

27. Kalinin A. B., Novikov M. A., Ruzhev V. A., Teplinsky I. Z. Improving the efficiency of the soil uncompaction by the cultivator-subsoiler through the use of digital systems for working depth control. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. No 723. 032061.

28. Ovchinnikov A. S., Mezheva A. S., Fomin S. D., Pleskachev Y. N., Borisenko I. B., Vorontsova E. S., Zvolinsky V. P., Tyutyuma N. V., Novikov A. E. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12. No 24. Pp. 7150-7160.

29. Starovoytov S. I., Akhalaya B. H., Sidorov S. A., Mironova A. V. The trend of tillage equipment development. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2020. Vol. 51. No 3. Pp. 77-81.

30. Telovov N. K. Achieve high crop yields using a combined instrument for deep loosening. Scientific Discoveries. Proceedings of articles the international scientific conference. 2016. Pp. 27-30.

Информация об авторах

Малюков Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2098-154X>, e-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Шавков Михаил Викторович, кандидат технических наук, руководитель отдела логистики и снабжения ООО «Русгидроком (РГК)» (Российская Федерация, 394040, г. Воронеж, ул. Мазлумова, д. 25), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3700-7508>, e-mail: shavkovmv@mail.ru

Петков Александр Федорович, инженер кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1765-6781>, e-mail: alexanderpetkoff@mail.ru

Черенков Дмитрий Сергеевич, преподаватель СПО, ВГЛУ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8), e-mail: chierienkov1999@mail.ru

Попов Максим Александрович, аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8), e-mail: popovmaxim98@mail.ru

Болгов Андрей Вячеславович, студент группы ТМ2-201-ОБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8), e-mail: bolgovtacher@gmail.com

Author's Information

Malyukov Sergey Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozova" (Russian Federation, 394087, Voronezh, Timiryazev St., 8), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2098-154X>, e-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Shavkov Mikhail Viktorovich, Candidate of Engineering Sciences, Head of the logistics and supply department of Rushydrocom (RGK) LLC (Russian Federation, 394040, Voronezh, Mazlumova St., 25), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3700-7508>, e-mail: shavkovmv@mail.ru

Petkov Aleksander Fedorovich, Engineer of the department of forestry mechanization and machine design of the Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozova" (Russian Federation, 394087, Voronezh, Timiryazev St., 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1765-6781>, e-mail: alexanderpetkoff@mail.ru

Cherenkov Dmitriy Sergeevich, VET teacher, Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozova", (Russian Federation, 394087, Voronezh, Timiryazev St., 8) e-mail: chierienkov1999@mail.ru

Popov Maksim Aleksandrovich, Post-graduate student of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozova" (Russian Federation, 394087, Voronezh, Timiryazev St., 8), e-mail: popovmaxim98@mail.ru

Bolgov Andrey Vyacheslavovich, Student, Voronezh State Forestry University named after G. F. Morozova" (Russian Federation, 394087, Voronezh, Timiryazev St., 8), e-mail: bolgovtacher@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-48

THE METHOD OF ARRANGEMENT OF WORKING BODIES BASED ON HYDRODYNAMIC ANALOGY ON THE CULTIVATOR FRAME

¹Parhomenko G. G., ^{1,2}Kambulov S. I., ^{1,3}Belousov S. V.

¹Agrarian Scientific Center "Donskoy" structural subdivision "SKNIIMESH"
Zernograd, Russian Federation

²Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation

³Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

Received 11.04.2024

Submitted 30.05.2024

Abstract

Introduction. The paper presents issues related to the justification of the placement of a new working body for surface tillage in the composition of the cultivator and their location on the frame. **Materials and methods.** When cultivating the soil, the relationship of the indicators of the technological process with the parameters and modes

of operation of the new working bodies of the "Scat" type. The impact of working organs of this type creates a Bauschinger effect in the soil. Moreover, the development of the influence of the wave effect due to the shape of the working organ spreads from the entire surface. Field studies of the new working body have also been conducted. **Results.** When cultivating the soil, the relationship of the indicators of the technological process with the parameters and modes of operation of the new working bodies of the "Scat" type. The impact of working organs of this type creates a Bauschinger effect in the soil. Moreover, the development of the influence of the wave effect due to the shape of the working organ spreads from the entire surface. Field studies of the new working body have also been conducted. **Discussions and conclusion.** When arranging the working bodies of the "Ramp" type on the cultivator frame for more complete tillage, it is necessary to ensure their overlap in the transverse direction. The technology of tillage with a new working organ can be characterized by some technological parameters: the depth of loosening, the speed of the aggregate, the width of the working organ, the hardness of the soil and, due to the resulting mass movement after exposure to the soil from the Bauschinger effect, the acceleration of the free fall of soil particles. It is also worth noting that the amount of self-determination of semi-blocked cutting indicates a decrease in soil resistance acting on the working body "Ramp", since it functions in partially destroyed soil. The justification for the arrangement of working bodies on the cultivator frame in the indicated way indicates that after the passage of the cultivator, a high-quality soil layer is formed, which is an extremely important technological parameter in preparing the soil for sowing.

Key words: tillage, cultivator working tools, cultivators, technical characteristics of working tools.

Citation. Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Belousov S. V. The method of arrangement of working bodies based on hydrodynamic analogy on the cultivator frame. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 3(75). 422-429 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-03-48.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 631.316.022

МЕТОД РАССТАНОВКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ НА РАМЕ КУЛЬТИВАТОРА

¹Пархоменко Г. Г., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
^{1,2}Камбулов С. И., доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник
^{1,3}Белоусов С. В., кандидат технических наук, доцент

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ»
г. Зерноград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. В работе излагаются вопросы, связанные с обоснованием расстановки нового рабочего органа для поверхностной обработки почвы в составе культиватора и их расположение на раме. **Материалы и методы.** При обработке почвы взаимосвязь показателей технологического процесса с параметрами и режимами функционирования новых рабочих органов типа «Скат». Воздействие рабочих органов такого типа создает в почве эффект Баушингера. Причем развитие влияния волнового эффекта из-за формы рабочего органа распространяется от всей поверхности. Также проведены полевые исследования нового рабочего органа. **Обсуждение и выводы.** При расстановке рабочих органов типа «Скат» на раме культиватора более полноценной обработки почвы необходимо обеспечить их перекрытие в поперечном направлении. Технологию обработки почвы новым рабочим органом можно охарактеризовать некоторыми технологическими параметрами: глубиной рыхления, скоростью агрегата, шириной захвата рабочего органа твердостью почвы и, вследствие возникающего перемещения масс после воздействия на почву от эффекта Баушингера, ускорением падения частиц почвы. Также стоит отметить, что величина самоопределения полублокированного резания свидетельствует о снижении сопротивления почвы, действующего на рабочий орган «Скат», поскольку он функционирует в частично разрушенной почве. Обоснование расстановки рабочих органов на раме культиватора обозначенным образом свидетельствует о том, что после прохода культиватора образуется качественный почвенный слой, что является крайне важным технологическим параметром при подготовке почвы к посеву.

Ключевые слова: обработка почвы, рабочие органы культиватора, культиваторы, технические характеристики рабочих органов.

Цитирование. Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И., Белоусов С. В. Метод расстановки рабочих органов на основе гидродинамической аналогии на раме культиватора. *Известия НВ АУК*. 2024. 3(75). 422-429. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-48.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах, для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Поверхностная обработка почвы на глубину до 12 см, наряду с основной обработкой до 35 см, – важный технологический процесс при возделывании сельскохозяйственных культур. Как правило, ее используют для формирования посевного ложа, обеспечивающего равномерное расположение семян при посеве. Равномерность посева семян по глубине необходимо соблюдать для обеспечения более полных и выровненных всходов. Кроме того, равномерность поверхностной обработки влияет на качество внесения стартовых доз удобрения при посеве сельскохозяйственных культур [1, 2].

