

УДК 631.314.1:001.891.55

DOI 10.18286/1816-4501-2021-4-6-12

## **ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА ВИБРАЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ**

**Прошкин Вячеслав Евгеньевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Зыкин Евгений Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

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

**Прошкин Евгений Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1; тел.: 89279871088; e-mail: [veproshkin1993@gmail.com](mailto:veproshkin1993@gmail.com).

**Ключевые слова:** вибрационное действие, каток, поверхностная обработка, почва, прикатывание, параметры.

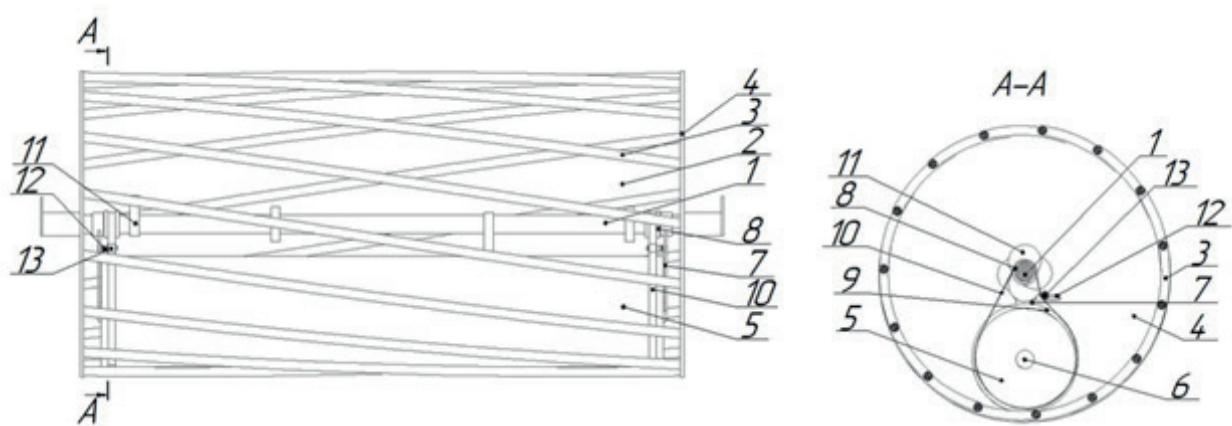
Разработана совершенно новая конструкция почвообрабатывающего катка вибрационного действия, в результате применения которого повышается качество прикатывания почвы, при этом затраты энергии снижаются за счет уменьшения металлоемкости минимум в 3 раза в сравнении с серийно выпускаемыми катками. Создаваемые предлагаемым катком колебания позволяют более эффективно разрушать крупные почвенные фракции и обеспечить качественное уплотнение почвы. Для определения оптимальных параметров почвообрабатывающего катка выполнен комплекс исследований в полевых условиях, посредством которых выявлены оптимальные параметры предложенной конструкции вибрационного катка. В ходе эксперимента изменяли массу балласта и диаметры шкивов на валу пустотелого цилиндра, а также оценивали влияние данных параметров на критерий оптимизации. В процессе проведения эксперимента проводили замеры влажности почвы, ее плотности и структурности. Результаты эксперимента обрабатывали с помощью современного программного обеспечения: Microsoft Excel, Statistica и т.д. В результате экспериментов выявлено, что качество прикатывания почвы предложенным вибрационным катком на 24,7 % лучше, чем у катка ККЗ-6, повсеместно применяемого в сельскохозяйственном производстве. При этом критерий оптимизации  $k_{пл}$  на не прикатанном участке составлял 0,5, что на 82 % ниже, чем у предложенного катка. Структурность почвы на участке, прикатанном предложенным катком, полностью удовлетворяет агротехническим требованиям. Предложенный почвообрабатывающий каток вибрационного действия универсален и может применяться на разных типах почв при условии регулирования массы балласта и соотношения диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра и на гладком цилиндре.

