

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ ПОЧВЫ, СМЕЩАЕМОЙ СФЕРИЧЕСКИМ ДИСКОМ КАТКА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

**Зыкин Евгений Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», директор Технологического института-филиала ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

**Албутов Сергей Петрович**, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

**Ключевые слова:** энергосбережение, технология, почва, растениеводство, возделывание.

Эвристический и технический анализы различных конструкций почвообрабатывающих катков пропашных сеялок позволил заключить, что они, в основном, предназначены для разрушения комков и уплотнения почвы до и после посева на ровной поверхности поля. При изучении известных методик оценки влияния на критерии оптимизации конструктивных параметров и особенностей поверхностей отдельных рабочих элементов катков-гребнеобразователей выявлено, что в настоящее время остались нерешенные вопросы, в частности, методика определения абсолютной скорости почвы, смещаемой сферическими дисками катка гребневой сеялки. Таким образом, необходимо теоретически обосновать данный параметр почвообрабатывающего катка, непосредственно влияющий на расстояние между сферическими дисками катка гребневой сеялки. Для финишной операции формирования гребня почвы требуемых параметров и плотности одновременно с посевом разработан каток, новизна которого подтверждена патентами РФ № 194330, № 194348, № 196712. Конструкцией катка предполагается регулирование углов атаки сферических дисков и величины сжатия пружины, т.к. эти параметры оказывают значительное влияние на геометрические размеры формируемого гребня и плотность почвы в нем. Предлагаемый каток устанавливается на заднем держателе грядилы посевной секции гребневой сеялки. Перемещаясь по поверхности поля, сошники гребневой сеялки высевают семена на влажное уплотненное ложе, гребнеобразователи образуют рыхлый бугорок почвы над высеянными семенами, а катки уплотняют бугорок почвы. Определены скорости и силы, действующие на сферический диск катка. Теоретически выявлено, что абсолютная скорость частиц почвы, отбрасываемых от угловой скорости сферического диска в сторону продольной оси симметрии почвенного гребня, максимальна и зависит от угловой скорости сферического диска, его радиуса и угла атаки, а также фрикционных свойств почвы. По мере приближения к центру сферического диска абсолютная скорость отбрасываемых от конкретной точки рассматриваемого рабочего органа катка частиц почвы уменьшается.

**Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-2259.2020.8.**

### Введение

Рассмотрев различные конструкции почвообрабатывающих катков пропашных сеялок, можно заключить, что они, в основном, предназначены для разрушения комков и уплотнения почвы до и после посева на ровной поверхности поля [1, 5-17, 20].

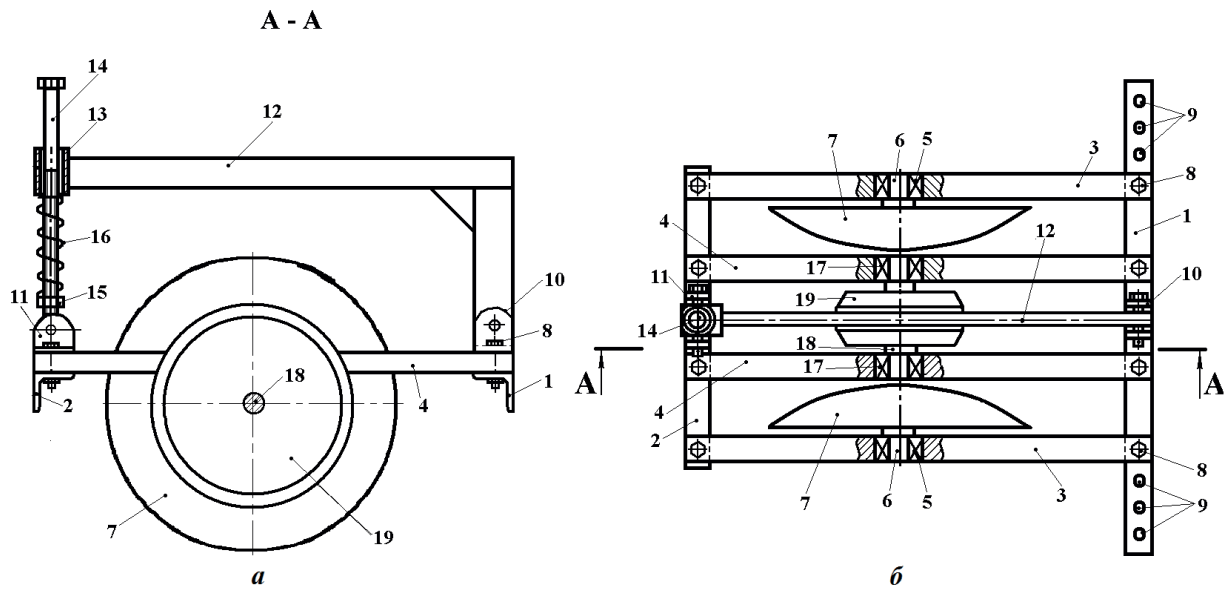
При анализе методов расчета оценочных показателей катков-гребнеобразователей [1-8, 18, 19] было выявлено, что в критериях оценки геометрических параметров и форм поверхностей рабочих элементов катков в настоящее время остались нерешенные вопросы, в частности, методика определения абсолютной скорости почвы, смещаемой сферическими дисками

