
ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ И РАЗГОННЫХ СВОЙСТВ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДОВ ВЕДУЩИХ КОЛЕС

**Олег Иванович Поливаев
Олег Сергеевич Ведринский
Виктор Васильевич Труфанов**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных с целью определения влияния установки упругодемпфирующего привода ведущих колес трактора на его тяговые свойства. При работе машинно-тракторного агрегата, особенно на повышенных скоростях, возникают значительные колебания момента сопротивления движению, которые, в свою очередь, приводят к колебаниям динамических нагрузок в трансмиссии и двигателе, что является причиной дополнительного износа их деталей. Также повышенные динамические нагрузки приводят к росту буксования ведущих колес, что вызывает колебания рабочей скорости машинно-тракторного агрегата, ухудшая качество выполняемой работы. Для снижения воздействия колебаний момента сопротивления необходимо вводить упругодемпфирующие элементы в трансмиссию трактора, причем как можно ближе к источнику возмущений, то есть к ведущим колесам. Исследуемая конструкция упругодемпфирующего привода ведущих колес предполагает использование модернизированной ведомой шестерни конечной передачи, которая состоит из двух частей, соединенных упругими элементами, имеющими нелинейную жесткостную характеристику. Такая характеристика обеспечивается конструкцией упругого элемента, состоящего из набора скобообразных пружин. Нелинейная жесткостная характеристика упругодемпфирующего привода обеспечивает сглаживание динамических колебаний при разной загрузке машинно-тракторного агрегата. Оценочные исследования тяговых свойств трактора ЛТЗ-55 с различными приводами были проведены на бетонной дороге и стерне. Анализ результатов проведенных испытаний показал, что установка упругодемпфирующего привода ведущих колес улучшает тяговые свойства трактора, а именно: снижает буксование ведущих колес (на 11–29%) и удельный крюковой расход топлива (на 6,0–12,5%), а также повышает производительность МТА на 5,5–9,5%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трактор, трансмиссия, упругодемпфирующий привод, ведущие колеса, жесткость, динамические характеристики.

IMPROVING THE TRACTION AND ACCELERATION PROPERTIES OF A MACHINE-TRACTOR UNIT BY UPGRADING THE DRIVES OF THE DRIVING WHEELS

**Oleg I. Polivaev
Oleg S. Vedrinsky
Victor V. Trufanov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

This article presents the results of experimental studies conducted in order to determine the effect of installation of an elastic damping drive of the tractor's driving wheels on its traction properties. The operation of a machine-tractor unit (especially at high speeds) gives rise to significant oscillations of rolling resistance torque, which in turn lead to the oscillations of dynamic loads in the transmission and engine causing additional parts wear. Moreover, increased dynamic loads lead to an increase in slippage of driving wheels causing oscillations of the operating speed of the machine-tractor unit and worsening the quality of the performed work. In order to reduce the impact of oscillations of resistance torque it is necessary to introduce the elastic damping elements into the tractor transmission placing them as close as possible to the source of disturbance, i.e. to the driving wheels. The studied design of an elastic damping drive of the driving wheels assumes the use of an upgraded driven gear of the rear-axle drive that consists of two parts connected by elastic elements with non-linear stiffness behaviour. This behaviour is determined by the design of an elastic element consisting of a set of U-shaped springs. The non-linear stiffness behaviour of the elastic damping drive ensures smoothening of dynamic oscillations at different loading of the machine-tractor unit. Evaluative studies of traction properties of the LTZ-55 tractor with various drives were conducted on a concrete road and stubble land. The analysis of experimental results showed that the installation of an elastic damping drive of the driving wheels improved the tractor's traction properties, namely by reducing the slippage of driving wheels (by 11–29%) and specific draught fuel consumption (by 6.0–12.5%), as well as by increasing the productivity of MTU by 5.5–9.5%.

KEY WORDS: tractor, transmission, elastic damping drive, driving wheels, stiffness, dynamic characteristics.

Введение

Увеличение производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) за счет повышения мощности двигателей тракторов и рабочих скоростей вызывает дополнительные динамические и резонансные нагрузки в трансмиссии, отрицательно влияющие как на мощностные показатели, так и на разгонно-тормозные качества тракторного агрегата в целом.

При этом трудно реализовать возможности МТА, прежде всего по сцепным качествам и снижению разрушения почвы движителями.

Для повышения разгонных качеств МТА, устранения динамических и резонансных режимов в трансмиссии и снижения влияния неравномерности тягового сопротивления агрегируемых машин и неровностей поверхности качения целесообразно вводить упругодемпфирующий привод (УДП) ведущих колес [7, 8, 10].

