

УДК 631.316.2

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ С ЭЛЛИПСОВИДНЫМИ ДИСКАМИ**
Яруллин Ф.Ф., Ибятов Р.И., Яхин С.М., Гайнутдинов Р.Х.

Реферат. В данной работе представлены результаты полевых исследований ротационного орудия для поверхностной обработки почвы, состоящей из рамы, на которой размещена рабочая секция в форме эллипсовидных дисков с двухсторонней заточкой. Большие оси эллипсовидных дисков наклонены к оси вращения. Позади рабочей секции установлен ротационный каток для выравнивания и уплотнения поверхности поля. Целью данной работы является обоснование рациональных значений технологических параметров ротационного орудия на основе экспериментальных исследований в полевых условиях глубины обработки почвы, гребнистости обработанной поверхности поля и степени крошения почвы при различных режимах работы агрегата. Для определения глубины обработки и степени крошения почвы применяли стандартные методы. Гребнистость определяли с помощью прибора ИП-250. В результате исследований было установлено что, при заданной глубине обработки 80 мм и увеличении скорости движения ротационного орудия до 3,61 м/с гребнистость поверхности поля уменьшается и составляет 14-15 мм, а потом начинает увеличиваться. Это объясняется тем, что при больших скоростях ротационный каток не успевает разрушать комки, что приводит к увеличению гребнистости. Также было установлено, что при увеличении скорости движения до 3,61 м/с и глубине обработки 80 мм, степень крошения почвы увеличивается до 86-87%, а при дальнейшем увеличении скорости начинает уменьшаться. Это объясняется тем, что при повышенных скоростях движения агрегата рабочие органы ротационного орудия начинают выглубляться из почвы, вследствие чего не выдерживается заданная глубина обработки почвы и качественное ее крошение. Таким образом, определены рациональные значения скорости движения ротационного орудия с эллипсовидными дисками в пределах от 3,33 до 3,88 м/с, при которых обеспечивается выполнение агротехнических требований к поверхностной обработке почвы.

Ключевые слова: обработка почвы, эллипсовидные диски, ротационное орудие, гребнистость, крошение почвы, глубина обработки.

Введение. На сегодняшний день в России и других передовых странах Европы наметилось перспективное научное направление по разработке и исследованию ротационных орудий для поверхностной обработки почвы [1,2,3,4,5,6]. Рабочие органы данных орудий, совершают не только вращательное движение вокруг горизонтальной оси, а также производят дополнительное колебательное движение в вертикально-поперечной плоскости, т.е. при поступательном движении агрегата совершают сложное пространственное перемещение [7,8,9]. Однако известные технические решения недостаточно надёжны и имеют низкую эффективность работы.

Поэтому разработка технических и технологических решений, направленных на повышение надёжности и эффективности поверхностной обработки почвы остаётся актуальной научно-технической задачей для агропромышленного комплекса [10,11].

Целью данной работы является обоснование рациональных значений технологических параметров ротационного орудия на основе экспериментальных исследований в полевых условиях глубины обработки почвы, гребнистости обработанной поверхности поля и степени крошения почвы при различных режимах работы агрегата.

Условия, материалы, методы и объекты исследования. Почвообрабатывающее орудие для поверхностной обработки почвы с эллипсовидными дисками (рисунок 1) состоит из рамы 1 опорных колес 2, механизма навески 3. На раме 1 размещена рабочая секция в форме эллипсовидных дисков 4 с двухсторонней заточкой. Большие оси эллипсовидных дисков наклонены к оси вращения. Позади рабочей секции установлен ротационный каток 5 для выравнивания и уплотнения поверхности поля.

Полевые испытания опытного образца ротационного орудия с эллипсовидными дисками проведены в соответствии с методикой на опытных полях Казанского ГАУ. Почва опыт-



1 – рама, 2 – опорное колесо, 3 – механизм навески,
4 – рабочая секция в форме эллипсовидных дисков,
5 – ротационный каток

Рисунок 1 – Общий вид ротационного орудия для поверхностной обработки почвы с эллипсовидными дисками

ного участка – серая лесная среднесуглинистого гранулометрического состава со средним содержанием гумуса 3,1%. Средняя влажность почвы на опытных участках в слое 0...100 мм составляла 22,8 %, а твёрдость почвы – в пределах от 1,6 до 2,2 МПа.

