Консалт». М., 2015. С. 78–85.
7. Пат. RU 2279987 С1, МПК В60В 15/00, В60К 17/32 Привод колеса транспортного средства / Сорокин А.А., Асманкин Е.М., Маловский Н.А., Михайлов А.В., Обухов Ю.А., Черкасов А.А. № 2004131805/11; Заявл. 01.11.2004; Оpubл. 20.07.2006. Бюл. № 20.
8. Пат. RU 2399538 С2, МПК В62D 37/04 Способ стабилизации положения колёсного транспортного средства / Реймер В.В., Асманкин Е.М., Стеновский В.С., Черкасов А.А., Сорокин А.А. № 2008146172/11; Заявл. 21.11.2008. Оpubл. 20.09.2010. Бюл. № 26.
9. Свидет. РФ № 2015614951 Определение интенсивности износа протектора на единицу пути пневматического колеса в условиях склонного земледелия / Тарасова С.В., Ушаков Ю.А., Асманкин Е.М., Горельская Е.В. / Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ (RU). Оpubл. 30.04.2015.