

## Оценка влияния рядности почвообрабатывающих орудий на показатели их работы

**Анастасия Сергеевна Мальцева, Андрей Юрьевич Несмиян, Александр Олегович Ладыгин, Петр Сергеевич Мальцев, Павел Александрович Иванов**

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская область, Россия  
e-mail: dfz@yandex.ru

**Аннотация.** Целью представленного исследования является количественная оценка влияния рядности почвообрабатывающих орудий, на примере паровых культиваторов, на их технологические, эксплуатационные и экономические характеристики. Анализ данных протоколов испытаний этих орудий показал, что наиболее распространенные трехрядные культиваторы, обеспечили несколько худшие показатели работы чем двух- и четырехрядные. При этом было установлено, что существует прямая взаимосвязь между рядностью и рабочей шириной культиваторов. Двухрядные и четырехрядные культиваторы обеспечили примерно равное качество работы по таким показателям как отклонение от заданной глубины культивации (1,1–1,2 см); степень крошения (91,7–92,2 %) и гребнистость (2,3 см) поверхности поля. Коэффициент использования времени смены для двух- и трехрядных орудий (0,73–0,74) заметно ниже этого показателя для четырехрядных орудий (0,82), что косвенно может объясняться тем, что такие орудия действительно меньше забиваются растительными остатками и почвой по сравнению с аналогами, однако при этом не понятно, почему такой эффект не наблюдается при сравнении двух- и трехрядных орудий. Удельный расход топлива МТА с культиваторами различной рядности примерно одинаков – 4,0...4,1 кг/га, т.е. с энергетической точки зрения, преимущества многорядного варианта компоновки орудий не очевидны, что не в полной степени соответствует высказанной ранее гипотезе о меньшей забиваемости многорядных орудий. Материалоемкость двухрядных орудий (а гипотетически и стоимость) почти в 1,1 раза меньше, чем трехрядных, и почти в 1,3 раза, чем четырехрядных. При этом прирост материалоемкости существенно превышает рост повышения коэффициента использования времени смены. В целом проведенное исследование (на примере паровых культиваторов) не позволило выявить очевидных преимуществ по агротехническим и энергетическим показателям тенденции к увеличению рядности почвообрабатывающих орудий, при очевидном недостатке такого подхода с технико-экономической точки зрения.

**Ключевые слова:** почвообрабатывающие орудия; паровые культиваторы; рабочие органы; рядность; протоколы испытаний; агротехнические показатели; удельный расход топлива; коэффициент использования времени смены; приведенная материалоемкость.

**Для цитирования:** Мальцева А. С., Несмиян А. Ю., Ладыгин А. О., Мальцев П. С., Иванов П. А. Оценка влияния рядности почвообрабатывающих орудий на показатели их работы // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 133–138. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp133-138>.

### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

## Evaluation of the influence of the row of tillage implements on their work indicators

**Anastasiya S. Maltseva, Andrey Yu. Nesmiyan, Alexander O. Ladygin, Petr S. Maltsev, Pavel A. Ivanov**  
Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University, Zernograd, Rostov Region, Russia  
e-mail: dfz@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the presented study is a quantitative assessment of the influence of the rows of tillage implements, using the example of steam cultivators, on their technological, operational and economic characteristics. An analysis of the data from the test reports of these implements showed that the most common three-row cultivators provided slightly worse performance than two- and four-row ones. At the same time, it was found that there is a direct relationship between the row and working width of cultivators. Two-row and four-row cultivators provided approximately equal quality of work in terms of such indicators as deviation from the specified cultivation depth (1.1–1.2 cm); degree of crumbling (91.7–