катка гребневой сеялки. Этот параметр является определяющим при обосновании расстояния между дисками катков с функцией образования гребней. Таким образом, возникает необходимость теоретического обоснования данного параметра почвообрабатывающего катка.

### Материалы и методы исследований

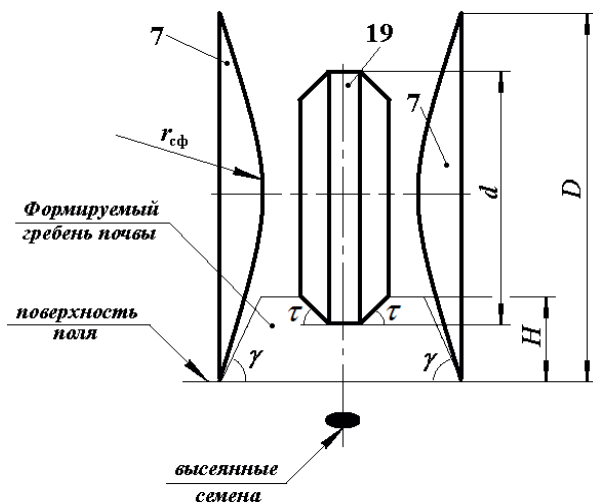
Для финишной операции - формирования гребня почвы требуемых параметров и плотности одновременно с посевом нами разработан каток, новизна которого подтверждена патентами РФ № 194330, № 194348, № 196712.

В конструкцию катка (рис. 1) заложены возможности регулирования в заданных пределах угла атаки сферических дисков и степени сжатия пружины, т.к. эти параметры оказывают



а - вид сбоку; б - вид сверху; 1 - передняя балка; 2 - задняя балка; 3 - боковые балки; 4 - продольные балки; 5, 17 - подшипники; 6 - полуоси; 7 - сферические диски; 8 - болты; 9 - отверстия; 10 - несущий кронштейн; 11 - поддерживающий кронштейн; 12 - Г-образный кронштейн; 13 - направляющая втулка; 14 - штанга; 15 - гайка; 16 - пружина; 18 - ось; 19 - прикатывающее колесо

Рис. 1 – Каток гребневой сеялки



$r_{сф}$  – радиус сферы сферического диска, м;  
 $d$  – диаметр прикатывающего колеса, м;  $D$  – диаметр сферического диска, м;  $\gamma$  – угол естественного откоса почвы, град.;  $\tau$  – угол конической части прикатывающего колеса, град.;  $H$  – высота гребня почвы, м

