

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ МАШИННО- ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4, ОБОРУДОВАННОГО ГАЗОГИДРАВЛИЧЕСКИМ УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМ ПРИВОДОМ

Николай Викторович Бабанин, аспирант кафедры тракторов и автомобилей
Олег Иванович Поливаев, доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой тракторов и автомобилей

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Объектом исследования является разработанный авторами газогидравлический упругодемпфирующий привод (УДП), устанавливаемый на задние колеса трактора тягового класса 1,4 в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) и транспортного тракторного агрегата (ТТА). С целью выявления эффективности влияния установки УДП на плавность хода и на важнейшие эксплуатационные качества трактора (производительность и топливная экономичность) дорожно-полевые испытания проводились в составе МТА с плугом ПЛН-3-35 на пахоте и в составе ТТА с двухосным прицепом 2ПТС-4 на транспорте. Полученные результаты сравнивались с экспериментальными данными трактора МТЗ-80.1, оборудованного серийным вариантом привода. Как показали результаты испытаний, установка УДП позволяет улучшить плавность хода за счет уменьшения в среднем на 50-60% амплитуды колебаний остова, снизить в среднем на 14% расход топливно-смазочных материалов (ТСМ), что приводит к повышению производительности МТА и ТТА в среднем на 12%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: машинно-тракторный агрегат (МТА), транспортный тракторный агрегат (ТТА), упругодемпфирующий привод (УДП), плавность хода, производительность, топливная экономичность.

The object of this research is the gas-hydraulic elastic-damping drive (EDD) developed by the authors and mounted on rear wheels of class 1.4 drawbar tractor as part of a machine-tractor aggregate (MTA) and transport tractor aggregate (TTA). In order to determine the effectiveness of the impact of EDD on smoothness and the most important performance characteristics of the tractor (performance and fuel economy) the authors conducted road and field trials as part of the MTA with a PLN-3-35 plow on plow-land and as part of a TTA with a 2PTS-4 double-axle trailer for transportation. The obtained results were compared with experimental data of MTZ-80.1 tractor equipped with a production version of the drive. As shown by test results, the installation of EDD allowed to improve smoothness due to the reduction of the amplitude of oscillations of frame by 50-60% on average and to reduce consumption of fuel and lubricants by 14%, which leads to an increase in productivity of MTA and TTA by 12%.

KEY WORDS: machine-tractor aggregate (MTA), transport tractor aggregate (TTA), elastic-damping drive (EDD), smoothness, performance, fuel economy.

Введение

В процессе работы машинно-тракторного агрегата на него воздействует множество внешних факторов, приводящих к изменению вертикальных нагрузок на ходовую часть и двигатель. К таким факторам относятся неоднородности физико-механических свойств обрабатываемой почвы, неровности дорожного полотна, неравномерность тягового сопротивления со стороны агрегируемой сельскохозяйственной машины и др. Эти воздействия носят случайный характер и описываются случайными функциями. Кроме того, сам машинно-тракторный агрегат, его двигатель и трансмиссия также генерируют колебания инерционно-упруго-диссипативной системы.

Одним из путей улучшения плавности хода МТА является совершенствование упругодемпфирующего привода (УДП). Известны технические решения, в которых упруго-

демпфирующий привод, установленный в трансмиссии трактора, защищая двигатель и трансмиссию от больших динамических нагрузок, снижает величину внешних воздействий, что позволяет минимизировать вертикальные ускорения остова, снизить буксование движителей [1, 4, 9, 10].

В качестве объекта проведенного исследования были выбраны машинно-тракторный агрегат (МТА), состоящий из колесного универсально-пропашного трактора тягового класса 1,4 (выпускается Минским тракторным заводом) в агрегате с плугом ПЛН-3-35, а также тракторно-транспортный агрегат (ТТА) с двухосным прицепом 2ПТС-4. Задние колеса универсально-пропашного трактора в составе МТА и ТТА оборудовали газогидравлическим упругодемпфирующим приводом предложенной авторами конструкции [4, 5, 6].