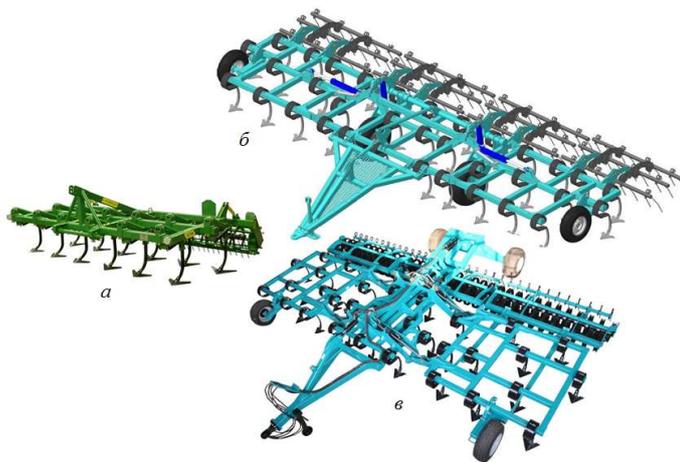


92.2 %) and ridges (2.3 cm) of the field surface. The shift time utilization coefficient for two- and three-row implements (0.73–0.74) is noticeably lower than that for four-row implements (0.82), which can be indirectly explained by the fact that such implements are indeed less clogged with vegetation remains and soil in comparison with analogues, however, it is not clear why such an effect is not observed when comparing two- and three-row tools. The specific fuel consumption of MTA with cultivators of different rows is approximately the same – 4.0...4.1 kg / ha, i.e. from the energy point of view, the advantages of the multi-row tool layout are not obvious, which does not fully correspond to the earlier hypothesis about the lower clogging of multi-row tools. The material consumption of two-row guns (and hypothetically, the cost) is almost 1.1 times less than that of three-row ones, and almost 1.3 times less than four-row ones. At the same time, the increase in material consumption significantly exceeds the increase in the increase in the coefficient of use of the shift time. In general, the study conducted (on the example of steam cultivators) did not allow us to identify obvious advantages in terms of agrotechnical and energy indicators of the tendency to increase the rows of tillage implements, with the obvious disadvantage of this approach from a technical and economic point of view.

**Keywords:** tillage implements; steam cultivators; working bodies; row; test reports; agrotechnical indicators; specific fuel consumption; coefficient of use of shift time; reduced material consumption.

**For citation:** Maltseva A. S., Nesmiyan A. Yu., Ladygin A. O., Maltsev P. S., Ivanov P. A. Evaluation of the influence of the row of tillage implements on their work indicators. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2023;(2):133–138. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp133-138>.

**Введение.** Технический уровень оснащения растениеводческих процессов, в том числе и с точки зрения обработки почвы – важный фактор, существенно влияющий на эффективность сельскохозяйственного производства [1–3]. С точки зрения современного сельхозмашиностроения, количество рядов рабочих органов почвообрабатывающих орудий существенно влияет на их технологические и эксплуатационные характеристики [4–6]. Особенно наглядно это просматривается на примере паровых культиваторов (рис. 1), например, увеличение числа рядов стрельчатых лап приводит к уменьшению их количества в первом ряду (работающих в закрытых условиях (в условиях заблокированного резания)), что должно приводить к снижению энергозатрат.



**Рис. 1. Культиваторы различной рядности:**  
а – двухрядный культиватор навесной КПН-3,0 [7]; б – трехрядный культиватор стержневой средний КСС-9500 [8]; в – четырехрядный культиватор КСС-9000 [9]

Увеличение поперечного расстояния между рабочими органами гипотетически снижает забиваемость орудия в целом. Пространственное разнесение рабочих органов обуславливает их совместное влияние на обрабатываемый слой почвы, на качество уничтожения сорной растительности и, естественно, влияет на массу и стоимость орудия [10–12]. Поэтому при разработке паровых культиваторов в частности, и почвообрабатывающих орудий в целом, несмотря на накопленный производственный опыт, зачастую возникает необходимость решения компромиссной задачи – обеспечение рациональной массы и снижение себестоимости проектируемого орудия при сохранении (или оптимизации) качества его работы [5] и удобства эксплуатации. В связи с этим целью представленного исследования является количественная оценка влияния рядности почвообрабатывающих орудий, на примере паровых культиваторов, на их технологические, эксплуатационные и экономические характеристики.