Рис. 2 – Схема уплотнения бугорка почвы катком

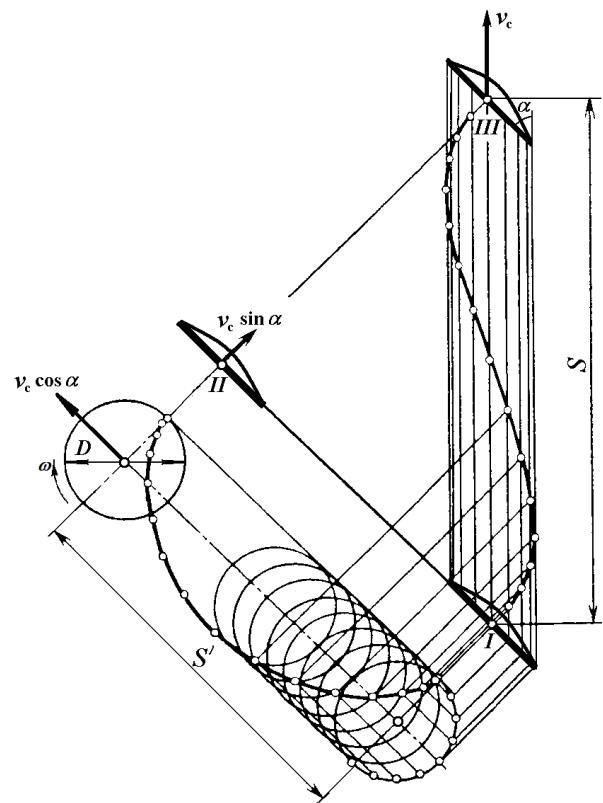


Рис. 3 – Траектория движения сферического диска в почве

значительное влияние на геометрические размеры формируемого гребня и плотность почвы в нем.

Предлагаемый каток устанавливают на заднем держателе грядила посевной секции гребневой сеялки.

Перемещаясь по поверхности поля, сошники гребневой сеялки высевают семена на влажное уплотненное ложе, гребнеобразователи образуют рыхлый бугорок почвы над высеянными семенами, а катки уплотняют бугорок почвы (рис. 2).

Такая последовательность операций при правильно обоснованных технологических режимах и конструктивных параметров рабочих органов катка должна обеспечить оптимальные условия для всходов и последующего развития возделываемых растений.

«При движении гребневой сеялки со скоростью  $v_c$ , м/с, сферические диски катка перемещаются поступательно и вращательно (рис. 3), а каждая частица почвы, взаимодействующая со сферическим диском, совершает сложное движение, характеризующееся относительной, переносной и абсолютной скоростями» [1].

Перемещение сферического диска в почве, рабочая поверхность которого образует угла с направлением движения гребневой сеялки, из положения I в положение III разложим на две траектории:

1) траекторию I-II – в плоскости режущей кромки сферического диска (качение сферического диска без скольжения);

2) траекторию II-III, перпендикулярную траектории I-II (поступательное перемещение сферического диска без вращения).

Результаты исследований

Путь  $S'$ , м, пройденный сферическим диском за один оборот из положения I в положение II,

$$S' = \pi D \quad (1)$$

Тогда фактический путь  $S$ , м, с учетом угла атаки  $\alpha$ , град., сферического диска:

$$S = \frac{\pi D}{\cos \alpha} \quad (2)$$

Учитывая, что сферический диск вращается в почве со скольжением [1], его угловая скорость вращения,  $c^{-1}$ ,

$$\omega = \frac{2 v_c \cos \alpha}{D(1 + \eta)} \quad (3)$$

где  $v_c$  – скорость гребневой сеялки при по-

се, м/с;  $\eta$  – коэффициент скольжения сферического диска в почве.

Коэффициент скольжения

$$\eta = \frac{S - S'}{S'} = \frac{\frac{\pi D}{\cos \alpha} - \pi D}{\pi D} = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в (3), найдем выражение для расчета угловой скорости  $\omega$  вращения сферического диска:

$$\omega = \frac{v_c \cos^2 \alpha}{R} \quad (5)$$

где  $R$  – радиус сферического диска, м.

Угловая скорость  $\omega$  сферического диска в почве зависит от угла его атаки  $\alpha$  и радиуса  $R$ , а также скорости перемещения катка [1], которая равна скорости  $v_c$  гребневой сеялки.

Относительная скорость  $v_r$  перемещения почвы (частицы  $M$ ) направлена по касательной плоскости к выпуклой поверхности сферического диска катка в сторону, обратную направлению движения катка, и отклонена от этого направления на угла [1] (рис. 4).