С целью выявления эффективности влияния УДП на плавность хода и на важнейшие эксплуатационные качества трактора проводились сравнительные испытания трактора МТЗ-80.1, оборудованного серийным вариантом привода [2, 8].

При проведении испытаний использовался программный модуль с аналого-цифровым преобразователем (АЦП), состоящий из двух устройств – LTR 114 и LTR 212, соединенных с центральным процессором LTR крейт (рис. 1).

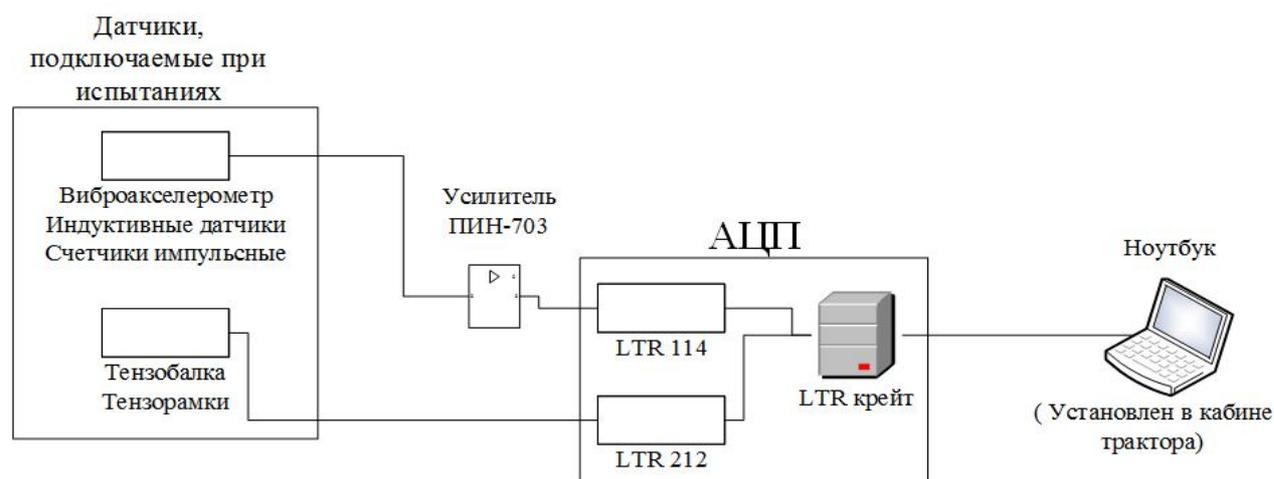


Рис. 1. Принципиальная схема подключения АЦП к датчикам

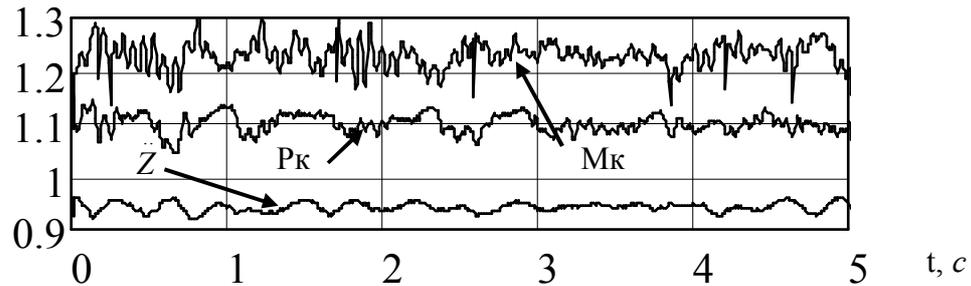
Модуль LTR 114 предназначен для прецизионной оцифровки сигналов частотой преобразования АЦП до 4 кГц с использованием внутреннего источника тока (предусмотрена возможность подключения полномостовых датчиков с внешним источником питания) и имеет 16 дифференциальных каналов измерения, пронумерованных от 1 до 16. Каналы модуля LTR 114 выполняют функцию дифференциального входа АЦП, а также альтернативную функцию коммутируемого источника тока для измерения сопротивления в 4-проводной схеме подключения.

