

Критерии авторства

Климов А.В., Карелина М.Ю. провели обобщение и написали рукопись. Климов А.В., Карелина М.Ю. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 10.01.2019

Contribution

Klimov A.V., Karelina M.Yu. summarized the material and wrote the manuscript. Klimov A.V., Karelina M.Yu. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on January 10, 2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 631.31 (470.44/47)

СНИЖЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ МИНИМАЛИЗАЦИИ ЕГО КОЛЕБАНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ

ЦЕПЛЯЕВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: can_volgau@mail.ru

КОСУЛЬНИКОВ РОМАН АНАТОЛЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: itf-kosulnikov@yandex.ru

ЦЕПЛЯЕВ ВИТАЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: Cepliaeva@mail.ru

МАТАСОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, канд. техн. наук, ассистент

E-mail: matasov9@mail.ru

ПОЛТОРЫНКИН СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, канд. техн. наук, ассистент

E-mail: dedakam@mail.ru

Волгоградский государственный аграрный университет; Университетский пр., 26, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация

Представлены результаты исследований, направленных на снижение энергетических затрат при обработке тяжелых почв за счет уменьшения колебаний тягового сопротивления, которые возникают при работе машинно-тракторного агрегата. Указаны возможные способы снижения колебаний крюковой нагрузки трактора от действия сельскохозяйственной машины, которые неизбежно приводят к повышению общего тягового сопротивления и вызывают необоснованные отрицательные воздействия на энергетические средства, механизаторов, управляющих ими, существенно снижают КПД агрегатов. К способам снижения колебаний нагрузки можно отнести применение упругих звеньев, предусмотренных в конструкции навески тракторов, использование упруго-демпфирующих систем в конструкции самих рабочих органов, а также разработку машин с роторными рабочими органами, технологический процесс которых не вызывает больших колебаний нагрузки. Наиболее эффективным способом является применение машин с роторными рабочими органами. Получены и приведены математические выражения для нахождения общего сопротивления, возникающего при работе автоприводного секционного рабочего органа для вычесывания сорняков с рыхлением почвы. По результатам исследований представлена совершенная конструкция секционного рабочего органа, способного проводить уничтожение сорных растений методом их вычесывания вместе с корнем и одновременным рыхлением поверхностного слоя тяжелосуглинистых почв на глубину 2...10 см. Установлено, что секционный рабочий орган имеет низкую амплитуду колебаний при работе (0,12 кН) за счет вращения роторов, что положительно сказывается на технологическом процессе и условиях труда механизатора, позволяет снизить энергозатраты на возделывание культурных растений в 1,8...2,0 раза по сравнению с плоскорезными лапами.

Ключевые слова: обработка почвы, ротор, тяговое сопротивление, колебание сопротивления, снижение энергозатрат, машинно-тракторный агрегат, упругий элемент, навеска трактора, плоскорезная лапа.

Формат цитирования: Цепляев А.Н., Косильников Р.А., Цепляев В.А., Матасов А.Н., Полторынкин С.С. О создании и использовании сельскохозяйственной техники для обработки тяжелых почв Нижнего Поволжья // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N2(90). С. 14-19.

REDUCING TRACTION RESISTANCE OF AGRICULTURAL MACHINES BY MINIMALIZING ITS FLUCTUATIONS WHEN TILLING HEAVY-LOAMY SOILS

ALEKSEI N. TSEPLYAYEV, DSc (Eng), Professor

E-mail: can_volgau@mail.ru

ROMAN A. KOSULNIKOV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: itf-kosulnikov@yandex.ru

VITALYA A. TSEPLYAYEV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: Cepliaeva@mail.ru

ALEKSANDR N. MATASOV, PhD (Eng), Assistant Professor

E-mail: matasov9@mail.ru

SERGEYS. POLTORYNKIN, PhD (Eng), Assistant Professor

E-mail: dedakam@mail.ru

Volgograd State Agrarian University; Universitetskiy Ave, 26, Volgograd, 400002, Russian Federation