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

### **Введение**

Одной из актуальных проблем сельскохозяйственного производства является его способность полностью обеспечить потребности

населения в качественных продуктах питания. После рассмотрения разнообразных направлений развития почвообрабатывающей техники можно заключить, что главным из них является



б

**Рис. 1 – Почвообрабатывающий вибратор (обозначения в тексте): а – общий вид; б – привод оси с дебалансирами**

разработка современных средств механизации, которые позволят с низкими затратами обеспечить качественное выполнение сельскохозяйственных работ [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Одним из видов обработки почвы, оказывающим значительное влияние на конечный результат, является ее прикатывание, которое применяют как до, так и после посева. Основной задачей прикатывания является обеспечение выполнения агротехнических требований по структурной составляющей почвы, а также по ее плотности. Оба этих показателя максимально значимы при обработке почвы и посеве, поскольку они напрямую влияют на качество высева семян, а также на рост и развитие культурных растений, в итоге – на их урожайность [7, 8, 9, 10, 11].

#### **Материалы и методы исследований**

В результате тщательного структурного анализа проблемы и основных направлений развития техники для поверхностной обработки

почвы нами разработан новый почвообрабатывающий каток вибрационного действия для прикатывания почвы.

Каток (рис.1) «выполнен в виде снабженного осью 1 пустотелого цилиндра 2 с равномерно расположенными по окружности ребрами 3, установленными по винтовой линии, соединяющие вертикальные диски 4. Внутри пустотелого цилиндра 2 установлен гладкий цилиндр 5, диаметр которого меньше радиуса пустотелого цилиндра 2. Гладкий цилиндр 5 для обеспечения возможности вращения снабжен осью 6, установленной на поводках 7 на оси 1 пустотелого цилиндра 2. Ось 1 пустотелого цилиндра 2 установлена» [5] с возможностью вращения отдельно от вертикальных дисков 4. На оси 1 пустотелого цилиндра 2 установлены шкивы 8. С боковых частей гладкого цилиндра 5 около поводков 7 установлены шкивы 9, которые соединены ремнями 10 со шкивами 8. На «оси 1 пустотелого цилиндра 2 установлены дебалансиры 11.



**Рис. 2 – Замер влажности почвы влагомером TDR 100**

На поводках 7 с возможностью изменения положения в плоскости, параллельной вертикальным диском, и возможностью фиксирования в заданном положении установлены кронштейны 12, на которых параллельно оси 1 пустотелого цилиндра 2 и с возможностью вращения вокруг своей оси установлены ролики 13» [12].

Во время полевых исследований разработанного катка контролировали следующие параметры: влажность почвы (до прикатывания), структурность и плотность почвы (после прикатывания) [13, 14, 15].

Перед прикатыванием были проведены следующие виды обработки почвы: оборотная вспашка и культивация. Однако в результате этих воздействий почва перед прикатыванием не соответствовала агротехническим требованиям ни по структурности, ни по плотности.

Перед началом работ выполняли замеры влажности почвы в зоне расположения семян (в слое от 3 см до 6 см от поверхности) в трехкратной повторности с помощью влагомера резисторного типа TDR 100 (рис.2). Влажность почвы в среднем составила 23 %, что незначительно превышало пределы, представленные в агротехнических требованиях.

Для определения структурного состава брали пробы почвы с площади 0,2 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности. Далее каждую пробу высуши-



**Рис. 3 – Забор проб почвы на определение плотности**

вали в сушильном шкафу, а затем просеивали через комплект сит с вибрационным приводом. В результате было выявлено, что структурность почвы удовлетворяет агротехническим требованиям к прикатыванию почвы [16, 17].

Пробы почвы для определения ее плотности брали с помощью плотномера (рис. 3). Данное устройство позволяет качественно определить плотность почвы по слоям: от 0 см до 3 см (верхний, надсеменной слой), от 3 см до 6 см (зона расположения семени) и от 6 см до 9 см (подсеменное ложе).