Форма рабочих органов для поверхностной обработки оказывает воздействие на ряд важных факторов, как управляемых, так и нет. По результатам анализа литературных источников и согласно экспертной оценке ведущих ученых были получены данные, что наиболее важный из них – тяговое сопротивление. Среди качественных показателей работы наибольшее значение имеет выровненность поверхностного слоя, а также минимальное количество опасных эрозионных частиц, которое возникает после обработки почвы.

При исследовании поверхностной обработки почвы, как правило, изучают процессы движения рабочего органа в разрушенном верхнем слое при постоянной скорости культиватора, независимо от переходных процессов при разгоне и торможении трактора в начале и конце гона. Иными словами, если провести аналогию с гидродинамическими процессами, в нашем случае рассматривается равновесное состояние потока жидкости в трубе, которое приобретает верхний разрушенный слой почвы при постоянной скорости культиватора. Поскольку изменение скорости культиватора во времени отсутствует, поток разрушенного верхнего слоя почвы принято считать установившемся. При выборе соответствующих значений средней скорости культиватора обеспечивается её постоянство в заданном интервале времени, турбулентный режим движения разрушенного верхнего слоя почвы можно рассматривать как установившийся поток [3, 4].

Переходной процесс возникает в начале взаимодействия рабочего органа культиватора с почвой и далее устанавливается по мере постоянного схода пласта, подвергнутого крошению, то есть при его полном проникновении на заданную глубину. При постоянном сходе пласта слой почвы, который был подвергнут крошению поверхностью рабочего органа культиватора, процесс поверхностной обработки почвы становится стационарным по аналогии с равновесным состоянием потока в гидродинамике.

При уменьшении длительности подъёма почвы в начале взаимодействия с рабочим органом культиватора, отношение его длины и толщины пласта при его полном проникновении рабочего органа на заданную глубину переходный процесс может быть сокращён. В структуре общей длительности процесса поверхностной обработки почвы сокращение переходного процесса способствует увеличению установившегося. Решение этой задачи возможно путем оптимизации формы рабочего органа культиватора.

Ранее была обоснована конструкция рабочего органа культиватора с переменными углами крошения и установки режущей кромки ко дну борозды [5] и предложена конструкция рабочих органов культиватора в виде криволинейных стрельчатых лап, которые спроектированы по принципу обтекаемости по аналогии и на основе бионического формообразования [6, 7].

Цель исследований – совершенствование технологического процесса предпосевной обработки почвы путем оптимизации параметров нового рабочего органа.

Материалы и методы. В отделе механизации растениеводства АНЦ «Донской» разработан рабочий орган «Скат» с криволинейными поверхностями повышенной обтекаемости для поверхностной обработки почвы, обеспечивающий рост производительности культиваторного агрегата благодаря функционированию при высокой скорости (рисунок 1).



Рисунок 1 – Рабочий орган «Скат» для поверхностной обработки почвы
Figure 1 – Working body "Ramp" for surface tillage

Результаты и обсуждение. При расстановке рабочих органов «Скат» на раме культиватора необходимо обеспечить их перекрытие в поперечном направлении. Это позволит избежать огрехов при обработке почвы и полностью уничтожить сорную растительность в процессе резания со скольжением при взаимодействии с рабочим органом «Скат». Кроме того, перекрытие необходимо в случае отклонения направления движения культиватора от прямолинейного. Такое изменение можно охарактеризовать углом ϖ , который определяется в зависимости от расстановки рабочих органов «Скат» в продольном направлении L с учётом ширины перекрытия Δ (рис. 2) по формуле:

$$\operatorname{tg} \varpi = \frac{\Delta}{L} \quad (1)$$

При выборе величины перекрытия необходимо также учитывать возникновение дополнительной степени свободы при шарнирном креплении рабочих органов «Скат» к раме культиватора, по сравнению с жёстким [8, 9]. Размер M представляет собой расстояние между стойками рабочих органов в поперечном направлении (рисунок 2) и определяется с учётом перекрытия Δ .

