

УДК 631.331.5

DOI 10.18286/1816-4501-2022-4-162-167

### ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОКАТКА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

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

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

**Шаронов Иван Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Зыкин Евгений Сергеевич**, доктор технических наук, профессор 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.

**Ключевые слова:** виброкаток, послепосевное прикатывание, каток, ячмень, плотность почвы, структурный состав, всходы, урожайность.

Послепосевное прикатывание является обязательной операцией для получения качественного урожая, поскольку она обеспечивает выполнение основных агротехнических требований, таких как плотность и структура почвы. Необходимо отметить, что применяемые почвообрабатывающие катки не обеспечивают выполнения агротехнических требований и при этом имеют высокую удельную металлоемкость - более 300 кг/м. С учетом этих недостатков нами разработана новая конструкция виброкатка, металлоёмкость которого составляет 70 кг/м, что значительно ниже имеющихся аналогов. При этом он за счет вибрации обеспечивает качественную обработку почвы, удовлетворяющую основным агротребованиям. В результате исследований виброкатка на посевах ячменя выявлено, что плотность почвы соответствовала агротехническим требованиям и варьировалась в пределах от 1182 кг/м<sup>3</sup> до 1230 кг/м<sup>3</sup>, в отличие от ККЗ-6, у которого плотность варьировалась от 1098 кг/м<sup>3</sup> до 1412 кг/м<sup>3</sup>. Исследования структурного состава почвы показал, что после прохода виброкатка комки размером более 50 мм отсутствовали, а у ККЗ-6 в среднем присутствовало от 10 % до 20 % комков, не удовлетворяющих агротребованиям. Вследствие качественной обработки почвы виброкатком было получено снижение не только затрат на топливо и смазочные материалы в результате снижения массы на 1 м ширины захвата в сравнении с ККЗ-6, у которого она составила 270 кг/м, но и удалось увеличить урожайность ячменя в среднем на 35,7 %

**Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-5360.2022.4**

#### Введение

Послепосевное прикатывание применяют во всех регионах страны и во всех климатических зонах. Проанализировав технологии поверхностной обработки почвы, можно заключить, что на рост и развитие растений прикатывание оказывает большее влияние, поскольку обеспечивает лучший контакт семян с почвой. Разница

по всхожести семян на участках поля после посева с прикатыванием и без него достигает 30 %, а иногда и больше, если рассматривать посев по стерне [1-5].

Анализ конструктивных особенностей почвообрабатывающих катков показал, что отличаются они, в основном, только по своему техническому исполнению. При этом основным

техническим результатом является обеспечение требуемой плотности и качественной структуры почвы. Следовательно, разработка виброкатка, который обеспечит выполнение агротехнических требований при низкой металлоемкости, - это важная и актуальная задача, имеющая большое значение для развития сельского хозяйства [6-10].

#### Материалы и методы исследований

«Прикатывание почвы является незаменимым приемом при обработке почвы и посеве. Применяемые почвообрабатывающие катки не позволяют выполнить качественную обработку почвы, так как не обеспечивают выполнение основных агротребований по плотности и структурности почвы. При этом 90 % почвообрабатывающих катков имеют высокую удельную металлоемкость, превышающую 300 кг/м, что не позволяет их применять в составе комбинированного агрегата» [11-13].

Если же рассматривать легкие катки, такие как прутковые, кольчатые и спиральные, то их применяют только в составе комбинированных агрегатов. Их главная особенность - использование массы агрегата для увеличения давления катка на почву. Следовательно, легкие катки не универсальны, а качество их работы напрямую зависит от технических характеристик агрегата, установленного перед катком.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что необходимо разработать такую конструкцию катка, которая позволит при низкой металлоемкости обеспечить качественное выполнение работ.

В результате анализа конструкций катков и комбинированных почвообрабатывающих агрегатов нами разработана новая конструкция виброкатка (рис.1). При движении катка по



Рис. 1 - Виброкаток

полю за счет дебалансиров, установленных на оси катка, создается вибрация, интенсифицирующая процесс уплотнения почвы и крошения ее комков. Механизм, передающий вращение дебалансирам, устроен таким образом, что их частота вращения в несколько раз превышает частоту вращения самого катка при его качении по поверхности поля [14].

Вибрация уменьшает качество связей между частицами почвы, что позволяет значительно легче обеспечить требуемую плотность почвы.

В процессе экспериментальных исследований виброкатка на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ при посеве ячменя контролировали плотность почвы, ее влажность и структурный состав, что позволило объективно оценить качество ее обработки.