Пробы почвы сразу после забора помещали в плотные контейнеры, чтобы исключить потери влаги, после чего взвешивали на высокоточных весах OHAUS ITEM PA213.

Все полученные данные заносили в электронную таблицу в программе Microsoft Excel, а также с помощью данной программы выполняли расчеты плотности почвы  $\rho_p$  по слоям.

Качественный аспект процесса прикатывания почвы виброкатком оценивали посредством разработанного в нашей научной школе критерия оптимизации  $k_p$  по плотности почвы:

$$k_p = 1 - \left( \frac{\rho_{\text{опт}} - \rho_s}{\rho_{\text{опт}}} \right), \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{опт}}$  – плотность почвы в зоне расположения семян, соответствующая агротехническим требованиям, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_s$  – плотность почвы, достигаемая после прикатывания предложенным средством механизации прикатывания, кг/м<sup>3</sup>.

#### **Результаты исследований**

Числовые данные, полученные в результате эксперимента, были обработаны на ПЭВМ

с использованием программы Statistica. С помощью полученных после обработки экспериментальных данных адекватных уравнений регрессии в натуральных (1) и кодированных значениях (2) факторов можно оценить влияние массы балласта и диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра на критерий оптимизации:

$$k_{пл} = 0,8187 + 0,0022m + 0,0005d^{-1},3277 \cdot 10^{-5}m^2 - 2,6887 \cdot 10^{-6}md - 4,9734 \cdot 10^{-6}d^2; \quad (2)$$

$$K = 0,9106 - 0,0098z - 0,0059y - 0,0053z^2 + 0,0027zy - 0,0124y^2. \quad (3)$$

где  $k_{пл}$  и  $K$  – критерии оптимизации уравнений, выраженные соответственно в натуральных и кодированных значениях факторов;  $m$ , кг, и  $z$  – масса балласта соответственно в натуральных и кодированных значениях факторов;  $d$ , мм, и  $y$  – диаметр шкива на оси пустотелого цилиндра соответственно в натуральных и кодированных значениях факторов.

Полученные уравнения показывают, что наиболее значимым фактором, определяющим качество прикатывания, является частота вращения оси с дебалансирами, которая, в свою очередь, зависит от соотношения диаметров шкива 8 на оси пустотелого цилиндра 8 (рис.1) и шкива 9 на гладком цилиндре 5, косвенно - от скорости движения агрегата, а в значительно меньшей мере – от массы балласта. Это свидетельствует о том, что в предложенной конструкции катка на критерий оптимизации максимально влияют введенные в нее новые элементы, в отличие от традиционно используемых катков, у которых основным фактором обеспечения требуемого качества работ является их масса. Таким образом, предложенная интенсификация процесса прикатывания с помощью катков с пассивным виброприводом дебалансиров позволяет разрабатывать и использовать катки с меньшей материалоемкостью, обеспечивающие требуемое качество работ, позволяя подстраивать режимные параметры таких катков для применения на разных типах почв.

Также нами построены 3D и 2D графики (рис. 4 и 5), обеспечивающие качественное и наглядное представление о влиянии массы балласта и диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра на принятый критерий оптимизации.

Анализ представленных рисунков показал, что в выбранном диапазоне изменения конструктивных параметров критерий оптимизации по плотности почвы колеблется в допустимых пределах, причем в любом случае он превышает аналогичный показатель серийных катков.

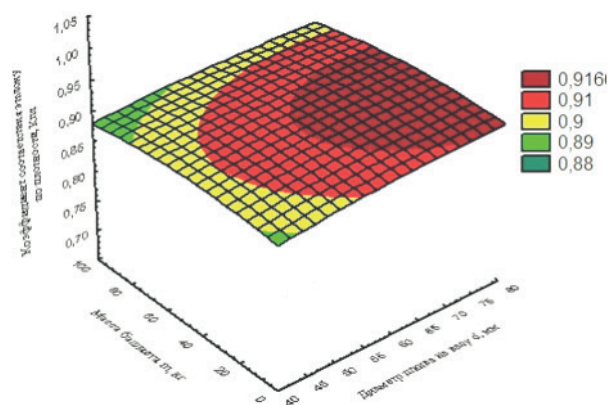


Рис. 4 – 3D поверхность отклика влияния массы балласта и диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра на принятый критерий оптимизации по плотности почвы