Влияние установки УДП на плавность хода и на важнейшие эксплуатационные качества трактора (производительность и топливная экономичность) определялось по результатам испытаний, проведенных на базе трактора МТЗ-80.1 с плугом ПЛН-3-35 в составе МТА на пахоте (стерня колосовых) и на базе трактора МТЗ-80.1 с прицепом 2ПТС-4 в составе ТТА на транспорте (укатанная грунтовая дорога).

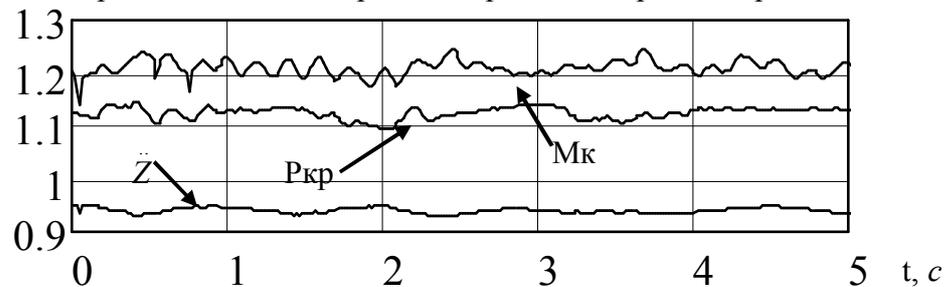
Транспортные испытания на грунтовой дороге показали, что упругодемпфирующий привод, устанавливаемый на задних колесах, на 3-6% снижает буксование и на 6-8% удельный расход топлива, а также на 4-6% повышает производительность ТТА. Пахотные

испытания на стерне колосовых показали, что использование УДП предлагаемой конструкции позволяет снизить на 10-12% буксование колес и на 10-14% расход топлива, а также повысить производительность МТА на 10-15%.

Влияние неровностей дороги на плавность хода и нагруженность трансмиссии трактора определялось на основании анализа экспериментальных осциллограмм на девяти передачах. На рисунке 2 приведены фрагменты тензометрических осциллограмм работы трактора с плугом ПЛН-3-35 с серийным вариантом привода и с УДП по предложенной авторами конструкции.



а) тензометрические осциллограммы серийного варианта привода



б) тензометрические осциллограммы опытного варианта (газогидравлический УДП)

Рис. 2. Фрагменты тензометрических осциллограмм работы трактора с плугом ПЛН-3-35 с серийным вариантом привода и с газогидравлическим УДП:

\ddot{Z} – ускорения остова; M_k – крутящий момент; $P_{кр}$ – тензобалка навески трактора

По данным осциллограммам с использованием математического пакета Matlab [3, 7] были получены спектральные плотности суммарных крутящих моментов, тяговых усилий на крюке и вертикальных ускорений остова, рассчитанные по формуле

$$\begin{aligned} S_p &= \text{fft}(x) ; \\ k &= 10 ; \\ N &= 2^k ; \\ j &= 0 \dots N - 1 ; \\ f &= (j / 2N) f_s ; \\ \text{plot}(S_p, f), \text{grid} , \end{aligned}$$

где S_p – спектральная плотность (рис. 3-4);

fft – математический оператор прямого преобразования Фурье;

N – число точек в опыте;

j – диапазон частот;