The paper presents the results of studies aimed at reducing energy costs required for the tillage of heavy soils by reducing fluctuations in traction resistance, which occur during the operation of a machine-tractor unit. The authors propose possible ways of reducing the tractor's pull arising from the action of an agricultural machine, which inevitably lead to an increase in the overall traction resistance and cause unreasonable negative effects on the energy units and their operators, thus significantly reducing the efficiency of the units. The ways of reducing load fluctuations include: the use of elastic links provided for in the tractor linkage design; the use of elastic-damping systems in the design of working elements, as well as the development of machines with rotary working elements, the technological process of which does not cause large load fluctuations. The most effective way is to use machines with rotary working elements. The authors have obtained and present mathematical expressions for finding the total resistance arising during the operation of the automatically driven sectional working element for combing weeds and loosening the soil. According to the research results, the authors present a perfect design of a sectional working element, which is capable of eradicating weed plants by combing them together with the root and simultaneous loosening of the surface layer of heavy loamy soils to a depth of 2...10 cm. It has been found that the sectional working element has a low amplitude of self-excited vibrations during operation (0.12 kN) due to the rotation of the rotors, which has a positive effect on the technological process and the working conditions of the machine operator, as well as reduces the energy consumption for crop cultivation in 1.8...2.0 times as compared with flat-cutting paws.

Key words: soil tillage, rotor, traction resistance, resistance fluctuation, energy consumption reduction, machine-tractor unit, elastic element, tractor hitch, flat-cutting paw.

For citation: Tseplyayev A.N., Kosul'nikov R.A., Tseplyayev V.A., Matasov A.N., Poltorynkin S.S. Reducing traction resistance of agricultural machines by minimalizing its fluctuations when tilling heavy-loamy soils. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 2(90): 14-19. (In Rus.).

Введение. Сельскохозяйственная техника в засушливых зонах России работает в условиях повышенного сопротивления при обработке тяжелосуглинистых почв, высокой степени динамического нагружения скоростных машин, вызывающей увеличение энергоемкости выполняемых работ по почвообработке, провоцирование ветровой эрозии из-за снижения несущей способности почв под действием переменного нагружения, особенно характерных для операций по обработке паров [1].

Для решения проблем, связанных со снижением сопротивления при обработке тяжелых почв за счет уменьшения колебаний крюковой нагрузки трактора, выбраны три направления исследования: упругих звеньев в навеске трактора, упруго-демпфирующих элементов в конструкции рабочих органов с.-х. машин, машин роторного типа, работающих с низким колебанием сопротивления [2, 3, 4].

Цель исследований – снижение тягового сопротивления с.-х. машин за счет минимализации колебания тягового сопротивления и повышение качества работы почвообрабатывающих агрегатов при совершенствовании их конструкции.

Материал и методы. Рассмотрены материалы теоретических и экспериментальных исследований по снижению энергетических затрат при обработке почвы и уменьшению колебаний сопротивления при использовании упругих элементов и конструкции с.-х. машин. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по нахождению тягового сопротивления с.-х. машин, а также возможных способов его снижения.

Опыт проводился на базе УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ, производственные испытания – в хозяйствах Волгоградской области на среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почвах. При проведении лабораторных и полевых исследований одновременно замерялись поступательная скорость движения агрегата, скорость вращения роторов, тяговое сопротивление роторного рабочего органа, а также амплитуда и частота колебаний сопротивления.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим первый способ снижения колебаний тягового сопротивления за счет применения в конструкции навески трактора упругого элемента [5].

Работа пневмогидравлической навески позволяет оптимизировать ее конструктивные параметры и определить горизонтальную жесткость при различных значениях тягового сопротивления. Установка эластичного элемента в сцепном устройстве снижает динамическое воздействие и среднее тяговое усилие в момент увеличения силы сопротивления.

Экспериментально установлено, что средние крюковые усилия при упругой связи в навеске меньше по сравнению с серийной навеской на 5...12%, в зависимости от вида работ [6]. Среднеквадратические отклонения нагрузки, агрегатов с упругой связью в механизме навески снизились на 32...57%, расход топлива уменьшился на 7...9%, производительность МТА увеличилась на 4...9% [7].

Применение такого метода ведет к более комфортным условиям работы механизатора, снижает риск профессиональных заболеваний, но не способствует существенному уменьшению энергозатрат и повышению КПД агрегата, поскольку колебания нагрузки от работы с.-х. машин затрачиваются в основном на работу самого упругого звена.