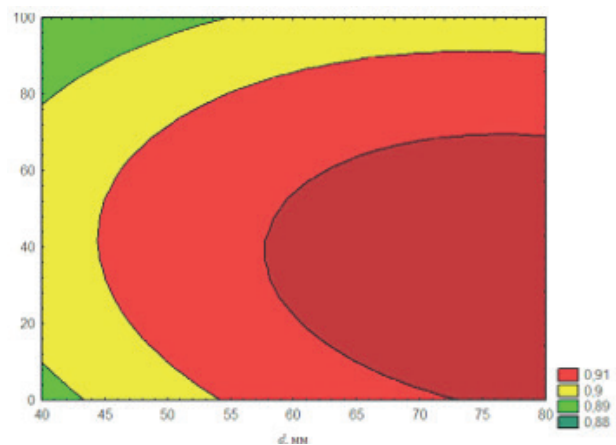


Рис. 5 – 2D поверхность отклика влияния массы балласта и диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра на принятый критерий оптимизации по плотности почвы

### Обсуждение

«Большое внимание теоретическому и практическому обоснованию процесса взаимодействия катка с почвой и их конструктивных параметров уделено в работах В.П. Горячкина, Н.И. Клемина, Б.М. Козырева, Ф.И. Назарова, А.И. Дерепаскина, С.С. Саакяна, Н.К. Мазитова, А.Ф. Полетаева, Н.Е. Руденко, В.А. Милюткина и других ученых. Практические аспекты прикатывания почвы представлены в научных трудах Н.Н. Крашенинникова, В.А. Новичихина, П.Н. Рожкова, В.М. Шевелева, Ю.И. Кузнецова, А.А. Кнауца, Ю.А. Виноградова, В.В. Голубева и других авторов» [7].

Анализ данных, полученных после изучения литературных источников, позволил выявить, что процесс уплотнения почвенных слоев почвообрабатывающими катками достаточно

изучен, но качество прикатывания почвы еще не достигло достаточно высокого уровня. По полученным нами данным критерий оптимизации кпл на не прикатанном участке поля, определяемый качеством основной обработки почвы и культивации, составлял 0,5. Качество прикатывания почвы по плотности серийными катками ЗККШ-6 и ККЗ-6, оцениваемое с помощью кпл, в среднем составил 0,7. Хотя кпл и повысился на 40 %, но все равно не удовлетворяет агротехническим требованиям.

В результате обработки полученных данных выявлено, что наилучший критерий оптимизации кпл после обработки разработанным нами виброкатком составляет 0,91, что лучше по сравнению с необработанным участком на 82 %. При этом масса балласта  $m = 30$  кг, а диаметры шкивов  $d$  на оси пустотелого цилиндра равны 80 мм. Плотность почвы на всех участках поля в этом случае полностью удовлетворяет агротехническим требованиям.

Чтобы обеспечить базу для сравнения, соседний участок прикатывали серийно выпускаемыми катками ККЗ-6 производства компании ООО «Завод Автотехнологий». На участке поля после обработки данным катком критерий оптимизации кпл составил 0,73, что значительно (на 24,7 %) ниже, чем у предложенного вибрационного катка. При этом на поверхности почвы были выявлены комки почвы более 50 мм, что не соответствует агротехническим требованиям к прикатыванию.

#### **Заключение**

Качество прикатывания почвы предложенным вибрационным катком на 24,7 % лучше, чем у катка ККЗ-6, повсеместно применяемого в сельскохозяйственном производстве, при этом исходный критерий оптимизации кпл на не прикатанном участке поля составляет 0,5. При этом структурность почвы на участке, прикатанном предложенным катком, полностью удовлетворяет требованиям.