Для обеспечения обработки почвы без огрехов рабочие органы «Скат» целесообразно расположить на бруске рамы культиватора под углом к направлению движения агрегата, по стрелообразной схеме, таким образом будет достигаться оптимальное перекрытие (рисунок 3). Это позволяет обеспечить условие полублокированного резания при поверхностной обработке почвы, что окажет положительное влияние на энергоёмкость процесса [10, 11].

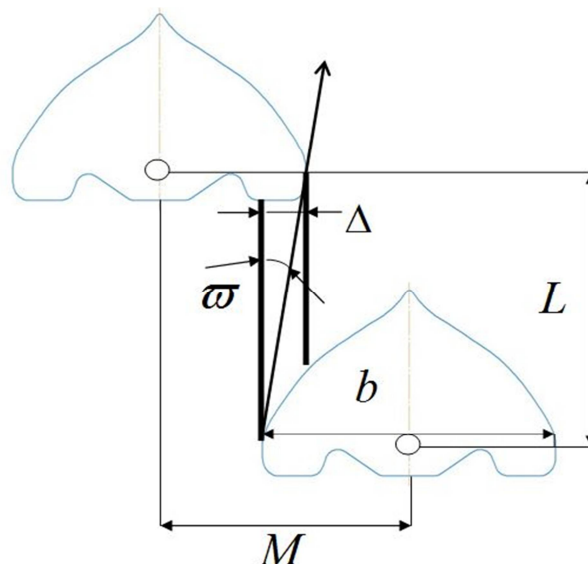


Рисунок 2 – Перекрытие рабочих органов «Скат» на раме культиватора: Δ – величина перекрытия работы рабочих органов; ω – угол схода отклонения направления движения культиватора от прямолинейного; b – ширина захвата рабочих органов; L – продольное расположение рабочих органов; M – расстояние между средними линиями рабочих органов

Figure 2 – Overlap of the working bodies "Ramp" on the cultivator frame: Δ – the amount of overlap of the working bodies; ω – the angle of descent of the deviation of the direction of movement of the cultivator from the rectilinear; b – the width of the working bodies; L – the longitudinal arrangement of the working bodies; M – the distance between the middle lines of the working bodies

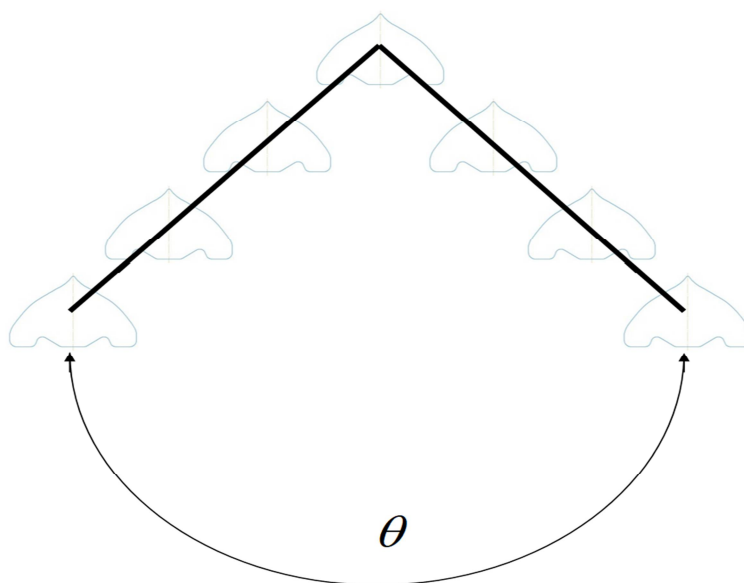


Рисунок 3 – Стрелообразная схема размещения рабочих органов «Скат»: θ – угол раствора установки рабочих органов на раме культиватора.

Figure 3 – Arrow-shaped layout of the working bodies "Ramp": θ – the angle of the solution for installing the working bodies on the cultivator frame.