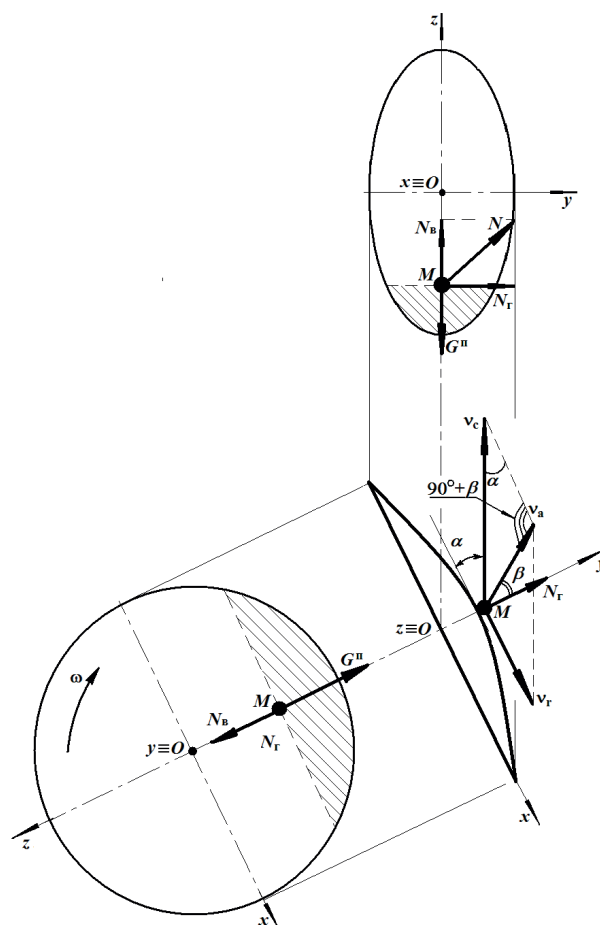


Рис. 4 – Разложение скоростей и сил на плоскости сферического диска

Переносная скорость  $v_c$  частицы почвы направлена по траектории перемещения катка [1].

Абсолютная скорости  $v_a$  частиц почвы отклонена на угол трения  $\beta$  от нормальной реакции  $N$  почвы. Нормальная реакция  $N$ , в свою очередь, перпендикулярна к плоскости, касательной к вершине выпуклой поверхности сферического диска катка [1].

Рассмотрев рис. 4, можно заключить, что

$$\frac{v_a}{\sin \alpha} = \frac{v_c}{\sin(90^\circ + \beta)}, \quad (6)$$

где « $\beta = \arctg f$ ;  $f$  – коэффициент трения почвы о сферический диск» [1].

Принимая во внимание, что  $\sin(90^\circ + \beta) = \cos \beta$ , запишем соотношения между скоростями:

$$\frac{v_a}{\sin \alpha} = \frac{v_c}{\cos \beta}. \quad (7)$$

или

$$v_a = v_c \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}. \quad (8)$$

Выразив из формулы (5) переносную скорость  $v_c$  и подставив ее в (8), определим абсолютную скорость почвы, отбрасываемой краем сферического диска:

$$v_a = \frac{\omega r \sin \alpha}{\cos^2 \alpha \cos \beta}. \quad (9)$$

где  $r$  – переменное расстояние от центра оси вращения сферического диска до почвенной частицы, контактирующей с поверхностью сферического диска, м.

#### Обсуждение

Анализируя выражение (9), можно констатировать, что при  $r = R$  абсолютная скорость почвы, направляемой кромками каждого сферического диска катка в сторону продольной оси симметрии почвенного гребня, максимальна и зависит от угловой скорости сферического диска, его радиуса и угла атаки, а также фрикционных свойств почвы. По мере приближения к центру сферического диска абсолютная скорость отбрасываемых от конкретной точки рассматриваемого рабочего органа катка частиц почвы уменьшается.

#### Заключение

Таким образом, при определении абсолютной скорости почвы, смещаемой сферическими дисками катка гребневой сеялки, необ-

ходимо учитывать его режимные параметры, а также физико-механические свойства почвы: влажность, плотность, твердость, липкость, коэффициент трения почвы по почве, коэффициент трения почвы по стали.

#### Библиографический список

1. Зыкин, Е. С. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур : спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Зыкин Евгений Сергеевич ; Уфа. – Ульяновск, 2017. – 637 с.
2. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines / V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Y. Nemtinova // E3S Web of Conferences. – ICMTMTE, 2019. – Vol. 126.
3. Милюткин, В. А. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius – TX (Amazonen-Werke, JSC «Evrotekhnik») technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XIV Международной научной конференции. - 2017. – С. 488-493.
4. Strekalov, S. Designing soil tillage devices for the spiral land cultivation system / S. Strekalov, L. Strekalova // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2019. – Vol. 126.
5. Bogus, A. E. Substantiation of the technological scheme of pneumatic grain seeder of subsurface dense sowing / A. E. Bogus, A. D. Kuzmenko // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2019. – Vol. 126.
6. Process modeling of the first interrowcultivation in laboratory conditions / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Lazutkina, O. Dmitriev // E3S Web of Conferences. -ICMTMTE, 2020. – Vol. 193.
7. The experimental determination of the diameter of a flat disk in a ridge seeder / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Lazutkina, S. Albutov // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. - ICMTMTE, 2020. – Vol. 971.
8. Modeling of the sowing process of row crops in laboratory conditions / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Albutov, O. Dmitriev // E3S Web of Conferences. -ICMTMTE, 2020. – Vol. 193.
9. Милюткин, В. А. «Strip-Till» - энерго-ресурсо-влагосберегающая технология подготовки почвы для пропашных культур / В. А. Милюткин, В. В. Орлов // Аграрная наука и образование на

современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск : Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 259-264.