**Методика исследований.** Оценку проводили путем анализа основных характеристик культиваторов для сплошной обработки почвы. В качестве источников информации были использованы протоколы испытаний культиваторов, представленные в открытой сети на сайте системы маши-

ноиспытательных станций (МИС) [13] и в информационном журнале системы МИС [14–17], проходивших сертификацию в XXI в. При этом рядность орудий, чаще всего определяли визуально и, в отдельных случаях, она носит примерный характер, поскольку в отдельных конструкциях тяжело четко выделить основные и смещенные ряды рабочих органов.

В целом было рассмотрено 57 протоколов, из рассмотренных орудий шесть было двухрядными, условно трехрядными – 38, условно четырехрядными – 13. В рамках исследования рассматривались следующие показатели:  $a_{cp}$  – средняя глубина обработки почвы, см;  $s$  – среднее отклонение глубины культивации, см;  $V_p$  – среднее значение рабочей скорости агрегата, км/ч;  $B_p$  – рабочая ширина рассматриваемых орудий, м;  $Wэ$  – производительность агрегата за час эксплуатационного времени, га/ч;  $q_{удк}$  – удельный расход топлива, кг/га;  $m_{пр}$  – приведенная масса (к одному метру рабочей ширины) культиватора, кг. Полученные данные позволили определить коэффициент использования времени смены  $\tau$ .

**Результаты исследований.** Некоторые статистические значения агротехнических характеристик рассматриваемых орудий приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Агротехнические (технологические) характеристики рассматриваемых культиваторов**

Агротехнические (технологические) показатели	$a_{cp}$ , см	$s$ , см	$Kp$ , %	$Гр$ , см
Двухрядное расположение рабочих органов				
Среднее значение	9,6	1,2	92,2	2,3
Среднеквадратическое отклонение	3,5	0,1	5,5	0,8
Абсолютная ошибка	1,4	0,0	2,2	0,3
Относительная ошибка, %	14,9	3,4	2,4	14,2
Максимальное значение	18,0	1,3	99,4	4,1
Минимальное значение	6,0	1,05	80,3	1,1
Трехрядное расположение рабочих органов				
Среднее значение	9,6	1,3	88,2	2,5
Среднеквадратическое отклонение	2,8	0,4	7,2	1,2
Абсолютная ошибка	0,5	0,1	1,2	0,2
Относительная ошибка, %	4,7	5,0	1,3	7,8
Максимальное значение	17,0	2,7	97,9	5,6
Минимальное значение	4,0	0,8	71,6	0,6
Четырехрядное расположение рабочих органов				
Среднее значение	10,1	1,1	91,7	2,3
Среднеквадратическое отклонение	3,6	0,2	6,3	0,8
Абсолютная ошибка	1,0	0,1	1,7	0,2
Относительная ошибка, %	9,9	5,0	1,9	9,6
Максимальное значение	16	1,7	98	4
Минимальное значение	2	0,8	79,7	1,4

Анализ предварительной информации и данных табл. 1 позволяет сделать ряд выводов:

1. Наиболее широкое применение в сельскохозяйственном производстве получили культиваторы с трехрядным расположением рабочих органов, очевидно потому, что такая конструкция считается компромиссно-промежуточной между гипотетически менее эффективными двухрядными орудиями и очевидно более материалоемкими четырехрядными.

2. Все рассматриваемые группы орудий обеспечили примерно равное качество культивации по глубине обработки. Отклонение от этого показателя изменяется от 1,1 до 1,3 см, при варьировании абсолютных значений ошибки наблюдений 0,1 см, т.е. нет оснований говорить о значимой разнице. При этом относительная ошибка варьировала от 5,0 до 5,4 %, что говорит о достаточно высоком уровне точности полученных результатов.

