



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

AGRICULTURE

УДК 631.319.2

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-3-247-254

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С АКТИВНЫМ ИГОЛЬЧАТЫМ КАТКОМ

Н. Н. Андержанова, Г. С. Юнусов, А. В. Майоров

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

Аннотация. В статье описываются экспериментальные исследования по изучению влияния конструкции комбинированного малогабаритного почвообрабатывающего агрегата с активным игольчатым катком и сегментной фрезы, разработанные в Марийском государственном университете, на базе мотоблока марки «Нева МБ – Б 6,0 Компакт». При разработке комбинированного почвообрабатывающего агрегата были учтены технические параметры орудия и условия выполнения агрегатом за один проход таких операций, как измельчение почвенных глыб, рыхление почвы на определенную глубину, выравнивание микрорельефа поверхностного слоя, подрезание растительных остатков и перемешивание их с землей, прикатывание верхнего слоя почвы. В результате статистической обработки экспериментальных данных была получена математическая зависимость комковатости поверхности почвы от основных независимых факторов процесса обработки почвы, позволяющая определить рациональные технологические режимы работы агрегата.

Введение. Ключевую роль в обеспечении благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур играет качественное выполнение полевых работ. Это означает, что необходимо обеспечить соответствие параметров качества и сроков выполнения агротехнических требований в малых подсобных и фермерских хозяйствах, где работа проводится при ограниченных и тесных условиях с применением мотоблоков. **Материалы и методы.** Применение прицепного активного игольчатого катка позволяет существенно ускорить процесс подготовки почвы. Экспериментальное исследование включало в себя изучение влияния трех основных факторов на крошение почвы: глубина обработки, нагрузка на прикатывающий каток и частота вращения ротора катка. Результаты исследования позволяют оптимизировать использование катков при обработке почвы и повысить ее крошение. Это, в свою очередь, может привести к улучшению качества почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур. **Результаты.** Программа экспериментальных исследований включала несколько этапов и состояла из предварительных однофакторных и полного трехфакторного экспериментов. В ходе осуществления комбинированной обработки почвы определены характерные зависимости показателей комковатости почвы от показателей глубины обработки, частоты вращения двигателя и нагрузки прикатывающего катка. На основании полученных данных вывели математическую зависимость степени крошения почвы от различных факторов.

Заключение. Результаты испытаний показывают, что при глубине обработки $X_1=18$ см, частоте вращения ротора катка $X_2=270$ об/мин, нагрузке прикатывающего катка $X_3=30$ Н работа активного игольчатого катка наиболее эффективна, так как при данных параметрах достигается максимальная степень крошения почвы.

Ключевые слова: почва, обработка, комбинированный агрегат, зависимость, активный игольчатый каток, степень крошения почвы

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Андержанова Н. Н., Юнусов Г. С., Майоров А. В. Оценка эффективности комбинированного малогабаритного почвообрабатывающего агрегата с активным игольчатым катком // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 3. С. 247–254. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-247-254>

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF A COMBINED SMALL-SIZED TILLAGE UNIT
WITH AN ACTIVE NEEDLE ROLLER

N. N. Anderzhanova, G. S. Yunusov, A. V. Mayorov

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Abstract. The article describes experimental studies to study the effect of the design of a combined small-sized tillage unit with an active needle roller and a segment cutter developed at the Mari State University, based on the Neva MB – B 6.0 Compact motorblock. When developing a combined tillage unit, the technical parameters of the tool and the conditions for performing operations such as crushing soil blocks, loosening the soil to a certain depth, leveling the microrelief of the surface layer, pruning plant residues and mixing them with the ground, rolling the topsoil were taken into account. As a result of statistical processing of experimental data, a mathematical dependence of the lumpiness of the soil surface on the main independent factors of the tillage process was obtained, which makes it possible to determine the rational technological modes of operation of the unit. **Introduction.** A key role in providing favorable conditions for the growth and development of agricultural crops is played by high-quality field work. This means that it is necessary to ensure compliance with the quality parameters and deadlines for the fulfillment of agrotechnical requirements in small subsidiary and farms, where work is carried out under limited and cramped conditions with the use of tillers. **Materials and methods.** The use of a trailed active needle roller can significantly speed up the process of soil preparation. The pilot study included the study of the influence of three main factors on soil crumbling: the depth of processing, the load on the press roller and the speed of the roller rotor. The results of the study make it possible to optimize the use of rollers in soil cultivation and increase its crumbling. This, in turn, can lead to improved soil quality and increased crop yields. **Research results.** The experimental research program included several stages and consisted of preliminary one-factor and full three-factor experiments. In the course of the combined tillage, the characteristic dependences of soil lumpiness indicators on indicators of tillage depth, engine speed and load of the rolling roller were determined. Based on the data obtained, a mathematical dependence of the degree of soil crumbling on various factors was derived. **Conclusion.** The test results show that at the working depth $X_1=18\text{cm}$, the rotation frequency of the roller rotor $X_2=270\text{ rpm}$, the load of the press roller $X_3=30\text{ N}$, the operation of the active needle roller is the most efficient, since with these parameters the maximum degree of soil crumbling is achieved.

