

УДК 631.515

**Г. С. Юнусов, Ю. А. Кропотов****G. S. Yunusov, Y. A. Kropotov***Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола**Mari State University, Yoshkar-Ola***ПРИКАТЫВАЮЩИЙ КАТОК С ЗИГЗАГОБРАЗНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ****PACKER ROLLER WITH ZIGZAG WORKING BODIES**

В статье представлен материал по проблемам качественной предпосевной обработки почвы, обеспечения оптимального уплотнения и выравнивания поверхности почвы с помощью прикатывающих катков. Проведен обзор и краткий анализ существующих видов катков. Разработан и изготовлен прикатывающий каток новой конструкции.

This article contains material on quality secondary tillage and the provision of optimum compaction and uniformity of the soil surface with the help of packer rollers. The authors made a review and a brief analysis of the existing types of rollers. They created a new design and manufactured a packer roller.

*Ключевые слова:* поверхностная обработка почвы, прикатывающий каток, зигзагообразные рабочие органы.

*Key words:* soil surface tillage, packer roller, zigzag working bodies.

При возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе мелкосеменных, в процессе предпосевной обработки почвы особое значение должно уделяться уплотнению почвы с помощью разнообразных катков. Уплотнение позволяет создать необходимый водно-воздушный и тепловой режимы в почве, образуя структурную выровненную поверхность почвы, и обеспечить необходимый контакт семян с почвой при равномерной глубине заделки семян.

Катки, используемые в сельском хозяйстве, можно разделить на два вида: катки почвообрабатывающие, обеспечивающие уплотнение почвы, крошение глыб, выравнивание поверхности почвы; катки специальные, обеспечивающие уничтожение ледяной корки, снегозадержание, прикатывание сидератов перед вспашкой, устойчивость при работе отдельных сельскохозяйственных машин [1; 2].

По форме рабочей поверхности прикатывающие катки разделяются на следующие группы: гладкий цилиндрический; гладкий кольцеобразный; звездчатый; клиновидный, кольчато-шпоровый; борончатый.

По назначению можно разделить на: глыбокрошащие выравнивающие; поверхностно-уплотняющие; выравнивающие; поверхностно-рыхлящие; универсальные. По способу агрегатирования — прицепные, навесные, полунавесные.

Имеющие конструкции катков не учитывают особенности их использования в изменяющихся агроландшафтных условиях, не используется блочно-модульный принцип агрегатирования, имеют низкий уровень унификации, что является также препятствием для использования их в составе комбинированных почвообрабатывающих орудиях и машинах.

Существующие конструкции катков не предусматривают контроля за регулируемыми параметрами:

глубиной и уплотнением обрабатываемой почвы. Существующие рекомендации по этому вопросу в части использования балласта, различных диаметров катков недостаточны и противоречивы.

К недостаткам конструкции катков можно отнести:

- существующие способы очистки от налипания почвы малоэффективны и приводят к нарушениям требований по подготовке поверхностного слоя, особенно на переувлажненных почвах;
- значительная металлоемкость;
- недостаточное использование контролирующих устройств;
- использование только механического воздействия статической нагрузкой;
- недостаточное количество исследований по обоснованию формы рабочей поверхности катков в составе комбинированных машин.

Для решения этих недостатков предусматривается создание нового поколения максимально районированных машин для обработки почвы, обеспечивающих значительное (в 2 раза) повышение производительности труда, экономию топливно-энергетических ресурсов. Разработка агрегатов на основе блочно-модульного принципа агрегатирования позволит снизить ширину захвата блока модуля до 0,8–1,2 м, что улучшит копирование рельефа поверхности поля и качество обработки в зависимости от назначения и условий его функционирования и сделает ее более универсальной в использовании [4].