3. Крошение почвы варьирует от 88,2 до 92,2 %, при этом наблюдаемая разница максимального и минимального значений превышает абсолютную ошибку наблюдений 1,2...2,2 %.

4. Гребнистость поверхности поля после прохода рассматриваемых орудий варьирует незначительно (2,3...2,5 см), интервал варьирования показателя находится в рамках ошибки 0,2...3 см.





5. Для всех рассмотренных орудий степень уничтожения сорной растительности варьировала от 99,2 до 99,8 %. Наблюдаемую разницу можно считать несущественной.

6. По всем рассматриваемым показателям, несмотря на широкое распространение, наилучшее качество работы обеспечили трехрядные культиваторы, что плохо объясняется в рамках существующих данных. Двухрядные и четырехрядные культиваторы обеспечили примерно равное качество работы по анализируемым показателям (отклонение от заданной глубины культивации, степень крошения и гребнистость поверхности поля).

Отдельные статистические значения технико-экономических и эксплуатационных характеристик рассматриваемых культиваторов различной рядности приведены в табл. 2–4.

Таблица 2

#### Характеристики культиваторов с двухрядным расположением рабочих органов

Технические и эксплуатационные показатели	$B_p$ , м	$W_o$ , га/ч	$W_s$ , га/ч	$q_{уд}$ , кг/га	$m_{пр}$ , кг/м
Среднее значение	6,7	5,5	4,0	4,1	289,1
Среднеквадратическое отклонение	2,1	2,2	1,6	1,6	60,1
Абсолютная ошибка	0,9	0,9	0,7	0,7	24,5
Относительная ошибка, %	12,8	16,6	16,3	15,9	8,5
Максимальное значение	9,6	10,2	6,6	7,1	379,4
Минимальное значение	4,0	3,0	2,1	2,5	233,4

Таблица 3

#### Характеристики культиваторов с трехрядным расположением рабочих органов

Технические и эксплуатационные показатели	$B_p$ , м	$W_o$ , га/ч	$W_s$ , га/ч	$q_{уд}$ , кг/га	$m_{пр}$ , кг/м
Среднее значение	8,9	7,7	5,7	4,1	320,9
Среднеквадратическое отклонение	2,6	2,9	2,3	1,4	73,6
Абсолютная ошибка	0,4	0,5	0,4	0,2	11,9
Относительная ошибка, %	4,7	6,2	6,5	5,5	3,7
Максимальное значение	17,8	20	14,5	8,0	532,6
Минимальное значение	3,85	3,5	2,6	2,2	217,9

Таблица 4

#### Характеристики культиваторов с четырехрядным расположением рабочих органов

Технические и эксплуатационные показатели	$B_p$ , м	$W_o$ , га/ч	$W_s$ , га/ч	$q_{уд}$ , кг/га	$m_{пр}$ , кг/м
Среднее значение	10,7	10,1	8,3	4,0	408,1
Среднеквадратическое отклонение	2,6	2,2	2,1	1,1	83,4
Абсолютная ошибка	0,7	0,6	0,6	0,3	23,1
Относительная ошибка, %	6,7	6,1	7,0	7,6	5,7
Максимальное значение	18	13	12,03	6,6	526,1
Минимальное значение	7	5,6	4,8	2,3	303,3

Совместный анализ данных табл. 2–4 позволяет заключить следующее.