Keywords: soil, tillage, combined aggregate, dependence, active needle roller, degree of soil crumbling

The authors declare no conflict of interest

For citation: *Anderzhanova N. N., Yunusov G. S., Mayorov A. V. Evaluation of the efficiency of a combined small-sized tillage unit with an active needle roller. Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2023, vol. 9, no. 3, pp. 139–147. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-247-254>*

Введение

В современной России сельское хозяйство опирается на мелкие фермерские хозяйства. В связи с этим, малым аграрным предприятиям требуется более интенсивная механизация работ, которая может повысить их эффективность. Ключевую роль в обеспечении благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур играет качественное выполнение полевых работ. Это означает, что необходимо обеспечить соответствие параметров качества и сроков выполнения агротехнических требований на малых подсобных и фермерских хозяйствах, где работа проводится при ограниченных условиях и с применением компактной техники, например мотоблоков.

Использование комбинированных машин и агрегатов в сельском хозяйстве существенно ускоряет

обработку почвы и обеспечивает высокое качество работы. Эти машины выполняют несколько операций одновременно, что позволяет сэкономить время и ресурсы, а также сделать процессы менее зависимыми от погоды. Это значительно повышает производительность и эффективность работы в сельском хозяйстве, что важно для обеспечения экономического развития предприятия [7].

Целью исследования является оценка эффективности предложенной конструкции, основных параметров и режимов работы малогабаритного почвообрабатывающего агрегата с активным игольчатым катком¹ [6; 7].

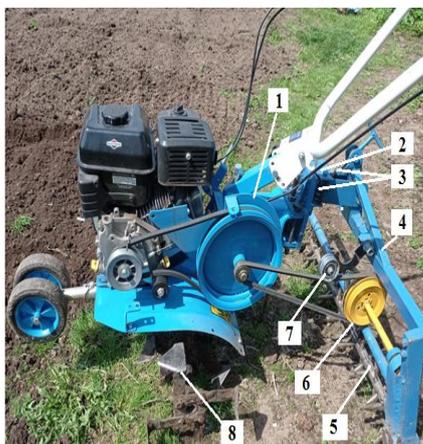
¹ Никитин Н. Н. Курс теоретической механики: учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. 5-е изд. М.: Высшая школа, 1990. 607 с.

Материалы и методы исследования

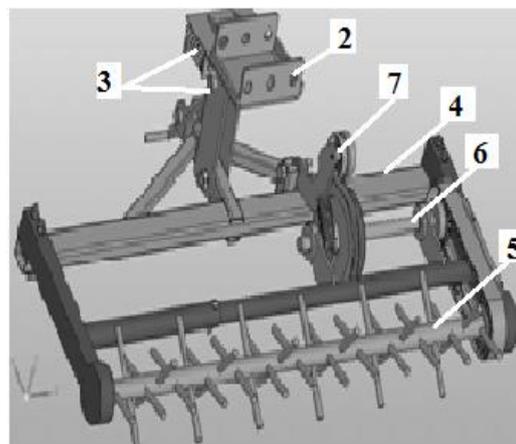
Ученые Марийского государственного университета разработали агрегат для обработки почвы с активным игольчатым катком (рис. 1).