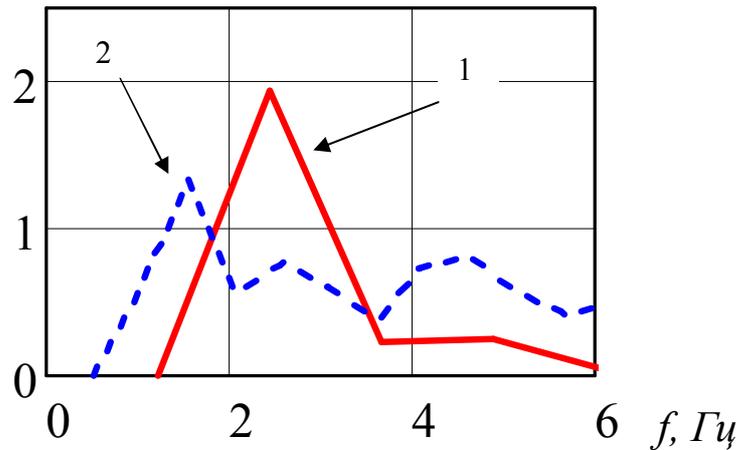
f – частота спектра, Гц;

f_s – частота дискретизации (АЦП), 100 Гц;

plot – функция построения графика спектральной плотности;

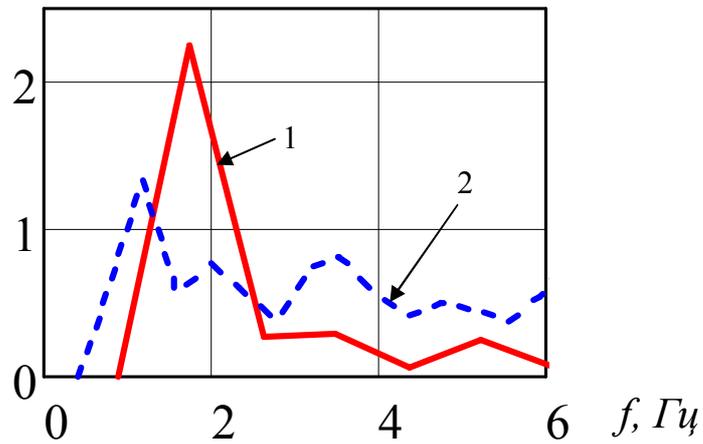
grid – сетка графика.

$S, \Delta M_k(f)$



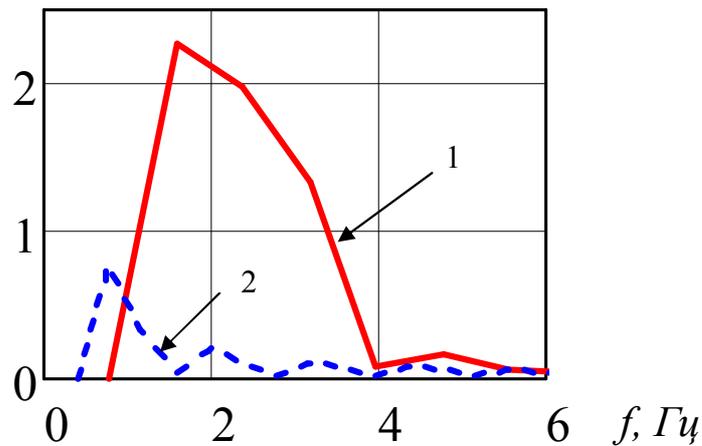
а) спектральная плотность колебания суммарного крутящего момента заднего моста

$S, \Delta P_{кр}(f)$



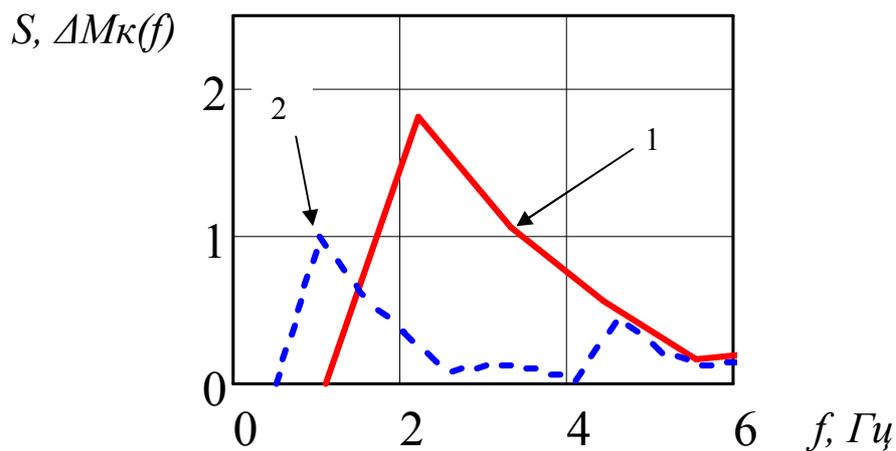
б) спектральная плотность колебания тягового усилия на крюке трактора