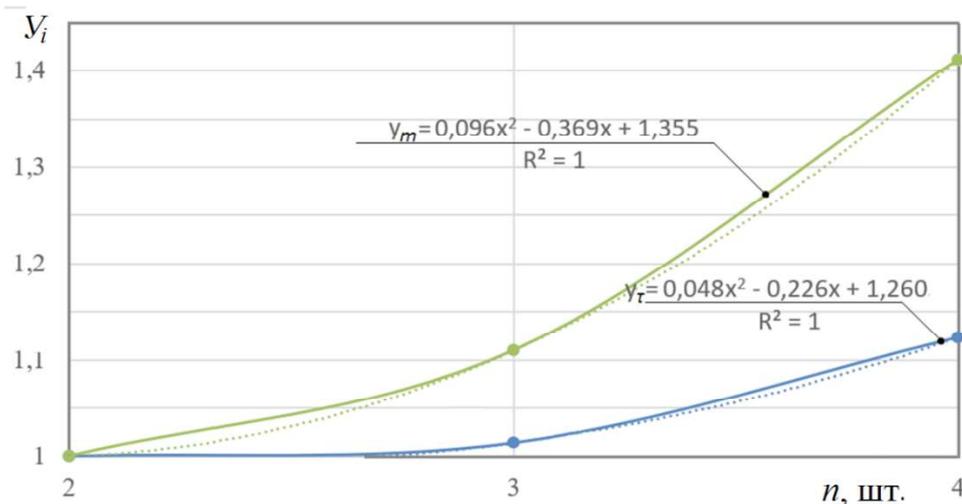
1. Существует прямая взаимосвязь между рядностью и усредненной величиной рабочей ширины культиватора: при значимом увеличении ширины захвата орудий количество рядов рабочих органов, как правило, возрастает.

2. Анализ данных показывает, что значения коэффициента использования времени смены для агрегатов с двухрядными (0,73) и трехрядными (0,74) орудиями практически не различаются. Заметно более высокое значение (0,82) этого показателя оказалось характерным для четырехрядных орудий, что не совсем логично, поскольку они входят в состав агрегатов с большей кинематической длиной, которые, соответственно, нуждаются в большей ширине поворотной полосы. Видимо это может быть объяснено тем, что такие орудия действительно меньше забиваются растительными остатками и почвой по сравнению с аналогами, однако при этом не понятно, почему такое объяснение не срабатывает при сравнении двух- и трехрядных орудий.



3. С точки зрения удельного расхода топлива культиваторы различной рядности показали примерно одинаковые результаты 4,0...4,1 кг/га. Разница составляет всего около 2,5 % при относительной ошибке наблюдений 5,5...15,9 %. Таким образом, с энергетической точки зрения нет возможности говорить о преимуществе того или иного варианта компоновки орудий, что не в полной степени соответствует высказанной ранее гипотезе о меньшей забиваемости многорядных орудий.

4. Материалоемкость двухрядных орудий (а гипотетически, и стоимость) почти на 10 % меньше, чем трехрядных, и почти на 30 % – чем четырехрядных. При этом рост материалоемкости существенно превышает рост повышения коэффициента использования времени смены, что особенно наглядно отобразено на рис. 2.



**Рис. 2.** Зависимости показателей отношения приведенных масс орудий различной рядности и коэффициентов использования времени смены для агрегатов с такими орудиями:  $n$  – количество рядов рабочих органов на культиваторе;  $Y_m$  – показатель отношения приведенных масс орудий ( $Y_m = m_{np i} / m_{np min}$ );  $Y_\tau$  – показатель отношения коэффициентов использования времени смены для агрегатов с орудиями различной рядности ( $Y_\tau = \tau_i / \tau_{min}$ ).