При полевых исследованиях применяли стандартные методы определения глубины обработки почвы и степени крошения почвы при различных режимах работы агрегата [12,13]. Гребнистость определяли с помощью прибора ИП-250 [14]. Сущность метода определения гребнистости поверхности обработанного поля состоит в определении разности высот между дном впадины и вершинами соседних с ней гребней. Прибор ИП-250 даёт возможность измерять профиль почвы до 330 мм по глубине и 1500 мм по ширине, с шагом 50 или 100 мм. При обработке опытных данных средняя гребнистость h_{cp} почвы определяется по формуле:

$$h_{cp} = (h_1 + h_2 + \dots + h_n) / n, \quad (1)$$

Где h_1, h_2, h_n – результаты замеров высоты гребней, мм; n – количество замеров.

Гребнистость поверхности поля определяли в пятикратной повторности за один проход орудия. Обработка результатов экспериментов были выполнены с использованием программы Statistica.

Анализ и обсуждение результатов исследования. Эксперименты выявили, что после прохождения дисковой секции почва вспушивается за счет колебательного движения дисков в вертикально-поперечной плоскости. При работе ротационного орудия в момент расположения дисков с максимальным углом атаки наблюдалось образование небольших валиков. Позади установленный ротационный каток выравнивает валики, сглаживает и уплотняет поверхность вспушенной почвы.

В результате исследований глубины обработки почвы a выявлено, что средние значения данного параметра при скорости движения орудия до 3,88 м/с не превышает допустимых отклонений (± 10 мм), которые предусмотрены агротехническими требованиями на поверхностную обработку почвы. С увеличением скорости более 3,88 м/с рабочие органы теряют устойчивость хода по глубине обработки почвы, начинают выглубляться.

Результаты исследования гребнистости при различных значениях глубины обработки и скорости движения орудия V представлены в табл. 1. Для удобства восприятия приводятся только средние значения показателей гребнистости.

Общеизвестно, что после обработки почвы дисковыми орудиями возникает гребнистая поверхность поля, которая отрицательно влияет на влагозащиту. Это связано с тем, что при

Таблица 1 – Результаты исследования гребнистости

№ п/п	Глубина обработки почвы, мм	Скорость движения, м/с				
		3,06	3,33	3,61	3,88	4,16
1	40	28,7	26,1	24,3	25,1	25,6
2	60	27,1	21,3	20,9	23,2	22,5
3	80	18,2	18,0	14,9	13,3	16,9

наличии гребнистости увеличивается площадь свободной поверхности поля, т.е. растёт площадь испарения. На рисунке 2 представлена зависимость гребнистости поверхности поля от скорости движения экспериментального орудия при различных значениях глубины обработки почвы.

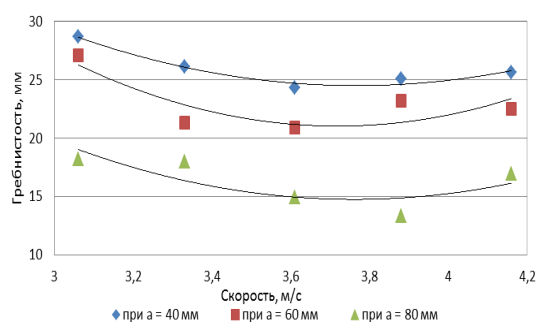
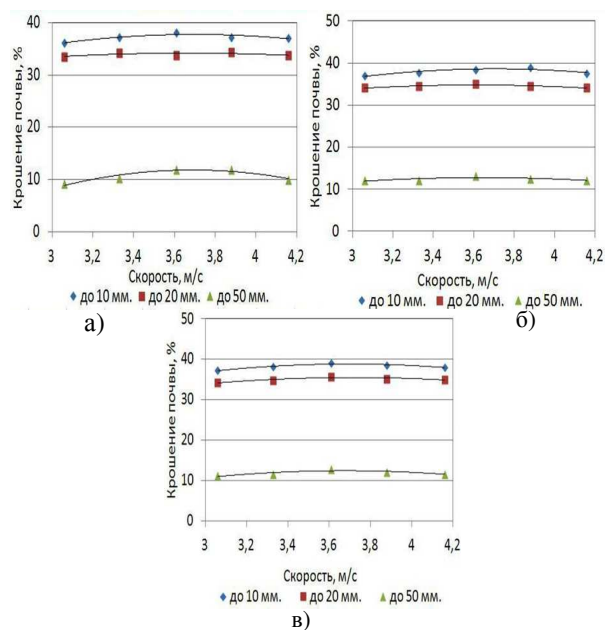