На кафедре механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции Марийского государственного университета разработан и изготовлен комбинированный агрегат, с которым агрегируется почвообрабатывающий зигзагообразный каток новой конструкции (рис. 1). Конструкция катка обеспечивает

качественное уплотнение поверхности почвы и состоит из: рамы катка (2), оси (7), вращающейся в подшипниковых узлах (5), на ней закреплены два диска (6) с отверстиями, в которые смонтированы зигзагообразные стальные прутки (4) диаметром 10 мм, изогнутые под углом  $120^\circ$ , с шагом  $t = 100$  мм. Каток шарнирно соединен с рамой почвообрабатывающего агрегата, а усилие прилегания катка к почве регулируется с помощью сжатия пружин (3).

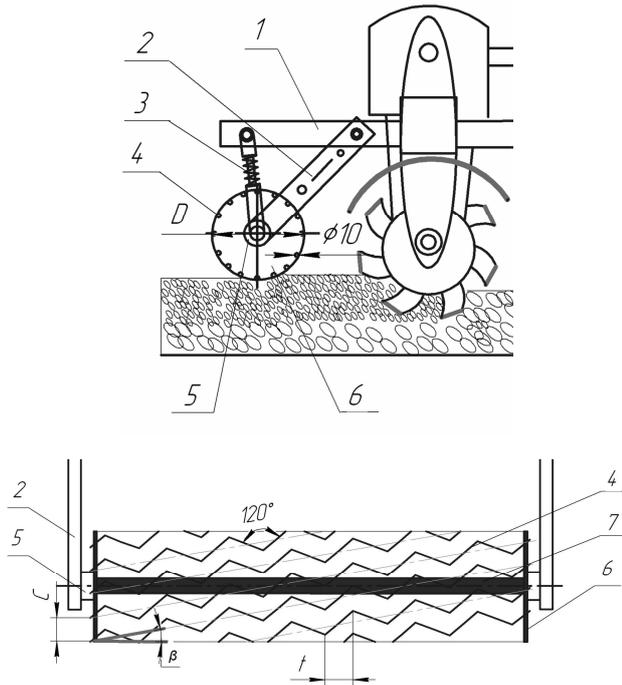


Рис. 1 — Прикатывающий каток:

- 1 — комбинированный агрегат; 2 — рама катка; 3 — пружина;  
4 — зигзагообразные прутки; 5 — подшипник оси катка;  
6 — диск; 7 — ось катка

В отверстиях диска катка с шагом  $C$  в свободном положении находятся зигзагообразные прутки под углом  $\beta$ . Ход прутков в период их деформации обеспечивает очистку катка от влажной почвы. При этом угол наклона проекций этих прутков на любую поверхность, проходящую через ось катка, определяют по выражению:

$$\beta = \arctg \left( \frac{2\sqrt{HD - H^2}}{C} \right), \quad (1)$$

где  $H$  — максимальная высота допустимой гребнистости почвы для обработанного поля, мм;  $D$  — диаметр катка, мм;  $C$  — расстояние между соседними полосами вдоль образующих цилиндра, описывающего зигзагообразный каток, мм.

Шаг зигзагообразной полосы ( $t$ ) определяют по следующему математическому выражению:

$$t = \frac{2D}{\tg \beta}, \quad (2)$$

а количество полос в катке определяют по зависимости:

$$n = \frac{t}{c + \alpha \cos \delta}, \quad (3)$$

а уточненную максимальную гребнистость почвы обработанного поля определяют по зависимости:

$$H_n = \frac{D - \sqrt{D^2 - \left( \frac{t}{n_n} - \alpha \cos \delta \right)^2 \tg^2 \beta}}{2}, \quad (4)$$

где  $H_n$  — количество зигзагообразных полос, рассчитанное по формуле и округленное до целого числа.

Усилия, возникающие в процессе функционирования устройства, незначительные и позволяют с достаточной точностью пренебречь различного рода нелинейными эффектами.

Рассмотрим уравнение Эйлера–Лагранжа для функционала  $S$  [1]:

$$S = \frac{1}{2} \int_{z_1}^{z_2} \int_0^L \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 - EA \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - Q_u \right] dx dt, \quad (5)$$

где  $\mu$  — погонная масса стержня, кг;

$A$  — площадь поперечного сечения стержня,  $\text{см}^2$ ;

$E$  — модуль Юнга материала;

$Q$  — интенсивность внешней нагрузки, Н.

