

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ

Шаронов И.А., кандидат технических наук, доцент,
тел.: 88422559595, ivanshar2009@yandex.ru

Курушин В.В., кандидат технических наук, доцент,
тел.: 88422559595, kurushin.viktor@yandex.ru

Богатский Р.В., студент, тел.: 88422559595, gerald7337@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: каток, прикатывание, дебалансиры, осциллирующий режим, плотность, почва

Исследование посвящено разработке почвообрабатывающего катка, способного интенсифицировать процесс прикатывания почвы с обоснованием соответствующих конструкционных особенностей. Предложен почвообрабатывающий каток с пассивным приводом дебалансиров. Возникающая при их вращении центробежная сила способствует улучшению качества прикатывания при меньшей, по сравнению с аналогами, материалоемкости катка. Предлагаемый каток способен осуществлять осциллирующий режим прикатывания почвы, а при наличии в конструкции акселерометра - вести непрерывный контроль качества поверхностной обработки почвы, необходимый при различной влажности или структурном составе почвы по площади поля.

Введение. Многообразие технологических операций, осуществляемых при возделывании сельскохозяйственных культур, не уменьшает значимость послепосевого прикатывания почвы. Агротехнически правильное выполнение этой операции позволяет, в отдельных случаях, до 25 % увеличить всхожесть семян, в дальнейшем – обеспечить оптимальный водно-воздушный почвенный режим для развития растений, а также создать условия для более комфортного переживания холодного периода года озимыми культурами. Однако наиболее распространенные конструкции почвообрабатывающих катков исчерпали ресурс их экстенсивного совершенствования, поэтому

возникла актуальная задача разработки и исследования катка, интенсифицирующего процесс прикатывания почвы.

Цель исследования – разработка почвообрабатывающего катка, способного интенсифицировать процесс прикатывания почвы с обоснованием соответствующих конструкционных особенностей.

Материалы и методы исследования. Зарубежные фирмы (Ammann, Bomag, Caterpillar, Дунпарас, Sakai и др.), выпускающие катки для дорожно-строительных работ, преимущественно закладывают в конструкцию машин принцип виброуплотнения с использованием вибраторов различного типа. Такие устройства позволяют увеличить качество уплотнения грунта (асфальта) за счет большего создаваемого ими давления. Предусмотрена также возможность смены режимов статической работы и вибрационного воздействия.

Например, фирма Ammann выпускает широкую линейку катков – от малых ручных до больших самоходных (рисунок 1). Предлагаются катки массой от 719 кг, центробежная сила в которых изменяется в пределах 14...23 кН до 20705 кг, обеспечивающие центробежную силу 300...375 кН. Из приведенных выше данных следует, что за счет реализации принципа вибровоздействия можно увеличить давление на уплотняемый материал в 1,8...3,2 раза. Это приводит к улучшению качества уплотнения, а количество проходов катка по одному участку поверхности снижается, что позволяет экономить топливо, время, соответственно, снизить эксплуатационные затраты.



Ручной виброкаток
Ammann ARW 65 Yanmar

Каток тандемный
Ammann AV 110 X TIER 3

Каток грунтовоый
Ammann ARS 200D

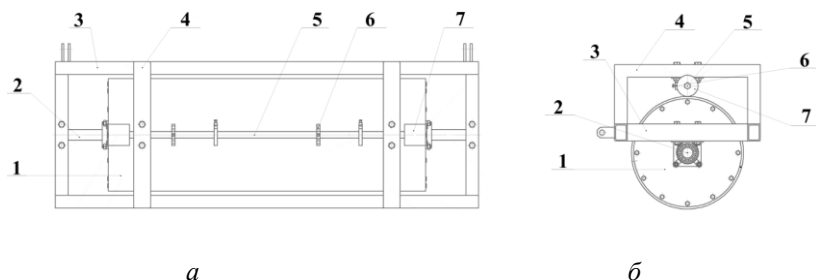
Рисунок 1 – Дорожно-строительные катки Амманн (Германия)

Однако сама по себе масса катка или возникающая при его работе центробежная сила не характеризует уплотняющее действие катка.

Способность катков уплотнять почву или грунт обычно характеризуют удельным давлением p , Н/м или кН/м, которое определяют как отношение веса катка к его ширине захвата. Удельное давление, создаваемое наиболее распространенными кольчато-шпоровыми почвообрабатывающими катками ЗККШ-6 (без балласта) составляет 2,7 Н/м и до 4,7 кН с балластом, кольчато-зубчатыми катками ККН-2,8 – 2,5 кН, а гладкими водоналивными ЗКВГ-1,4, в зависимости от массы залитой в них воды, от 2,3 кН/м до 6 кН/м. Понятно, что это на порядок меньше, чем минимальное удельное давление, требуемое для качественной работы дорожных катков (> 11 кН/м).

Промышленные предприятия не выпускают почвообрабатывающие катки с функцией вибровоздействия на уплотняемую поверхность, вследствие технологически трудной реализации активного вибропривода.

Результаты и их обсуждение. Коллективом авторов Ульяновского ГАУ удалось реализовать в конструкции катка пассивный вибропривод дебалансиров. Для этого каток снабдили дополнительной осью 5 (рисунок 2), получающей вращение от установленных на ней колес 7, соприкасающихся с наружной поверхностью пустотелого цилиндра 1. Поскольку диаметр колес 7 меньше диаметра пустотелого цилиндра 1, то дополнительная ось 5 при работе катка вращается с большей частотой, чем пустотелый цилиндр 1. На дополнительной оси 5 установили дебалансиры 6, которые при своем вращении создают центробежную силу. При установке еще двух дополнительных осей под острым углом к центральной дополнительной оси можно реализовать осциллирующий режим прикатывания и обеспечить при вращении дебалансиров 6 центробежную силу до 2,0 кН, что превышает силу тяжести самого катка (1,65 кН).



