

REDUCTION OF TRACTION RESISTANCE OF CHISEL GUNS

D. S. Gapich, Yu. A. Shvabauer, S. I. Subbotin, D. S. Gubaidulin

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author or E-mail: Gds-08@mail.ru

Received 02.10.2023

Submitted 09.11.2023

Summary

The article presents the results of modeling and experimental studies of the working bodies of chisel tools with improved geometric characteristics. The results of experimental studies have shown that the use of working bodies with improved geometric characteristics of the working surface can reduce the total traction resistance of the tractor by 6-9%. It is noted that the effectiveness of the use of experimental working bodies decreases with an increase in the speed of movement of the unit.

Abstract

Introduction. Innovative crop production technologies, which are the main source of human food, have a significant energy intensity, which has an increasing tendency. These technologies account for up to 85% of all energy costs of agricultural production, half of which falls on tillage operations. The scale of fuel consumption for tillage operations is such that a 1% reduction in energy costs saves up to 1.5 million tons of fuels and lubricants. Therefore, the issue of finding ways to reduce energy costs during tillage operations remains relevant today. Currently, various methods have been proposed to reduce the resistance of working bodies of tillage implements: the use of working bodies with improved geometric characteristics of working surfaces; the use of vibrational and vibrational modes of operation of working sections; the use of antifriction coatings on working surfaces; optimization of operational parameters of the entire machine and tractor unit. The basis of all these measures applied in practice are the foundations for the study of the physic-mechanical and dynamic characteristics and conditions of the processed material; the nature of the mechanical impact on the soil layer by various types of deformers; mathematical models describing the state of the operational parameters of machine-tractor units with different nature of their loading. **Object.** The object of the study is the technological process of chisel tillage, technological operations of destruction and displacement of the soil layer, the stress-strain state of the formation under the action of chisel working bodies with different geometric characteristics of the working surface. **Materials and methods.** Theoretical research methods are based on the analysis and modeling of the physical features of the destruction and movement of the soil layer on the surface of the working body. Experimental studies were carried out on real objects of tillage implements equipped with working bodies with different geometric characteristics of the working surface using standard techniques. **Results and conclusions.** Based on modeling the process of moving a soil particle over the surface of the working body, a parabolic equation is obtained that can be used to justify the surface of the working body, which provides variable deformation of the soil layer during its movement. A 3D model and a full-scale sample of an experimental working organ of a chisel plow with improved geometric characteristics of the working surface have been created. Analysis of the results of field studies of the energy intensity of the technological process of chiseling the soil, that the use of working bodies with improved geometric characteristics of the working surface can reduce the total traction resistance of the tractor by 6-9%. It is noted that the effectiveness of the use of experimental working bodies decreases with an increase in the speed of movement of the unit.

Key words: *chisel plow, traction resistance of the chisel plow working section, chisel plow working body, tractor hook load.*

Citation. Gapich D. S., Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gubaidulin D. S. Reduction of traction resistance of chisel guns. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 398-409 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-40.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.316.22

СНИЖЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧИЗЕЛЬНЫХ ОРУДИЙ*Д. С. Гапич, доктор технических наук, профессор**Ю. А. Швабауэр, аспирант**С. И. Субботин, аспирант**Д. С. Губайдулин, аспирант**ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Инновационные технологии растениеводства, являющиеся основным источником продуктов питания человека, обладают значительной энергоёмкостью, имеющей возрастающую тенденцию. На данные технологии приходится до 85% всех энергетических затрат сельскохозяйственного производства, половина из которых приходится на почвообрабатывающие операции. Масштабы расхода топлива на почвообрабатывающие операции в РФ таковы, что снижение энергетических затрат на 1% позволяет экономить до 1,5 млн. тонн горюче-смазочных материалов. Поэтому актуальным сегодня остается вопрос поиска способов снижения энергетических затрат при проведении почвообрабатывающих операций. В настоящее время предложены различные способы уменьшения сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих орудий: применение рабочих органов с улучшенными геометрическими характеристиками рабочих поверхностей; использование колебательных и вибрационных режимов работы рабочих секций; применение на рабочих поверхностях антифрикционных покрытий; оптимизация эксплуатационных параметров всего машинно-тракторного агрегата. В основу всех этих применяемых на практике мероприятий закладываются основы по изучению физико-механических и динамических характеристик обрабатываемого материала; характера механического воздействия на почвенный пласт различными видами деформаторов; математические модели, описывающие состояние эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов при различном характере их нагружения. **Объект.** Объектом исследования является технологический процесс чизельной обработки почвы, технологические операции разрушения и перемещения почвенного пласта, напряженно-деформированное состояние пласта под действием чизельных рабочих органов с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности. **Материалы и методы.** Теоретические методы исследования базируются на анализе и моделировании физических особенностей разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик. **Результаты и выводы.** На основании моделирования процесса перемещения почвенной частицы по поверхности рабочего органа получено параболическое уравнение, которое может быть использовано при обосновании поверхности рабочего органа, обеспечивающей переменную деформацию почвенного пласта при его перемещении. Создана 3Д модель и натурный образец экспериментального рабочего органа чизельного плуга с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности. Анализ результатов полевых исследований энергоёмкости технологического процесса чизелевания почвы показал, что использование рабочих органов с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности позволяет снизить общее тяговое сопротивление трактора на 6-9%. Отмечено, что эффективность применения экспериментальных рабочих органов снижается при увеличении скорости движения агрегата.

