

УДК 631.372

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МТА НА БАЗЕ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ТЯГОВОГО КЛАССА 1,4 С УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМ МЕХАНИЗМОМ В СИЛОВОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Кравченко Владимир Алексеевич
доктор технических наук, профессор
РИНЦ SPIN-код = 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1, Россия

Кравченко Людмила Владимировна
доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой
РИНЦ SPIN-код = 9684-8955
e-mail: lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1 Россия

Сенькевич Сергей Евгеньевич
кандидат техн. наук, старший научный сотрудник
РИНЦ SPIN-код = 7766-6626
e-mail: sergej_senkevich@mail.ru
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, 1-й Институтский пр-д, д. 5 Россия

Журба Виктор Викторович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код = 1453-5517
e-mail: vic.zhurba@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия

Дурягина Вероника Владимировна
ст. преподаватель
РИНЦ SPIN-код = 6386-3689
e-mail: vepanuka@mail.ru
Инженерно-технологическая академия ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог Ростовской области, пер. Некрасовский, 44, Россия

Цель работы – это установление возможности повышения энергетических и экономических показателей МТА путём внедрения в силовую передачу мобильного энергетического средства упругодемпфирующего механизма с переменной жёсткостью. На работу современных мобильных энергетических средств при агрегатировании ими сельскохозяйственных машин и орудий негативное влияние оказывают колебания

UDC 631.372

05.20.01 – Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THE MTU BASED ON A MOBILE POWER VEHICLE OF TRACTION CLASS 1.4 WITH AN ELASTIC DAMPING MECHANISM IN THE POWER TRANSMISSION

Kravchenko Vladimir Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN code = 9983-4293
E-mail: a3v2017@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Kravchenko Lyudmila Vladimirovna
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department
RSCI SPIN-code = 9684-8955
e-mail: lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Senkevich Sergey Evgenievich
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
RSCI SPIN code = 7766-6626
e-mail: sergej_senkevich@mail.ru
FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, 1 Institutskiy proezd., 5, Russia

Zhurba Viktor Viktorovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
RSCI SPIN-code = 1453-5517
e-mail: vic.zhurba@yandex.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don, pl.Gagarina, 1, Russia

Duryagina Veronika Vladimirovna
senior lecturer
RSCI SPIN-code = 6386-3689
e-mail: vepanuka@mail.ru
Engineering and Technological Academy of the Southern Federal University, Taganrog, Rostov region, per.Nekrasovsky, 44, Russia

The purpose of the work is to establish the possibility of increasing the energy and economic indicators of the MTU by introducing an elastic damping mechanism with variable stiffness into the power transmission of a mobile energy means. Fluctuations of external forces and moments having stochastic character have a negative impact on the operation of modern mobile power facilities when they are used for

внешних сил и моментов, имеющих стохастический характер, в результате которых значительно снижаются потенциальные эксплуатационные показатели их энергетических установок, что приводит к уменьшению производительности агрегата с одновременным ростом удельного расхода топлива. Анализ показал, что выходные показатели машинно-тракторных агрегатов во многом зависят от жёсткостных и демпфирующих показателей силовой передачи мобильных энергетических средств. Предложено для обеспечения роста технико-экономических показателей агрегатов устанавливать в силовую передачу мобильного энергетического средства упругодемпфирующий механизм с переменной жёсткостью. Установлены оптимальные значения параметров главных элементов, составляющих упругодемпфирующий механизм, для мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 в составе различных агрегатов. Доказано в результате производственных испытаний, что применение в силовой передаче мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 упругодемпфирующего механизма, обладающего переменной жёсткостью, происходит рост технико-экономических показателей МТА

Ключевые слова: МОБИЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, СИЛОВАЯ ПЕРЕДАЧА, УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИЙ МЕХАНИЗМ, МАШИНО-ТРАКТОРНЫЙ АГРЕГАТ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

agricultural machinery and implements, as a result of which the potential operational indicators of their power plants are significantly reduced, which leads to a decrease in the productivity of the unit with a simultaneous increase in specific fuel consumption. The analysis showed that the output indicators of machine-tractor aggregates largely depend on the stiffness and damping parameters of the power transmission of mobile power means. It is proposed to install an elastic damping mechanism with variable rigidity in the power transmission of a mobile power vehicle to ensure the growth of technical and economic indicators of the units. The optimal values of the parameters of the main elements composing the elastic damping mechanism for a mobile power means of traction class 1,4 as part of various aggregates have been established. It is proved as a result of production tests that the use of an elastic damping mechanism with variable stiffness in the power transmission of a mobile power means of traction class 1.4 increases the technical and economic indicators of the MTU