а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 - пустотелый цилиндр; 2 – ось; 3 – рама; 4 - П-образные держатели; 5 - дополнительная ось; 6 – дебалансы; 7 – колеса

Рисунок 2 – Гладкий дебалансный каток

Предлагаемый каток, имея меньшую, по сравнению в аналогами, материалоемкость, обеспечивает, как минимум, аналогичное качество прикатывания, что подтверждено результатами полевых исследований.

При работе гладкого дебалансного катка колебания дебалансиров, а, следовательно, и изменение давления на почву за счет наличия центробежной силы, носят синусоидальный характер. За счет установки двух дополнительных осей и смещения дебалансиров относительно этих осей можно либо увеличить высоту выступов синусоиды, либо сгладить ее за счет установки дебалансиров в противофазе.

Качество работы катка можно оценивать в непрерывном режиме с помощью показателя k_s :

$$k_s = \omega^2 \left(m + \frac{m_d e \cos \varphi}{z} \right),$$

где: ω - круговая частота колебаний дебалансира, рад/с; m – масса катка, кг; e – эксцентриситет центра тяжести дебалансира относительно дополнительной оси, м; φ - разность фаз колебаний дебалансиров, град; z - вертикальное перемещение вальца, м.

Значения z_{max} можно определить, проинтегрировав значения ускорения пустотелого цилиндра катка, используя данные с установленного на раме акселерометра.

Заключение. Таким образом, предлагаемый каток обеспечивает не только качественное прикатывание почвы за счет осциллирующего

режима выполнения этой технологической операции, но и позволяет вести непрерывный контроль качества поверхностной обработки почвы, что особенно актуально при неоднородном почвенном агрофоне, в частности, при различной влажности или структурном составе почвы по площади поля.

Библиографический список:

1. 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.
2. Курдюмов, В.И. Оптимизация параметров прикатывающего устройства комбинированного посевного агрегата / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, Е.С. Зыкин, Е.Н. Прошкин, В.Е. Прошкин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 1. С. 34-37.
3. Курдюмов, В.И. Определение плотности почвы после прохода катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 27-29.
4. Курдюмов, В.И. Экспериментальные исследования устройства для формирования гребней почвы / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, Е.С. Зыкин, В.В. Мартынов // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. № 17. С. 63-67.
5. Семенихина Ю.А. Исследование вязкоупругого состояния почвы под воздействием активной поверхности почвообрабатывающего катка // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 7. С. 32-36.
6. Шаронов, И.А. Результаты исследований цилиндроспирального почвообрабатывающего катка / И.А. Шаронов, В.И. Курдюмов, В.Е. Прошкин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 135-139.
7. Курдюмов, В.И. Исследование эксцентрикового почвообрабатывающего катка / В.И. Курдюмов, Ю.М. Исаев, И.А. Шаронов, В.Е. Прошкин, А.С. Егоров // Наука в центральной России. 2016. № 1 (19). С. 37-45.
8. Прошкин, В.Е. Анализ результатов полевых исследований пружинно-волнового катка / В.Е. Прошкин, В.И. Курдюмов, Е.Н.

Прошкин, В.В. Курушин, Р.В. Богатский // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90. № 5. С. 405-412.

9. Прошкин, В.Е. Полевые исследования почвообрабатывающего катка вибрационного действия / В.Е. Прошкин, Е.С. Зыкин, В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (56). С. 6-12.

10. Курдюмов, В.И. Экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, В.Е. Прошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2 (26). С. 141-145.

11. Kurdyumov, V.I. 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 // В сборнике: 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.

12. Kurdyumov, V.I. Field studies of the wave roller / V.I. Kurdyumov, V.E. Proshkin, V.V. Kurushin, E.N. Proshkin, R.V. Bogatsky // В сборнике: II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023). Les Ulis, 2023. С. 02030.

13. Патент № 2799843 Российская Федерация, МПК A01B 29/02; A01B 29/06. Почвообрабатывающий каток / В.И. Курдюмов, В.Е. Прошкин, В.Б. Линеев; патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. – № 2022130952; заявл. 28.11.2022; опубл. 12.07.2023 Бюл. № 20.

14. Шаронов, И.А. Особенности кинематики молоткового перфорированного почвообрабатывающего катка / И.А. Шаронов, Ю.М. Исаев, В.И. Курдюмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 13-19.

INTENSIFICATION OF THE SOIL ROLLING PROCESS

Sharonov I.A., Kurushin V.V., Bogatsky R.V.

Key words: roller, rolling, unbalancing, oscillating mode, density, soil

The study is devoted to the development of a tillage roller capable of intensifying the process of rolling the soil with justification of the relevant design features. A tillage roller with a passive drive of rebalancers is proposed. The centrifugal force generated by their rotation helps to improve the quality of rolling at a lower, compared with analogues, the material consumption of the roller. The proposed roller is capable of carrying out an oscillating mode of rolling the soil, and if there is an accelerometer in the design, it can continuously monitor the quality of surface tillage, which is necessary for different moisture or structural composition of the soil over the field area.