Проанализируем наиболее перспективные упругодемпфирующие приводы, которые устанавливались на опытных тракторах. Известна конструкция приводов колес в виде торсиона, который устанавливался на опытных тракторах Минского тракторного завода. Торсион соединяет конечную передачу с диском колеса. Недостатки данной конструкции – большие габариты, линейная характеристика посадки торсиона на жесткие упоры, что вызывает динамические нагрузки на некоторых режимах.

Сотрудниками кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского ГАУ совместно с разработчиками Липецкого тракторного завода разработаны усовершенствованные УДП, встраиваемые в конечные передачи, а также полуоси. Данные приводы были внедрены на отдельных партиях тракторов ЛТЗ-55АМ.

На рисунке 1 представлена ведомая шестерня конечной передачи с УДП. Наружный венец 1 установлен на шлицевой ступице 2 с возможностью поворота относительно друг друга за счет деформации скобообразных пружин 12 и упругих элементов 7, расположенных в выемках 8 и 9 между ступицей и зубчатым венцом. Пружины 12 имеют опорные концы 13. Пружины 12 дополнительно снабжены пружинами 14. Наличие пакетов пружин 12 и 14 обеспечивает нелинейную характеристику УДП.

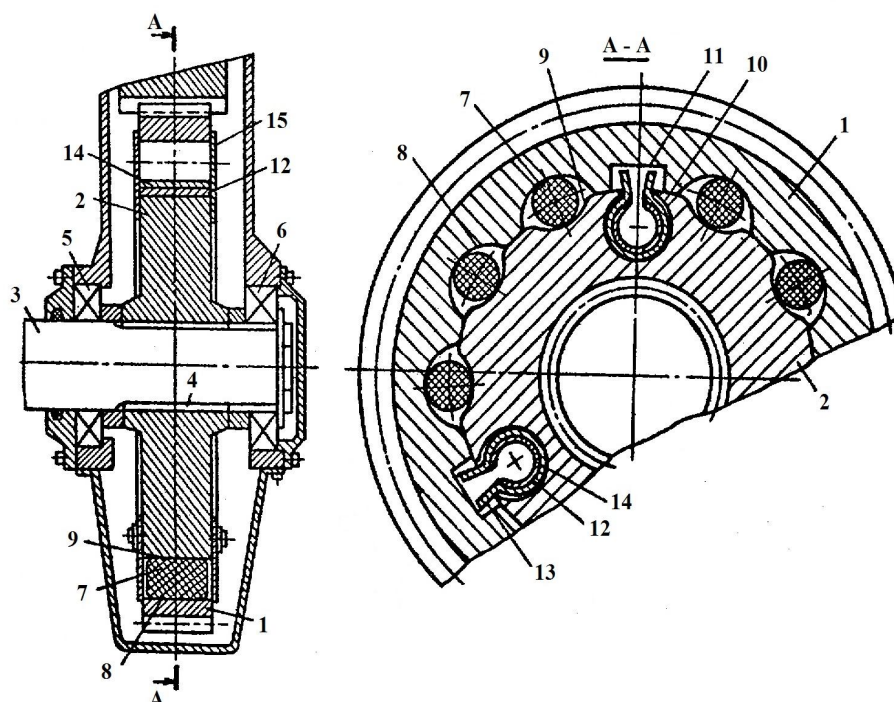


Рис. 1. Конечная передача с УДП:

- 1 – зубчатый венец; 2 – ступица; 3 – полуось; 4 – шлицы; 5, 6 – подшипники;
7 – резиновые упругие элементы; 8, 9, 10, 11 – выемки; 12 – скобообразные пружины;
13 – опорные концы; 14 – дополнительные пружины; 15 – фиксирующие пластины

При передаче крутящего момента от ведущей шестерни конечной передачи на зубчатый венец 1 происходит сжатие упругих элементов 7, 12 и 14 и поворот зубчатого венца 1 относительно ступицы 2. После сжатия пружин 12 и 14 до упора в работу вступают опорные концы 13. Это позволяет снизить буксование движителей при трогании, а в момент разгона трактора отдавать запасенную энергию упругими элементами 7, 12 и 14 полуоси 1.

Демпфирование колебаний в бортовой передаче при движении осуществляется за счет внутреннего трения в пакетах скобообразных пружин 12, 14 и внешнего трения в местах соприкосновения упругих элементов в процессе поворота зубчатого венца 1 относительно ступицы 2.

Это позволяет снизить буксование движителей, повысить разгонные качества тракторного агрегата, что повышает производительность и, как следствие, КПД и снижает расход топлива.

Упругодемпфирующий привод предлагаемой конструкции можно устанавливать в планетарный редуктор конечной передачи.