Keywords: MOBILE POWER MEANS, POWER TRANSMISSION, ELASTIC DAMPING MECHANISM, MACHINE-TRACTOR UNIT, TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-179-005>

Введение. При производстве технологических операций при возделывании продуктов растениеводства машинно-тракторные агрегаты (МТА) испытывают негативное влияние внешних сил и моментов, имеющих стохастический характер, что приводит к увеличению динамической напряжённости во всех их звеньях: силовых агрегатах, силовых передачах, конечных передачах, двигателях мобильного энергетического средства, сцепном устройстве и агрегатируемых сельскохозяйственных машин [1]. В результате воздействия переменных по своему характеру колебаний нагрузки нарушается нормальное течение рабочего процесса в силовых агрегатах, поэтому снижаются их технико-экономические показатели: частота вращения коленвала резко уменьшается, увеличивается удельный расход топлива и т. д. Переменный характер приложенных к двигателям сил и моментов приводит к их повышенному буксованию. То есть динамические процессы в звеньях МТА при-

<http://ej.kubagro.ru/2022/05/pdf/05.pdf>

водят к уменьшению производительности агрегата с одновременным ростом удельного расхода топлива [2, 3, 4].

Многими исследователями с целью обеспечения защиты тракторного агрегата от внешних случайных воздействий предлагается установка в силовую передачу мобильных энергетических средств различных устройств и другие мероприятия [3, 4, 5, 6, 7]. Но наличие в трансмиссии гидротрансформаторов способствует снижению тягового КПД мобильного энергетического средства со всеми вытекающими последствиями. А известные встроенные в силовую передачу различные упругие элементы, гасящие колебания от внешних сил и моментов, имеют большие габариты и обладают линейной характеристикой, что не позволяет им выполнять заданные функции при колебаниях, имеющих вероятностный характер.

Нами разработан упругодемпфирующий механизм (УДМ), принципиальная схема которого изображена на рисунке 1, для установки его между силовой установкой и ведущим валом силовой передачи мобильного энергетического средства.

1 – редуктор; 2 – шестерня редуктора коронная; 3 – шестерня редуктора солнечная; 4 – шестерня привода гидронасоса; 5 – гидронасос; 6 – грузики; 7 – сателлиты редуктора; 8 – регулятор момента инерции привода реверсивного насоса; 9 – магистраль всасывающая; 10 – магистраль нагнетательная; 11 – вал привода силовой передачи; 12 – коробка передач; 13 – муфта сцепления; 14 – силовая установка; 15 – дроссель; 16 – магистраль подачи рабочей жидкости в дроссель; 17 – клапан предохранительный; 18 – кран; 19 – клапан демпферный; 20 – бак для рабочей жидкости; 21 – воздух; 22 – пневмогидроаккумулятор; 23 – поршень; 24 – гидропровод

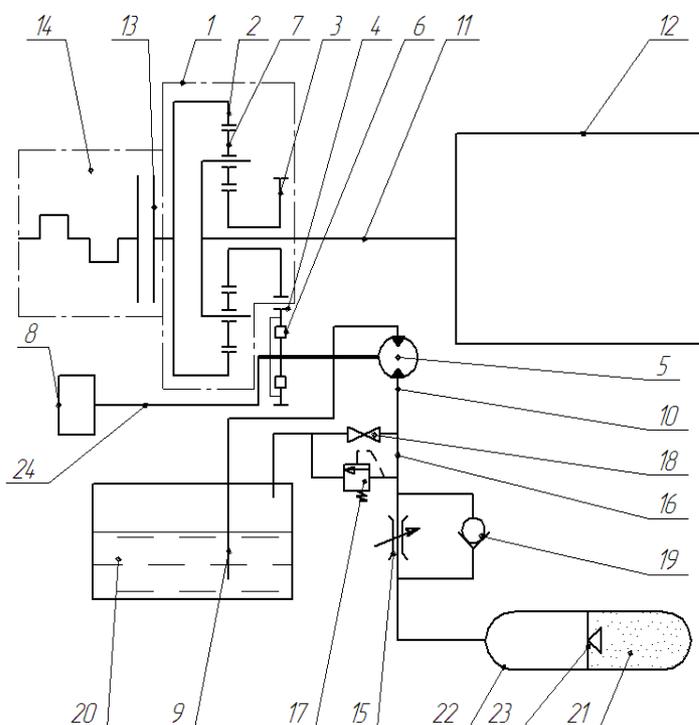


Рисунок 1 – Схематическое изображение УДМ в силовой передаче мобильного энергетического средства тягового класса 1,4

Предлагаемый нами УДМ имеет нелинейную характеристику и способствует существенному снижению уровня динамических колебательных нагрузок в составляющих звеньях при работе МТА. Работа его подробно описана в литературных источниках [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Цель исследований: установление возможности повышения энергетических и экономических показателей МТА путём внедрения в силовую передачу мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 упругодемпфирующего механизма с переменной жёсткостью.

Методы исследований. При исследовании влияния упругодемпфирующего механизма, установленного перед ведущим валом силовой передачи мобильного энергетического средства тягового класса 1,4, на технико-экономические показатели различных сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов, нами был принят теоретико-экспериментальный метод с использованием требований ГОСТ 7057-2001 и ГОСТ 24055-2016.

Результаты исследования. Перед выполнением полевых испытаний были установлены оптимальные значения главных элементов, составляющих упругодемпфирующий механизм, для мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 в составе различных агрегатов: сечения дросселя $S_{др}$ УДМ (x_1) объёма пневмогидроаккумулятора $V_{нга}$ (x_2), предварительного давления воздуха $P_в$ в ПГА (x_3), момента инерции $J_{де}$ дополнительных грузов (x_4) для различных преимущественных частот колебаний f (x_5) внешних сил и моментов при выполнении трактором тягового класса 1,4 основных технологических операций (пахота, культивация, сев).

Задача оптимизации оптимальных величин параметров УДМ, установленного перед ведущим валом силовой передачи мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 решалась путём определения минимального значения функции отклика, за которую принималась характеризующей упруго-демпфирующие свойства силовой передачи, «степень прозрачности» [15].

Уравнение регрессии в общем виде, описывающее функцию отклика имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{14} \cdot x_1 \cdot x_4 + b_{15} \cdot x_1 \cdot x_5 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{24} \cdot x_2 \cdot x_4 + b_{25} \cdot x_2 \cdot x_5 + b_{34} \cdot x_3 \cdot x_4 + b_{35} \cdot x_3 \cdot x_5 + b_{45} \cdot x_4 \cdot x_5 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2 + b_{44} \cdot x_4^2 + b_{55} \cdot x_5^2. \quad (11)$$

Определив частные производные функции отклика (11):

$$\frac{dy}{dx_1}, \frac{dy}{dx_2}, \frac{dy}{dx_3}, \frac{dy}{dx_4}, \frac{dy}{dx_5}$$

были установлены оптимальные значения выше обозначенных факторов для основных элементов УДМ, а также величину искомой функции для различных технологических операций (таблица 1).

Таблица 1 – Оптимальные значения основных элементов УДМ при выполнении различных технологических операций

Факторы	Вид технологической операции		
	пахота	культивация	сев
Сечение дросселя, м ²	1,491·10 ⁻⁴	3,493·10 ⁻⁴	2,162·10 ⁻⁴
Рабочий объём ПГА, м ³	3,851·10 ⁻³	4,439·10 ⁻³	4,038·10 ⁻³
Установочное давление воздуха в ПГА, Па	6,77·10 ⁵	4·10 ⁵	5,75·10 ⁵
Момент инерции приводного узла насоса, кг·м ²	4,643·10 ⁻³	56,909·10 ⁻³	2,094·10 ⁻³
Величина функции «степень прозрачности» силовой передачи	0,629	0,573	0,754

Оценка эффективности различных МТА, агрегируемых мобильным энергетическим средством тягового класса 1,4 с установленным упруго-демпфирующим механизмом в его силовую передачу, конструктивные параметры которого соответствовали оптимальным значениям, проводилась по ГОСТ 7057-2001 и ГОСТ 24055-2016.

Анализ данных экспериментальных исследований показали, что максимальная погрешность крутящего момента, измеренного на оси двигателя, была менее 4,00 %, а остальных показателей – менее 1,35 %. То есть, точность измерений различных параметров МТА при выполнении им технологической операции вполне удовлетворительная.

Данные, полученные при эксплуатационных испытаниях выше обозна-

ченных МТА, показывают, что внедрение УДМ в силовую передачу мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 снижает амплитуду колебаний крюкового усилия до 15...20 %.

Результаты проведённой энергооценки различных сельскохозяйственных МТА с установленным в силовую передачу мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 УДМ (таблица 2), показывает, что математическое ожидание тягового сопротивления рабочих органов агрегируемых сельскохозяйственных машин, становится ниже до 11%.

Таблица 2 – Энергетические показатели работы МТА, агрегируемых мобильным энергетическим средством тягового класса 1,4

Энергетические показатели	Опытный агрегат			Агрегат серийный		
	Пахотный	Культурный	Посевной	Пахотный	Культурный	Посевной
Тяговое (крюковое) усилие, Н	12229	9203	5079	13523	9289	5715
Скорость агрегата, м/с	2,15	1,97	2,49	1,99	1,82	2,35
Частота вращения коленвала, рад/с	244,69	244,76	246,51	235,29	235,33	239,34
Буксование движителей, %	11,49	14,63	13,21	14,98	14,97	14,33
Производительность, га/ч	0,811	2,822	4,813	0,747	2,611	4,551
Расход топлива за час работы, кг/ч	12,88	9,11	9,16	13,23	9,97	9,85
Расход топлива на гектар, кг/га	16,39	3,21	1,89	17,65	3,83	2,18

При внедрении УДМ в силовую передачу мобильного энергетического средства класса тяги 1,4 возникают более комфортабельные условия формирования нагрузки на все звенья МТА.

Проведённые производственные испытания показали, что при выполнении различных технологических операций опытными агрегатами обеспечивается:

- снижение нагрузки на силовую установку и движители мобильного энергетического средства;

- увеличение поступательной скорости агрегата на 6,0...12,3 % в связи с уменьшением буксования движителей и ростом угловой скорости коленвала силовой установки;

- снижение колебаний крюкового усилия в пределах от 15 до 20%.

Положительные изменения вышеуказанных параметров, характеризующих работу звеньев МТА, приводит к увеличению его производительности свыше 8 % при уменьшении расхода топлива за один час непрерывной работы на 2,6...8,6 %, а на один гектар – от 9,1 до 15,4 %.

При полевых испытаниях машинно-тракторных агрегатов определялись также показатели качества работы. Проведенный сравнительный анализ результатов лабораторно-полевых испытаний показал, что показатели, характеризующие качество выполнения технологических операций, у МТА, имеющий в силовой передаче мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 предлагаемый упругодемпфирующий механизм, сохраняют свои заданные параметры более стабильно.

Показатели экономической эффективности функционирования различных МТА, составленных на базе мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 с УДМ в трансмиссии представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели экономической эффективности МТА с УДМ в силовой передаче мобильного энергетического средства класса 1,4

Показатели	Вид агрегата		
	пахотный	культиваторный	посевной
Рост производительности труда, <i>раз</i>	1,08	1,09	1,06
Снижение трудоёмкости выполнения работ, %	7,08	6,68	7,70
Снижение прямых эксплуатационных затрат, %	5,08	9,66	5,76
Снижение материалоёмкости выполнения работ, %	6,39	7,89	4,69
Снижение энергоёмкости выполнения работ, %	7,58	6,67	8,33
Коэффициент доходности	2,61	1,25	0,91
Срок окупаемости на модернизацию, <i>лет</i>	1,76	2,47	3,01

На основе анализа данных таблицы 3 можно утвердительно сказать, что модернизация трактора тягового класса 1,4 путём внедрения в силовую передачу упругодемпфирующего механизма способствует при выполнении различных операций повышению производительности труда от 6 до 8 %, экономии прямых эксплуатационных затрат – на 5...10 %, снижению материалоёмкости от 4,7 до 7,9 % и энергоёмкости процесса почти на 6,67...9,33 % при сроке окупаемости инвестиций в течение трёх лет.

По результатам, полученным в производственных условиях, можно утверждать, что установка в силовую передачу мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 упругодемпфирующего механизма с оптимальными параметрами способствует повышению технико-экономических и агротехнологических показателей составленных на его базе пахотных, культиваторных и посевных машинно-тракторных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутьков, Г.М. Теория трактора и автомобиля / Г.М. Кутьков. – Москва: Колос, 1996. – 287 с.
2. Кравченко, В.А. Математическое моделирование тяговой нагрузки МТА / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина, И.Э. Гамолина. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 101. – С. 424...437.
3. Анохин, В.И. Применение гидротрансформаторов на скоростных сельскохозяйственных тракторах / В.И. Анохин. – Москва: Машиностроение, 1977. – 303 с.
4. Совершенствование пневматических шин мобильной техники / В.Г. Яровой, В.А. Кравченко, А.Ф. Шкарлет, В.А. Оберемок, С.Г. Пархоменко, А.В. Яровой, И.М. Меликов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2001. – № 7. – С. 27...30.
5. Кузнецов, Н.Г. Стабилизация режимов работы скоростных машинно-тракторных агрегатов: монография / Н.Г. Кузнецов. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2006. – 424 с.
6. Поливаев, О.И. Повышение эксплуатационных свойств мобильных энергетических средств за счет совершенствования приводов ведущих колес: монография / О.И. Поливаев, О.М. Костиков. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2013. – 210с.
7. Кравченко, В.А. Результаты испытаний машинно-тракторного агрегата на базе трактора класса 1,4 с переменной вращающейся массой двигателя / В.А. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2014. – № 99. – С. 356...371.
8. Котляров, В.В. Гидростатическая передача в трансмиссии трактора // В.В. Котляров, Ю.С. Толстоухов, В.А. Кравченко // В сборнике: Вопросы исследования гидроприводов и тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве. Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР; Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения (РИСХМ). – Ростов-на-Дону, 1977. – С. 28...37.
9. Кравченко, В.А. Исследование эффективности упругого элемента в трансмиссии трактора класса 5 / Кравченко В.А. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2004. – № 2. – С. 95...97.
10. Патент на изобретение RU 2222440. Устройство для снижения жесткости трансмиссии транспортного средства / В.А. Кравченко, С.Е. Сенькевич, А.А. Сенькевич, В.Г. Яровой, Ю.С. Толстоухов (Россия). – Заявл. 04.11.2002 // Изобретения. Полезные модели. – 2004.
11. Патент на изобретение RU 2299135. Устройство для снижения жесткости трансмиссии машинотракторных агрегатов / В.А. Кравченко, А.А. Сенькевич, С.Е. Сенькевич (Россия). – Заявл. 12.12.2005 // Изобретения. Полезные модели. – 2007.

12. Кравченко, В.А. Упругодемпфирующий механизм в трансмиссии трактора / В.А. Кравченко, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина // Сельский механизатор. – 2008. – № 11. – С. 40...41.

13. Патент на изобретение RU 2398147. Устройство для снижения жёсткости трансмиссии машинно-тракторного агрегата / В.А. Кравченко, С.Е. Сенькевич, А.А. Сенькевич, Д.А. Гончаров, В.В. Дурягина (Россия). – Заявл. 31.12.2008 // Изобретения. Полезные модели. – 2010.

14. Патент на изобретение RU 2739100. Автоматическое устройство для снижения жесткости трансмиссии транспортного средства / С.Е. Сенькевич, Е.Н. Ильченко, В.А. Кравченко, В.В. Дурягина, З.А. Годжаев, И.С. Алексеев (Россия). – Заявл. 13.08.2020 // Изобретения. Полезные модели. – 2020.

15. Optimization of the Parameters of the Elastic Damping Mechanism in Class 1,4 Tractor Transmission for Work in the Main Agricultural Operations. / S. Senkevich, V. Kravchenko, V. Duriagina, A. Senkevich, E. Vasilev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 866. – P. 168-177. DOI: 10.1007/978-3-030-00979-3_17.

References

1. Kut'kov, G.M. Teorija traktora i avtomobilja / G.M. Kut'kov. – Moskva: Kolos, 1996. – 287 s.

2. Kravchenko, V.A. Matematicheskoye modelirovaniye tyagovoy nagruzki MTA / V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina, I.E. Gaiolina // Politematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyy zhurnal Kub-GAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 101. – p.p. 424-437.

3. Anoxin, V.I. Primenenie gidrotransformatorov na skorostny`x sel'skoxozyajstvenny`x traktorax / V.I. Anoxin. – Moskva: Mashinostroenie, 1977. – 303 s.

4. Sovershenstvovanie pnevmaticheskix shin mobil'noj texniki / V.G. Yarovoj, V.A. Kravchenko, A.F. Shkarlet, V.A. Oberemok, S.G. Parxomenko, A.V. Yarovoj, I.M. Melikov // Traktory` i sel'skoxozyajstvenny`e mashiny`, 2001. – № 7. – S. 27...30.

5. Kuznecov, N.G. Stabilizaciya rezhimov raboty` skorostny`x mashinno-traktorny`x agregatov: monografiya / N.G. Kuznecov. – Volgograd: Volgogradskaya GSXA, 2006. – 424 s.

6. Polivaev, O.I. Povy`shenie e`kspluatacionny`x svojstv mobil'ny`x e`nergeticheskih sredstv za schet sovershenstvovaniya privodov vedushhix koles: monografiya / O.I. Polivaev, O.M. Kostikov. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni imperatora Petra I, 2013. – 210s.

7. Kravchenko, V.A. Rezul'taty` ispy`tanij mashinno-traktornogo agregata na baze traktora klassa 1,4 s peremennoj vrashhayushhejsya massoj dvigatelya / V.A. Kravchenko // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2014. – № 99. – S. 356...371.

8. Kotlyarov, V.V. Gidrostaticheskaya peredacha v transmissii traktora // V.V. Kotlyarov, Yu.S. Tolstouhov, V.A. Kravchenko // V sbornike: Voprosy` issledovaniya gidroprivodov i teplovy`x processov v sel'skoxozyajstvennom proizvodstve. Ministerstvo vy`sshego i srednego special'nogo obrazovaniya RSFSR; Rostovskij-na-Donu institut sel'skoxo-zyajstvennogo mashinostroeniya (RISXM). – Rostov-na-Donu, 1977. – S. 28...37.

9. Kravchenko, V.A. Issledovanie e`ffektivnosti uprugogo e`lementa v transmissii traktora klassa 5 / Kravchenko V.A. // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Texnicheskie nauki, 2004. – № 2. – S. 95...97.

10. Patent na izobretenie RU 2222440. Ustrojstvo dlya snizheniya zhestkosti transmissii transportnogo sredstva / V.A. Kravchenko, S.E. Sen'kevich, A.A. Sen'kevich, V.G. Yarovoj, YU.S. Tolstouhov (Rossiya). – Zayavl. 04.11.2002 // Izobreteniya. Poleznye modeli. – 2004.

11. Patent na izobretenie RU 2299135. Ustrojstvo dlya snizheniya zhestkosti transmissii mashinotraktornyh agregatov / V.A. Kravchenko, A.A. Sen'kevich, S.E. Sen'kevich (Rossiya). – Zayavl. 12.12.2005 // Izobreteniya. Poleznye modeli. – 2007.

12. Kravchenko, V.A. Uprugodempfiruyushhij mexanizm v transmissii traktora / V.A. Kravchenko, D.A. Goncharov, V.V. Duryagina // Sel'skij mexanizator. – 2008. – № 11. – S. 40...41.

13. Patent na izobretenie RU 2398147. Ustrojstvo dlya snizheniya zhestkosti transmissii mashinno-traktornogo agregata / Kravchenko V.A., Sen'kevich S.E., Sen'kevich A.A., Goncharov D.A., Duryagina V.V. (Rossiya). – Zayavl. 31.12.2008 // Izobreteniya. Poleznye modeli. – 2010.

14. Patent na izobretenie RU 2739100. Avtomaticheskoe ustrojstvo dlya snizheniya zhestkosti transmissii transportnogo sredstva / S.E. Sen'kevich, E.N. Il'chenko, V.A. Kravchenko, V.V. Duryagina, Z.A. Godzhaev, I.S. Alekseev (Rossiya). – Zayavl. 13.08.2020 // Izobreteniya. Poleznye modeli. – 2020.

15. Optimization of the Parameters of the Elastic Damping Mechanism in Class 1,4 Tractor Transmission for Work in the Main Agricultural Operations. / S. Senkevich, V. Kravchenko, V. Duriagina, A. Senkevich, E. Vasilev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018. – Vol. 866. – P. 168-177. DOI: 10.1007/978-3-030-00979-3_17.