Предложенный виброкаток универсален и может применяться на разных типах почв при условии регулирования массы балласта и соотношения диаметров шкивов на оси пустотелого цилиндра и на гладком цилиндре.

#### **Библиографический список**

1. 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.

2. Руденко, Н. Е. Новые технологии и средства механизации в растениеводстве / Н. Е. Руденко, Е. В. Кулаев, В. Н. Руденко. – Ставрополь : Издательство Ставропольского ГАУ, 2018. – 380 с. – ISBN 978-5-9596-1429-4.

3. Сельскохозяйственная техника и технологии / И. А. Спицын, А. Н. Орлов, В. В. Ляшенко [и др.] ; под редакцией И. А. Спицына. – Москва : Колос, 2006. – 647 с. – ISBN 5-9532-0350-0 (В пер.)

4. Милюткин, В. А. Энерго-ресурсо-влажносберегающие 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.

5. Патент № 2619522 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2015148441 : заявл. 10.11.2015 : опубл. 16.05.2017/ Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е., Прошкин Е. Н., Курушин В. В., Линьков И. М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА. – Бюл. № 14.

6. Милюткин, В. А. «Strip-Till» – энерго-ресурсо-влажносберегающая 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.

7. Анализ требований к разработке средств механизации возделывания пропашных культур / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, С. А. Лазуткина, С. П. Албутов, О. А. Дмитриев // Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур : материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск : УлГАУ, 2020. – С. 234-237.

8. Strekalov, S. Designing soil tillage devices for the spiral land cultivation system / S. Strekalov, L. Strekalova // E3S Web of Conferences. – ICMTMTE, 2019. – Vol. 126. – P. 1-7.

9. 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. – P. 1-7.

10. 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.

11. Совершенствование почвообрабатывающих машин для ресурсосберегающих технологий / А. Д. Кормщиков, С. С. Храмцов, А. Ю. Шмагин, Н. Г. Зяблицев // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – № 2. – С. 29-32.

12. Патент № 2752987 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2020137915 : заявл. 17.11.2020 : опубл. 11.08.2021 / Курдюмов В. И., Прошкин В. Е., Прошкин Е. Н., Диков В. В.; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – Бюл. № 23.

13. 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.).

14. Блочно-модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А. В. Балашов, А. Н. Омаров, Ж. Ж. Зайнушев, А. И. Завражнов, С. В. Соловьев // Вестник Мичуринского государ-

ственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – С. 163-170.

15. 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. – P. 1-5.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

## FIELD STUDIES OF TILLAGE VIBRATING ROLLER

*Proshkin V.E., Zykin E.S., Kurdyumov V.I., Proshkin E.N.*  
FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, building 1; tel .: 89279871088; e-mail: [veproshkin1993@gmail.com](mailto:veproshkin1993@gmail.com).

**Keywords:** vibration action, roller, surface treatment, soil, rolling, parameters.

A completely new design of a vibrating soil tillage roller was developed, as a result of which the quality of soil compaction was increased, while energy costs are reduced due to a decrease of metal consumption by at least 3 times in comparison with commercially available rollers. The vibrations created by the offered roller make it possible to destroy large soil fractions more effectively and ensure high-quality soil compaction. To determine suitable parameters of the soil-tilling roller, a set of studies was carried out in field conditions, by means of which suitable parameters of the proposed design of the vibrating roller were identified. Ballast weight and diameters of the pulleys on the shaft of the hollow cylinder were changed during the experiment, and the influence of these parameters on improvement criterion was also evaluated. Measurements of soil moisture, its density and structure were carried out in the course of the experiment. The experimental results were processed with modern software: Microsoft Excel, Statistica, etc. As a result of the experiment, it was revealed that the quality of soil compaction by the proposed vibrating roller is 24.7% better than that of KKZ-6 roller, which is widely used in agriculture. In this case, the improvement criterion  $k_{pl}$  on the non-rolled section was 0.5, which is 82% lower than that of the proposed roller. The structure of the soil on the area rolled by the proposed roller fully meets the agrotechnical requirements. The proposed tillage roller of vibrating action is universal and can be used on different types of soils, provided that the ballast weight and the ratio of the pulley diameters on the axis of the hollow cylinder and on the smooth cylinder are regulated.