Методика эксперимента

Тяговые испытания трактора ЛТЗ-55 проводились при движении по бетонной дороге и стерне. За основу методики проведения исследований были приняты требования ГОСТ 27.503-81 [3]. Перед проведением испытаний определялась регуляторная характеристика двигателя трактора. Опыты проводились в трехкратной повторности. Для проведения опытов для различных вариантов упругодемпфирующего привода за короткий срок ограничивали длину зачетного гона. При выборе зачетного гона исходили из рекомендаций, описанных А.Б. Лурье [6]. В экспериментах зачетный гон был рассчитан с учетом погрешности измерений (должен находиться в пределах 50...100 м с тензометрическими испытаниями и в пределах 80...160 м без них).

В процессе работы МТА регистрировались следующие параметры:

- тяговое усилие;
- частоты вращения двигателя, ведущих колес и путимера;
- крутящие моменты на валу сцепления и полуосях трактора;
- расход топлива двигателем за время опыта.

Во время испытаний проводили тензометрирование с использованием осциллографа К-12-22 и усилителя ПИН-703. Тензометрическая аппаратура размещалась в кабине трактора.

Оценочные показатели, получаемые в ходе испытаний, определяли по общеизвестным формулам [1, 2, 4, 5, 9].

Результаты и их обсуждение

Оценочные исследования тяговых свойств трактора ЛТЗ-55 с различными приводами были проведены на бетонной дороге и стерне (рис. 2).

Результаты тяговых испытаний тракторного агрегата на бетонной дороге показали, что трактор ЛТЗ-55 с жестким приводом развивает максимальную тяговую мощность – 33,5 кВт при скорости движения 8,3 км/ч. Трактор, оборудованный УДП со скобообразными пружинами в конечной передаче, имеет тяговую мощность 35,3 кВт при скорости движения 8,9 км/ч (рис. 2, а).

Также установлено, что применение упругодемпфирующего привода позволяет снизить буксование движителей на 12–30%. При изменении $P_{кр}$ от 7 до 15,25 кН удельный расход топлива снизился на 6–10%.

Это происходит за счет снижения амплитуд колебаний крутящих моментов в трансмиссии, стабилизации частоты вращения двигателя, плавного взаимодействия движителей с почвой и снижения вертикальных колебаний остова при движении МТА.