Применение прицепного активного игольчатого катка позволяет существенно ускорить процесс подготовки почвы. Игольчатый каток

выполняет несколько функций: удаляет сорные растения, измельчает почву, придает ей рыхлую и уплотненную структуру. Процесс прикаtywания осуществляется после действия фрезы, которая разрыхляет почву (рис. 2а и б). Это влияет на структуру и плотность почвы [1; 5; 7].

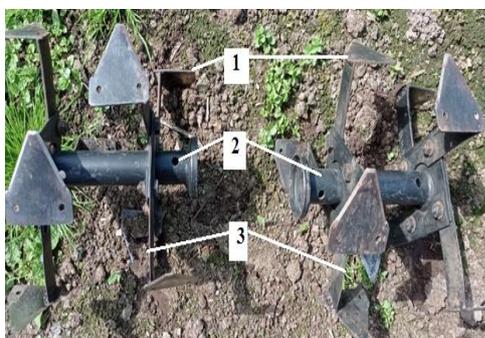


а



б

Рис. 1. Активный игольчатый каток: а – общий вид агрегата; б – конструктивная схема прикаtywающего катка: 1 – мотоблок; 2 – прицепное устройство; 3 – балансирующие пружины; 4 – рама катка; 5 – рабочий орган; 6 – привод катка; 7 – натяжное устройство; 8 – сегментная фреза / Fig. 1. Active needle roller: а – general view of the unit; б – structural diagram of the roller: 1 – tiller; 2 – towing device; 3 – balancing springs; 4 – roller frame; 5 – working body; 6 – roller drive; 7 – tension device; 8 – segment cutter



а



б

Рис. 2. Фрезы для малогабаритной почвообрабатывающей техники: а – сегментная, б – саблевидная: 1 – ножи фрезы (сегментные, саблевидные); 2 – оси фрезы; 3 – стойка фрезы / Fig. 2. Milling cutters for small-sized tillage equipment: а – segmental, б – saber-shaped: 1 – cutter knives (segmental, saber-shaped); 2 – axes of the cutter; 3 – cutter stand

Экспериментальные исследования проводились на дерново-подзолистых среднесуглинистых средней степени окультуренности почвах (предшественник – сахарная свекла) Медведевского района РМЭ и агробиостанции Марийского государственного университета¹. Экспериментальное исследование включало в себя изучение влияния трех основных факторов на крошение

почвы: глубина обработки, нагрузка на прикаtywающий каток и частота вращения ротора катка. Результаты исследования позволяют оптимизировать использование катков при обработке почвы и повысить ее крошение. Это, в свою очередь, может привести к улучшению качества почвы и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

¹ Маркеев, А. П. Теоретическая механика: учебник для университетов. Москва : ЧеРо, 1999. 572 с.

Результаты исследований

В ходе исследования был использован ортогональный центральный композиционный план для трехфакторного эксперимента. Этот план позволяет получить уравнение, которое достоверно

описывает взаимосвязь между факторами и степенью крошения почвы.

Уровни факторов и интервалы варьирования (табл. 1) задавали исходя из результатов предварительных исследований¹ [5; 7].

Таблица 1 / Table 1

Уровни факторов и интервалы варьирования / Factor levels and variation intervals

Обозначения / Designations	Название фактора, единица измерения / Factor name, unit of measurement	Уровень фактора / Factor level			Интервал варьирования / Variation interval
		-1	0	1	
X ₁	Глубина обработки Н (см)	16	18	20	2
X ₂	Частота вращения двигателя (катка, фрезы) (об/мин)	2000 (200,80)	2700 (270,100)	3400 (340,120)	700 (70,20)
X ₃	Нагрузка прикатывающего катка (Н)	30	50	70	20

В результате проведенных исследований получили зависимости изменения степени крошения почвы от глубины обработки и нагрузки прикатывающего катка.