Второй способ уменьшения колебаний нагрузки от с.-х. машины заключается в том, что в конструкцию крепления стоек рабочих органов к раме машины вносят упругие элементы, чаще всего в виде пружин. Эффект от использования подобных устройств, снижающих колебания нагрузки существенно выше (в 1,3 раза), в сравнении с упругими звеньями навески трактора, однако есть недостатки: усложняется конструкция машины, наблюдается

низкая приспособляемость устройства к различным типам почв, возникает необходимость переналадки системы [3, 8].

Третий способ – это создание более совершенной сельскохозяйственной техники, выполняющей почвообработку рабочими органами, в основе которых используются вращающиеся системы (роторы, диски и т.д.). Они менее энергоемки, а выполнение работ существенно снижает колебания сопротивления [9].

В результате проведенного анализа конструкций и рабочих процессов известных агрегатов для поверхностной обработки почвы для подрезания и удаления сорняков разработана конструкция секции роторного рабочего органа, позволяющего вычесывать сорняки вместе с корнем из почвы и одновременно рыхлить ее верхний слой.

Конструкция секции роторного рабочего органа для вычесывания сорняков (рис. 1) представлена для пояснения последующего теоретического анализа его технологического процесса и рассуждений, касающихся анализа фрагмента записи параметров при проведении экспериментальных исследований.

Машина имеет раму и два опорных колеса (не показаны), корпус, на котором смонтированы передний и задний роторы, смещенные один относительно другого. Ротор состоит из диска с ножами в форме пластин прямоугольной формы с угольными вырезами [10].

На валах передних и задних роторов установлены звездочки привода роторов, связанные втулочно-роликовой цепью.

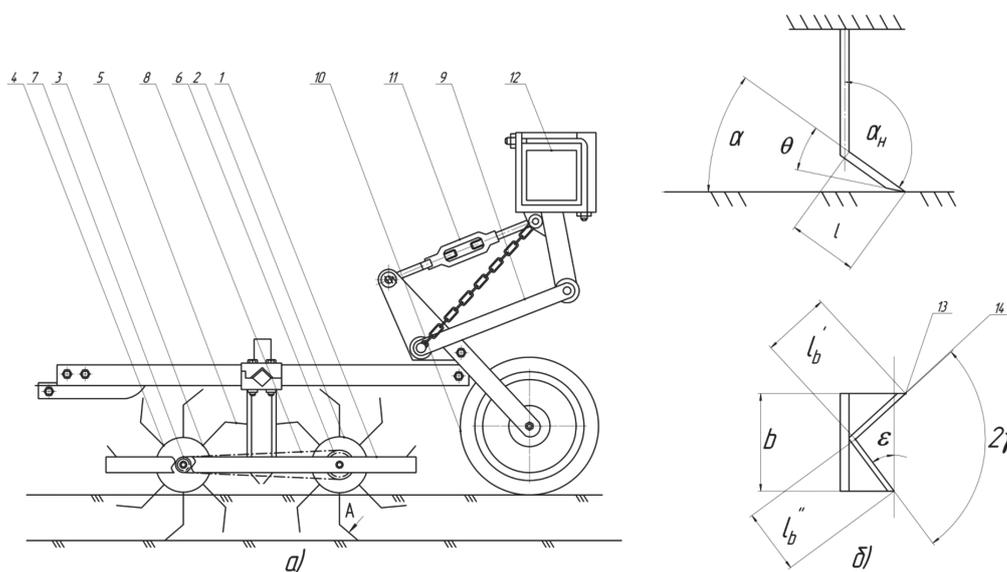


Рис. 1. Схема секции роторного рабочего органа:

- а) схема секции роторного рабочего органа для вычесывания сорняков с рыхлением поверхностного слоя почвы: 1 – корпус; 2 – передний ротор; 3 – задний ротор; 4 – диск; 5 – нож; 6, 7 – звездочки привода роторов; 8 – цепная передача; 9 – параллелограммный механизм; 10 – опорное колесо; 11 – винтовая стяжка; 12 – брус;
- б) схема ножа ротора: α_n – угол изгиба ножа; α – угол входа ножа в почву; ϵ – угол между лезвием ножа и прямой, перпендикулярной к направлению движения машины; θ – задний угол ножа; 2γ – угол выреза ножа ротора