Ключевые слова: чизельный плуг, тяговое сопротивление рабочей секции чизельного плуга, рабочий органа чизельного плуга, крюковая нагрузка трактора.

Цитирование. Гапич Д. С., Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Губайдулин Д. С. Снижение тягового сопротивления чизельных орудий. *Известия НВ АУК.* 2023. 4(72). 398-409. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Инновационные технологии растениеводства, являющиеся основным источником продуктов питания человека, обладают значительной энергоёмкостью, имеющей возрастающую тенденцию. На данные технологии приходится до 85% всех энергетических затрат сельскохозяйственного производства, половина из которых приходится на почвообрабатывающие операции [1, 2]. Поэтому актуальным сегодня остается вопрос поиска способов снижения энергетических затрат при проведении почвообрабатывающих операций.

Основоположник земледельческой механики Горячкин В. П. указывал, что уменьшение энергоёмкости процесса почвообработки необходимо добиваться за счет снижения тягового сопротивления рабочих органов. В настоящее время предложены различные способы уменьшения сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих орудий: применение рабочих органов с улучшенными геометрическими характеристиками рабочих поверхностей; использование колебательных и вибрационных режимов работы рабочих секций; применение на рабочих поверхностях антифрикционных покрытий; оптимизация эксплуатационных параметров всего машинно-тракторного агрегата [3]. В основу всех этих применяемых на практике мероприятий закладываются основы по изучению физико-механических и динамических характеристик обрабатываемого материала; характера механического воздействия на почвенный пласт различными видами деформаторов; математические модели, описывающие состояние эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов при различном характере их нагружения.

Не останавливаясь на сравнительной оценке эффективности предлагаемых способов, отметим в качестве достоинства первых двух их всеобъемлющий характер: конструкторское совершенствование рабочих органов и рабочих секций почвообрабатывающих машин можно проводить параллельно с другими мероприятиями по уменьшению энергетических затрат. Рассмотрим более подробно теоретические основы предлагаемого способа применения деформации растяжения и изгиба почвенного пласта при движении по рабочему органу.

Материалы и методы. Теоретические методы исследования базируются на анализе и моделировании физических особенностях разрушения и перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик.

Результаты и обсуждение. В конструкции рабочей секции чизельного плуга следует выделить два базовых элемента, являющихся общими для любых моделей. Это стойка и рабочий орган в виде сменного долота. Задача стойки заключается в обеспечении жесткой рабочей поверхности с рамой плуга. Сменное долото, по своей сути, в зависимости от конфигурации представляет собой модификацию двухгранного плоского клина, под действием которого почва подвергается деформациям сжатия, рисунок 1. Под действием клина в почвенном пласте возникает сложное напряженное состояние. Принято считать, что разрушение почвенного пласта основано на теории Кулона-Мора [4, 5].

Деформация сжатия по энергоёмкости процесса превышает деформацию растяжения более чем в 10 раз [6]. Образование при деформации сжатия переуплотненных глыб, разрушение которых требует дополнительных затрат энергии, так же повышает энергоёмкость процесса обработки почвы.

Поэтому одним из способов снижения энергетических затрат на обработку почвы является использование рабочих органов, геометрия которых обеспечивает переменную деформацию почвенного пласта [7, 8].