После реализации плана эксперимента и обработки результатов получено уравнение регрессии, проверенное на адекватность по F_{0,95}-критерию Фишера:

$$Y = -32,0772 + 10,6384X_1 + 0,1844X_2 + 0,2791X_3 - 0,0015 X_1X_2 - 0,0030 X_1X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,2845 X_1^2 - 0,0003 X_2^2 - 0,0034 X_3^2 \quad (1)$$

При глубине обработки

$$X_1=16 \text{ см, } Y = 65,3052 + 0,1604 X_2 + 0,2311 X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,0003 X_2^2 - 0,0034 X_3^2; \quad (2)$$

При глубине обработки X₁=18 см,

$$Y = 67,2360 + 0,1574 X_2 + 0,2251 X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,0003 X_2^2 - 0,0034 X_3^2; \quad (3)$$

При глубине обработки X₁=20 см,

$$Y = 66,8908 + 0,1544 X_2 + 0,2191 X_3 + 0,0001 X_2X_3 - 0,0003 X_2^2 - 0,0034 X_3^2. \quad (4)$$

Для изучения влияния факторов на критерий оптимизации Y использовали трехмерные поверхности отклика (рис. 3–5)

Анализ моделей регрессии (2–4) показал, что увеличение нагрузки прикатывающего катка от 30 до 50 Н и частоты вращения ротора катка от 200 до 270 об/мин при постоянной глубине обработки почвы приводит к улучшению степени крошения почвы. При дальнейшем увеличении этих параметров – нагрузки прикатывающего катка от 50 до 70 Н и частоты вращения ротора катка от 270 до 340 об/мин – наблюдается снижение степени комковатости при всех значениях глубины обработки почвы.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 91,4 %, при глубине обработки X₁=16 см (рис. 3а) достигается при частоте вращения ротора катка X₂=270 об/мин и нагрузке прикатывающего катка X₃=38 Н.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 92,4 %, при глубине обработки X₁=18 см (рис. 3б) достигается при частоте вращения ротора катка X₂=280 об/мин и нагрузке прикатывающего катка X₃=38 Н.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 91,0 %, при глубине обработки X₁=20 см (рис. 3в) достигается при частоте вращения ротора катка X₂=270 об/мин и нагрузке прикатывающего катка X₃=38 Н [4; 7; 9].

Отсюда следует, что рациональными параметрами обработки почвы для спирального катка является глубина обработки X₁=18 см, так как при этом наблюдается наибольшая степень крошения почвы (92,4 %).

¹ Никитин Н. Н. Курс теоретической механики: учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. 5-е изд. М.: Высшая школа, 1990. 607 с.

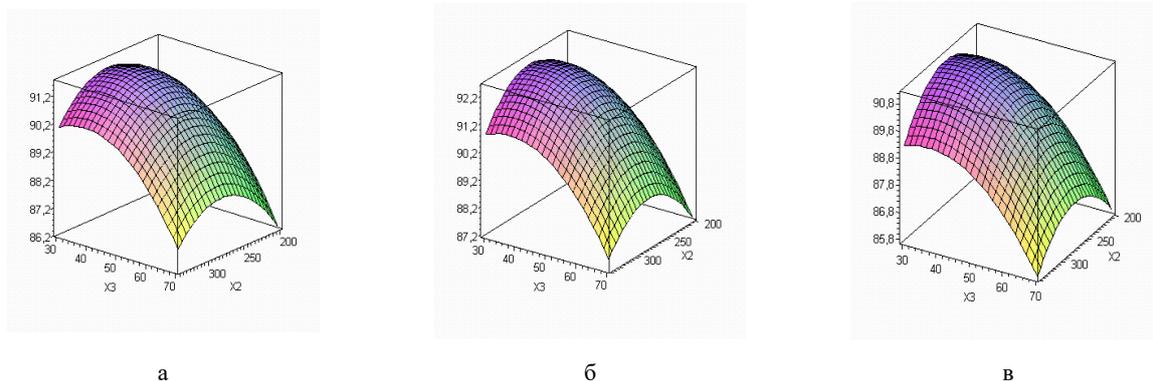


Рис. 3. Зависимость степени крошения почвы от частоты вращения ротора и нагрузки прикатывающего игольчатого катка при постоянной глубине обработки: а) $X_1=16$ см, $X_2=200-340$ об/мин; $X_3=30-70$ Н; б) $X_1=18$ см, $X_2=200-340$ об/мин; $X_3=30-70$ Н; в) $X_1=20$ см, $X_2=200-340$ об/мин, $X_3=30-70$ Н. / Fig. 3. Dependence of the degree of soil crumbling on the rotor speed and the load of the compacting needle roller at a constant tillage depth: а) $X_1=16$ см, $X_2=200-340$ rpm; $X_3=30-70$ N; б) $X_1=18$ см, $X_2=200-340$ rpm; $X_3=30-70$ N; в) $X_1=20$ см, $X_2=200-340$ rpm, $X_3=30-70$ N

Экспериментальные значения зависимости степени крошения почвы от глубины обработки и нагрузки прикатывающего катка при постоянной

частоте вращения ротора катка достоверно описываются уравнениями регрессии (5–7).