Предпосевная подготовка поля включала операции вспашки и культивации. Посев ячменя выполняли с помощью сеялки СЗ-5,4 «Червона Зирка» (рис. 2).

Для исследования влажности почвы применяли влагомер TDR 100. Для этого контакты-индикаторы погружали в верхний слой почвы - на 3...6 см от ее поверхности в зону расположения семян. Для получения качественных результатов влажность почвы замеряли по диагонали поля и в пятикратной повторности. Результаты замеров влажности почвы соответственно составили: 21,2 %, 19,8 %, 19,3 %, 20,7 % и 20,2 %; средняя - 20,24 %.

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

- влажность почвы соответствует агротехническим требованиям;
- изменение значений влажности связано с неоднородностью структуры почвы и небольшой волнистостью поверхности поля.

Основное влияние на рост и развитие растения оказывает плотность почвы, которая косвенно отражает качественное содержание воздушных и водяных пор в определенном объеме почвы. При соответствии плотности почвы агротехническим требованиям обеспечивается качественное взаимодействие семени со всеми необходимыми элементами системы «почва - растение», что способствует его быстрому прорастанию и дальнейшему качественному развитию.

Для исследования плотности почвы после посева с последующим прикатыванием виброкатком и для его сравнения с серийным катком ККЗ-6 применяли разработанный на кафедре



Рис.2 – Посев ячменя на опытном поле Ульяновского ГАУ

плотномер (патент РФ № 149064). Результаты замеров представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Результаты определения плотности почвы

Каток	Плотность почвы, кг/м <sup>3</sup>						
	Номер замера					Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение
	1	2	3	4	5		
Виброкаток	1230	1182	1201	1217	1196	1205,2	18,67
ККЗ-6	1320	1398	1137	1098	1412	1273	146,9

По результатам исследования выявлено, что плотность почвы после прохода виброкатка соответствует агротехническим требованиям, поскольку входит в пределы 1100...1300 кг/м<sup>3</sup>. Из представленных расчетов следует, что среднеквадратическое отклонение плотности почвы в 7,87 раза выше после прикатывания катком ККЗ-6 по сравнению с виброкатком, что свидетельствует о большой неоднородности этого показателя по площади поля.

На появление всходов оказывает непосредственное влияние структурный состав почвы, поскольку комки размером более 50 мм не дают прорасти растению под ним, что приводит к увеличению сроков появления всходов и к потере питательных веществ, которые в дальнейшем растение могло использовать для своего роста и развития.

Для определения структурного состава почвы применяли стандартную методику, описанную во многих источниках по исследованию

сельскохозяйственных машин и орудий [15].

По полученным данным было определено, что структурный состав почвы после ее обработки виброкатком полностью соответствовал агротехническим требованиям, при этом у ККЗ-6 в среднем присутствовало от 10 % до 20 % комков, не удовлетворяющих агротехническим требованиям (рис. 3).

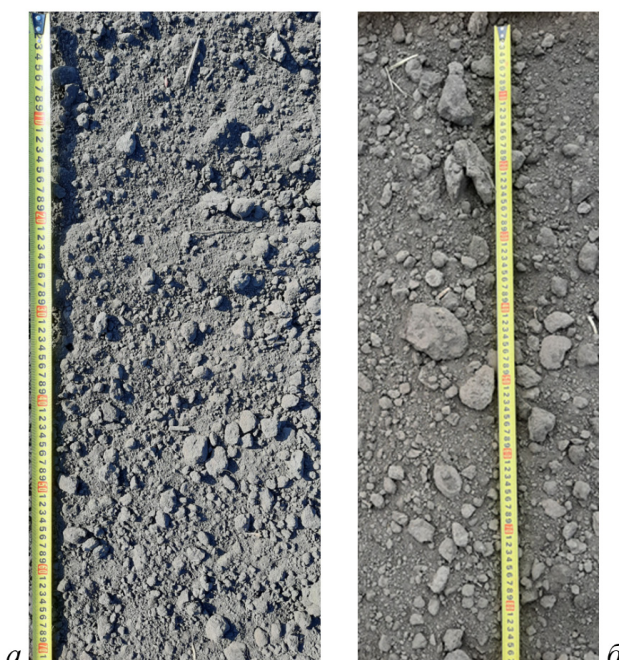


Рис. 3 – Посевы ячменя после прикатывания виброкатком (а) и катком ККЗ-6 (б)

«Для качественной оценки работы виброкатка необходимо обеспечить необходимое давление на почву, Па, создаваемое им при работе» [16-18]:

$$P_k = \frac{k_d m_d \omega_d^2 a + g m_k}{l_k 2\pi r_{np}} \quad (1)$$

где  $k_d$  – количество дебалансиров, установленных на оси виброкатка, шт.;  $m_d$  – масса дебалансира, кг;  $\omega$  – угловая скорость вращения дебалансира виброкатка, рад/с,  $a$  – расстояние от центра оси катка, на которой установлен дебалансир, до центра тяжести дебалансира [19], м,  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,  $l_k$  – ширина виброкатка, м,  $r_{np}$  – радиус прутка катка, м.