Величина самоопределения полублокированного резания свидетельствует о снижении сопротивления почвы, действующего на рабочий орган «Скат», поскольку он функционирует в частично разрушенной почве [8]. Процесс блокированного резания и наибольшее сопротивление почвы наблюдается только у первого по направлению движения рабочего органа «Скат», расположенного в основании стрелы рамы культиватора [8].

Расстояние между стойками рабочих органов «Скат» в продольном направлении при стрелообразной схеме размещения можно рассчитать по формуле:

$$L = M \cdot \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

где M – расстояние между средними линиями рабочих органов; θ – угол раствора установки рабочих органов на раме культиватора

При этом следует предусмотреть достаточное расстояние L для обеспечения покрытия зоны деформации межстоечного пространства (рисунок 4).

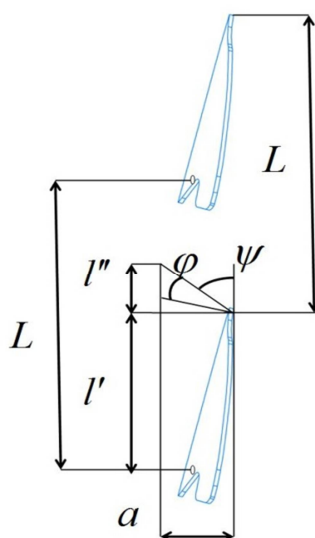


Рисунок 4 – Определение зоны деформации почвы перед рабочим органом в продольном направлении: l' – конструктивный параметр, характеризующий продольный размер (длину)

рабочего органа «Скат» (вылет стойки) в проекции на продольно-горизонтальную плоскость, м;

l'' – зона деформации почвы в продольном направлении, м; β , φ , ρ , ψ – углы соответственно крошения, внешнего и внутреннего трения, сдвига (скола) почвы, град

Figure 4 – Determination of the soil deformation zone in front of the working body in the longitudinal direction: – a design parameter characterizing the longitudinal size (length) of the working body "Ramp" (rack extension) projected onto a longitudinally horizontal plane, m; – soil deformation zone in the longitudinal direction, m; – angles of crumbling, external and internal friction, shear (chipping) of the soil, hail

Иными словами, зона деформации почвы, которая расположена сзади рабочего органа «Скат», не должна распространяться до стойки соседнего переднего, относительно направления движения, то есть должно выполняться условие (рисунок 4):

$$L \geq l' + l'' \geq \operatorname{atg} \psi + l' \geq \operatorname{atg} \frac{\beta + \varphi + \rho}{2} + l' \quad (3)$$

где l' – конструктивный параметр, характеризующий продольный размер (длину) рабочего органа «Скат» (вылет стойки) в проекции на продольно-горизонтальную плоскость, м;

l'' – зона деформации почвы в продольном направлении, м;

β , φ , ρ , ψ – углы соответственно крошения, внешнего и внутреннего трения, сдвига (скола) почвы, град.

Выводы. В результате проведённых исследований установлено, что при поверхностной обработке почвы имеется возможность рассматривать движение рабочих органов тип «Скат», по аналогии с гидродинамическими процессами, как равновесное состояние потока жидкости в трубе, которое приобретает верхний разрушенный слой почвы при постоянной скорости культиватора, определены соотношения, раскрывающие взаимосвязь параметров расстановки рабочего органа «Скат» на раме культиватора, а именно: зона деформации почвы, которая расположена сзади рабочего органа «Скат», не должна распространяться до стойки соседнего переднего края рабочего органа, относительно направления движения.

Расчёты, которые были выполнены в данной работе, показали, что при поверхностной обработке чернозёма обыкновенного, слабогумусного, мощного, легкоголинистого на лессовидных глинах, осуществляемой рабочим органом «Скат» с длиной 0,30 м и шириной 0,45 м, расстановка в поперечном направлении составляет 0,35...0,40 м, в продольном – не менее 0,50 м.