При частоте вращения ротора игольчатого катка

$$X_2 = 200 \text{ об/мин } Y = -7,1972 + 10,3384 X_1 + 0,2991 X_3 - 0,0030 X_1 X_3 - 0,2845 X_1^2 - 0,0034 X_3^2; \quad (5)$$

При $X_2 = 270$ об/мин

$$Y = -4,1592 + 10,2334 X_1 + 0,3061 X_3 - 0,0030 X_1 X_3 - 0,2845 X_1^2 - 0,0034 X_3^2; \quad (6)$$

При $X_2 = 340$ об/мин

$$Y = -4,0612 + 10,1284 X_1 + 0,3131 X_3 - 0,0030 X_1 X_3 - 0,2845 X_1^2 - 0,0034 X_3^2. \quad (7)$$

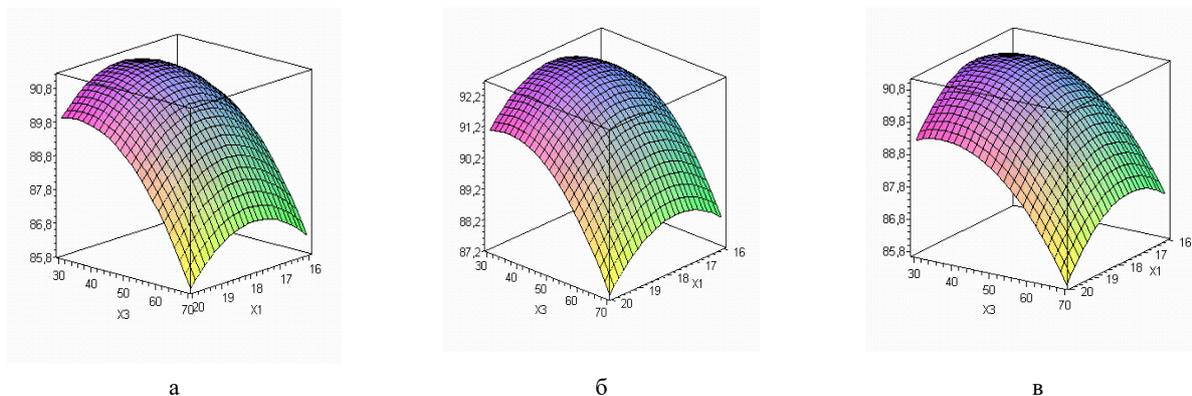


Рис. 4. Зависимость степени крошения почвы от глубины обработки и нагрузки прикатывающего катка при постоянной частоте вращения ротора катка: а) $X_2=200$ об/мин, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ Н; б) $X_2=270$ об/мин, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ Н; в) $X_2=340$ об/мин, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ Н / Fig. 4. Dependence of the degree of soil crumbling on the tillage depth and the load of the rolling roller at a constant speed of the roller rotor: а) $X_2=200$ rpm, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ N; б) $X_2=270$ rpm, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ N; в) $X_2=340$ rpm, $X_1=16-20$ см, $X_3=30-70$ N

Анализ моделей регрессии (5–7) показал, что увеличение нагрузки прикатывающего катка от 30 до 50 Н и глубины обработки почвы от 16 до 18 см при постоянной частоте вращения ротора катка приводит к улучшению степени крошения почвы. При дальнейшем увеличении этих параметров – нагрузки прикатывающего катка от 50

до 70 Н и глубины обработки почвы от 18 до 20 см – наблюдается снижение степени крошения при всех значениях частоты вращения ротора катка.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 91,0 %, при частоте вращения ротора катка $X_2=200$ об/мин (рис. 4а) достигается

