

ИССЛЕДОВАНИЕ КРОШЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

THE STUDY OF SOIL CRUMBLING WHEN USING NEW WORKING BODIES

Г.Г. ПАРХОМЕНКО, к.т.н.

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия parkhomenko.galya@yandex.ru

G.G. PARHOMENKO, PhD in Engineering

North Caucasus Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Agrarian Scientific Center «Donskoy», Zernograd, Russia, parkhomenko.galya@yandex.ru

Сравнение полученных результатов исследований и испытаний на МИС качественных показателей с их нормируемыми значениями характеризует соответствие или несоответствие почвообрабатывающих машин и рабочих органов агротехническим требованиям. Согласно агротехническим требованиям, одним из основных показателей, характеризующих качество обработки почвы, является крошение почвы. От качества крошения зависит гребнистость поверхности поля, поскольку при преобладании в обработанном слое почвы требуемого размера комков наблюдается выровненная поверхность поля. При высоком качестве крошения частицы почвы размером менее 1 мм из верхнего слоя просыпаются в нижние, препятствуя возникновению эрозии. Цель работы – охарактеризовать качество крошения почвы при использовании новых рабочих органов в части соответствия агротехническим требованиям и сравнить с аналогами по технологическому адаптеру. Соответствие агротехническим требованиям новых рабочих органов определяли по нормативной документации на испытание машин для глубокой безотвальной обработки почвы. Установлено, что по качеству крошения пласта (до 98,5 %) и уменьшению количества эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы (до 18,13 %) новые рабочие органы превосходят аналоги по технологическому адаптеру. Положительное влияние на качество крошения оказалось использование элементов рабочего органа, выполненных по криволинейной форме (87,8–98,5 %) по сравнению с плоскорезом (65,1–76,8 %). Модернизация конструкции плоскореза с возможностью самоустановки угла резания под углом естественного склона почвы позволила повысить качество крошения до 80,5–82,0 %, а применение альтернативных материалов – до 82,0–84,8 %. По качеству крошения пласта новые рабочие органы соответствуют агротребованиям также и для предпосевной обработки почвы. Это позволяет сократить количество технологических операций на дополнительное рыхление и выравнивание поверхности поля перед посевом. Установлено, что новые рабочие органы не уступают по агротехническим показателям современным техническим средствам для обработки почвы.

Ключевые слова: почва, крошение, качественные показатели, агротехнические требования.

Comparison of quality indicators of the results of research and testing on machine-testing stations with their normalized values characterizes the compliance or non-compliance with the agrotechnical requirements of soil tillage machines and working bodies. According to agrotechnical requirements, one of the main indicators characterizing the quality of tillage is soil crumbling. The crumbs of the field surface depend on the quality of crumbling as with the predominance of the required size of lumps in the treated soil layer, an even field surface is observed. At a high quality of crumbling, soil particles smaller than 1 mm from the upper layer spill to the lower ones, preventing erosion. Objective: to characterize the quality of crumbling of the soil when using new working bodies in terms of compliance with agrotechnical requirements and compare it with analogues by the technological adapter. Compliance with the agrotechnical requirements of the new working bodies was determined according to the regulatory documentation for soil tillage testing machines. It was found that by the quality of the layer crumbling (up to 98,5 %) and by reducing the number of erosion-hazardous particles in the upper soil layer (up to 18,13 %) new working bodies are superior to analogues by the process adapter. A positive impact on the quality of crumbling has had the use of elements of the working body, made in a curvilinear form (87,8–98,5 %) compared with a flat-cutter (65,1–76,8 %). Modernization of the flat-cut design with the possibility of self-setting the cutting angle at the angle of the natural cleavage of the soil allowed improving the quality of crumbling to 80,5–82,0 %, and the use of alternative materials – to 82,0–84,8 %. In terms of the quality of crumbling of the reservoir, new working bodies correspond to agrotechnical requirements of tillage pre-sowing. This reduces the number of technological operations for additional loosening and leveling the field surface before sowing. This reduces the number of technological operations for additional loosening and leveling the field surface before sowing. It was established that new working bodies are not inferior in terms of agrotechnical indicators to modern technical means for tillage.

Keywords: soil, crumbling, quality indicators, agrotechnical requirements.

Введение

Научное направление фундаментальных исследований ПФНИ ГАН в области обработки почвы предусматривает разработку методологической основы проектирования базовых технологий и высокоэффективных технических средств, отвечающих заданным качественным показателям в соответствии с нормируемыми значениями, которые предусмотрены агротехническими требованиями [1].

Нормируемые значения качественных показателей по агротехническим требованиям разрабатываются на основе системного подхода фундаментальных научных исследований, параллельно реализуются механизмы трансфера результатов научно-технической деятельности в сферу практического применения.

Сравнение полученных результатов исследований и испытаний на МИС качественных показателей с нормируемыми значениями характеризует соответствие или несоответствие агротехническим требованиям машин и рабочих органов.

По результатам соответствия агротехническим требованиям разрабатываются концептуальный аппарат и методологическая основа для создания средств объективного контроля качества обработки почвы, для моделирования технологических процессов и исследования показателей функционирования рабочих органов, направленные на повышение эффективности технических средств [2, 3, 4].

Согласно агротехническим требованиям, одним из основных показателей, характеризующих качество обработки почвы, является крошение почвы. От качества крошения зависит гребнистость поверхности поля, поскольку при преобладании в обработанном слое почвы комков требуемого размера наблюдается выровненная поверхность поля. При высоком качестве крошения частицы почвы размером менее 1 мм из верхнего слоя просыпаются в нижние, препятствуя возникновению эрозии. Поэтому такой качественный показатель, как изменение содержания эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы после обработки, также связан с крошением.

Цель исследования

Охарактеризовать качество крошения почвы при использовании новых рабочих органов в части соответствия агротехническим требованиям и сравнить с аналогами по технологическому адаптеру.

Материалы и методы

Качественные показатели (крошение пласта, гребнистость, содержание эрозионно-опасных частиц) определяли по СТО АИСТ 4.1-2010 «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей», СТО АИСТ 001-2010 «Агротехническая оценка сельскохозяйственной техники. Термины и определения» и сравнивали по вариантам рабочих органов.

Исследования проводили в полевых условиях на экспериментальной установке для каждого рабочего органа.

Содержание в обработанном слое комков почвы разного размера (крошение) определяли в четырех местах через равные расстояния друг от друга по диагонали участка. Использовали рамку размером $0,5 \times 0,5$ м, в пределах которой из обработанного слоя извлекали почву и помещали на набор решет диаметром отверстий 2,5; 5,0 и 10,0 см. Под набором решет установлен поддон для сбора комков менее 2,5 см. Определяли долю по отношению ко всей массе почвы в рамке в процентах. Дополнительно крошение почвы оценивали визуально с помощью палетки 50×50 см, разделенной на квадраты 5×5 см (рис. 1).

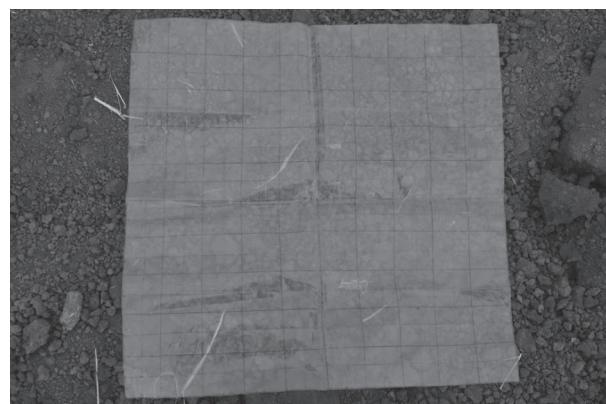


Рис. 1. Палетка для определения крошения почвы

Содержание эрозионно-опасных частиц почвы в слое от 0 до 5 см определяли по пробам, отобранным в пяти точках до и после прохода рабочих органов, расположенных по диагонали участка. Пробы в лабораторных условиях доводили до воздушно-сухого состояния (рассыпали тонким слоем – не более 2 см и сушили в естественных условиях), затем просеивали через решето диаметром отверстий 1 мм.

Массу фракции – проход решета диаметром 1 мм – взвешивали с погрешностью ± 10 г. Со-

держание эрозионно-опасных частиц Π_3 , вычисляли по формуле:

$$\Pi_3 = \frac{m_3}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_3 – масса эрозионно-опасных частиц, г; m – общая масса пробы, г.

Гребнистость поверхности поля после обработки определяли с помощью шнура длиной l_0 , равной ширине захвата рабочего органа, к концу которого прикреплена измерительная лента. Шнур накладывался поперек обработанного участка на поверхность поля, при этом один конец его закреплен. Свободный конец шнура ввиду неровности поверхности поля тянет за собой измерительную ленту. Отсчет на ленте дает разность Δl .

Гребнистость определяли по формуле:

$$C = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%. \quad (2)$$

В соответствии с требованиями нормативной документации, полученные результаты измерений представляются в виде среднего арифметического значения величин для последующего установления их соответствия агротехническим требованиям.

Результаты исследований и их анализ

По агротехническим требованиям количество эрозионно-опасных частиц в верхнем слое после прохода рабочих органов не должно возрастать, количество комков почвы размером менее 50 мм должно быть не менее 60 %, гребнистость поверхности поля – не более 30 % от глубины обработки.

Новые рабочие органы обрабатывают почву с дифференциацией на несколько слоев, отличающихся по степени крошения и уплотнения, без их взаимного перемещения. Такая обработка почвы является послойной, при которой внутри пласта формируется влагонакопительный слой с комбинацией обоих типов теплообмена, поскольку термоградиенты имеют противоположное направление, за счет чего потоки влаги соединяются на глубине, доступной для корневой системы зерновых культур.

Предпосылкой явился метод «воздушной ирригации» Овсинского, в основу которого положен процесс росообразования за счет разницы температур между горячим воздухом над почвой и прохладным – внутри пласта. Результатом применения этого метода в совокуп-

ности с усовершенствованной конструкцией рабочих органов является накопление влаги на необходимой глубине пахотного слоя.

Конструкция новых рабочих органов разработана на основе чизеля для глубокого рыхления, в первоначальном виде представляющего прямолинейную стойку с долотом, которая затем оснащается лапами для улучшения качества рыхления. Для снижения энергозатрат прямолинейная стойка трансформируется наклонную не только по ходу движения, но и в сторону – по типу paraplow.

Поскольку при глубоком рыхлении трещины от долота, распространяясь внутри пласта, не достигают поверхности почвы, возникает необходимость оснащения конструкции рабочим органом для мелкой обработки.

Тенденции послойной обработки почвы возникают с внедрением стойки типа paraplow, которая, формируя наклонные щели, способствует улучшению качества рыхления всего пахотного слоя; пласт крошится под влиянием распространяемых опережающих трещин от долота, не взаимодействуя непосредственно с режущими кромками рабочего органа.

Усовершенствованная нами конструкция рыхлителя для мелкой обработки почвы может быть представлена в виде стрельчатой или плоскорезной с самоустанавливающимся углом резания лап, или в виде эллиптического разомкнутого кольца (рис. 2).

Далее нами обоснована целесообразность выполнения стойки типа paraplow в форме кривой, параметры которой связаны с физико-механическими свойствами почвы и требуемыми показателями технологического процесса.

Конструкция рабочего органа выполнена с возможностью трансформации. Трансформируемая конструкция рабочего органа оснащена демонтируемыми элементами: плоскорезным, криволинейным и с применением альтернативных материалов (сверхвысокомолекулярный полиэтилен низкой плотности) рыхлителем. При этом обеспечивается самоочищение поверхности рабочего органа с элементами из альтернативных материалов, уничтожение сорной растительности плоскорезным рыхлителем, улучшение крошения пласта и выровненности поля при использовании криволинейного рыхлителя, а также снижение затрат энергии на обработку почвы. Помимо комбинирования взаимозаменяемых рыхлителей для мелкой обработки почвы, в конструкции

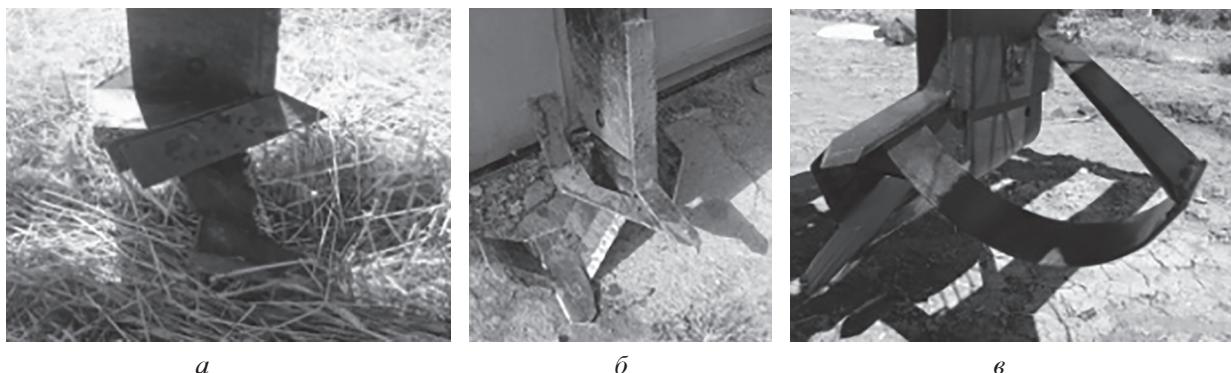


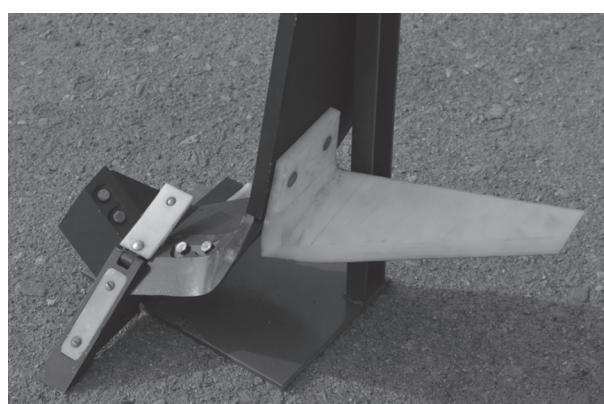
Рис. 2. Новые рабочие органы с усовершенствованным рыхлителем для мелкой обработки почвы:

а – со стрельчатой лапой; б – с плоскорезной лапой с самоустанавливающимся углом резания;
в – с эллиптическим разомкнутым кольцом

рабочего органа усовершенствованы долото и элементы наклонной стойки типа paraplow. Данное усовершенствование позволяет регулировать параметры в зависимости от свойств почвы, и упрощает демонтаж элементов в случае износа или возникновения неисправностей (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Новые трансформируемые рабочие органы:
а – с криволинейным и плоскорезным рыхлителями; б – с применением альтернативных материалов

Комбинация подсистем новых рабочих органов реализована конструктивно на единой несущей системе. Результатом является унифицированная конструкция по методу базового агрегата с общей частью (стойка типа paraplow с долотом) и сменными подсистемами (рыхлители, лапы).

В табл. 1 представлены обобщенные результаты по качеству крошения, гребнистости и изменению содержания эрозионно-опасных частиц после обработки почвы новыми рабочими органами.

Условия проведения исследований новых рабочих органов соответствовали требованиям нормативной документации. Исключение составила экстремальная твердость почвы глубже 20 см (4,8–4,9 МПа при требуемом не более 4 МПа). (При исследовании новых конструкций рабочих органов допустимо использование экстремальных фонов, при этом их показатели могут не вполне соответствовать агротехническим требованиям.)

Исследования проводились по дискованному фону пожнивных остатков подсолнечника и по стерне озимой пшеницы.

Условия проведения исследований новых трансформируемых рабочих органов с плоскорезным, криволинейным разрыхлителями и с применением альтернативных материалов, также характеризовались экстремальной твердостью почвы глубже 15 см (4,23–5,18 МПа при требуемом не более 4 МПа). Это допустимо, как уже отмечалось. Показатели новых трансформируемых рабочих органов приведены в табл. 2.

Новые рабочие органы были разработаны на основе прототипов с кротователями, разуплотнителями и плоскорезной лапой. Рабочие органы прототипов широко используются в хозяйствах юга России. Данными рабочими ор-

Таблица 1

Показатели новых рабочих органов

Со стрельчатой лапой	С эллиптическим разомкнутым кольцом	С плоскорезной лапой с самоустанавливающимся углом резания
Глубина рыхления, см		
20,9–31,4	24,5–37,3	25,0–35,3
Рабочая скорость движения, м/с		
1,06–2,50	1,95–2,94	1,92–2,50
Крошение пласта: содержание фракций размером менее 50 мм, %		
65,1–70,3	87,8–98,4	80,5–82,0
Гребнистость, см		
0	7,53	0
Изменение содержания эрозионно-опасных частиц		
уменьшается на 3,77–15,89 %	уменьшается на 20,87–21,99 %	уменьшается на 5,51–13,78 %
Разработчик: ФГБНУ «АНЦ «Донской», подразделение «СКНИИМЭСХ»		

Таблица 2

Показатели новых трансформируемых рабочих органов

С криволинейным рыхлителем	С плоскорезным рыхлителем	С применением альтернативных материалов
Глубина рыхления, см		
25,0–35,4	34,9	24,8–35,4
Рабочая скорость движения, м/с		
1,97–2,99	2,54	2,07–2,98
Крошение пласта: содержание фракций размером менее 50 мм, %		
96,4–98,5	76,8	82,0–84,8
Гребнистость, см		
0	7,53	0
Изменение содержания эрозионно-опасных частиц		
уменьшается на 15,20–18,13 %	уменьшается на 4,13 %	уменьшается на 2,90–3,41 %
Разработчик: ФГБНУ «АНЦ «Донской», подразделение «СКНИИМЭСХ»		

ганами оснащены комбинированные агрегаты, сменные части унифицированной конструкции которых размещены и на раме, и непосредственно на стойке рабочего органа (рис. 4).

Исследование поворгались на экспериментальной установке отдельно каждый из рабочих органов.

Условия проведения исследований прототипов рабочих органов соответствуют требованиям нормативной документации (твёрдость до 3,8 МПа; влажность почвы до 24 %).

Показатели прототипов приведены в табл. 3.



Рис. 4. Прототипы новых рабочих органов:

а – с разуплотнителями; б – с плоскорезной лапой; в – с кротователями

Таблица 3

Показатели прототипов новых рабочих органов

С кротователями	С разуплотнителями	С плоскорезной лапой
Глубина рыхления, см		
27,3–28,3	43,3–44,1	25,0–25,1
Рабочая скорость движения, м/с		
1,64–1,80	1,91–2,88	1,94–2,79
Крошение пласта: содержание фракций размером менее 50 мм, %		
64	60	61
Гребнистость, см		
7,6	8,9	5,5
Разработчик: ФГБНУ «АНЦ «Донской», подразделение «СКНИИМЭСХ»		

Показатели новых рабочих органов (табл. 1 и 2) сравнивались с прототипами (табл. 3) и аналогами (рис. 5) отечественного производства (табл. 4). Аналогов зарубежного производства не выявлено.

*a**b*

Рис. 5. Аналоги новых рабочих органов по технологическому адаптеру [5]:
а – культиватор-глубокорыхлитель КГ-2,5/0,6;
б – глубокорыхлитель навесной ГРН-3

Установлено, что новые рабочие органы не уступают по агротехническим показателям современным техническим средствам

для обработки почвы. Это видно из сравнения с данными, полученными в результате анализа показателей рабочих органов из протоколов приемочных испытаний Северо-Кавказской и Кировской МИС, как наиболее близких аналогов по технологическому адаптеру (табл. 4). Данные рабочие органы в конструкции безотвального плуга, культиватора-глубокорыхлителя и глубокорыхлителя навесного, соответственно, получили рекомендацию к использованию в с/х производстве.

Анализ данных табл. 1 и 2 позволил установить соответствие агротехническим требованиям новых рабочих органов даже на экстремальных фонах.

Крошение пласта составило 65,1–98,5 % при требуемом не менее 60 %. Содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы после обработки новыми рабочими органами уменьшилось на 2,90–21,99 %.

Гребнистость находится в пределах нормы.

Из сравнительного анализа показателей новых рабочих органов, прототипов и аналогов по технологическому адаптеру (табл. 1–4) следует преимущество новой конструкции в части выполнения качественных показателей, особенно степени крошения пласта (до 98,5 %) и уменьшения количества эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы (до 21,99 %).

Положительное влияние на качество крошения оказалось использование элементов рабочего органа, выполненных по криволинейной форме (87,8–98,5 %) по сравнению с плоскорезом (65,1–76,8 %).

Модернизация конструкции плоскореза с возможностью самоустановки угла резания под углом естественного склона почвы позволила повысить качество крошения до 80,5–82,0 %, а

Таблица 4

Показатели аналогов по технологическому адаптеру

Плуг ПН-8-40 с рабочими органами типа paraplow	Культиватор-глубокорыхлитель КГ-2,5/0,6	Глубокорыхлитель навесной ГРН-3
Глубина рыхления, см		
39,4	29,4–39,8	39,7
Рабочая скорость движения, км/ч		
10,0	6,4–7,6	6,7–6,9
Крошение пласта – содержание фракций размером менее 50 мм, %		
69,7	нет данных	58,9
Гребнистость, см		
14,1	11,6	12,8
Изменение содержания эрозионно-опасных частиц		
уменьшается на 1,03 %	нет данных	не увеличивается
Разработчик		
ЗАО «Петербургский тракторный завод»	ЗАО «Пермтехмаш-АгроС»	ЗАО «Красный Аксай»
Протокол испытаний		
Северо-Кавказская МИС № 11-30-01 (1010392)	Кировская МИС № 06-23-2004 (4020552)	Северо-Кавказская МИС № 11-11-05 (1020262)

применение альтернативных материалов – до 82,0–84,8 %.

По качеству крошения пласта новые рабочие органы соответствуют агротребованиям также и для предпосевной обработки почвы и их применение позволяет сократить количество технологических операций на дополнительное рыхление и выравнивание поверхности поля перед посевом.

Результаты послужат научной базой для проектирования новых технических средств, обеспечат получение наибольшего мультиплексного эффекта от использования создаваемых технологий производства продукции растениеводства, что приведет к конкурентоспособности отечественной продовольственной продукции на мировом рынке и снижению технологических рисков в агропромышленном комплексе.

Заключение

Сравнение полученных результатов исследований и испытаний на МИС качественных показателей с их нормируемыми значениями характеризует соответствие или несоответствие машин и рабочих органов агротехническим требованиям. Крошение пласта при использовании новых рабочих органов составило 65,1–98,5 % при требуемом: не менее

60 % комков размером менее 50 мм. По степени крошения пласта (до 98,5 %) и уменьшению количества эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы (до 21,99 %) новые рабочие органы превосходят аналоги по технологическому адаптеру. Положительное влияние на качество крошения оказало использование элементов рабочего органа, выполненных по криволинейной форме (87,8–98,5 %) по сравнению с плоскорезом (65,1–76,8 %). Модернизация конструкции плоскореза с возможностью самоустановки угла резания под углом естественного скола почвы позволила повысить качество крошения до 80,5–82,0 %, а применение альтернативных материалов – до 82,0–84,8 %. По качеству крошения пласта новые рабочие органы соответствуют агротребованиям также и для предпосевной обработки почвы и их применение позволяет сократить количество технологических операций на дополнительное рыхление и выравнивание поверхности поля перед посевом.

Литература

- Гуреев И.И., Дьяков В.П., Гребенщиков Г.К., Дурдыев С. Агротребования к новым машинам для создания регионального регистра перспективных агротехнологий и машин. Курск: ВНИИ-ЗиЗПЭ РАСХН, 2012. 43 с.

2. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 40–47.
3. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Оптимизация показателей технологических процессов сельскохозяйственного производства в растениеводстве // Хранение и переработка зерна. 2017. № 1 (209). С. 55–60.
4. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной // Тракторы и сельхозмашини. 2016. № 4. С. 15–19.
5. Система испытаний сельскохозяйственной техники. URL: <http://www.sistemamis.ru> (дата обращения 12.03.2018 г.).

References

1. Gureev I.I., D'yakov V.P., Grebenshchikov G.K., Durdyev S. Agotrebovaniya k novym mashinam dlya sozdaniya regional'nogo regista perspektivnyh agrotekhnologij i mashin [Requirements for new machines to create a regional register of promising agricultural technologies and machines]. Kursk: VNIIIZiZPEH RASKHN Publ., 2012. 43 p.
2. Parhomenko S.G., Parhomenko G.G. Improving the energy efficiency of mobile soil tillage machines. Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2016. No 3 (18), pp. 40–47 (in Russ.).
3. Parhomenko G.G., Parhomenko S.G. Optimizacija indikatorov tekhnologicheskikh processsov sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v rastenievodstve // Hranenie i pererabotka zerna. 2017. No 1(209), pp. 55–60 (in Russ.).
4. Parhomenko S.G., Parhomenko G.G. Measurement of traction force on a tractor hook in an aggregate with a mounted agricultural machine. Traktory i sel'hozmashiny. 2016. No 4, pp. 15–19 (in Russ.).
5. Sistema ispytanij sel'skohozajstvennoj tekhniki [Test system of agricultural machinery] (in Russ.). URL: <http://www.sistemamis.ru> (accessed 12.03.2018).