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что наиболее широкое применение в сельскохозяйственном производстве получили культиваторы с трехрядным расположением рабочих органов, очевидно потому, что такая конструкция считается компромиссно-промежуточной между гипотетически менее эффективными двухрядными орудиями и очевидно более материалоемкими четырехрядными. При этом было установлено, что существует прямая взаимосвязь между рядностью и рабочей шириной культиваторов. По усредненным показателям можно заключить, что несмотря на широкое распространение, наихудшее качество работы обеспечили трехрядные культиваторы, что плохо объясняется в рамках существующих данных. Двухрядные и четырехрядные культиваторы обеспечили примерно равное качество работы по таким показателям как отклонение от заданной глубины культивации (1,1–1,2 см); степень крошения (91,7–92,2 %) и гребнистость (2,3 см) поверхности поля. Коэффициент использования времени смены для двух- и трехрядных орудий (0,73–0,74) заметно ниже этого показателя для четырехрядных орудий (0,82), что косвенно может объясняться тем, что такие орудия действительно меньше забиваются растительными остатками и почвой по сравнению с аналогами, однако при этом не понятно, почему такой эффект не наблюдается при сравнении двух- и трехрядных орудий. Удельный расход топлива МТА с культиваторами различной рядности примерно одинаков – 4,0...4,1 кг/га, т.е. с энергетической точки зрения преимущества многорядного варианта компоновки орудий не очевидны, что не в полной степени соответствует высказанной ранее гипотезе о меньшей забиваемости многорядных орудий. Материалоемкость двухрядных орудий (а гипотетически и стоимость) почти в 1,1 раза меньше, чем трехрядных, и почти в 1,3 раза, чем четырехрядных. При этом прирост материалоемкости существенно превышает рост повышения коэффициента использования времени смены. В целом проведенное исследование (на примере паровых культиваторов) не позволило выявить очевидных преимуществ по агротехническим и эксплуатационным показателям тенденции к увеличению рядности почвообрабатывающих орудий, при очевидном недостатке такого подхода с технико-экономической точки зрения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспособных инновационных машин / Н.К. Мазитов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 68–70.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 4. С. 8–11.
3. Несмиян, А.Ю., Бельтюков Л.П., Хижняк В.И. Эффективность машинных технологий возделывания подсолнечника на юге России // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 5. С. 35–38.
4. Конструктивно-технологические характеристики культиваторных лап / Г.И. Семчук [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 4 (64). С. 12–14.
5. Мумме М. Три или четыре? // Журнал агроменеджера «Новое сельское хозяйство». URL: <https://www.nsh.ru/selhoztehnika/tri-ili-chetyre>. Дата обращения: 02.03.2022 г.
6. Методы расчета рамных конструкций культиваторов / Р.М. Анутов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 2. С. 7–10.
7. Культиватор навесной КПП-3,0. URL: <https://ism-promin.com/p23264548-kultivator-navesnoj-kpn.html>. Дата обращения: 15.03.2022 г.
8. Культиватор стерневой средний КСС-9500 ОЛИМП. URL: [https://www.tpk-agromir.ru/goods/63987416-kultivator\\_sternevoy\\_sredni\\_xs\\_9500\\_olimp](https://www.tpk-agromir.ru/goods/63987416-kultivator_sternevoy_sredni_xs_9500_olimp). Дата обращения: 15.03.2022 г.
9. Культиватор КСС-9000 тяжелый тандемный каток. URL: [https://www.agrokmp-spb.ru/goods/93302217-xs\\_9000\\_tyazhely\\_tandemny\\_katok](https://www.agrokmp-spb.ru/goods/93302217-xs_9000_tyazhely_tandemny_katok). Дата обращения: 15.03.2022 г.
10. Несмиян А.Ю., Должиков В.В. Обзор культиваторов для сплошной обработки почвы и тенденций их производства // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 4. С. 6–9.
11. Сравнительные характеристики орудий для поверхностной обработки почвы / А.Ю. Несмиян [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 3. С. 23–25.
12. A review of assessment of the machinery tillage tools' performance for higher crop production efficiencies / A.Yu. Nesmiyan, V.A. Chernovolov, A.M. Semenihih, V.P. Zabrodin, S.L. Nikitchenko // Research on Crops. 2018. Т. 19. № 3. С. 560–567.
13. База протоколов результатов испытаний сельскохозяйственной. Режим доступа: <http://sistemamis.ru/protocols>. Дата обращения: 03.03.2020 г.
14. Почвообрабатывающие машины // Вестник испытаний сельскохозяйственной техники. 2014. С. 8–39.
15. Почвообрабатывающие машины // Вестник испытаний сельскохозяйственной техники. 2015. С. 8–32.
16. Почвообрабатывающие машины // Вестник испытаний сельскохозяйственной техники. 2016. С. 8–35.
17. Почвообрабатывающие машины // Вестник испытаний сельскохозяйственной техники. 2017. С. 10–38.