$S, \Delta Z(f)$

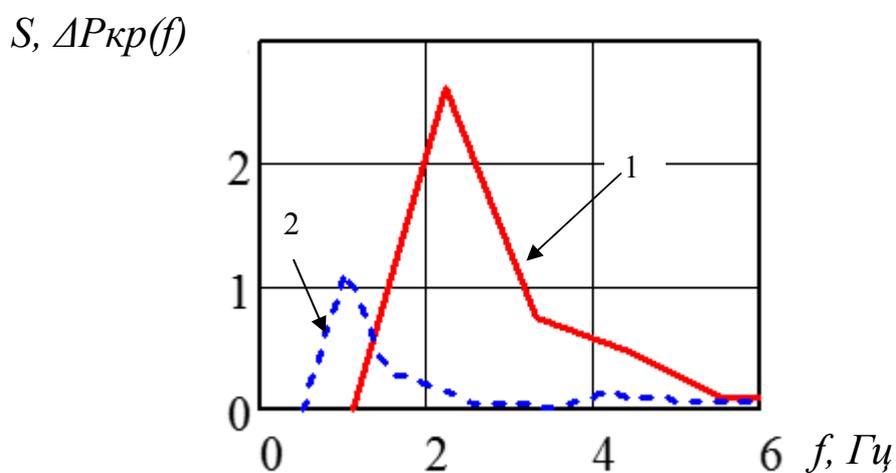


в) спектральная плотность вертикальных ускорений остова трактора

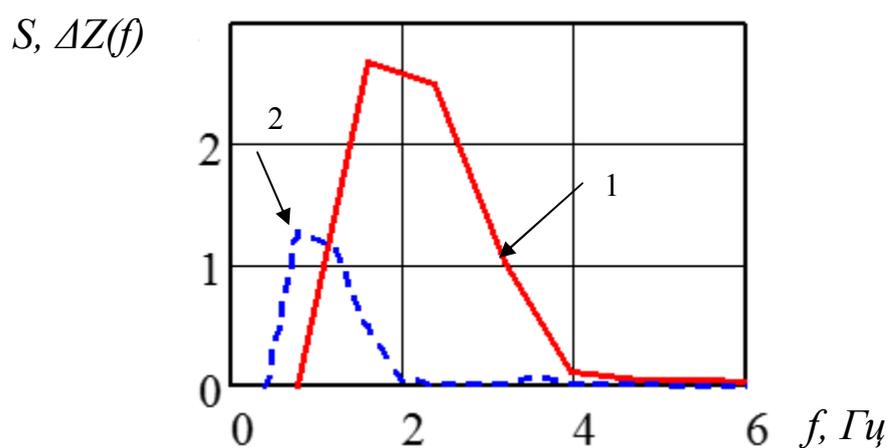
Рис. 3. Нормированная спектральная плотность при движении трактора МТЗ-80.1 на пахоте с плугом ПЛН-3-35 на пятой передаче: 1 – трактор оборудован жестким приводом; 2 – трактор оборудован газогидравлическим УДП



а) спектральная плотность колебания суммарного крутящего момента заднего моста



б) спектральная плотность колебания тягового усилия на крюке трактора



в) спектральная плотность вертикальных ускорений остова трактора

Рис. 4. Нормированная спектральная плотность при движении трактора МТЗ-80.1 на транспорте с прицепом 2ПТС-4 на седьмой передаче:

1 – трактор оборудован жестким приводом;
2 – трактор оборудован газогидравлическим УДП

Как показали результаты испытаний, при работе МТА на пахоте на агрофоне (стерня колосовых) амплитудные максимумы колебаний инерционно-упруго-диссипативной системы (ИУДС) с серийным приводом находятся в диапазоне частот 1,75-3 Гц, а с упругодемпфирующим приводом сдвигаются в более низкий диапазон частот – 0,5-1,85 Гц, при этом за счет упругих и диссипативных свойств привода удалось снизить амплитуду крутящего момента и тяговой нагрузки до 40%, а амплитуду вертикального ускорения – на 60-70%.