Рисунок 1 – Рабочая секция чизельного плуга с улучшенной геометрией поверхности рабочего органа

Figure 1 – The chisel plow working section with improved geometry of the surface of the working body

Для аналитического описания такой поверхности рассмотрим движение частицы почвы по поверхности произвольной формы из точки A в точку B под действием постоянной силы R , рисунок 2.

Критериальное условие минимума энергии, затрачиваемой на перемещение рассматриваемой частицы, запишется в виде [9]:

$$N=0$$

где N – нормальная реакция опорной поверхности.

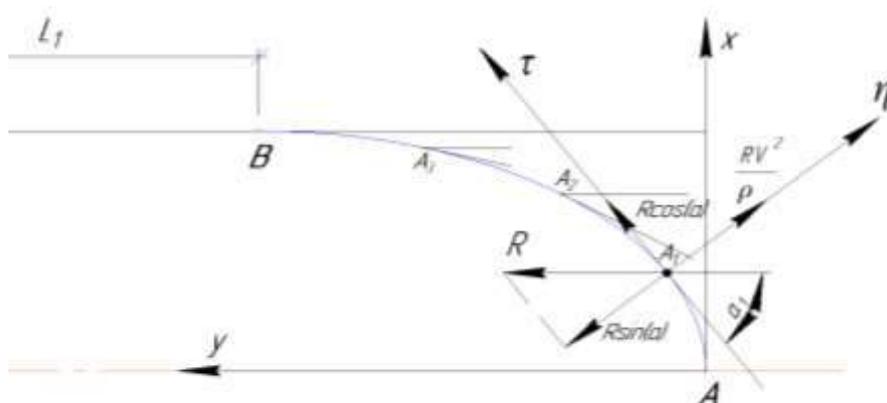


Рисунок 2 – Силы, возникающие при перемещении частицы почвы по параболической поверхности лезвия долота

Figure 2 – Forces arising when moving a soil particle along the parabolic surface of the chisel blade

Рассмотрим положение частиц в произвольный момент времени $t=t_1$, точка A_1 . Дифференциальные уравнения движения частицы в проекциях на оси естественной системы координат запишутся в виде:

$$\frac{dv}{dt} = R \cos \alpha \quad (1)$$

$$N = 0 = R \sin \alpha - R \frac{v^2}{\rho} = \sin \alpha - \frac{v^2}{\rho} \geq 0 \quad (2)$$

Выразив $\cos \alpha = \frac{dy}{ds}$, где S – расстояние от точки A до точки A_1 , получим

$$\frac{dv}{dt} = R \frac{dy}{ds} \quad (3)$$

Учитывая, что $\frac{ds}{dt} = v$, запишем:

$$v dv = R dy \quad (4)$$

Интегрируя выражение 4 при следующих начальных условиях: $t = 0; v = v_0; y = y_0$, получим

$$v^2 = 2Ry + v_0^2 - 2Ry_0 \quad (5)$$

Преобразовав выражение 5, получим

$$v^2 = v_0^2 + 2R(y - y_0) \quad (6)$$

Из уравнения 2 получено

$$v^2 = \rho \frac{dx}{ds} \quad (7)$$

Радиус кривизны траектории ρ выразим через перемещение частицы

$$\rho = \frac{ds}{d\alpha}$$

тогда

$$v^2 = \frac{ds}{d\alpha} \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{d\alpha} \quad (8)$$

Согласно [2]

$$d\alpha = \frac{y'' dx}{1 + (y')^2} \quad (9)$$

следовательно

$$v^2 = \frac{1 + (y')^2}{y''} \quad (10)$$

Подставив выражение 10 в выражение 6, получим:

$$v_0^2 + 2R(y - y_0) = \frac{1 + (y')^2}{y''}, \quad (11)$$

или

$$y'' = \frac{1 + (y')^2}{v_0^2 + 2R(y - y_0)}. \quad (12)$$

Обозначив

$$y' = p = \frac{dy}{dx}, \quad (13)$$

получим

$$y'' = p' = \frac{dp}{dx} = \frac{dp}{dx} \frac{dy}{dy} = p \frac{dp}{dy} \quad (14)$$

Подставив выражение 14 в выражение 12, получим:

$$p \frac{dp}{dy} = \frac{1 + p^2}{v_0^2 + 2R(y - y_0)}, \quad (15)$$

разделив переменные и интегрируя выражение 15 получено

$$\frac{1 + p^2}{1 + p_0^2} = \frac{1}{v_0^2} (v_0^2 + 2R(y - y_0)) \quad (16)$$

из которого получено

$$p^2 = \frac{2R}{v_0^2} (1 + p_0^2) y + p_0^2 - \frac{2R}{v_0^2} y_0 (1 + p_0^2). \quad (17)$$