при глубине обработки $X_1=17,8$ см и нагрузке прикатывающего катка $X_3=38$ Н.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 92,4 %, при частоте вращения ротора катка $X_2=270$ об/мин (рис. 4б) достигается при глубине обработки $X_1=17,8$ см и нагрузке прикатывающего катка $X_3=38$ Н.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 91,0 %, при частоте вращения ротора катка $X_2=340$ об/мин (рис. 4, в) достигается

При нагрузке прикатывающего катка $X_3=30$ Н,

$$Y = -26,7642 + 10,5484 X_1 + 0,1874 X_2 - 0,0015 X_1 X_2 - 0,2845 X_1^2 - 0,0003 X_2^2; \quad (8)$$

При $X_3 = 50$ Н,

$$Y = -26,6222 + 10,4884 X_1 + 0,1894 X_2 - 0,0015 X_1 X_2 - 0,2845 X_1^2 - 0,0003 X_2^2; \quad (9)$$

При $X_3 = 70$ Н,

$$Y = -29,2002 + 10,4284 X_1 + 0,1914 X_2 - 0,0015 X_1 X_2 - 0,2845 X_1^2 - 0,0003 X_2^2. \quad (10)$$

Анализ моделей регрессии (8–10) показал, что увеличение глубины обработки почвы от 16 до 18 см и частоты вращения ротора катка от 200 до 270 об/мин при постоянной нагрузке прикатывающего катка приводит к улучшению степени крошения почвы. При дальнейшем увеличении этих параметров – глубины обработки почвы от 18 до 20 см и частоты вращения ротора катка от 270 до 340 об/мин – наблюдается снижение степени крошения почвы при всех значениях нагрузки прикатывающего катка.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 92,3 %, при нагрузке прикаты-

при глубине обработки $X_1=17,6$ см и нагрузке прикатывающего катка $X_3=38$ Н.

Отсюда следует, что рациональной частотой вращения ротора спирального катка является $X_2=270$ об/мин, так как при этом наблюдается наибольшая степень крошения почвы (92,4 %).

Экспериментальные значения зависимости степени крошения почвы от глубины обработки и частоты вращения ротора катка при постоянной нагрузке прикатывающего катка достоверно описываются уравнениями регрессии (8–10) [3; 7; 9].

вающего катка $X_3=30$ Н (рис. 5а) достигается при глубине обработки $X_1=17,8$ см и частоте вращения ротора катка $X_2=270$ об/мин.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 91,9 %, при нагрузке прикатывающего катка $X_3=50$ Н (рис. 5б) достигается при глубине обработки $X_1=17,6$ см и частоте вращения ротора катка $X_2=270$ об/мин.

Максимальное значение степени крошения почвы, равное 88,8 %, при нагрузке прикатывающего катка $X_3=70$ Н (рис. 5в) достигается при глубине обработки $X_1=17,8$ см и частоте вращения ротора катка $X_2=275$ об/мин.