Fig. 1. Diagram of the section of a rotary working element:

- а) diagram of the section of the rotary working elements for combing weeds with loosening the soil surface layer: 1 – a casing; 2 – a front rotor; 3 – a rear rotor; 4 – a disk; 5 – a knife; 6, 7 – rotor drive sprockets; 8 – a chain drive; 9 – a parallelogram mechanism; 10 – a support wheel; 11 – a screw coupler; 12 – a bar;
- б) diagram of a rotor knife: α_n – a knife bending angle; α – an angle of the knife penetration into the soil; ϵ – an angle between the knife blade and the straight line, perpendicular to the direction of the machine travel; θ – a rear angle of the knife; 2γ – a cutout angle of the rotor knife

Рабочий процесс секции роторного рабочего органа осуществляется следующим образом. При движении по полю ножи передних и задних роторов перемещаются в поверхностном слое почвы, при этом на валу переднего ротора установлена звездочка с большим количеством зубьев, чем на валу заднего ротора, что обеспечивает вращение переднего ротора с меньшей угловой скоростью, а заднего – с большей. Движение ножей выполняется по траекториям циклоидного вида, причем передний ротор движется по укороченной циклоиде, а задний – по удлиненной.

Получено аналитическое выражение для нахождения общего тягового сопротивления секции роторного рабочего органа

$$P = P_n + P_z, \quad (2)$$

где P_n – сопротивление переднего ротора, кН; P_z – сопротивление заднего ротора кН.

Указанные сопротивления роторов зависят от большого количества факторов (плотности и твердости почвы, технологических свойств сорняков и т.д.). Общее сопротивление будет определяться по формуле

$$P_0 = aby_v \frac{tg\alpha + f_t}{1 - tg\alpha f_t} (gl + [V(1 + \lambda \cos y)]^2 \sin \alpha) + aby_v (V - u)^2 + \rho_{уд} \frac{2R}{\lambda} (\beta_c - \sqrt{\lambda^2 - 1}) \frac{1}{\cos y} (2l' - b_n \cos \varepsilon) + \rho_{lk} (i_0 - 1) \left\{ (a + \Delta l_k)^2 + \left[R \sin \arcsin \frac{1}{\lambda} + \frac{R}{\lambda} \sqrt{\lambda^2 - 1} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где ab – сечение пласта m^2 ; y_v – объемный вес почвы kg/m^3 ; V – скорость движения агрегата, м/с; y – угол раствора лезвий, град; f_t – коэффициент трения; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; l – длина ножа, м; u – окружная скорость вращения ротора; R – радиус ротора, м; $\rho_{уд}$ – удельное сопротивление почвы, N/m^2 ; ρ_{lk} – удельное сопротивление вычесывания корня сорняка, N/m ; l_k – длина корня, м; β_c – угол

направления разреза ножа, град.; b_n – ширина среза стружки одним ножом, м; a – глубина обработки, м; λ – кинематическое отношение окружной скорости конца ножа к скорости машины, м/с; t – время движения, с; ε – угол между лезвием ножа и прямой, перпендикулярной к направлению движения, град., α – угол входа ножа в почву град.

Фрагмент записи некоторых параметров работы роторной секции представлен на рисунке 2. Для сравнения приводится фрагмент записи спектральной плоскости колебаний тягового сопротивления при работе жестко закрепленной плоскорезущей лапы (рис. 3) [11].

При определении общего сопротивления роторного рабочего органа выявлено, что изменяющееся сопротивление почвы при работе переднего и заднего роторов выравнивается между ними, поскольку они взаимосвязаны между собой цепной передачей. За счет одновременного вращения роторов и их поступательного движения изменение сопротивления на крюке трактора незначительно, по сравнению с пассивными рабочими органами, например, рабочими органами культиваторов [8, 12].

Согласно рисунку 3, колебания в системе «трактор – роторный рабочий орган» возникают в момент начала движения и остановки агрегата. При установившемся движении колебания становятся минимальными, достигая всего 0,12 кН на 1 м ширины захвата, и не оказывают существенного влияния на технологический процесс работы роторного рабочего органа. Тяговое сопротивление уменьшается в 1,8...2,0 раза, по сравнению с пассивным рабочим органом.