Введя обозначения

$$A = \frac{2R}{v_0^2} (1 + p_0^2),$$

$$B = p_0^2 - \frac{2R}{v_0^2} (1 + p_0^2) y_0.$$

Получено

$$dx = \frac{dy}{\sqrt{Ay + B}}, \quad (18)$$

интегрируя выражение 18 получено

$$x = x_I + \frac{2}{A} (\sqrt{Ay + B} - \sqrt{Ay_I + B}) \quad (19)$$

откуда

$$y = \frac{A}{4} x^2 - \frac{A}{4} x_I^2 + y_I - \frac{Ax_I}{2} x - x \sqrt{Ay_I + B} - x_I \sqrt{Ay_I + B}. \quad (20)$$

Обозначив:

$$\frac{A}{4} = \alpha,$$

$$\frac{1}{2} Ax_I - \sqrt{Ay_I + B} = \beta,$$

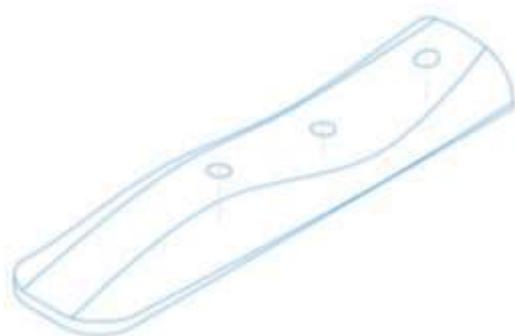
$$\frac{A}{4} x_I^2 - x_I \sqrt{Ay + B} + y_I = \chi$$

имеем

$$y = \alpha x^2 - \beta x + \chi. \quad (21)$$

Таким образом, параболическая поверхность рабочего органа может обеспечивать снижение одного из слагаемых общего тягового сопротивления рабочего органа, связанного с перемещением частицы почвы по его поверхности.

Сопрягая профили полученной кривой в области существования геометрических точек рабочего органа, и осуществив вращение кривой относительно продольной оси рабочего органа, была получена 3Д модель рабочей поверхности, представленной на рисунке 3а.



а)



б)

Рисунок 3 – Экспериментальный рабочий орган чизельного плуга: а) – 3Д модель экспериментального рабочего органа; б) – экспериментальный рабочий орган с улучшенной геометрией рабочей поверхности

Figure 3 – Chisel plow experimental working body: а) – a 3D model of an experimental working body; б) – an experimental working body with an improved geometry of the working surface

По полученной 3Д модели рабочего органа в литейной лаборатории ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» была отлита партия экспериментальных долот (Патент на изобретение № 2792117 С1), рисунок 3б.

В качестве основного материала для изготовления экспериментальных долот, согласно рекомендациям [11], был выбран высокоуглеродистый сплав ВЧ-50. Экспериментальные долота были подвергнуты термической обработке, состоящей из изотермической заковки, и низкого отпуска [12]. Основные режимы термической обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы термической обработки, применяемые для упрочнения экспериментальных долот

Table 1 – Heat treatment modes used for hardening experimental bits

№ партии	Закалка		Отпуск
	Нагрев	Охлаждение	
1	Ступенчатый: до 600°C в печи с шагом 100°C в течение 15 мин. Далее нагрев до 900°C в соляной ванне, время выдержки – 40 мин, затем перенос в соляную ванну $t = 400\text{ }^\circ\text{C}$, время выдержки 2 часа.	воздух	Температура отпуска - 240°C Время выдержки – 2 часа

С целью оценки эффективности применения экспериментальных долот с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности были проведены сравнительные полевые испытания секций чизельного плуга, оборудованных экспериментальными и серийными рабочими органами.

В процессе проведения эксперимента фиксировались такие параметры как: горизонтальная составляющая тягового сопротивления секции чизельного плуга, крюковая нагрузка трактора, действительная скорость движения машинно-тракторного агрегата, рисунок 4.



Рисунок 4 – Общий вид экспериментального чизельного агрегата

Figure 4 – General view of the experimental chisel unit

Силовые нагрузки измерялись при помощи тензометрических датчиков, наклеенных на стойку рабочей секции и тензометрические пальцы, установленных в нижних и верхней тяге прицепного устройства трактора.