10. Милюткин, В. А. Энерго-ресурсо-экологосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, В. В. Орлов // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях : материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2016. – С. 232-236.

11. Ерзамаев, М. П. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов / М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов, Е. О. Саломатов // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель : Самарская ГСХА, 2017. - С. 689-692.

12. Емельянов, П. А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины : монография / П. А. Емельянов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов. – Пенза : Пензенская ГСХА, 2015. – 174 с. - ISBN 978-5-94338-449-4.

13. Сыдык, Д. А. Рекомендация по ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых колосовых культур в условиях богарного земледелия южного Казахстана / Д. А. Сыдык, А. Д. Карабалаева, М. А. Сыдыков. – Шымкент : Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, 2014. – 19 с. - ISBN 9965-32-4922-2.

14. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET. –

URL: <http://www.cacilm.org/articles/detail/493> (дата обращения 09.05.2021 г.).

15. Блочно-модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А. В. Балашов, А. Н. Омаров, Ж. Ж. Зайнушев, А. И. Завражнов, С. В. Соловьев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2. – С. 163-170.

16. Babitskiy, L. Results of research of working bodies with increased reliability of tillage and sowing machines / L. Babitskiy, V. Moskalevich, A. Belov // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. – Vol. 193.

17. Belousov, S. V. On the problem of interaction of the tillage working body with the soil / S. V. Belousov, E. E. Samurganov // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. – Vol. 193.

18. ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 995-ст : введен 2011-12-13 : издательство стандартов, 2011. – Москва. - 23 с.

19. ГОСТ Р 54784-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 996-ст : введен 2012-03-01 : издательство стандартов, 2012. – Москва. - 23 с.

20. Дозоров, А. В. Разработка технологических приемов возделывания сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья : монография / А. В. Дозоров, Ю. В. Ермошкин. – Ульяновск : УГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. – 163 с. - ISBN 978-5-905970-42-9.

#### **SPECIFICATION OF THE ABSOLUTE SPEED OF THE SOIL DISPLACED BY THE SPHERICAL DISC OF THE RIDGE SEEDER ROLLER**

**Zykin E.S., Albutov S.P., Kurdyumov V.I.**

**FSBEI HE Ulyanovsk SAU**

**432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; tel. : 8 (8422) 55-95-95;**

**e-mail: evg-zykin@yandex.ru**

*Key words: energy saving, technology, soil, crop production, cultivation*

*Heuristic and technical analysis of various designs of tillage rollers of row-crop seeders has led to the conclusion that they are mainly intended for destruction of lumps and soil compaction before and after sowing on a flat field surface. When studying the available methods for assessing the impact on improvement criteria of the design parameters and surface features of individual working elements of the ridge-forming rollers, it was revealed that, currently, there are unresolved issues, in particular, the method for specification of the absolute speed of the soil displaced by the spherical discs of the ridge seeder roller. Thus, it is necessary to substantiate theoretically this parameter of the tillage roller, which directly affects the distance between the spherical discs of the roller of the ridge seeder. For the finishing operation of formation of the soil ridge of the required parameters and density simultaneously with sowing, a roller was developed, the novelty of which is confirmed by the patents of the Russian Federation № 194330, № 194348, № 196712. The design of the roller includes regulation of the angles of attack of the spherical discs and the degree of compression of the spring, because these parameters have a significant effect on the geometric dimensions of the formed ridge and the density of the soil inside it. The proposed roller is mounted on the rear beam holder of the sowing section of the ridge seeder. Moving on the surface of the field, the ridge seeder colters sow seeds on a wet compacted bed, the ridge formers form a loose soil hill above the sown seeds and the rollers compact the soil hill. The speeds and forces acting on the spherical disc of the roller have been determined. It was theoretically revealed that the absolute speed of soil particles thrown by the edge of the spherical disc towards the symmetry longitudinal axis of the soil ridge is maximum*



and depends on the angular velocity of the spherical disc, its radius and angle of attack, as well as the frictional properties of the soil. As moving to the center of the spherical disc, the absolute speed of soil particles thrown from a specific point of the studied roller working body decreases.