При работе ТГА с прицепом на агрофоне (грунтовая дорога) амплитудные максимумы колебаний ИУДС с серийным приводом находятся в диапазоне частот 1,75-3,7 Гц, а с упругодемпфирующим приводом сдвигаются в диапазон частот 0,5-2,2 Гц, при этом за счет упругих и диссипативных свойств привода удалось снизить амплитуду крутящего момента и тяговой нагрузки на 50-75%, а амплитуду вертикального ускорения – на 70-85%.

На рисунках 5 и 6 представлены теоретические и экспериментальные среднеквадратические отклонения вертикальных ускорений остова трактора, оборудованного серийным (жестким) вариантом привода, а также опытным (газогидравлическим) УДП.

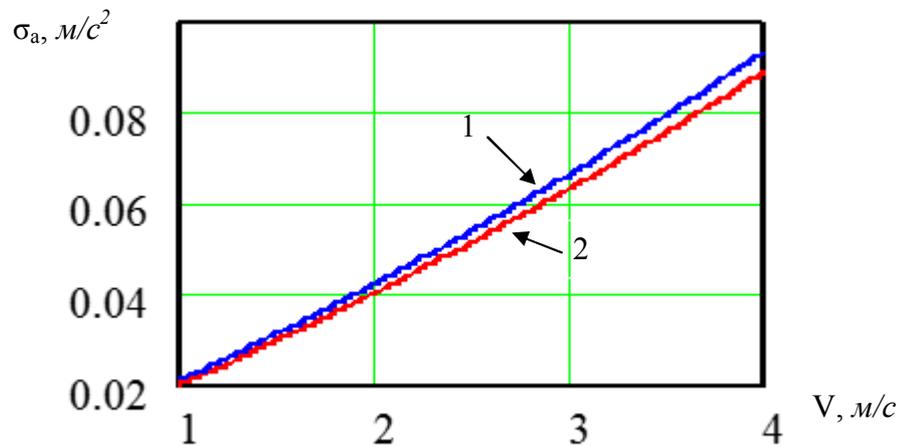


Рис. 5. Зависимость среднеквадратических вертикальных ускорений остова от скорости движения трактора, оборудованного серийным вариантом привода: 1 – теоретический результат; 2 – экспериментальный результат

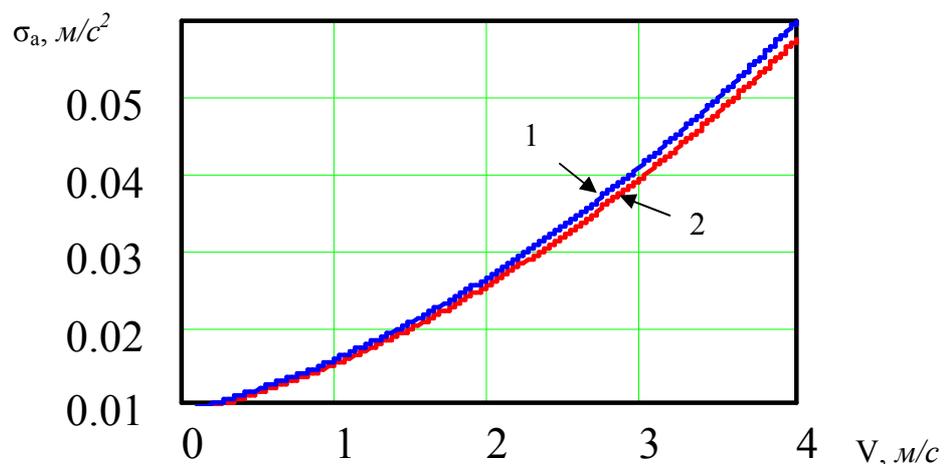


Рис. 6. Зависимость среднеквадратических вертикальных ускорений остова от скорости движения трактора, оборудованного газогидравлическим УДП: 1 – теоретический результат; 2 – экспериментальный результат