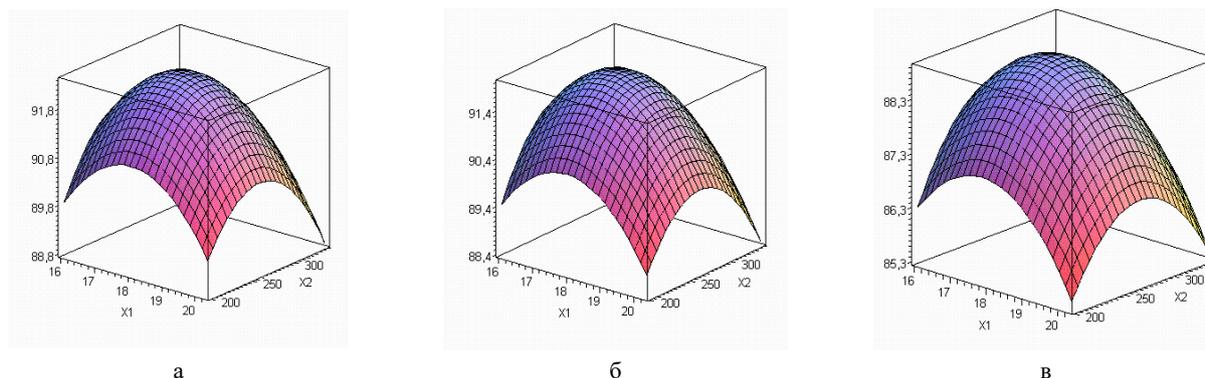


Рис 5. Зависимость степени крошения почвы от глубины обработки, частоты вращения ротора при постоянной нагрузке прикатывающего катка: а) $X_3=30$ Н, $X_1=16-20$ см, $X_2=200-340$ об/мин; б) $X_3=50$ Н, $X_1=16-20$ см, $X_2=200-340$ об/мин; в) $X_3=70$ Н, $X_1=16-20$ см, $X_2=200-340$ об/мин. / Fig. 5. Dependence of the degree of soil crumbling on the tillage depth, the rotor speed at a constant load of the rolling roller: а) $X_3=30$ N, $X_1=16-20$ cm, $X_2=200-340$ rpm; б) $X_3=50$ N, $X_1=16-20$ cm, $X_2=200-340$ rpm; в) $X_3=70$ N, $X_1=16-20$ cm, $X_2=200-340$ rpm

Отсюда следует, что рациональной нагрузкой прикатывающего спирального катка является

$X_3=30$ Н, так как при этом наблюдается наибольшая степень крошения почвы (92,3 %) [1; 7].

Заключение

Результаты испытаний показывают, что при глубине обработки $X_1=18$ см, частоте вращения ротора катка $X_2=270$ об/мин, нагрузке прикаты-

вающего катка $X_3=30$ Н работа активного игольчатого катка наиболее эффективна, так как при данных параметрах достигается максимальная степень крошения почвы.

1. Алёшкин А. В., Дёмшин С. Л., Владимиров Е. А. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного агрегата для обработки почвы и посева // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2009. № 1 (12). С. 143–148. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792478> (дата обращения: 07.08.2023).

2. Андержанова Н. Н. Обоснование конструкции и параметров малогабаритных почвообрабатывающих орудий к мотоблоку. Йошкар-Ола, 2022. 225 с.

3. Артизанов А. В., Фаттахова О. В., Волков А. И. Обеспеченность аграрного производства сельскохозяйственными машинами и агрегатами // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2020. № 22. С. 541–544. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tofago> (дата обращения: 27.07.2023).

4. Валиев А. Р., Яруллин Ф. Ф. Определение оптимальных параметров взаимного расположения конических рабочих органов на раме почвообрабатывающего орудия // *Вестник Казанского ГАУ*. 2012. № 3 (25). С. 68–73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17993504> (дата обращения: 10.08.2023).

5. Валиев А. Р., Ибяттов Р. И., Яруллин Ф. Ф. Обоснование параметров конического почвообрабатывающего рабочего органа путем решения многокритериальной задачи оптимизации // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. № 7. С. 69–72. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053588> (дата обращения: 08.08.2023).

6. Результаты экспериментальных исследований ротационного конического рабочего органа в почвенном канале / А. Р. Валиев, Ф. Ф. Яруллин, Р. И. Ибяттов и др. // *Вестник Казанского ГАУ*. 2014. № 3 (33). С. 78–85. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22671392> (дата обращения: 25.07.2023).

7. Волков А. И., Артизанов А. В., Сивандаев М. В. Анализ конструктивных особенностей современных почвообрабатывающих агрегатов // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2020. № 22. С. 548–551. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=aljzna> (дата обращения: 14.08.2023).

8. Кинематический анализ и обоснование параметров спирально-винтового рабочего органа почвообрабатывающей машины / Л. М. Нуриев, Ф. Ф. Яруллин, С. М. Яхин и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 114–119. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114-119>

9. Влияния воздействий прикатывающих катков на обобщенные силы малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. Р. Валиев и др. // *Вестник Казанского гос. ун-та: ежеквартальный научный журнал*. Казань : Казанский гос. ун-т, 2021. № 3 (63). С. 98–105. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-98-105>

10. Теоретические исследования катка для малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. В. Алешкин и др. // *Вестник Казанского ГАУ*. 2021. № 2 (62). С. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>

Статья поступила в редакцию 12.09.2023 г.; одобрена после рецензирования 04.10. 2023 г.; принята к публикации 11.10.2023 г.