## REFERENCES

1. Russian technology of tillage and sowing based on own competitive innovative machines / N.K. Mazitov et al. *Achievements of Science and Technology of the APK*. 2014; 7: 68–70.
2. Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Sizov O.A. Perspective ways of using energy- and environmentally efficient machine technologies and technical means. *Agricultural machines and technologies*. 2013; 4: 8–11.
3. Nesmiyan, A.Yu., Belyukov L.P., Khizhnyak V.I. Efficiency of machine technologies for sunflower cultivation in the south of Russia. *Agricultural machines and technologies*. 2014; 5: 35–38.
4. Structural and technological characteristics of cultivator paws / G.I. Semchuk et al. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2013; 4 (64): 12–14.
5. Mumme M. Three or four? // Magazine of the agromanager “New agriculture”. URL: <https://www.nsh.ru/selhoztehnika/tri-ili-chetyre>. Date of access: 02.03.2022
6. Methods for calculating frame structures of cultivators / R.M. Anutov et al. *Modern science-intensive technologies*. 2013; 2: 7–10.
7. Mounted cultivator KPN-3.0. URL: <https://ism-promin.com/p23264548-cultivator-navesnoj-kpn.html>. Date of access: 03/15/2022
8. Medium stubble cultivator KSS-9500 OLIMP. URL: [https://www.tpk-agromir.ru/goods/63987416-cultivator\\_sternevoy\\_sredni\\_xs\\_9500\\_olimp](https://www.tpk-agromir.ru/goods/63987416-cultivator_sternevoy_sredni_xs_9500_olimp). Date of access: 03/15/2022
9. Cultivator KSS-9000 heavy tandem roller. URL: [https://www.agrokmp-spb.ru/goods/93302217-xs\\_9000\\_tyazhely\\_tandemny\\_katok](https://www.agrokmp-spb.ru/goods/93302217-xs_9000_tyazhely_tandemny_katok). Date of access: 03/15/2022
10. Nesmiyan A.Yu., Dolzhikov V.V. Review of cultivators for continuous tillage and trends in their production. *Tractors and agricultural machines*. 2013; 4: 6–9.
11. Comparative characteristics of tools for surface tillage / A.Yu. Nesmiyan et al. *Tractors and agricultural machines*. 2014; 3: 23–25.
12. A review of assessment of the machinery tillage tools' performance for higher crop production efficiencies / A.Yu. Nesmiyan, V.A. Chernovolov, A.M. Semenihih, V.P. Zabrodin, S.L. Nikitchenko. *Research on Crops*. 2018; 19; 3: 560–567.
13. Base of protocols of agricultural test results. URL: <http://sistemamis.ru/protocols>. Date of access: 03.03.2020
14. Soil-cultivating machines. *Bulletin of tests of agricultural machinery*. 2014: 8–39.
15. Soil-cultivating machines. . *Bulletin of tests of agricultural machinery*. 2015: 8–32.
16. Soil-cultivating machines. *Bulletin of tests of agricultural machinery*. 2016: 8–35.
17. Soil-cultivating machines. . *Bulletin of tests of agricultural machinery*. 2017: 10–38.

Статья поступила в редакцию 29.05.2022; одобрена после рецензирования 22.06.2022; принята к публикации 12.07.2022.  
The article was submitted 29.05.2022; approved after reviewing 22.06.2022; accepted for publication 12.06.2022.