### Результаты исследований

Прикатывание почвы после посева ячменя виброкатком позволило снизить не только затраты на топливо и смазочные материалы, но и при меньшей удельной металлоемкости виброкатка, составляющей 70 кг/м, по сравнению с катком ККЗ-6, удельная металлоемкость которого составляет 270 кг/м, увеличить урожайность ячменя (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2

### Урожайность ячменя

Катки	Урожайность ячменя, г/м <sup>2</sup> , по участкам поля					
	1	2	3	4	5	средняя
Виброкаток	576,3	548,2	578,1	534,2	540,1	555,38
ККЗ-6	443,2	424,0	391,0	383,1	405,3	409,32

Как следует из представленных в таблице данных, после прикатывания почвы виброкатком получен прирост урожайности на 35,7 % по сравнению с участками поля, прикатанными катком ККЗ-6, что явилось следствием лучшего

качества обработки почвы и приближением ее состояния к эталонному по плотности и структуре (рис. 4).

### Обсуждение

Выполненные исследования показали эффективность работы виброкатка при посеве ячменя, поскольку плотность и структура почвы соответствовали агротехническим заданным показателям. Это привело к повышению урожайности культуры на 35,7 % в сравнении с выпускаемым серийно катком ККЗ-6 при абсолютно идентичных предварительно проведенных операциях по обработке почвы на контрольном и опытном участках.

### Заключение

В результате выполненных исследований выявлено, что качество прикатывания почвы виброкатком значительно лучше, чем у наиболее распространенного в аграрных предприятиях страны серийно выпускаемого аналога. Разработанный виброкаток на оптимальных режимах работы обеспечивает в 7,87 раза лучшую однородность плотности почвы, оцениваемую среднеквадратическим отклонением.

При этом структурный состав почвы после обработки виброкатком полностью соответствовал агротехническим требованиям, в то время, как у ККЗ-6 на поверхности поля присутствовало 10...20 % комков, размеры которых не удовлетворяют агротехническим требованиям.

Кроме того, в результате повышения качества послепосевной обработки почвы виброкатком, получено увеличение урожайности ячменя в среднем на 35,7 % при 3,86 меньшей удельной металлоемкости виброкатка в сравнении с ККЗ-6 (70 кг/м и 270 кг/м соответственно).