Предложенная расстановка рабочих органов «Скат» на раме культиватора осуществляется по стреловидной схеме, согласно данному положению расстояние между ними в поперечном направлении составляет 0,35...0,40 м, в продольном – не менее 0,50 м.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was found that during surface tillage it is possible to consider the movement of working bodies of the "Ramp" type, by analogy with hydrodynamic processes, as an equilibrium state of the liquid flow in the pipe, which acquires the upper destroyed soil layer at a constant speed of the cultivator, the relations revealing the relationship of the parameters of the arrangement of the working body "Ramp" on the the frame of the cultivator, namely: the zone of soil deformation, which is located behind the working body "Ramp", it should not extend to the rack of the adjacent front edge of the working body, relative to the direction of movement.

The calculations that were performed in this work showed that during surface treatment of ordinary low-humus, powerful light clay chernozem on loess-like clays, carried out by the working body "Skat" with a length of 0.30 m and a width of 0.45 m, the arrangement in the transverse direction is 0.35 ...0.40 m, in the longitudinal direction - at least 0.50 m.

With physical and mechanical properties characterized by soil friction. The proposed arrangement of the working bodies of the "Ramp" on the cultivator frame is carried out according to an arrow-shaped scheme, according to this position, the distance between them in the transverse direction is 0.35 ... 0.40 m, in the longitudinal direction – at least 0.50 m. this comes from the dependencies and formulas given in the work.

After the passage of the new working body of the steam cultivator, the content of erosively hazardous dust particles less than 1 mm in size in the upper layer of 0-5 cm of soil decreases by an average of 5.3-5.5% over the entire range of movement speed. The standard lancet paw fulfills agro-technical requirements in terms of changing the content of erosively dangerous dust particles less than 1 mm in size in the upper layer of 0-5 cm of soil only at a speed of 8.0-10.5 km/h.

Библиографический список

1. Мударисов С. Г., Султанов Ш. М. Обоснование рабочей поверхности стрелчатой лапы с изменяемыми параметрами. Достижения науки и техники АПК. 2006. № 8. С. 35-36.
2. Старовойтов С. И., Гринь А. М., Лебедев Д. Е. Об углах универсальной стрелчатой лапы. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3 (55). С. 76-82.
3. Kambulov S. I., Rykov V. B., Shaforostov V. D., Trubilin E. I. Layered Combined Soil Cultivation: Is The Basis Of Resource Saving In Field Cultivation. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No 5. Pp. 1621-1630.
4. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., et al. Modeling the technological process of tillage. Soil & Tillage Research. 2019. V. 190. Pp. 70-77.
5. Пархоменко Г. Г., Пархоменко С. Г. Силовой анализ механизмов перемещения рабочих органов почвообрабатывающих машин по заданной траектории. Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 47-54.
6. Belousov S. V., Pomelyayko S. A., Novikov V. V. Design of the universal agricultural working body and study of its parameters. MATEC Web of Conferences: 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment. ICMTMTE 2018. Sevastopol, 2018. V. 224. P. 05006.
7. Бабицкий Л. Ф., Москалевич В. Ю., Соболевский И. В. Развитие бионического направления в земледельческой механике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4 (59). С. 68-74.
8. Belousov S. V., Saprykin E. A., Karmazin I. S. Explanation of the angle of sharpening of a plough cutting working body. E3S Web of Conferences. Sevastopol, 2019. V. 126. P. 00025.
9. Рыков В. Б., Камбулов С. И., Шевченко Н. В. и др. Методические подходы к обоснованию базовых параметров перспективных машинно-технологических агрегатов. Краснодар: Кубанский ГАУ имени И. Т. Трубилина, 2022. 235 с.

10. Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Pakhomov V. I. Calculation of Parameters of the Cultivator's Working Body Based on Bionic Shaping. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022): Agricultural Cyber-Physical Systems. Zug: Springer Cham, 2024. V. 733-1. Pp. 1071-1078.

11. Рыков В. Б., Камбулов С. И., Шевченко Н. В., Белоусов С. В. Совершенствование технологических процессов и технических средств для полеводства. Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2023. 262 с.