Об авторах

Андержанова Нурия Нургалиевна

студент, преподаватель, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3319-0758>, Nuri160616@bk.ru

Юнусов Губейдулла Сибятуллович

доктор технических наук, профессор, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2127-6439>, 270144@mail.ru

Майоров Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9432-2291>, ao_maiorov@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Aleshkin A. V., Demshin S. L., Vladimirov E. A. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoi skhemy kombinirovannogo agregata dlya obrabotki pochvy i poseva [Substantiation of the constructive and technological scheme of the combined unit for tillage and sowing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East, 2009, no. 1 (12), pp. 143–148. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11792478> (accessed 07.08.2023). (In Russ.).
2. Anderzhanova N. N. Obosnovanie konstruktivnykh parametrov malogabaritnykh pochvoobrabatyvayushchikh orudii k motobloku [Substantiation of the design and parameters of small-sized tillage tools for a tiller]. *Yoshkar-Ola.*, 2022, 225 p. (In Russ.).
3. Artizanov A. V., Fattakhova O. V., Volkov A. I. Obespechennost' agrarnogo proizvodstva sel'skokhozyaystvennymi mashinami i agregatami [Provision of agricultural production with agricultural machines and aggregates]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva* = Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, 2020, no. 22, pp. 541–544. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tofago> (accessed 27.07.2023).
4. Valiev A. R., Yarulin F. F. Opredelenie optimal'nykh parametrov vzaimnogo raspolozheniya konicheskikh rabochikh organov na rame pochvoobrabatyvayushchego orudiya [Determination the optimal parameters of the conical working parts' relative position on the tillage frame]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2012, no. 3 (25), pp. 68–73. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17993504> (accessed 10.08.2023). (In Russ.).
5. Valiev A. R., Ibyatov R. I., Yarullin F. F. Obosnovanie parametrov konicheskogo pochvoobrabatyvayushchego rabochego organa putem resheniya mnogokriterial'noi zadachi optimizatsii [Justification of parameters of the conical soil-tilling working tool by the solution of the multi-objective problem of optimization]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex, 2017, no. 7, pp. 69–72. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30053588> (accessed 08.05.2023). (In Russ.).
6. Valiev A. R., Yarullin F. F., Ibyatov R. I., Shiryazdanov R. R. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy rotatsionnogo konicheskogo rabochego organa v pochvennom kanale [The results of experimental research of rotational conical working unit in the soil canal]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2014, no. 3 (33), pp. 78–85. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22671392> (accessed 25.07.2023). (In Russ.).
7. Volkov A. I., Artizanov A. V., Sivandaev M. V. Analiz konstruktivnykh osobennosti sovremennykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatov [Analysis of structural features of modern tillage aggregates]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva* = Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, 2020, no. 22, pp. 548–551. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44611033> (accessed 14.08.2023). (In Russ.).
8. Nuriev L. M., Yarullin F. F., Yakhin S. M., Alikberov I. I., Khusainov R. M. Kinematicheskii analiz i obosnovanie parametrov spiral'no-vintovogo rabochego organa pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Kinematic analysis and substantiation of the parameters of a spiral-screw working unit of a soil processing machine]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2020, vol. 15, no. 2 (58), pp. 114–119. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114-119>
9. Yunusov G. S., Anderzhanova N. N., Valiev A. R., Aleshkin A. V. Vliyaniya vozdeistvii prikatyvayushchikh katkov na obobshchennye sily malogabaritnoi pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Effects of impacts of covering rollers on general forces of small-sized tillage machine]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2021, no. 3 (63), pp. 98–105. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-98-105>
10. Yunusov G. S., Anderzhanova N. N., Aleshkin A. V., Ziganshin B. G., Khaliullin D. T. Teoreticheskie issledovaniya katka dlya malogabaritnoi pochvoobrabatyvayushchei mashiny [Theoretical research roller for small tillage machine]. *Vestnik Kazanskogo GAU* = Vestnik of Kazan State Agrarian University, 2021, no. 2 (62), pp. 80–85. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>

The article was submitted 12.09.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

About the authors

Nuriya N. Anderzhanova

student, Lecturer, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3319-0758>, Nuri160616@bk.ru

Gubeidulla S. Yunusov

Dr. Sci. (Technical Sciences), Professor, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2127-6439>, 270144@mail.ru

Andrey V. Mayorov

Ph. D. (Technical Sciences), Associate Professor, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9432-2291>, ao_maivorov@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.