Рис. 4 – Ячмень после послепосевной обработки виброкатком

### Библиографический список

1. Семенихина, Ю. А. Исследование вязкоупругого состояния почвы под воздействием активной поверхности почвообрабатывающего катка / Ю. А. Семенихина // Тракторы и сельхозмашины. - 2017. - № 7. - С. 32-36.
2. Широкозахватные винтовые катки для прикатывания посевов // АгроСнабФорум. - 2015. - № 1-2(131). - С. 40.
3. Кузьминых, А. Н. Система предпосевной обработки почвы и урожайность ярового ячменя / А. Н. Кузьминых // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. - 2020. - Т. 6, № 1(21). - С. 32-39.
4. Шишлов, С. А. Предпосевная подготовка почвы под сою виброкатком в условиях Приморского края / С. А. Шишлов, А. Н. Шишлов, М. С. Шапарь // Аграрный вестник Приморья. - 2017. - № 3(7). - С. 57-59.
5. Шапарь, М. С. Виброкаток для предпосевного прикатывания / М. С. Шапарь, А. Н. Шишлов, С. А. Шишлов // Сельский механизатор. - 2021. - № 9. - С. 18-19.
6. Analysis of the structural composition of the soil during field studies of a soil-cultivating vibratory roller / V. I. Kurdyumov, V. E. Proshkin, E. S. Zykin, E. N. Proshkin, I. A. Sharonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : II International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". - 2022. - С. 012106.
7. Кузьминых, А. Н. Влияние способов предпосевной обработки почвы на засоренность посевов и урожайность ярового ячменя / А. Н. Кузьминых, Г. И. Пашкова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. - 2019. - № 21. - С. 34-37.
8. Синеоков, Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков. - Москва : Машиностроение, 1965. - 312 с.
9. Зеленин, А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А. Н. Зеленин. - Москва : Машиностроение, 1968. - 367 с.
10. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : учебник / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. - Москва : Колос, 1994. - 751 с. - ISBN 5-10-001744-9.
11. Определение металлоемкости орудий при их проектировании / Р. С. Рахимов, И. Р. Рахимов, Ф. Ф. Касымов, А. С. Невзоров, Г. В. Ружьева // АПК России. - 2015. - Т. 74. - С. 110-117.
12. Ефимов, А. Г. Механические приёмы ухода за посевами / А. Г. Ефимов, В. Г. Калюжный // Соя: биология и технология возделывания : монография / под редакцией В. Ф. Баранова, В. М. Лукомца. - Краснодар : ФГУП Советская Кубань, 2005. - С. 246-251.
13. Патент № 176762 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2017102069 : заявл. 23.01.2017 : опубл. 29.01.2018 / Бабицкий Л. Ф., Куклин В. А. ; патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. - Бюл. № 4.
14. Патент № 2752988 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Почвообрабатывающий каток : № 2020137977 : заявл. 18.11.2020 : опубл. 11.08.2021 / Курдюмов В. И., Прошкин В. Е., Прошкин Е. Н., Диков В. В. ; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. - Бюл. № 23.
15. Использование мульчирующих катков в конструкции комбинированных почвообрабатывающих агрегатов / С. И. Камбулов, Г. Г. Пархоменко, Ю. А. Семенихина, И. В. Божко // Таврический вестник аграрной науки. - 2020. - № 3(23). - С. 113-121.
16. Методика балансировки дебалансов вибратора на вибропрессовом оборудовании / А.-М. С. Джашеев, А. М. Кидакоев, Ф. А. Акбаева, К. А.-М. Джашеев // Современные наукоемкие технологии. - 2018. - № 3. - С. 41-46.
17. Мазитов, М. А. Маятниковый вибратор на почвообрабатывающем орудии / М. А. Мазитов, А. С. Подуруев, С. Н. Дроздов // Сельский механизатор. - 2011. - № 10. - С. 8-9.
18. Яруллин, Р. Б. Автоматический вибратор частотно-регулируемого асинхронного электропривода вибромашины с вертикальной осью вращения дебалансов / Р. Б. Яруллин, А. Р. Мулюков // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2016. - Т. 12, № 3. - С. 36-43.
19. К определению силы воздействия виброкатка на почву / В. И. Курдюмов, В. Е. Прошкин, Е. Н. Прошкин, В. В. Диков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2022. - № 2(58). - С. 13-17.

## RESEARCH OF A VIBRATORY ROLLER IN FIELD CONDITIONS

Proshkin V.E., Kurdyumov V.I., Sharonov I.A., Zykin E.S.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University  
432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, building 1; tel.: 89279871088; e-mail: veproshkin1993@gmail.com.

**Key words:** vibratory roller, post-sowing rolling, roller, barley, soil density, structural composition, sprouts, yield.

Post-sowing rolling is an essential operation for a good harvest, since it ensures fulfillment of basic agro-technical requirements such as soil density and structure. It should be noted that presently used soil-cultivating rollers do not ensure the fulfillment of agrotechnical requirements and, in addition, have a high specific metal content - more than 300 kg/m. Taking into account these disadvantages, a new design of the vibratory roller was developed, the metal consumption of which is 70 kg/m, which is significantly lower than the existing analogues. Moreover, it provides high-quality tillage due to vibration, and the tillage meets the basic agricultural requirements. As a result of studies of the vibratory roller on barley crops, it was revealed that the density of the soil corresponded to agrotechnical requirements and varied from 1182 kg/m<sup>3</sup> to 1230 kg/m<sup>3</sup>, in contrast to KKZ-6, its density varied from 1098 kg/m<sup>3</sup> to 1412 kg/m<sup>3</sup>. The studies of the structural composition of the soil showed that there were no lumps larger than 50 mm after passage of the vibratory roller, as far as KKZ-6 is concerned, there were, on average, from 10% to 20% of lumps that did not meet the agricultural requirements. As a result of high-quality tillage with a vibratory roller, it was possible to reduce the cost of fuel and lubricants as a result of weight decrease per 1 m of the working width in comparison with KKZ-6, (which was 270 kg/m), in addition it allowed to increase the yield of barley by an average of 35.7%.