Обработка экспериментальных данных позволила получить графические зависимости изменения тягового сопротивления отдельных секций и крюковой нагрузки трактора в функции скорости движения, рисунки 5, 6.

Анализ графических зависимостей рисунка 5 показывает, что с увеличением скорости движения трактора наблюдается прирост тягового сопротивления секции чизельного плуга. Интенсивность этого прироста больше у секции, оснащенной экспериментальными рабочими органами, но величина среднего значения тягового сопротивления экспериментальных секций ниже. Снижение тягового сопротивления за счет применения экспериментальных долот составило: на скоростях до 6 км/ч – 12 %; на

скоростях свыше 6 км/ч – 8%. Такой эффект можно объяснить тем, что при работе на повышенных скоростях пласт почвы, движущийся по рабочей поверхности, не успевает полностью повторить профиль рабочего органа, что приводит к снижению доли деформаций, связанных с растяжением почвенного пласта. Такой же эффект наблюдается и при анализе графических зависимостей рисунка 6. Снижение общей крюковой нагрузки трактора за счет применения экспериментальных долот составило: на скоростях до 6 км/ч – 9 %; на скоростях свыше 6 км/ч – 6%.

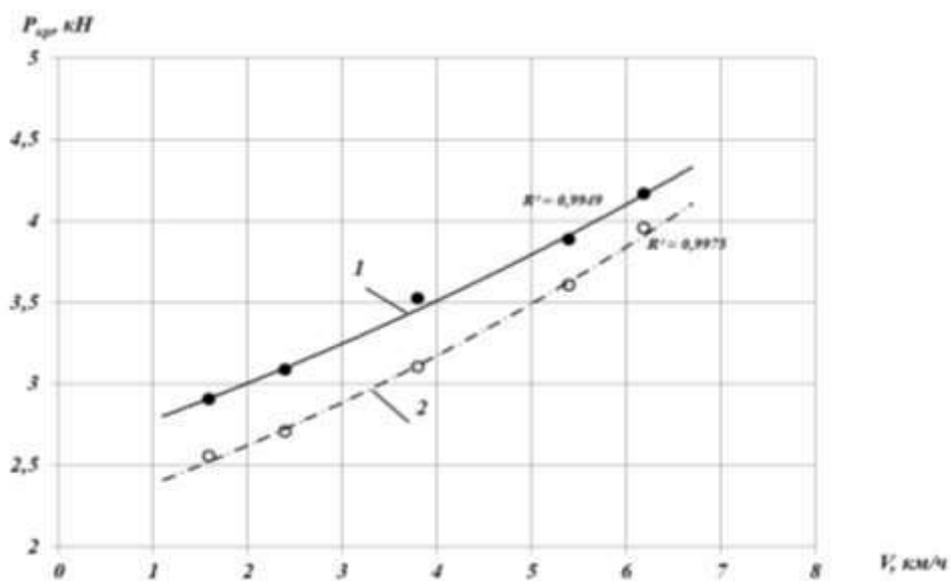


Рисунок 5 – Изменение тягового сопротивления чизельной стойки от скорости движения агрегата: 1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы

Figure 5 – Change in the traction resistance of the chisel rack from the speed of movement of the unit: 1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies

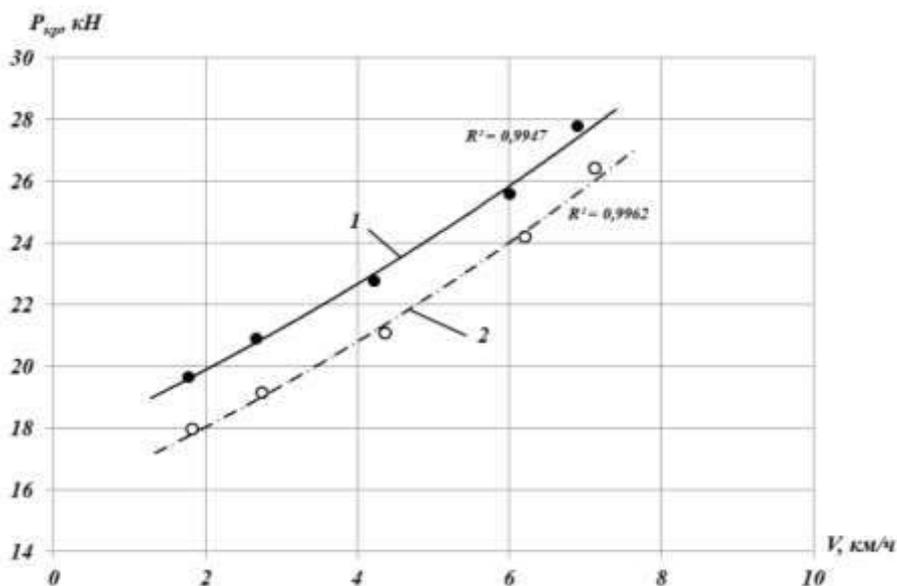


Рисунок 6 – Изменение крюковой нагрузки чизельного агрегата ДТ75+ОЧО-5×40 от скорости движения: 1 – серийные рабочие органы; 2 – экспериментальные рабочие органы

Figure 6 – The change in the hook load of the chisel unit DT75+ OCHO-5×40 from the speed of movement: 1 – serial working bodies; 2 – experimental working bodies

Заключение. На основании моделирования процесса перемещения почвенной частицы по поверхности рабочего органа получено уравнение параболы, которое может быть использовано при обосновании поверхности рабочего органа, обеспечивающей переменную деформацию почвенного пласта при его перемещении.

Создана 3Д модель и натурный образец экспериментального рабочего органа чизельного плуга с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности.

Анализ результатов полевых исследований энергоёмкости технологического процесса чизелевания почвы показал, что использование рабочих органов с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности позволяет снизить общее тяговое сопротивление трактора на 6-9%. Отмечено, что эффективность применения экспериментальных рабочих органов снижается при увеличении скорости движения агрегата.

Conclusions. Based on the simulation of the process of moving the soil particle on the surface of the working element, the parabola equation is obtained, which can be used when justifying the surface of the working element, which provides variable deformation of the soil layer during its movement.

A 3D model and a full-scale sample of an experimental working organ of a chisel plow with improved geometric characteristics of the working surface were created.

Analysis of the results of field studies of the energy intensity of the technological process of soil desiccation showed that the use of working tools with improved geometric characteristics of the working surface allows reducing the total traction resistance of the tractor by 6-9%. It was noted that the effectiveness of the use of experimental working elements decreases with an increase in the speed of movement of the unit.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Пындак В. И., Новиков А. Е. Развитие чизельных почвообрабатывающих орудий и их теоретическое обоснование. *Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт*. 2021. № 2. С. 12-19.
2. Борисенко И. Б., Сидоров А. Н., Мезникова М. В., Сытилин М. Н. Технологический процесс основной обработки как фактор ресурсосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2020. С. 112-118.
3. Бердышев В. Е., Цепляев А. Н., Шапоров М. Н., Харлашин А. В., Седов А. В., Цепляев В. А., Борисенко И. Б. Теория и расчет технологических параметров сельскохозяйственных машин. Волгоград, 2018.
4. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. *Journal of Agricultural Research*. 2014. Pp. 941-951.
5. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. *Biosystems Engineering*. 2018. No 171. Pp. 1-15.
6. Новиков А. Е., Борисенко И. Б., Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Плющиков В. Г. Волновое разрушение закрытых почвогрунтов. *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн*. 2018. С. 422-427.
7. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
8. Gabitov I., Mudarisov S., Gafurov I., Ableeva A., Negovora A., Davletshin M., Rakhimov Z., Khamaletdinov R., Martynov V., Yukhin G. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. V. 13 (Specialissue10). Pp. 8338-8345.
9. Guerra A. J. T., Fullen M. A., Jorge M. D. C. O., Bezerra J. F. R., Shokr M. S. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. *Pedosphere*. 2017. V. 27. P. 2741.

10. Моторин В. А., Гапич Д. С. Концептуальная модель использования высокоуглеродистых сплавов при изготовлении деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2020. С. 316-321.

11. Гапич Д. С., Моторин В. А., Новиков А. Е., Олейников Р. Н. Металлографические исследования легированной режущей кромки лемеха плуга. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 369-378.

References

1. Borisenko I. B., Pyndak V. I., Novikov A. E. Development of chisel tillage tools and their theoretical justification. *Agricultural machinery: maintenance and repair*. 2021. № 2. Pp. 12-19.

2. Borisenko I. B., Sidorov A. N., Meznikova M. V., Sytilin M. N. The technological process of the main processing as a factor of resource saving in the cultivation of crops. Optimization of agricultural land use and strengthening the export potential of the agro-industrial complex of the Russian Federation based on convergent technologies: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 112-118.