### **Bibliography:**

1. 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.

2. Rudenko, N. E. New technologies and means of mechanization in crop production / N. E. Rudenko, E. V. Kulaev, V. N. Rudenko. - Stavropol: Publishing house of Stavropol SAU, 2018. - 380 p. - ISBN 978-5-9596-1429-4.

3. Agricultural machinery and technology / I. A. Spitsyn, A. N. Orlov, V. V. Lyashenko [and others]; edited by I. A. Spitsyn. - Moscow: Kolos, 2006. - 647 p. - ISBN 5-9532-0350-0

4. 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.

5. Patent № 2619522 Russian Federation, IPC A01B 29/04. Tillage roller: № 2015148441: appl. 10.11.2015: publ. 16.05.2017/ Kurdyumov V.I., Sharonov I.A., Proshkin V.E., Proshkin E.N., Kurushin V.V., Linkov I.M. ; applicant and patentee FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - Bul. № 14.

6. 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.

7. Analysis of requirements for development of mechanization means of cultivation of row crops / V. I. Kurdyumov, E. S. Zykin, S. A. Lazutkina, S. P. Albutov, O. A. Dmitriev // *Fundamental foundations and applied solutions of urgent problems cultivation of grain legumes: materials of the International Scientific and Practical Conference*. - Ulyanovsk: UIASU, 2020. - P. 234-237.

8. Strekalov, S. Designing soil tillage devices for the spiral land cultivation system / S. Strekalov, L. Strekalova // *E3S Web of Conferences*. - ICMTMTE, 2019. - Vol. 126. - P. 1-7.

9. 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. - P. 1-7.

10. Erzamaev, M. P. Increase of the efficiency of using tillage devices / M. P. Erzamaev, D. S. Sazonov, E. O. Salomatov // *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: collection of scientific papers of the International scientific-practical conference*. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. - P. 689-692.

11. Improvement of tillage machines for resource-saving technologies / A. D. Kormshchikov, S. S. Khramtsov, A. Yu. Shmagin, N. G. Zyablitsev // *Tractors and agricultural machines*. - 2008. - № 2. - P. 29-32.

12. Patent № 2752987 Russian Federation, IPC A01B 29/04. Tillage roller: № 2020137915: appl. 17.11.2020: publ. 11.08.2021 / V. I. Kurdyumov, V. E. Proshkin, E. N. Proshkin, V. V. Dikov; patentee is the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University. - Bul. № 23.

13. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // *TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET*. - URL: <http://www.cacilm.org/articles/detail/493> (access date 09.05.2021).

14. Block-modular unit for cultivation of row crops / A. V. Balashov, A. N. Omarov, Zh. Zh. Zainushev, A. I. Zavrazhnov, S. V. Soloviev // *Vestnik of Michurinsky State Agrarian University*. - 2015. - № 2. - P. 163-170.

15. 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. - P. 1-5.

16. Sydyk, D. A. Recommendations on resource-saving technology for cultivation of grain crops in the conditions of rainfed 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.

17. State Standard GOST R 54783-2011. Tests of agricultural machinery: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency of Technical Regulation and Metrology dated December 13, 2011 № 995-st: introduced on 2011-12-13: publishing house of standards, 2011. - Moscow. - 23 p.

18. State Standard GOST R 54784-2011. Agricultural machinery testing. Methods for assessing technical parameters: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency of Technical Regulation and Metrology dated December 13, 2011 № 996-st: introduced on 2012-03-01: publishing house of standards, 2012. - Moscow. - 23 p.