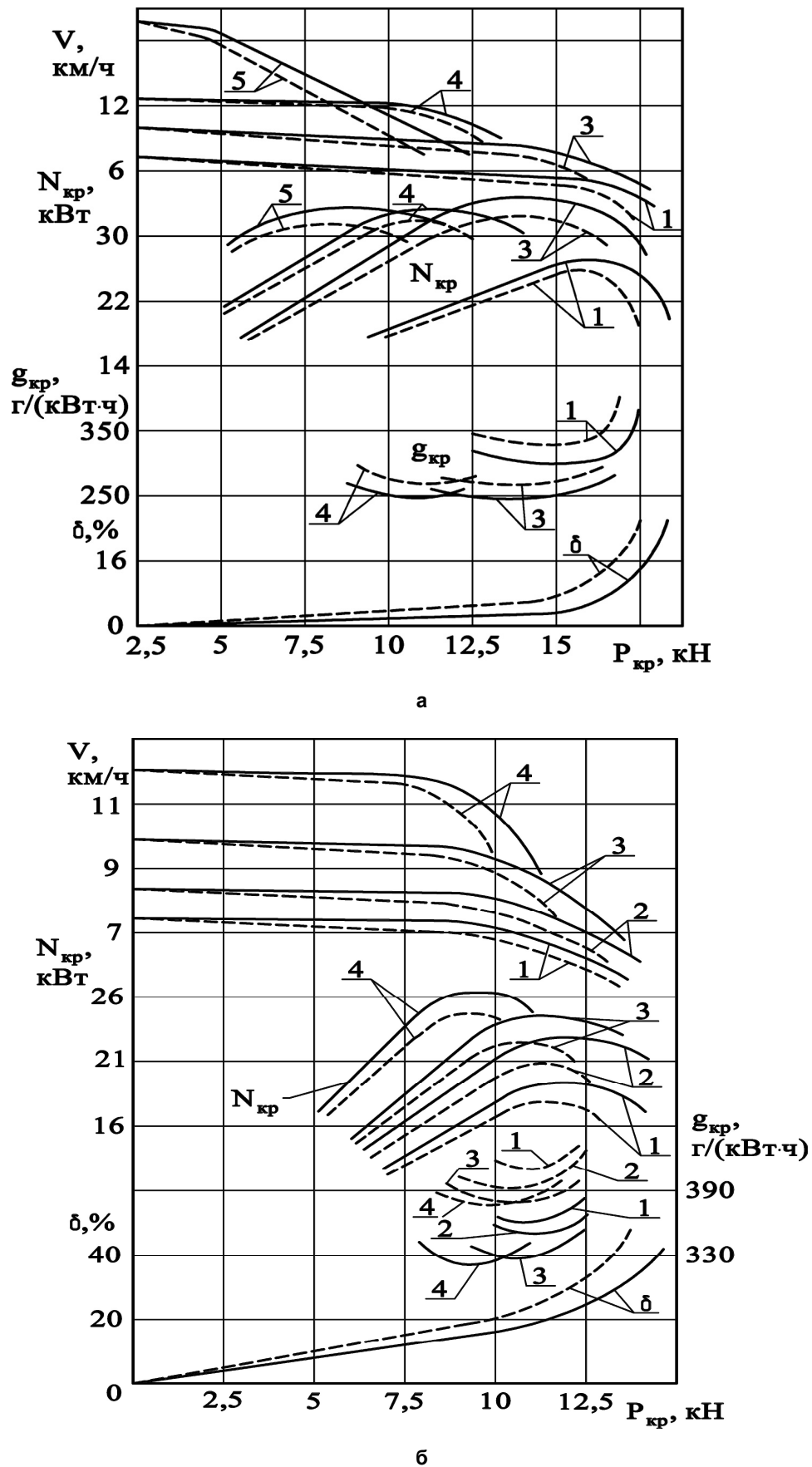


Рис. 2. Тяговые характеристики трактора ЛТЗ-55: а – при движении по бетону; б – при движении по стерне; 1, 2, 3, 4, 5 – порядковые номера передач

Экспериментальными исследованиями тяговых свойств трактора ЛТЗ-55 при движении по стерне (рис. 2, б) выявлено, что трактор с жестким приводом развивает максимальную крюковую мощность – 25 кВт при движении со скоростью 10,2 км/ч, а у трактора с УДП эта мощность равна 26 кВт при скорости движения 11 км/ч.

За счет установки УДП буксование движителей снизилось от 10 до 28% при изменении $P_{кр}$ от 7 до 12,5 кН. Удельный расход топлива при установке УДП на 10,0–12,5 % ниже по сравнению с установкой жесткого привода.

Выводы

Разработанные конструкции УДП ведущих колес, установленные на трактор, позволяют улучшить тягово-сцепные свойства, снизить удельный расход топлива в среднем на 6,0–12,5% и, как следствие, повысить производительность машинно-тракторного агрегата на 5,5–9,5%.

Библиографический список

1. Василенко П.М. Основы научных исследований. Механизация сельского хозяйства / П.М. Василенко, Л.В. Погорелый. – Киев : Вища школа, 1985. – 266 с.
2. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. – 2-е изд., доп. – Москва : Колос, 1967. – 159 с.
3. ГОСТ 27.503-81. Надежность в технике. Методы оценок и показателей надежности. – Введ. 1982–07–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 55 с.
4. Красноступ С.М. Испытания сельскохозяйственной техники и орудий для полеводства : учеб. пособие / С.М. Красноступ, Ю.А. Царев, А.Г. Далалянц. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2012. – 135 с.
5. Кукта Г. М. Испытания сельскохозяйственных машин / Г.М. Кукта. – Москва : Машиностроение, 1964. – 282 с.
6. Лурье А.Б. Статическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1981. – 382 с.
7. Поливаев О.И. Повышение эксплуатационных свойств мобильных энергетических средств за счет совершенствования приводов ведущих колес : монография / О.И. Поливаев, О.М. Костилов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 210 с.
8. Поливаев О.И. Теория трактора и автомобиля : учебник / О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 231 с.
9. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники : под общ. ред. В.М. Пронина. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 416 с.
10. Строков В.Л. Об эластичном приводе ведущих колес трактора / В.Л. Строков, А.А. Корсаков, Т.И. Макарова // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 8. – С. 8–13.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Олег Иванович Поливаев – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: car205@agroeng.vsa.ru.

Олег Сергеевич Ведринский – старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, E-mail: vedrin@agroeng.vsa.ru.

Виктор Васильевич Труфанов – доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-71-36, E-mail: bgd@agroeng.vsa.ru.

Дата поступления в редакцию 03.11.2017

Дата принятия к печати 28.11.2017

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Oleg I. Polivaev – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: car205@agroeng.vsa.ru.

Oleg S. Vedrinsky – Senior Lecturer, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, E-mail: vedrin@agroeng.vsa.ru.

Victor V. Trufanov – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Health & Safety and Mechanization of Animal Husbandry and Agricultural Products Processing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-36, E-mail: bgd@agroeng.vsa.ru.

Date of receipt 03.11.2017

Date of admittance 28.11.2017