3. Berdyshev V. E., Tseplyaev A. N., Shaprov M. N., Kharlashin A. V., Sedov A. V., Tseplyaev V. A., Borisenko I. B. Theory and calculation of technological parameters of agricultural machines. Volgograd, 2018.

4. Ayadi Ibrahim, Hatem Bentaher, Aref Maalej Soil-blade orientation effect on tillage forces determined by 3D finite element models Spanish. *Journal of Agricultural Research*. 2014. Pp. 941-951.

5. Barr J. B., Ucgul M., Desbiolles J. M. A., Fielke J. M. Simulating the effect of rake angle on narrow opener performance with the discrete element method. *Biosystems Engineering*. 2018. No 171. Pp. 1-15.

6. Novikov A. E., Borisenko I. B., Chamurliev O. G., Chamurliev G. O., Plyushchikov V. G. Wave destruction of closed soils. Virtual modeling, prototyping and industrial design. 2018. Pp. 422-427.

7. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.

8. Gabitov I., Mudarisov S., Gafurov I., Ableeva A., Negovora A., Davletshin M., Rakhimov Z., Khamaletdinov R., Martynov V., Yukhin G. Evaluation of the efficiency of mechanized technological processes of agricultural production. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. V. 13 (Specialissue10). Pp. 8338-8345.

9. Guerra A. J. T., Fullen M. A., Jorge M. D. C. O., Bezerra J. F. R., Shokr M. S. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. *Pedosphere*. 2017. V. 27. P. 2741.

10. Motorin V. A., Gapich D. S. Conceptual model of the use of high-carbon alloys in the manufacture of parts of working organs of tillage tools. Optimization of agricultural land use and strengthening the export potential of the agro-industrial complex of the Russian Federation based on convergent technologies: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 316-321.

11. Gapich D. S., Motorin V. A., Novikov A. E., Oleinikov R. N. Metallographic studies of the alloyed cutting edge of a plow ploughshare. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2020. № 4 (60). Pp. 369-378.

Информация об авторах

Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Швабауэр Юрий Александрович, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Субботин Станислав Игоревич, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Губайдулин Данияр Саматович, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Author's Information

Gapich Dmitry Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Schwabauer Yuri Aleksandrovich, graduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Subbotin Stanislav Igorevich, graduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

Gubaidulin Daniyar Samatovich, graduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-41

AGROTECHNICAL METHODS OF WEED CONTROL

D. A. Nekhoroshev¹, V. E. Berdyshev², N. D. Nekhoroshev¹, D. D. Nekhoroshev¹

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russia

²Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow State Agricultural Academy
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: dmitr-nech@yandex.ru

Received 28.09.2023

Submitted 14.11.2023

Abstract

Introduction. The basis of crop production technology is a set of agrotechnical operations and organizational and technical measures related to preparing the soil for sowing and protecting crops from weeds. The use of agrotechnical methods of surface tillage allows simultaneously with the use of technical means without the use of chemical methods to perform weed control operations. **Object.** The object of the study is an improved working organ of a steam cultivator. **Materials and methods.** A working body of the KPS – 4 steam cultivator is proposed to combat weeds during surface tillage in steam fields, as well as in row spacing cultivated by a wide-row method of agricultural crops in irrigated and non-irrigated agriculture. By properly influencing the soil, we create optimal conditions for the development and growth of the root system of agricultural crops. As a result of loosening or compaction of the soil before sowing, effective fertility increases due to the optimal content of moisture, air and nutrients in it. **The purpose of our research is aimed at** to increase the efficiency of surface tillage through the use of a self-cleaning working organ of a steam cultivator, which helps to reduce energy and economic costs in the cultivation of agricultural crops. **Results and conclusions.** The created design of the working organ of the cultivator eliminates the overhang of plant residues of trimmed weeds on the rack of the pointed paw, providing a reduction in traction resistance, increasing productivity and quality of tillage by completely pruning weeds in the upper horizon of the soil, preventing the removal of moist soil to the treated surface.

Key words: surface tillage, working elements of cultivators, weed vegetation, steam cultivators.

Citation. Nekhoroshev D. A., Berdyshev V. E., Nekhoroshev N. D., Nekhoroshev D. D. Agrotechnical methods of weed control. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 409-417 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-41.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.