Рисунок 2 – Зависимость гребнистости поверхности поля от скорости движения орудия при различных значениях глубины обработки почвы

Как видно из графика, гребнистость уменьшается при увеличении глубины обработки почвы. Влияние скорости движения орудия имеет более сложный характер. При увеличении скорости орудия до 3,88 м/с, эллипсовидный диск и ротационный каток эффективно разрушают комки почвы и лучше выравнивают обработанную поверхность, вследствие чего гребнистость поверхности поля уменьшается. С увеличением скорости более 3,88 м/с ротационный каток не успевает разрушать комки, что приводит к увеличению гребнистости. Как видно из рисунка 2, минимальная гребнистость обеспечивается при скоростях 3,33-3,88 м/с. Среднее значение гребнистости обработанной поверхности при скорости движения агрегата 3,06 м/с и глубине обработки 40 мм равна 28,7 мм, а при скорости движения 3,61 м/с и глубине обработки 80 мм – 14,9 мм. Экспериментальные данные удовлетворяют агротехническим требованиям, поскольку высота гребней во всех случаях не превышает 30...40 мм.

Результаты полевых исследований по определению степени крошения почвы К ротационным орудием приведены на рисунке 3-5.

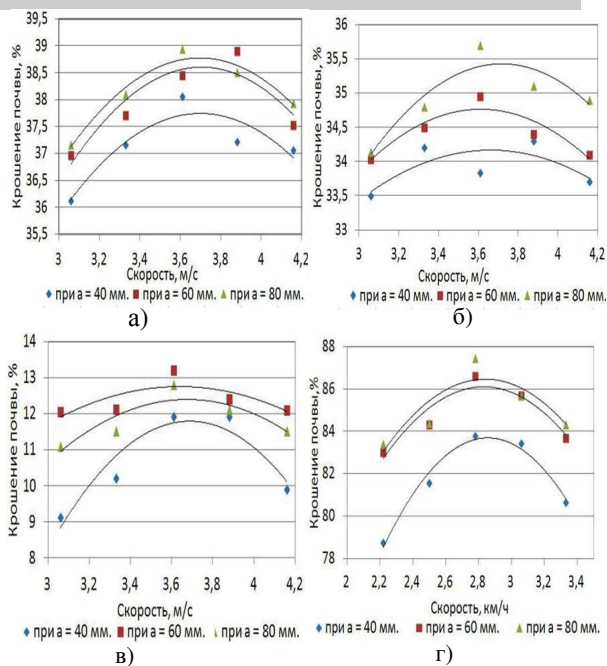
На степень крошения значительное влияние оказывает глубина обработки и скорость движения агрегата. На рисунках 3а, 3б, 3в представлены графики зависимости степени крошения почвы от скорости движения для различных фракций почвы. Исследования проводились при следующих значениях глубины обработки: 40 мм, 60 мм и 80 мм. Было установлено, что основной объем почвы после обработки составляют мелкие фракции размером до 10 мм и средние фракции размером от 10 до 20 мм. Крупные фракции размером от 20 до 50 мм составляют всего 10-15%. Из рисунков 3а, 3б, 3в видно, что при увеличении скорости до 3,88 м/с степень крошения почвы возрастает, а после 3,88 м/с – уменьшается. Это объясняется тем, что при повышенных скоростях движения агрегата рабочие органы ротационного орудия начинают выглубляться из почвы, вследствие чего не выдерживается заданная глубина обработки почвы и качественное ее крошение.



а) при глубине обработки почвы 40 мм;
 б) при глубине обработки почвы 60 мм;
 в) при глубине обработки почвы 80 мм
 Рисунок 3 – Зависимость крошения почвы от скорости движения орудия

Влияние скорости движения на крошение отдельных фракций показаны на рисунках 4а, 4б, 4в, 4г.

На рисунке 4 г приведены графики зависимости общей доли ценных фракций (до 50 мм) от скорости движения агрегата при различных глубинах обработки. Как видно из рисунка, зависимости не линейные, имеются максимумы. Это означает, что существует наиболее благоприятная скорость движения агрегата, при которой будет обеспечиваться наилучшее



а) почвенные комки размером до 10 мм;
 б) почвенные комки размером от 10 до 20 мм;
 в) почвенные комки размером от 20 до 50 мм;
 г) общая доля ценных фракций почвенных комков
 Рисунок 4 – Зависимость крошения почвенных комков от скорости движения орудия и глубины обработки почвы

крошение почвы. На рисунке 4 г видно, что при увеличении глубины обработки суммарная доля ценной фракции почвы растет. Однако, с увеличением глубины обработки интенсивность роста доли ценных фракций почвы уменьшается. На рисунке 5 представлена зависимость крошения почвы от скорости движения орудия и глубины обработки почвы в виде трехмерного графика.

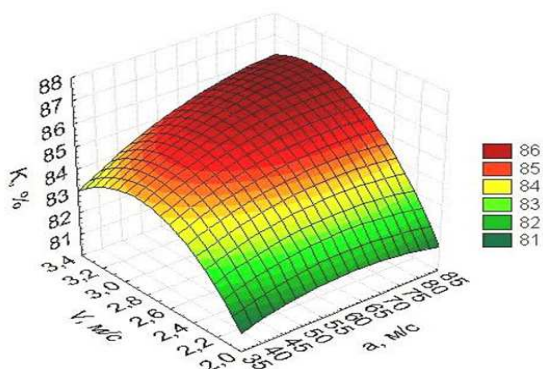


Рисунок 5 – Зависимость крошения почвы от скорости движения орудия и глубины обработки почвы

Из рисунка отчетливо видно, что характеры влияния скорости движения орудия и глубины обработки на долю ценных фракций разные. Максимальная степень крошения почвы (86-87%) достигается при глубине обработки

80 мм и скорости движения ротационного орудия 3,33-3,88 м/с. С увеличением скорости более 3,06 м/с степень крошения начинает уменьшаться. Это объясняется тем, что при повышенных скоростях движения агрегата рабочие органы ротационного орудия начинают выглубляться из почвы, вследствие чего не выдерживается заданная глубина обработки почвы и качественное ее крошение.

Выводы. В результате исследований было установлено, что при заданной глубине обработки 80 мм и увеличении скорости движения ротационного орудия до 3,61 м/с гребнистость поверхности поля уменьшается и составляет 14-15 мм, а потом начинает увеличиваться. Это объясняется тем, что при больших скоростях ротационный каток не успевает разрушать комки почвы, что приводит к увеличению гребнистости.

Также было установлено, что при увеличении скорости движения до 3,61 м/с и глубине обработки 80 мм, степень крошения почвы увеличивается до 86-87%, а при дальнейшем увеличении скорости начинает уменьшаться. Это объясняется тем, что при повышенных скоростях движения агрегата рабочие органы ротационного орудия начинают выглубляться из почвы, вследствие чего не выдерживается заданная глубина обработки почвы и качественное ее крошение. Таким образом, определены рациональные значения скорости движения ротационного орудия с эллипсоидными дисками в пределах от 3,33 до 3,88 м/с, при которых обеспечивается выполнение агротехнических требований к поверхностной обработке почвы.

Литература

1. Валиев, А.Р. Обоснование параметров конического почвообрабатывающего рабочего органа путем решения многокритериальной задачи оптимизации / А.Р. Валиев, Р.И. Ибяттов, Ф.Ф. Яруллин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 7. – С.69-72.
2. Валиев, А.Р. Исследование взаимодействия ротационного конического рабочего органа с почвой / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10 (220). – С. 27-31.
3. Яруллин, Ф.Ф. Классификация ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин / Ф.Ф. Яруллин, А.Р. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы / Труды международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2015. – С. 131-137.
4. Askari, M. Draft force inputs for primary and secondary tillage implements in a clay loam soil / M. Askari, S. Khalifahamzehghasem // World Applied Sciences Journal. – 2013. – № 21(12). – pp. 1789-1794.
5. Mašek, J. The quality evaluation of different soil tillage technologies / J. Mašek, P. Novák, M. Kroulík, J. Chyba // Agronomy Research. – 2014. – № 12(1). – pp. 129-134.
6. Subrata, Kr. Soil-blade interaction of a rotary tiller: soil bin evaluation / Kr. Subrata, B. Basudeb, M. Somenath, S. Karmakar // International journal of sustainable agricultural research. – 2014. – № 1(3). – pp. 58-69.
7. Валиев, А.Р. Результаты экспериментальных исследований ротационного конического рабочего органа в почвенном канале / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин, Р.И. Ибяттов, Р.Р. Шириязданов // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – №3 (33). – С.78-85.
8. Земдиханов, М.М. Определение сил взаимодействия вибрационного рабочего органа землеройной машиной с грунтом / М.М. Земдиханов, Д.Т. Халиуллин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 4 (46). – С. 364-369
9. Халиуллин Д.Т. Обзор рабочих органов комбинированных почвообрабатывающих орудий. / Д.А. Юнусов, Д.Т. Халиуллин // Перспективные исследования и разработки молодых ученых // Материалы научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. – С. 190-193.
10. Валиев, А.Р. Определение оптимальных параметров взаимного расположения конических рабочих органов на раме почвообрабатывающего орудия / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2012. – № 3 (25). – С. 68–73.
11. Яруллин Ф.Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2015. – 22 с.
12. ГОСТ 20915–75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 36 с.
13. ОСТ 70.2.15–73. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Союзсельхозтехника, 1974. – 24 с.
14. Переносной прибор с автономным и сетевым электропитанием марки ИП 250. Руководство по эксплуатации. 2013 – 36 с.

Сведения об авторах:

Яруллин Фанис Фаридович – кандидат технических наук, e-mail: fanis4444@mail.ru;
 Равиль Ибрагимович Ибяттов – доктор технических наук, профессор
 Яхин Сергей Мирбатович – доктор технических наук, профессор
 Рамиль Халилович Гайнутдинов – старший преподаватель
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

RESULTS OF FIELD STUDIES OF SOIL-TILLAGE TOOLS WITH ELLIPSOID DISKS

Yarullin F.F., Ibyatov R.I., Yakhin S.M., Gaynutdinov R.Kh.

Abstract. This paper presents the results of field studies of a rotary tool for soil tillage, consisting of a frame on which is placed a working section in the form of elliptical discs with double-sided grinding. The major axes of the ellipsoid disks are inclined to the axis of rotation. A rotating roller is installed behind the working section to level and compact the field surface. The aim of this work is to substantiate the rational values of the technological parameters of the rotary tool on the basis of experimental studies in field conditions of the soil tillage depth, combing of the treated field surface and the degree of soil crumbling under various operating conditions of the unit. To determine the processing depth and the degree of soil crumbling, standard methods were used. Grating was determined using the device IP-250. As a result of research, it was found that, at a given processing depth of 80 mm and an increase in the speed of movement of the rotary tool to 3.61 m/sec., the ridge surface of the field decreases to 14-15 mm, and then begins to increase. This is explained by the fact that at high speeds the rotational roller does not have time to destroy lumps, which leads to an increase in combing. It was also found that with an increase in the speed of movement up to 3.61 m/sec. and a processing depth of 80 mm, the soil crumbling degree increases to 86-87%, and with a further increase in speed it begins to decrease. This is explained by the fact that at elevated speeds of aggregate's movement, the working units of the rotary tool begin to deepen from the soil, as a result of which the predetermined depth of tillage and its high crumbling cannot be maintained. Thus, rational values of the speed of a rotary tool's movement with elliptical disks ranging from 3.33 to 3.88 m/sec., which ensure the fulfillment of agrotechnical requirements for surface tillage, are determined.

Key words: tillage, elliptical disks, rotary tool, ridging, soil crumbling, depth of processing.

References

1. Valiev A.R. Justification of the parameters of a conical soil-cultivating working unit by solving a multi-criteria optimization problem. (Obosnovanie parametrov konicheskogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa putem resheniya mnogokriterialnoy zadachi optimizatsii). / A.R. Valiev, R.I. Ibyatov, F.F. Yarullin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex*. 2017. № 7. P. 69-72.
2. Valiev A.R. Study of the interaction of a rotary conical working unit with the soil. [Issledovanie vzaimodeystviya rotatsionnogo konicheskogo rabocheho organa s pochvoy]. / A.R. Valiev, F.F. Yarullin // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - Technique and equipment for village*. – 2015. – № 10 (220). – P. 27-31.
3. Yarullin F.F. *Klassifikatsiya rotatsionnykh rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin*. // *Agrarnaya nauka XXI veka. Aktualnye issledovaniya i perspektivy. / Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Instituta mekhanizatsii i tekhnicheskogo servisa*. (Classification of rotational working units of tillage machines. / F.F. Yarullin, A.R. Valiev // *Agrarian science of the XXI century. Actual research and prospects. / Proceedings of International scientific and practical conference of Institute of Mechanization and Technical Service*). - Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo GAU, 2015. – P. 131-137.
4. Askari, M. Draft force inputs for primary and secondary tillage implements in a clay loam soil / M. Askari, S. Khalifahamzehghasem // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – № 21(12). – pp. 1789-1794.
5. Mašek, J. The quality evaluation of different soil tillage technologies / J. Mašek, P. Novák, M. Kroulík, J. Chyba // *Agronomy Research*. – 2014. – № 12(1). – pp. 129-134.
6. Subrata, Kr. Soil-blade interaction of a rotary tiller: soil bin evaluation / Kr. Subrata, B. Basudeb, M. Somenath, S. Karmakar // *International journal of sustainable agricultural research*. – 2014. – № 1(3). – pp. 58-69.
7. Valiev A.R. The results of experimental studies of rotary conical working unit in the soil channel. [Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy rotatsionnogo konicheskogo rabocheho organa v pochvennom kanale]. / A.R. Valiev, F.F. Yarullin, R.I. Ibyatov, R.R. Shiriyazdanov // *Vestnik Kazanskogo GAU. – Herald of Kazan State Agrarian University*. – 2014. – №3 (33). – P. 78-85.
8. Zemdikhanov M.M. Determination of the interaction forces of the vibrating working unit of the earth moving machine. [Opredelenie sil vzaimodeystviya vibratsionnogo rabocheho organa zemleroynoy mashinoy s gruntom]. / M.M. Zemdikhanov, D.T. Khaliullin // *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - News of Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2018. № 4 (46). P. 364-369
9. Khaliullin D.T. *Obzor rabochikh organov kombinirovannykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy*. // *Perspektivnye issledovaniya i razrabotki molodykh uchenykh. // Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii Instituta mekhanizatsii i tekhnicheskogo servisa*. (Overview working units of the combined tillage tools. / D.A. Yunusov, D.T. Khaliullin // *Advanced research and development of young scientists // Proceedings of scientific and practical conference of the Institute of Mechanization and Technical Service*). – Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU. – 2017. – 196. P. 190-193.
10. Valiev A.R. Determination of the optimal parameters of the relative position of the conical working units on the frame of the tillage implement. [Opredelenie optimalnykh parametrov vzaimnogo raspolozheniya konicheskikh rabochikh organov na rame pochvoobrabatyvayushchego orudiya]. / A.R. Valiev, F.F. Yarullin // *Vestnik Kazanskogo GAU. – Bulletin of Kazan GAU*. 2012. – № 3 (25). – P. 68–73.
11. Yarullin F.F. *Razrabotka i obosnovanie parametrov rotatsionnogo orudiya dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk*. (Development and justification of the parameters of the rotary tool for surface tillage: author's dissertation for a degree of Ph.D. of Technical sciences). – Kazan. – 2015. – P. 22.
12. *GOST 20915–75. Selskokhozyaystvennaya tekhnika. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy*. (Agricultural machinery. Methods for determining the test conditions). M.: Izd-vo standartov, 1975. – P. 36.
13. *OST 70.2.15–73. Ispytaniya selskokhozyaystvennoy tekhniki. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy*. (Tests of agricultural machinery. Methods for determining the test conditions). – M.: Soyuzselkhoztekhnika, 1974. – P. 24.
14. *Perenosnyy pribor s avtonomnym i setevym elektropitaniey marki IP 250. // Rukovodstvo po ekspluatatsii*. [The portable device with autonomous and network power supply of the IP 250 brand. // *Operation manual*]. 2013 – P. 36.

Authors:

Yarullin Fanis Faridovich – Ph.D. of Technical Sciences, e-mail: fanis4444@mail.ru;
 Ibyatov Ravil Ibragimovich - Doctor of Technical Sciences, Professor
 Yakhin Sergey Mirbatovich - Doctor of Technical Sciences, Professor
 Gaynutdinov Ramil Khalilovich - Senior Lecturer
 Kazan State Agrarian University", Kazan, Russia.