Тогда динамическое уравнение имеет вид:

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - EA \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = Q. \quad (6)$$

Наличие катка массой  $M$  может быть учтено крайними условиями:

$$EA \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x=L} = -M \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \right)_{x=L}. \quad (7)$$

Стандартный расчет подобных систем сводится к решению частотного уравнения:

$$\beta \cdot \tg \beta = \alpha \quad \beta = a \cdot L \quad a^2 = \frac{A \cdot E}{\mu}. \quad (8)$$

Качественное выравнивание почвы предполагает минимизацию рельефа после обработки. Сделаем некоторые замечания относительно вида функции  $Q(t)$ . Во-первых, ее вид зависит от применяемых ранее технологических операций. Иными словами, от этих операций зависят параметры той функции, которой можно аппроксимировать «рельеф».

Безусловно, функция рельефа является случайной и при выполнении условий Дирихле может быть разложена в ряд Фурье:

$$Q(V_0 t) = \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos \omega_k V_0 t + b_k \sin \omega_k V_0 t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \cos(\omega_k V_0 t + \varphi_k); \quad (9)$$

$$\omega_k = \frac{2\pi k}{T}. \quad (10)$$

Применяя для каждой гармоники операционный метод и приближая (5) ступенчатой функцией, получим:

$$Q(V_0 t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \sigma(t - n\tau) \sigma_1(L + R - x), \quad (11)$$

где  $\sigma(t)$  — ступенчатая функция Хевисайда.

Для теоретического обоснования агрегата были проведены экспериментальные исследования [3]. В качестве факторов приняты три фактора (табл.): глубина обработки —  $h$  (см); скорость поступательного движения агрегата —  $V$  (км/ч); сила давления катка на почву —  $P$  (Н).

#### Уровень факторов и интервалы варьирования

Обозначения	Название фактора, ед. изм.	Уровень фактора			Интервал варьирования
		-1	0	1	
$x_1$	Глубина обработки $h$ , см	8	12	16	4
$x_2$	Скорость агрегата $v$ , км/ч	8	10	12	2
$x_3$	Сила давления катка на почву $P$ , Н	300	550	800	250

**Вывод.** При изготовлении были приняты проведенные теоретические расчеты оптимальных параметров катка. В результате испытаний разработанный комбинированный агрегат с прикатывающим катком новой конструкции обеспечивает крошение почвы до 91,4 %, что является оптимальным показателем для данных видов операций. Крошение почвы можно регулировать с помощью силы давления катка на почву.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что разработанный комбинированный агрегат с катком способен решить поставленную нами задачу.

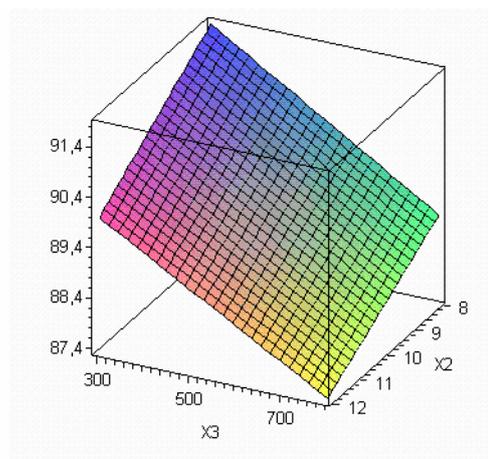


Рис. 2 — Зависимость крошения почвы от скорости агрегата и нагрузки катка на почву

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Ю. И., Кузнецов А. Ю. Изучение свойств почвы для создания орудий предпосевной обработки // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 9. С. 25–27.
2. Лобачевский Я. П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. № 8. С. 30.
3. Мельников С. В., Аleshкин В. Р., Роцин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 1980. 195 с.
4. Юнусов Г. С. Технологии и технические средства поверхностной обработки почвы: науч. изд. / Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2006. 328 с.