**Bibliography:**

1. Zykin, E.S. Development and justification of technology and means of mechanization of ridge cultivation of row crops: spec. 05.20.01 "Technologies and means of agricultural mechanization: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Zykin Evgeny Sergeevich; Ufa. - Ulyanovsk, 2017. - 637 p.
2. Design and study of seeding devices for small selection seeding machines / V. Nemtinov, N. Kryuchin, A. Kryuchin, Y. Nemtinova // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2019. - Vol. 126.
3. Milyutkin, V. A. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius - TX (Amazonen-Werke, JSC "Evrotehnika") technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge / V. A. Milyutkin, V. E. Buksman // Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: materials of the XIV International Scientific Conference. - 2017. - P. 488-493.
4. Strekalov, S. Designing soil tillage devices for the spiral land cultivation system / S. Strekalov, L. Strekalova // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2019. - Vol. 126.
5. Bogus, A. E. Substantiation of the technological scheme of pneumatic grain seeder of subsurface dense sowing / A. E. Bogus, A. D. Kuzmenko // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2019. - Vol. 126.
6. Process modeling of the first interrowcultivation in laboratory conditions / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Lazutkina, O. Dmitriev // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. - Vol. 193.
7. The experimental determination of the diameter of a flat disk in a ridge seeder / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Lazutkina, S. Albutov // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. - ICMTMTE, 2020. - Vol. 971.
8. Modeling of the sowing process of row crops in laboratory conditions / E. Zykin, V. Kurdyumov, S. Albutov, O. Dmitriev // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. - Vol. 193.
9. Milyutkin, V. A. "Strip-Till" - an energy-resource-moisture-saving technology of soil preparation for row crops / V. A. Milyutkin, V. V. Orlov // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions: materials of the VII International scientific-practical conference. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin, 2016. - P. 259-264.
10. Milyutkin, V. A. Energy-resource-moisture saving technologies in agriculture and recommended machine complexes / V. A. Milyutkin, S. A. Tolpekin, V. V. Orlov // Strategic guidelines for innovative development of the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference. - Volgograd: Volgograd SAU, 2016. - P. 232-236.
11. Erzamaev, M. P. Improvement of the efficiency of plowing units / M.P. Erzamaev, D.S.Sazonov, E.O. Salomatov // Innovative achievements of science and technology in the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. - P. 689-692.
12. Emelyanov, P. A. Theoretical and experimental studies of the disc covering organ of the onion planting machine: monograph / P. A. Emelyanov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov. - Penza: Penza State Agricultural Academy, 2015. - 174 p. - ISBN 978-5-94338-449-4.
13. Sydyk, D. A. Recommendations on resource-saving technology for cultivation of grain crops in the conditions of dry-land agriculture in southern Kazakhstan / D. A. Sydyk, A. D. Karabalaeva, M. A. Sydykov. - Shymkent: Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2014. - 19 p. - ISBN 9965-32-4922-2.
14. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET. - URL: <http://www.cacilm.org/articles/detail/493> (date of access 09.05.2021).
15. Block-modular unit for cultivation of row crops / A. V. Balashov, A. N. Omarov, Zh. Zh. Zaynushev, A. I. Zavrazhnov, S. V. Soloviev // Vestnik of Michurinsk State Agrarian University. - 2015. - № 2. - P. 163-170.
16. Babitskiy, L. Results of research of working bodies with increased reliability of tillage and sowing machines / L. Babitskiy, V. Moskalevich, A. Belov // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. - Vol. 193.
17. Belousov, S. V. On the problem of interaction of the tillage working body with the soil / S. V. Belousov, E. E. Samurganov // E3S Web of Conferences. - ICMTMTE, 2020. - Vol. 193.
18. State Standard GOST R 54783-2011. Tests of agricultural machinery: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 13, 2011 No. 995-st: introduced 2011-12-13: publishing house of standards, 2011. - Moscow. - 23 p.
19. State Standard GOST R 54784-2011. Agricultural machinery tests. Methods for assessing technical parameters: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 13, 2011 No. 996-st: introduced 2012-03-01: publishing house of standards, 2012. - Moscow. - 23 p.
20. Dozorov, A. V. Development of technological methods of soybean cultivation in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region: monograph / A. V. Dozorov, Yu. V. Ermoshkin. - Ulyanovsk: USAA named after P.A. Stolypin, 2014. - 163 p. - ISBN 978-5-905970-42-9.