Кроме этого, колебания сопротивления, записанные на представленном фрагменте графика, носят высокочастотный характер (около 14 Гц), тогда как подобное представление фрагмента записи секции культиватора КРН-5,6 указывают на низкочастотный характер изменения сопротивления. Эти колебания и приводят к существенным изменениям сопротивления на крюке трактора. Их амплитуда достигает до 0,35 кН на 1 м ширины захвата машины.

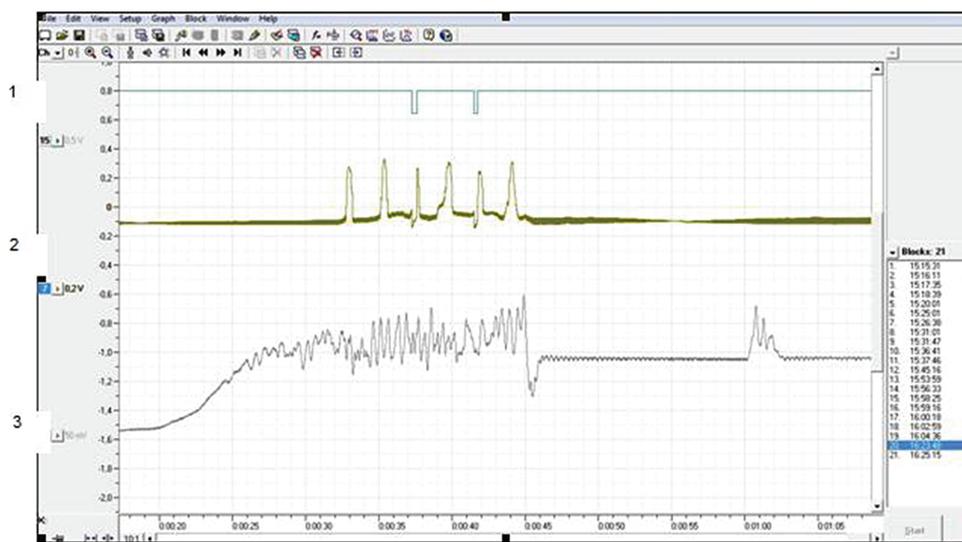


Рис. 2. Фрагмент записи параметров работы роторной секции:
 1 – поступательная скорость движения агрегата; 2 – скорость вращения роторов;
 3 – тяговое сопротивление автоприводного рабочего органа

Fig. 2. Fragment of the registering of the rotor section parameters:
 1 – translational speed of the unit; 2 – rotor speed; 3 – traction resistance of an auto-driven working element

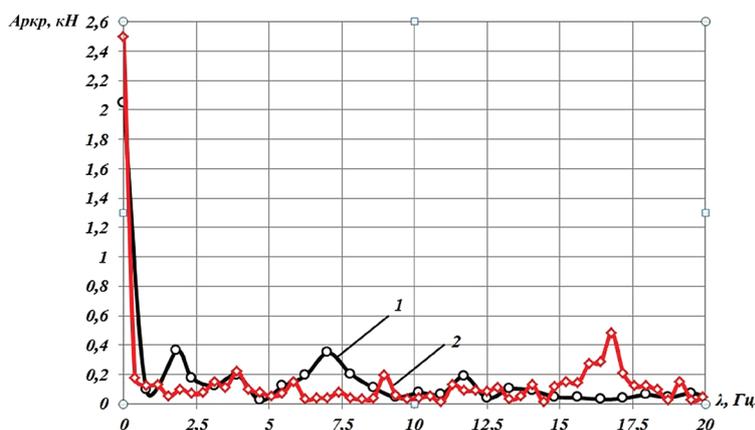


Рис. 3. Спектральная плотность колебаний тягового сопротивления при работе плоскорезущей лапы:

1 – тяжелосуглинистые почвы; 2 – среднесуглинистые почвы

Fig. 3. Spectral density of traction resistance fluctuations during the operation of an L-hoe:
1 – heavy loamy soil; 2 – medium loamy soils

Обработка экспериментальных данных показывает, что статистическая ошибка и среднеквадратическое отклонение ($\sigma = 1,05$) не превышают 2% от табличных значений оценочных показателей методики проведения экспериментальных исследований.