12. Рыков В. Б., Камбулов С. И., Семенихина Ю. А., Белоусов С. В. Машинные технологии и технические средства возделывания озимой пшеницы. Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2024. 251 с.

References

1. Mudarisov S. G., Sultanov Sh. M. Justification of the working surface of a pointed paw with variable parameters. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2006. No 8. Pp. 35-36.

2. Starovoitov S. I., Grin A.M., Lebedev D. E. On the angles of the universal pointed paw. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2016. No 3 (55). Pp. 76-82.

3. Kambulov S. I., Rykov V. B., Shaforostov V. D., Trubilin E. I. Layered Combined Soil Cultivation: Is The Basis Of Resource Saving In Field Cultivation. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No 5. Pp. 1621-1630.

4. Mudarisov S. G., Gabitov I. I., Lobachevsky Y. P., et al. Modeling the technological process of tillage. Soil & Tillage Research. 2019. V. 190. Pp. 70-77.

5. Parkhomenko G. G., Parkhomenko S. G. Power analysis of the mechanisms of movement of working bodies of tillage machines along a given trajectory. Tractors and agricultural machines. 2018. No 1. Pp. 47-54.

6. Belousov S. V., Pomelyayko S. A., Novikov V. V. Design of the universal agricultural working body and study of its parameters. MATEC Web of Conferences: 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment. ICMTMTE 2018. Sevastopol, 2018. V. 224. P. 05006.

7. Babitsky L. F., Moskalevich V. Yu., Sobolevsky I. V. Development of the bionic direction in agricultural mechanics. Agrarian science of the Euro-North-East. 2017. No 4 (59). Pp. 68-74.

8. Belousov S. V., Saprykin E. A., Karmazin I. S. Explanation of the angle of sharpening of a plough cutting working body. E3S Web of Conferences. Sevastopol, 2019. V. 126. P. 00025.

9. Rykov V. B., Kambulov S. I., Shevchenko N. V., et al. Methodological approaches to the justification of the basic parameters of promising machine and technological units. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2022. 235 p.

10. Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Pakhomov V. I. Calculation of Parameters of the Cultivator's Working Body Based on Bionic Shaping. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022): Agricultural Cyber-Physical Systems. Zug: Springer Cham, 2024. V. 733-1. Pp. 1071-1078.

11. Rykov V. B., Kambulov S. I., Shevchenko N. V., Belousov S. V. Improvement of technological processes and technical means for field farming. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2023. 262 p.

12. Rykov V. B., Kambulov S. I., Semeniikhina Y. A., Belousov S. V. Machine Technologies and Technical Means of Winter Wheat Cultivation. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2024. 251 p.

Информация об авторах

Пархоменко Галина Геннадьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства, кандидат технических наук, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, д. 3), <https://www.orcid-ru.org/0000-0003-0563-8639>, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru

Камбулов Сергей Иванович, главный научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства, доктор технических наук, доцент, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», профессор кафедры Технологии и оборудование переработки продукции АПК, ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 347740, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, д. 1), <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-8712-1478>, e-mail: kambulov.s@mail.ru,

Белоусов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе», Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru; младший научный сотрудник ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», отдел механизации растениеводства (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, д. 3), e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

Author's information

Parkhomenko Galina Gennadievna, Leading Researcher of the Laboratory of Field Farming Mechanization of the Department of Crop Production Mechanization, Candidate of Engineering Sciences, Agrarian Scientific Center "Donskoy" (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Scientific City, 3), <https://www.orcid-ru.org/0000-0003-0563-8639>, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru

Kambulov Sergey Ivanovich, Chief Researcher of the Laboratory of Field Farming Mechanization of the Department of Crop Production Mechanization, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Agrarian Scientific Center "Donskoy", Professor of the Department of Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Technical University (Russian Federation, 347740, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-8712-1478>, e-mail: kambulov.s@mail.ru

Belousov Sergey Vitalievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Machines in Agribusiness, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru; Junior Researcher, Donskoy Agrarian Research Center, Structural Unit of SKNIIMESH, Department of Crop Mechanization (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3), e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru