

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 631.314

DOI 10.26897/1728-7936-2018-6-11-16

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

**НИКИФОРОВ МАКСИМ ВИКТОРОВИЧ**

E-mail: mnikiforov@tvgscha.ru

**ГОЛУБЕВ ВЯЧЕСЛАВ ВИКТОРОВИЧ**, докт. техн. наук, доцент

E-mail: 135slava@mail.ru

Тверская государственная сельскохозяйственная академия; 170904, ул. Маршала Василевского, д. 7, пос. Сахарово, Тверь, Российская Федерация

Повышение качества предпосевной обработки, особенно для мелкосеменных культур, является актуальной задачей, от которой напрямую зависит урожайность и себестоимость производимой сельскохозяйственной продукции. При этом оценка качества предпосевной обработки почвы может производиться по различным свойствам и характеристикам с учетом типа почвы. На основе методики статистической обработки экспериментальных данных предложен критерий качества предпосевной обработки почвы, определяемый зависимостью от средневзвешенного размера почвенных агрегатов и имеющий значения от 0,40 до 0,90 в зависимости от условий испытаний. Проведены лабораторно-полевые исследования предпосевной обработки почвы различными почвообрабатывающими машинами: РВК-3,6; БМКА-3,0В; КБМ-8,0НУ. Получены данные физических свойств и определен критерий деформации почвы до агрономически ценного размера почвенных агрегатов с применением стандартных методик. Анализ лабораторно-полевых исследований показал, что в условиях почв Тверского региона более интенсивно измельчает почву агрегат РВК-3,6 в сравнении с другими почвообрабатывающими машинами. Однако установлено, что по качественному изменению технологических свойств почвы (плотность, влажность, выровненность) агрегат РВК-3,6 уступает опытному образцу блочно-модульного комбинированного агрегата БМКА-3,0В. Отмечено, что применение средневзвешенного среднего по объему, обобщенного среднего размера, дисперсии и коэффициента вариации почвенных агрегатов для оценки испытываемых почвообрабатывающих агрегатов позволяет более полно оценивать равномерность деформации почвенного профиля.

**Ключевые слова:** почва, предпосевная обработка почвы, комбинированный агрегат, лен, мелкосеменные культуры, полевые исследования.

**Формат цитирования:** Никифоров М.В., Голубев В.В. Определение критерия качества предпосевной обработки почвы при использовании различных почвообрабатывающих машин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. N 6(88). С. 11-16. DOI 10.26897/1728-7936-2018-6-11-16.

## DETERMINING QUALITY CRITERIA OF PRE-SOWING SOIL TILLAGE USING DIFFERENT TILLAGE MACHINES

**MAKSIM V. NIKIFOROV**

E-mail: mnikiforov@tvgscha.ru

**VYACHESLAV V. GOLUBEV**, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: 135slava@mail.ru

Tver State Agricultural Academy; 170904, Marshala Vasilevskogo Str. 7, Sakharovo, Tver, Tver Region, Russian Federation

Improving the quality of pre-sowing tillage, especially for small-seeded crops is an urgent task, which directly affects the yield and cost of farm produce. At the same time, the quality of pre-sowing soil treatment can be assessed according to different properties and characteristics, taking into account the type of soil. Basing on the method of statistical processing of experimental data, a quality criterion for pre-sowing tillage has been proposed, which is determined by the dependence on the weighted average size of soil aggregates, and ranges between 0.40 and 0.90, depending on the test conditions. Laboratory-field studies of pre-sowing tillage of soil by various tillage machines РВК-3,6; БМКА-3,0В; КБМ-8,0НУ. The authors have obtained data on physical properties and the criterion of the soil deformation to the agronomically acceptable size of soil peds

using standard techniques. The analysis of laboratory and field test results has shown that in the soil conditions of the Tver region, the PBK-3,6 unit crushes soil more intensively, as compared with other tillage machines. However, it has been found that in terms of the qualitative change in the technological properties of the soil (density, moisture content, and levelling), the PBK-3,6 unit is inferior to a prototype of the block-modular combined БМКА-3,0В unit. The authors note that the use of a weighted average medium-volume, a generalized medium-size, dispersion and the coefficient of variation of soil peds for the evaluation of the tested soil-cultivating units provides for fuller evaluation of the uniformity of soil profile deformation.

**Key words:** soil, pre-sowing soil cultivation, combined unit, flax, small-seed crops, field studies.

**For citation:** Nikiforov M.V., Golubev V.V. Determining quality criteria of pre-sowing soil tillage using different tillage machines. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2018; 6(88): 11-16. (in Rus.). DOI 10.26897/1728-7936-2018-6-11-16.

**Введение.** Для создания благоприятных условий прорастания семян применяется предпосевная обработка почвы, являющаяся особенно значимым технологическим процессом, в который входит ряд технологических операций, таких как культивация для рыхления поверхностного слоя почвы, боронование для сохранения почвенной влаги и дробления комков, прикатывание для уплотнения и выравнивание, обеспечивающее уменьшение размеров неровностей поверхности почвы [1]. По результатам теоретических и экспериментальных исследований установлено, что в процессах прикатывания и выравнивания, которые выполняются на заключительной стадии предпосевной обработки, поверхность почвы уплотняется в ряде случаев за счет вдавливания почвенных агрегатов, а также за счет деформации почвы до определенных фракций. Высокая степень деформации почвенных агрегатов является негативным фактором, который может привести к увеличению эрозионно опасных частиц, что недопустимо по требованиям ГОСТ [2]. Качество предпосевной обработки почвы определяют замером глубины обработанного слоя, гребнистостью, глыбистостью поверхности, степенью уплотнения почвы, а также структурностью почвы, значения которых влияют на физические и технологические свойства почвы. В результате анализа научно-технической литературы не установлено единого критерия качества, оценивающего работу почвообрабатывающих машин, как отдельных рабочих органов, так и в составе комбинированных агрегатов.

**Цель исследований** – определение критерия качества предпосевной обработки почвы при использовании различных почвообрабатывающих машин и агрегатов.

**Материал и методы.** Оценка степени разрушения почвенных агрегатов по среднему размеру осуществлялась сопоставлением данных по размеру до и после выравнивания почвы.

Применен метод оценки функционирования рабочих органов и машин для предпосевной обработки почвы, а также ситовой метод определения параметров почвенных агрегатов. Причем средний диаметр почвенного агрегата в отдельно взятом почвенном объеме  $V_{п.а.}$  определится выражением

$$h_o(d_{п.а.}) = f(D_{п.а.}), \text{ мм}, \quad (1)$$

где  $h_o$  – определяющая характеристика почвенного объема  $V_{п.а.}$  мм;  $d_{п.а.} = (d_{1п.а.}, d_{2п.а.}, d_{3п.а.}, \dots, d_{mп.а.})$  – параметры почвенных агрегатов объема почвы  $V_{п.а.}$  в виде почвенного образца с ненарушенным строением, мм;

$D_{п.а.} = (D_{1п.а.}, D_{2п.а.}, D_{3п.а.}, \dots, D_{mп.а.})$  – параметры почвенных агрегатов усредненного объема почвы  $V_{п.а.}$  мм.

Для непосредственного расчета среднего размера почвенных агрегатов, принимая их форму в виде шара, использованы данные по размеру частиц, количеству, массе каждого почвенного агрегата. Данный показатель является определяющей характеристикой. Поскольку величину каждого почвенного агрегата определить труднее, применяются рекомендации по определению комковатости, коэффициента структурности [3-6]. Причем если для грунтов и торфа имеются соответствующие стандарты и рекомендации, то определение указанных показателей для почв не имеет единой методики.

Полагая, что почвенные агрегаты в большинстве своем имеют форму шара или максимально к ней приближенную, средний размер  $D_{п.а.}^{cp}$  усредненных почвенных агрегатов определяется выражением

$$D_{п.а.}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{m_i}{d_{i\phi}^2 + d_{m.a.}^2}}{2 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{(d_{i\phi}^2 + d_{m.a.}^2) \cdot (d_{m.a.+1} + d_{m.a.})}}, \text{ мм}, \quad (2)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -й фракции почвенных агрегатов, г;  $d_{i\phi}$  – фактический диаметр почвенных агрегатов, мм;  $d_{m.a.}$  – диаметр почвенных агрегатов объема почвы  $V_{п.а.}$  в виде почвенного образца с ненарушенным строением, мм.

Задавшись в качестве определяющего свойства функцией

$$f = \sum_{i=1}^N \bar{d}_i \cdot m_i, \text{ мм},$$

где  $\bar{d}_i$  – средний диаметр  $i$ -й фракции почвенных агрегатов, мм, принимая значение среднего диаметра по выражению

$\bar{d}_i = \frac{(d_{m.a.+1} + d_{m.a.})}{2}$ , можем записать, что из уравнения  $\sum_{i=1}^N \bar{d}_i \cdot m_i = \sum_{i=1}^N D_{п.а.} \cdot m_i$  получим средневзвешенный размер почвенных агрегатов, который определится по формуле

$$D_{св} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \bar{d}_i \cdot m_i, \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $\bar{d}_i$  – средний диаметр  $i$ -й фракции почвенных агрегатов, мм;  $\sum_{i=1}^N m_i$  – масса почвенного образца всей совокупности, г, равная массе  $m$  почвенного образца.

Величину среднего размера почвенных агрегатов при деформации почвы после прохода активных рабочих органов – фрез, культиваторов – с учетом наличия в почве сорной растительности, соломы, стерни, с формированием почвенных агрегатов соответствующей формы, можно определить по выражению

$$D_{\phi} = \frac{m}{\sum_{i=1}^N \frac{m_i}{d_i}}, \text{ мм.} \quad (4)$$

При расчете среднего диаметра необходимо, чтобы усредненная совокупность объема почвенного агрегата  $V_{\text{п.а.}}$  полностью или в определенных пределах сохранила свойства  $V_{\text{п.а.}}$ .

Получаемое среднее значение размера почвенного агрегата служит косвенной характеристикой технологических режимов и конструктивных параметров почвообрабатывающих машин, а также может применяться при оценке качества работы деформатора почвы в конкретных условиях функционирования. При уточнении степени деформации почвенного образца рабочими органами для изменения размеров почвенных агрегатов следует использовать массивы полученных экспериментальных данных с обязательной вероятностной оценкой. Следовательно, определяется разница между требуемыми и фактическими результатами степени изменения размеров почвенных агрегатов с применением характеристик вероятностной оценки по критериям Стьюдента [7, 8].

Существенность разницы определяется из выражения

$$\left| D_{\phi} - D_{\text{пер}} \right| > t_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma_D}{\sqrt{n_i}}$$

где  $D_{\text{пер}}$  – регулируемое значение размера почвенных агрегатов, мм;  $t_{1-\frac{\alpha}{2}}$  – табличное значение критерия Стьюдента для уровня значимости, равного  $\alpha$ ;  $\sigma_D$  – стандартное отклонение, мм;  $n_i$  – характеристика почвенных агрегатов в зависимости от формы поперечного сечения, мм.

Значение показателя  $n_i$  может быть определено с учетом предшествующей обработки, а также экспериментальным путем, за счет определения формы поперечного сечения сформированных почвенных агрегатов. Для преобладающего большинства почвенных агрегатов, имеющих шарообразную форму, данный показатель рассчитывается по формуле

$$n_i = \frac{24}{\pi \cdot \rho} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{(d_{\text{иф}} + d_{\text{ин.а.}}) \cdot (d_{\text{ин.а.+1}}^2 + d_{\text{ин.а.}}^2)}$$

где  $\rho$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
для почвенных агрегатов с продолговатой формой поперечного сечения значение  $n_i$  определяется как

$$n_i = \frac{2}{\rho} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{S \cdot (d_{\text{иф}} + d_{\text{ин.а.}})},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения продолговатого почвенного агрегата, м<sup>2</sup>, а также для почвенных агрегатов кубической формы показатель  $n_i$  рассчитывается по выражению

$$n_i = \frac{4}{\rho} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{m_i}{(d_{\text{иф}} + d_{\text{ин.а.}}) \cdot (d_{\text{ин.а.+1}}^2 + d_{\text{ин.а.}}^2)}, \text{ мм.}$$

Наличие нескольких показателей изменяемой структуры почвы, с учетом исходного гранулометрического состава, а также типа почвы, ее физико-механических и технологических свойств, служит основой для определения критерия качества технологической операции выравнивания при сравнении различных технологических процессов и конструкций рабочих органов для предпосевной обработки почвы. В качестве данного критерия предлагается использовать показатель, определяемый из соотношения

$$K_{\text{кач}} = \frac{D_{\text{п.а.}}^{\text{сп}}}{D_{\text{св}}}$$

Определяемый показатель  $K_{\text{кач}}$  изменяется в интервале от 0 до 1,0, причем чем больше равномерность деформации почвенного профиля, тем ближе показатель  $K_{\text{кач}}$  к единице. При оценке инновационных почвообрабатывающих рабочих органов активного, пассивного и комбинированного действия в лабораторных условиях указанный критерий составляет значение в пределах 0,80...0,90, вместе с тем в полевых условиях установлено, что критерий качества находится в пределах от 0,40 до 0,50 [9].

На основании анализа агротехнических требований установлены пределы агрономически ценных размерных характеристик почвенных агрегатов, что позволило предложить методику оценки качества предпосевной обработки почвы различными рабочими органами в составе почвообрабатывающих машин [2]. Теоретическую зависимость функции реализации можно записать в следующем виде:

$$y(d) = \alpha \cdot d \cdot e^{-\frac{(d-\gamma)^2}{\beta}}, \text{ мм,}$$

где  $\alpha = \frac{1}{d_0} e^{\frac{\beta}{4d_0^2}}$ ,  $\gamma = d_0 - \frac{\beta}{2d_0}$  при положительном значении  $\beta$ ;  $d_0$  – диаметр почвенных агрегатов совокупности  $V_{\text{п.а.}}$ , которая является агрономически ценной, т.е.  $y(d_0) = y(V_{\text{п.а.}}) = 1,0$ .

При рассмотрении функции  $y(d)$ , как определяющей свойство совокупности  $V_{\text{п.а.}}$ , является возможным определение среднего диаметра почвенных агрегатов из соотношения

$$y(D) = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^N y(\bar{d}_i) \cdot m_i, \text{ мм,}$$

где  $\bar{d}_i$  – средний размер  $i$ -й фракции почвенных агрегатов, мм.

Переменную  $\beta$  можно вычислить с использованием выражения

$$\beta = \frac{\Delta}{\frac{1}{d_0} + \frac{1}{\Delta} \cdot \ln \left( \frac{P \cdot d_0}{d_0 \pm \Delta} \right)},$$

где  $\Delta$  – допустимое отклонение от значения  $d_0$ , мм;  $P$  – степень реализации почвенного образца, размеры которого находятся в интервале  $d_0 \pm \Delta$ , %.

**Результаты и обсуждение.** При выполнении лабораторно-полевых исследований с применением утвержденной методики составлена таблица 1 сравнительных экспериментальных исследований почвообрабатывающих машин на дерново-подзолистой среднесуглинистой

почве на глубине 0...10,0 см [9, 10]. Предварительные измерения физических свойств почвы по общепринятым методикам [5] позволили установить, что относительная влажность почвы составила 25,7...27,3%, а плотность поверхностного слоя почвы – 1,27...1,29 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1

**Значение фракционного состава почвенного образца в усредненной повторности при ранней весенней обработке почвы**

Table 1

**The value of the fractional composition of a soil sample in average replication during early spring tillage**

размер почвенных агрегатов, мм	Фракционный состав почвенных агрегатов			Агрономически ценный размер на поверхности почвы; $d_0$ , мм	Отклонение; $\Delta$ , мм
	масса фракций почвенных агрегатов (г) после обработки машинами				
	РВК-3,6	БМКА-3,0В	КБМ-8,0НУ		
≤ 10,0	30,4	19,3	8,2	15,5	4,5
11,0...20,0	66,5	64,2	48,6	15,5	4,5
21,0...30,0	2,1	8,7	23,3	15,5	4,5
31,0...40,0	0,7	6,8	18,9	15,5	4,5
≥ 41,0	0,3	1,0	1,0	15,5	4,5
$K_{\text{кач}}$	0,86	0,78	0,73	-	-
$y(D)$	0,67	0,65	0,49	-	-

На основе анализа результатов лабораторно-полевых экспериментальных исследований получены значения функций:  $y(D) = 0,67$  – при обработке РВК-3,6;  $y(D) = 0,65$  – при обработке БМКА-3,0В;  $y(D) = 0,49$  – при обработке КБМ-8,0НУ. Следовательно, комбини-

рованный агрегат РВК-3,6 показал более интенсивную деформацию почвенных агрегатов.

По расчетам показателя  $K_{\text{кач}}$ , определяемого в период предпосевной обработки почвы, получены результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

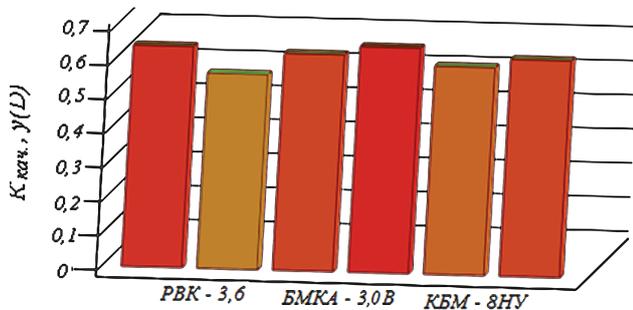
**Результаты расчетов при сравнительных испытаниях на предпосевной обработке почвы**

Table 2

**The calculation results obtained in comparative tests during pre-sowing tillage**

размер почвенных агрегатов, мм	Фракционный состав почвенных агрегатов			Агрономически ценный размер почвенных агрегатов, мм	Отклонение, мм	Свойства почвы, относительная влажность, % / плотность, г/см <sup>3</sup>
	масса фракций почвенных агрегатов (г) после обработки машинами					
	РВК-3,6	БМКА-3,0В	КБМ-8,0НУ			
≤ 3	17,6	16,4	3,4	7,5	2,5	24,2/1,26
3...5	20,1	17,1	10,3	7,5	2,5	24,2/1,26
5...10	44,1	52,2	49,5	7,5	2,5	24,2/1,26
10...15	14,2	8,7	12,7	7,5	2,5	24,2/1,26
15...20	2,1	3,1	7,9	7,5	2,5	24,2/1,26
20...25	0,9	1,4	6,2	7,5	2,5	24,2/1,26
25...30	0,5	0,6	6,2	7,5	2,5	24,2/1,26
35...40	0,4	0,5	2,5	7,5	2,5	24,2/1,26
≥ 40	0,1	0	1,3	7,5	2,5	24,2/1,26
$K_{\text{кач}}$	0,51	0,52	0,48	-	-	-
$y(D)$	0,45	0,49	0,50	-	-	-

На основании выполненных экспериментальных исследований с применением компьютерной программы Mathcad (лицензионное соглашение № 464457 от 10.09.2014) составлен график (рисунок) изменения показателей при использовании испытуемого агрегата для предпосевной обработки почвы.



#### Изменение критерия качества предпосевной обработки почвы ( $K_{\text{кач}}$ ; $y(D)$ ) при использовании разных почвообрабатывающих агрегатов

#### Changing the quality criterion of pre-sowing tillage ( $K_{\text{кач}}$ ; $y(D)$ ) when using different tillage units

Анализ графика позволил установить, что на дерново-подзолистых почвах наилучшие результаты по критерию качества предпосевной обработки почвы показал комбинированный агрегат БМКА-3,0В, оснащенный выравнивающим рабочим органом (положительное решение на выдачу патента от 26.07.2018 г. по заявке на патент РФ № 2018111823) [11].

#### Выводы

1. Для создания требуемого структурного профиля при обработке дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы необходимы дополнительные регулировки блочно-модульного комбинированного агрегата БМКА-3,0В, оснащенного блоком выравнивания. Использовать агрегаты РВК-3,6 и КБМ-8,0НУ необходимо в сжатые агросроки предпосевной обработки почвы или вносить изменения в конструкцию выравнивающих рабочих органов.

2. Результаты, полученные при выполнении лабораторно-полевых исследований на почвах Тверского региона, при сравнении опытного образца для предпосевной обработки почвы и серийных почвообрабатывающих агрегатов, позволили установить, что более интенсивно деформирует почву агрегат РВК-3,6. В сравнении с изменением технологических свойств почвы (плотность, влажность, выровненность) агрегат РВК-3,6 уступает опытному образцу БМКА-3,0В. К этому выводу приводит оценка исследуемых почвообрабатывающих машин, рекомендуемых для предпосевной обработки почвы по значению показателя  $K_{\text{кач}}$ .

3. Отмечается, что для оценки качества деформации почвы по степени агрономической ценности почвенных агрегатов возможно применение параметра  $y(D)$ .

4. Применение средневзвешенного среднего по объему, обобщенного среднего размера, дисперсии и коэффициента вариации почвенных агрегатов для оценки испытуемых почвообрабатывающих агрегатов позволяет более полно оценивать равномерность деформации почвенного профиля.

#### Библиографический список

- ГОСТ 16265-89 Земледелие. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1991. 23 с.
- ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. М.: Издательство стандартов, 1984. 5 с.
- ГОСТ 10650-2013 Торф. Методы определения степени разложения. М.: Стандартинформ, 2014. 13 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов (в поле и лаборатории). М.: Высшая школа, 1961. 344 с.
- Голубев В.В. Обоснование коэффициента структурности почвы при возделывании мелкосеменных культур // Проблемы аграрной науки и образования: Сб. науч. тр. Тверь: Тверская ГСХА, 2008. С. 63-65.
- Карманов Ф.И., Острейковский В.А. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета Mathcad: Учебное пособие. М.: КУРС: ИНФРА-М, 2015. 207 с.
- Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. М.: Колос, 1994. 169 с.
- Никифоров М.В., Туманов И.В., Черненко Я.В. Методика и результаты лабораторных исследований выравнивателя почвы // Сб. тр. студентов и молодых ученых «Проблемы и направления развития предприятий АПК: взгляд молодых ученых». Тверь: ТГСХА, 2018. С. 148-150.
- Никифоров М.В., Голубев В.В., Андреев А.Н. Методика лабораторных исследований выравнивателя // Сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 6-8 февраля 2008 г. Тверь: ТГСХА, 2018. С. 206-209.
- Никифоров М.В., Голубев В.В., Фирсов А.С. и др. Выравнивающий рабочий орган сеялки: Заявка на пат. РФ № 2018111823. 2018.

#### References

- GOST 16265-89 Zemledeliye. Terminy i opredeleniya [Agriculture. Terms and definitions]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1991: 23. (in Rus.).
- GOST 26244-84 Obrabotka pochvy predposevnaya. Trebovaniya k kachestvu i metody opredeleniya [Pre-sowing soil treatment. Quality requirements and methods of determination]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1984: 5. (in Rus.).
- GOST 10650-2013 Torf. Metody opredeleniya stepeni razlozheniya [Peat. Methods for determining the de-

gree of decomposition]. Moscow, Standartinform, 2014: 13. (in Rus.).

4. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv [Methods of research of physical properties of soils]. Moscow, Agropromizdat, 1986: 416. (in Rus.).

5. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody opredele-niya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov (v pole i laboratorii) [Methods for determining the physical properties of soils and ground (in the field and laboratory)]. Moscow, Vysshaya shkola, 1961: 344. (in Rus.).

6. Golubev V.V. Obosnovaniye koeffitsiyenta strukturnosti pochvy pri vozdeystvii melkosemennykh kultur [Substantiation of the soil structure coefficient in the cultivation of small-seed crops]. Problemy agrarnoy nauki i obrazovaniya, Sb. nauch. tr. Tver, Tverskaya GSKhA, 2008: 63-65 (in Rus.).

7. Karmanov F.I., Ostreykovskiy V.A. Statisticheskiye metody obrabotki eksperimentalnykh dannykh s ispolzovaniyem paketa Mathcad [Statistical methods of experimental data processing using the package Mathcad]. Study manual. Moscow, KURS, INFRA-M, 2015: 207. (in Rus.).

8. Khaylis G.A., Kovalev M.M. Issledovaniye selskokhozyaystvennoy tekhniki i obrabotka opytnykh dannykh [Research of agricultural machinery and processing of experimental data]. Moscow, Kolos, 1994: 169. (in Rus.).

9. Nikiforov M.V., Tumanov I.V., Chernenko Ya.V. Metodika i rezultaty laboratornykh issledovaniy vyravnivatelya pochvy [Methods and results of laboratory studies of soil leveler]. Sbornik trudov studentov i molodykh uchenykh "Problemy i napravleniya razvitiya predpriyatiy APK: vzglyad molodykh uchenykh". Tver, TGSKhA, 2018: 148-150 (in Rus.).

10. Nikiforov M.V., Golubev V.V., Andreyev A.N. Metodika laboratornykh issledovaniy vyravnivatelya [Methods of laboratory studies of soil leveler] Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 6-8 fevralya 2008 goda. Tver, TGSKhA, 2018: 206-209 (in Rus.).

11. Nikiforov M.V., Golubev V.V., Firsov A.S. i dr. Vyravnivayushchiy rabochiy organ seyalki [Leveling working element of seeders]. RF Patent claim No. 2018111823, 2018 (in Rus.).

#### Критерии авторства

Никифоров М.В., Голубев В.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Никифоров М.В., Голубев В.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 05.09.2018

#### Contribution

Nikiforov M.V., Golubev V.V. carried out the experimental work, and basing on the obtained results summarized the material and wrote the manuscript. Nikiforov M.V., Golubev V.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on September 5, 2018