Данное условие создается за счет особенности конструкции роторного рабочего органа, в которой передний и задний роторы связаны между собой цепной передачей, что способствует уравниванию тягового сопротивления между ними. Таким образом обеспечивается равномерность и плавность работы секции роторного рабочего органа, в сравнении с известными почвообрабатывающими орудиями. Это является основной отличительной особенностью конструкций с роторным рабочим органом от машин с пассивными рабочими органами, конструкция которых способствует возникновению колебаний между энергетическим средством и сельскохозяйственной машиной.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 18-48-343009\18.

Библиографический список

1. Agricultural and Forestry Machinery Catalogue of Exporters Czech Republic. Copyright: A. ZeT, Brno, 2005.
2. Камбулов С.И. Снижение энергоемкости процесса почвообработки // Механизация и электрификация сельского хозяйства 2008. № 1. С. 32-34.
3. Кузнецов Н.Г., Гапич Д.С., Назаров Е.А. Оптимизация жесткости упругого элемента в креплении рабочего органа культиватора BOURGAULT 8810 // Научное обозрение. Саратов. 2010. № 6. С. 89-93.
4. Борисенко И.Б., Берберих А.П., Доценко А.Е. и др. Многооперационные катки для поверхностной обработки почвы // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: Материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. С. 203-205.

Выводы

Из рассмотренных способов снижения тягового сопротивления за счет минимализации колебания нагрузки от работы с.-х. машины наиболее эффективным является применение машин с роторными рабочими органами, способными выполнять вычесывание сорняков с одновременным рыхлением тяжелосуглинистых почв.

На основе теоретических и экспериментальных исследований определены тяговое сопротивление указанной секции, а также колебания сопротивления при ее работе. Установлено, что амплитуда колебаний не превышает 0,12 кН, что по сравнению с плоскорезущей лапой в 1,8...2,0 раза меньше.

Высокочастотные колебания сопротивления при работе роторов существенно выравнивают нагрузку на крюке трактора, что в 2,5...3,0 раза меньше по сравнению с плоскорезущей лапой.

The research was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Administration of the Volgograd Region in the framework of research project No. 18-48-343009\18.

5. Способ и устройство для стабилизации крутящего момента на ведущих колесах: Пат. 2668141 Российская Федерация, МПК В60К 17/32 / А.Ф. Рогачев, А.А. Карсаков, Р.А. Косульников. № 2017138756, заявл. 07.11.2017, опубл. 26.09.2018, Бюл. № 27.
6. Косульников Р.А. Повышение эксплуатационных показателей МТА на базе колесного трактора с двигателем постоянной мощности. Волгоград, 2002. 137 с.
7. Джабборов Н.И., Добринов А.В., Эвиев В.А., Федькин Д.С. Основы повышения энергоэффективности технологических процессов и технических средств обработки почвы: монография / СПб; Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2016. 168 с.
8. Гапич Д.С., Косульников Р.А., Чумаков С.А. Способы разрушения почвенного пласта с минимальными затратами энергии // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК

и сельских территорий *Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы*. 2018. С. 246-252.

9. Цепляев В.А., Матасов А.Н. Агрегат для удаления сорняков методом теребления // *Сельский механизатор*. 2014. № 9. С. 21-25.

10. Цепляев В.А., Матасов А.Н., Цепляев А.Н. Обоснование применения роторного агрегата для борьбы с сорняками методом теребления // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 2. С. 256-263.

11. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А., Цгоев А.Э. и др. Машина для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2010. Т. 47. № 1. С. 172-178.

12. Гапич Д.С., Фомин С.Д., Денисова О.А. Энергетические и качественные показатели работы культиваторного МТА в режиме автоколебаний рабочих органов // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2015. Т. 1. № 4 (26). С. 17-20.

References

1. *Agricultural and Forestry Machinery Catalogue of Exporters Czech Republic*. Copyright: A. ZeT, Brno, 2005. (In English)

2. Kambulov S.I. Snizheniye energoyemkosti protsessya pochvoobrabotki [Reducing the energy intensity of soil tillage]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 2008; 1: 32-34. (In Rus.)

3. Kuznetsov N.G., Gapich D.S., Nazarov Ye.A. Optimizatsiya zhestkosti uprugogo elementa v krepilii rabochego organa kul'tivatora BOURGAULT 8810 [Optimization of the stiffness of an elastic element in the attachment of the working element of the BOURGAULT 8810 cultivator]. *Nauchnoye obozreniye*. Saratov, 2010; 6: 89-93. (In Rus.)

4. Borisenko I.B., Berberikh A.P., Dotsenko A.Ye. et al. Mnogooperatsionnyye katki dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy [Multi-operational rollers for surface tillage]. *Agrarnaya nauka – osnova uspeshnogo razvitiya APK i sokhraneniya ekosistem: Materialy Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii*. Volgograd, Volgogradskiy GAU, 2012: 203-205. (In Rus.)

5. Rogachev A.F., Karsakov A.A., Kosul'nikov R.A. Spособ i ustroystvo dlya stabilizatsii krutyashchego momenta na vedushchikh kolesakh [Method and device for stabilizing

torque on driving wheels]: Patent RF No. 2017138756, 2018. (In Rus.)

6. Kosul'nikov R.A. Povysheniye ekspluatatsionnykh pokazateley MTA na baze kolesnogo traktora s dvigatelem postoyannoy moshchnosti [Improving the performance of a machine-tractor unit on the basis of a wheeled tractor with a constant power engine]. Volgograd, 2002: 137. (In Rus.)

7. Dzhabborov N.I., Dobrinov A.V., Eviyev V.A., Fed'kin D.S. Osnovy povysheniya energoeffektivnosti tekhnologicheskikh protsessov i tekhnicheskikh sredstv obrabotki pochvy [Basics of improving the energy efficiency of technological processes and technical means of tillage: monograph]. SPb; Elista, Izd-vo Kalm. un-ta, 2016: 168. (In Rus.)

8. Gapich D.S., Kosul'nikov R.A., Chumakov S.A. Spособy razrusheniya pochvennogo plasta s minimal'nymi zatratami energii [Ways of upper soil layer destruction with minimal energy expenditures]. *Mirovyeye nauchno-tekhnologicheskiye tendentsii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skikh territoriy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 75-letiyu okonchaniya Stalingradskoy bitvy*. 2018: 246-252. (In Rus.)

9. Tseplyayev V.A., Matasov A.N. Agregat dlya udaleniya sornyakov metodom terebleniya [Unit for removing weeds by the method of pulling]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2014; 9: 21-25. (In Rus.)

10. Tseplyayev V.A., Matasov A.N., Tseplyayev A.N. Obosnovaniye primeneniya rotornogo agregata dlya bor'by s sornyakami metodom terebleniya [Rationale for the use of a rotary unit for weed control by the method of pulling]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*, 2017; 2: 256-263. (In Rus.)

11. Kudzayev A.B., Urtayev T.A., Tsgoyev A.E. i dr. Mashina dlya issledovaniya tyagovogo soprotivleniya pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov [Machine for the study of traction resistance of tillage working elements]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010; 47(1): 172-178. (In Rus.)

12. Gapich D.S., Fomin S.D., Denisova O.A. Energeticheskiye i kachestvennyye pokazateli raboty kul'tivatornogo MTA v rezhime avtokolebaniy rabochikh organov [Energy and quality indicators of the operation of the cultivator machine-tractor unit in the mode of self-excited vibrations of the working elements]. *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta MAMI*, 2015; Vol. 1. N4 (26): 17-20. (In Rus.)

Критерии авторства

Цепляев А.Н., Косульников Р.А., Цепляев В.А., Матасов А.Н., Полторынкин С.С. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Цепляев А.Н., Косульников Р.А., Цепляев В.А., Матасов А.Н., Полторынкин С.С. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 26.12.2018

Contribution

Tseplyayev A.N., Kosul'nikov R.A., Tseplyayev V.A., Matasov A.N., Poltorynkin S.S. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Tseplyayev A.N., Kosul'nikov R.A., Tseplyayev V.A., Matasov A.N., Poltorynkin S.S. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on December 26, 2018