### Bibliography:

1. Semenikhina, Yu. A. Study of viscoelastic state of the soil under the influence of the active surface of the tillage roller / Yu. A. Semenikhina // Tractors and agricultural machines. - 2017. - № 7. - P. 32-36.
2. Wide-span screw rollers for rolling of crops // AgroSnabForum. - 2015. - № 1-2 (131). - P. 40.
3. Kuzminykh, A. N. The system of pre-sowing tillage and the yield of spring barley / A. N. Kuzminykh // Vestnik of Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic sciences. - 2020. - V. 6, № 1(21). - P. 32-39.
4. Shishlov, S. A. Pre-sowing soil preparation for soybeans with a vibratory roller in the conditions of Primorsky Krai / S. A. Shishlov, A. N. Shishlov, M. S. Shapar // Agrarian Vestnik of Primorye. - 2017. - № 3(7). - P. 57-59.
5. Shapar, M. S. Vibratory roller for pre-sowing rolling / M. S. Shapar, A. N. Shishlov, S. A. Shishlov // Rural machine operator. - 2021. - № 9. - P. 18-19.
6. Analysis of the structural composition of the soil during field studies of a soil-cultivating vibratory roller / V. I. Kurdyumov, V. E. Proshkin, E. S. Zykin, E. N. Proshkin, I. A. Sharonov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : II International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science". - 2022. - P. 012106.
7. Kuzminykh, A. N. Influence of methods of pre-sowing tillage on crop weediness and productivity of spring barley / A. N. Kuzminykh, G. I. Pashkova // Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. - 2019. - № 21. - P. 34-37.
8. Sineokov, G. N. Design of tillage machines / G. N. Sineokov. - Moscow: Mashinostroenie, 1965. - 312 p.
9. Zelenin, A. N. Fundamentals of soil destruction by mechanical methods / A. N. Zelenin. - Moscow: Mashinostroenie, 1968. - 367 p.
10. Klenin, N. I. Agricultural and reclamation machines: textbook / N. I. Klenin, V. A. Sakun. - Moscow: Kolos, 1994. - 751 p. — ISBN 5-10-001744-9.
11. Specification of metal consumption of tools in the course of their design / R. S. Rakhimov, I. R. Rakhimov, F. F. Kasymov, A. S. Nevzorov, G. V. Ruzheva // AIC of Russia. - 2015. - V. 74. - P. 110-117.
12. Efimov, A. G. Mechanical methods of crop care / A. G. Efimov, V. G. Kalyuzhnyi // Soybean: biology and cultivation technology: monograph / edited by V. F. Baranov, V. M. Lukomets. - Krasnodar: Federal State Unitary Enterprise Sovetskaya Kuban, 2005. - P. 246-251.
13. Patent № 176762 Russian Federation, IPC A01B 29/04. Soil Tillage roller : № 2017102069 : App. 23.01.2017: publ. 29.01.2018 / Babitskiy L. F., Kuklin V. A.; patent holder Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Crimean Federal University named V.I. Vernadsky. - Bull. № 4.
14. Patent № 2752988 Russian Federation, IPC A01B 29/04. Soil Tillage roller: № 2020137977 : Appl. 18.11.2020: publ. 11.08.2021 / Kurdyumov V. I., Proshkin V. E., Proshkin E. N., Dikov V. V.; Patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University. - Bull. № 23.
15. Usage of mulching rollers in design of combined tillage units / S. I. Kambulov, G. G. Parkhomenko, Yu. A. Semenikhina, I. V. Bozhko // Tauride Vestnik of Agrarian Science. - 2020. - № 3(23). - P. 113-121.
16. Method of balancing vibrator balance weights on vibropress equipment / A.-M. S. Dzhaseev, A. M. Kidakoev, F. A. Akbaeva, K. A.-M. Dzhaseev // Current science-intensive technologies. - 2018. - № 3. - P. 41-46.
17. Mazitov, M. A. Pendulum vibrator on a soil-cultivating tool // Rural mechanic. - 2011. - № 10. - P. 8-9.
18. Yarullin, R. B. Automatic vibrator of a frequency-controlled asynchronous electric drive of a vibrator with a vertical axis of rotation of balance weights / R. B. Yarullin, A. R. Mulyukov // Electrotechnical and information complexes and systems. - 2016. - V. 12, № 3. - P. 36-43.
19. To specification of the impact force of a vibratory roller on the soil / V. I. Kurdyumov, V. E. Proshkin, E. N. Proshkin, V. V. Dikov // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2022. - № 2 (58). - P. 13-17.