На рисунках 5 и 6 видно, что кривые графика хорошо согласуются, расхождение не превышает 4-9%.

Расчет экономической эффективности применения рационального варианта упругодемпфирующего привода на ведущих колесах трактора МТЗ-80.1 при его работе в составе транспортного и пахотного агрегатов показал следующие результаты: годовой экономический эффект при работе на транспорте и на пахоте составляет соответственно 126 и 215 тыс. руб., срок окупаемости капитальных вложений – 4,8 и 2,5 месяца.

Выводы

Предлагаемая конструкция газогидравлического упругодемпфирующего привода ведущих колес разработана с учетом возможности применения его в конструкциях колесных тракторов при выполнении разных видов работ.

Проведенные исследования показали эффективность применения разработанного авторами УДП, так как благодаря его упругим и диссипативным свойствам уменьшаются амплитуды колебаний остова в среднем до 60% и амплитудные максимумы смещаются в более низкие диапазоны частот (0,2-1,8 Гц), снижается буксование в среднем на 10-12%, повышается топливная экономичность трактора на 8-14% и производительность на 6-15%.

Список литературы

1. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства : уч. пособие / В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин ; под общей ред. профессора О.И. Поливаева. – Москва : Кнорус, 2011. – 264 с.
2. Гуськов В.В. Исследование вертикальных колебаний водителя на тракторах МТЗ-80 и МТЗ-80П / В.В. Гуськов, П.П. Артемьев // Тракторы и сельхозмашины. – 1980. – № 6. – С. 7-8.
3. Дьяконов В. МАТЛАВ. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. Дьяконов, И. Абраменкова. – Санкт-Петербург : Издательский дом «Питер», 2002. – 608 с.
4. Жутов А.Г. Формирование нагрузки на крюке в зависимости от момента сопротивления / А.Г. Жутов, А.А. Карсаков, В.И. Аврамов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 2. – С. 24-25.
5. Заявка № 2012133406/11 Российская Федерация, МПК В60К 17/32 (2006.01). Привод колеса транспортного средства / О.И. Поливаев, Н.В. Бабанин, О.С. Ведринский ; заявитель ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – Приоритет 03.08.2012; заявл. 03.08.2012; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 4. – 5 с.
6. Кравченко В.А. Исследование эффективности упругого элемента в трансмиссии трактора класса 5 / В.А. Кравченко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2004. – № 2. – С. 95-97.
7. Методика экспериментальных исследований тракторно-транспортного агрегата с упругодемпфирующим тягово-сцепным устройством / П.П. Гамаюнов [и др.] // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы международного научно-технического семинара им. В.В. Михайлова. – Саратов : Саратовский ГАУ, 2014. – Вып. 27. – С. 34-35.
8. Поливаев О.И. Повышение эксплуатационных свойств мобильных энергетических средств за счет совершенствования приводов ведущих колес / О.И. Поливаев, О.М. Костиков. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 210 с.
9. Поливаев О.И. Снижение динамических нагрузок в трансмиссии трактора / О.И. Поливаев, А.В. Панков, В.П. Иванов, Е.Д. Золотых // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3. – С. 43-45.
10. Поливаев О.И. Снижение динамической нагруженности мобильных энергетических средств от внешних воздействий и повышение их тягово-динамических показателей / О.И. Поливаев, В.К. Астанин, Н.В. Бабанин // Лесотехнический журнал. – № 3. – 2013. – С. 150-156.