

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Зыкин Евгений Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Албутов Сергей Петрович**, аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергия, технология, почва, растениеводство, возделывание

Состояние вопроса и его анализ показали, что существующие методы обработки поверхности поля перед посевом и гребневой способ посева пропашных культур реализуют различными почвообрабатывающе-посевными агрегатами, в частности, сеялками, оснащенными рабочими органами в виде плоских вращающихся дисков. Однако задача формирования над уложенными в почву семенами с помощью плоских дисков гребня почвы, удовлетворяющего критериям качества, до сих пор остается не решенной. Поэтому возникла необходимость теоретического и экспериментального обоснования оптимальных конструктивно-режимных параметров рабочего органа гребневой сеялки, основным элементом которого является плоский диск. Нами предложено при гребневом посеве пропашных культур использовать инновационную сеялку, которая совмещает операции подрезания сорняков, рыхления почвы, высева семян, а также образование над ними почвенных гребней с заданными размерами и необходимой плотностью. В статье рассмотрен процесс формирования гребней почвы рабочими органами с плоскими дисками в лабораторных условиях. Учитывая агротехнические требования и физико-механические свойства почвы, принят эталонный профиль бугорка почвы, образующийся при посеве, который условно можно принять идеальным. Для достоверной оценки качества образуемого почвенного бугорка, в соответствии с агротехническими параметрами к посеву и позиции соответствия получаемого почвенного бугорка эталонному использовали оригинальный критерий оптимизации  $K_{\text{ср}}$ . После практической реализации формирования бугорков почвы рабочими органами с плоскими дисками и статистической обработки результатов исследований были получены соответствующие уравнения, в которых независимые факторы процесса были выражены как в натуральных, так и в кодированных значениях. После анализа уравнений выявили, что коэффициент  $K_{\text{ср max}} = 0,92\text{м}$  максимален в случае, когда используется плоский диск диаметром 0,35 м.

### Введение

В современном мире доступно значительное количество технологий возделывания сельскохозяйственных культур: ландшафтных, экстенсивных, интенсивных, адаптивных, индустриальных, интегрированных, почвозащитных, биологических, влагосберегающих, ресурсосберегающих, экологически чистых и т.д., которые призваны повысить не только естественное плодородие почвы, но и увеличить урожайность возделываемых культур [1-14].

Состояние вопроса и его анализ показали, что существующие методы обработки поверхности поля перед посевом и гребневой способ посева пропашных культур реализуют различными почвообрабатывающе-посевными агрегатами, в частности, сеялками, оснащенными рабочими органами в виде плоских вращающихся дисков. Однако задача формирования над уложенными в почву семенами с помощью плоских дисков

гребня почвы, удовлетворяющего критериям качества, до сих пор остается не решенной. Поэтому возникает необходимость теоретического и экспериментального обоснования оптимальных конструктивно-режимных параметров рабочего органа гребневой сеялки, основным элементом которого является плоский диск.

### Объекты и методы исследований

Нами предложено при гребневом посеве пропашных культур использовать инновационную сеялку, которая совмещает операции подрезания сорняков, рыхления почвы, высева семян, а также образование над ними почвенных гребней с заданными размерами и необходимой плотностью.

Рабочий орган (рис. 1) содержит стрельчатую лапу 1, стойку 2, кронштейн 3 с винтом 4. С кронштейном 3 жестко соединен диск 5, имеющий отверстия 6. Под диском 5 установлен дополнительный диск 7 с возможностями поворо-

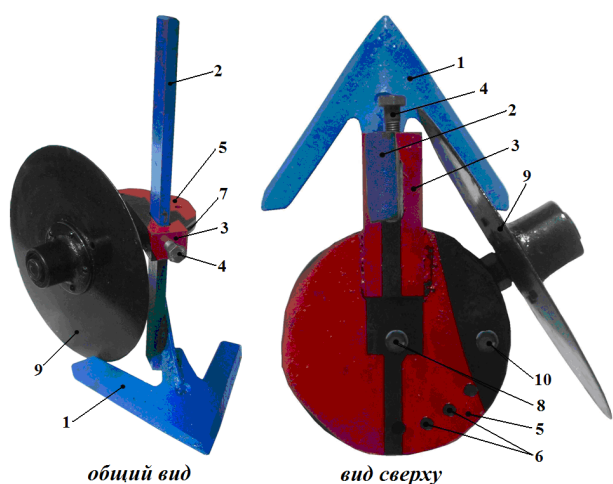
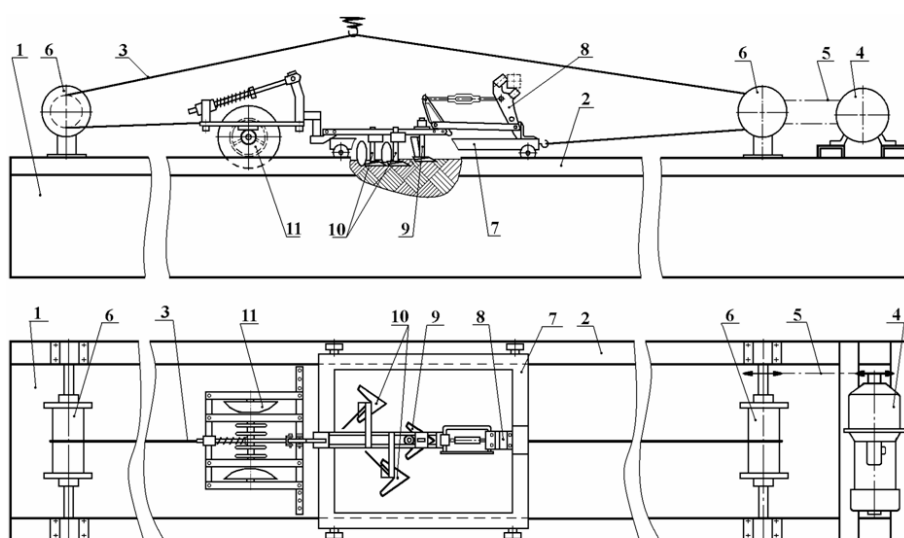


Рис. 1 – Рабочий орган с плоским диском гребневой сеялки

та на оси 8 относительно диска 5. Под диском 5 установлен плоский диск 9 с возможностями регулирования угла его атаки к направлению движения сеялки. Угол атаки плоского диска 9 изменяют, поворачивая дополнительный диск 7 и плоский диск 9 на оси 8 относительно диска 5. Закрепляют диски в одном из положений с помощью болта 10, который фиксируют в отверстии 6.

Величину хода плоского диска 9 в почве относительно лезвий крыльев стрельчатой лапы 1 изменяют путем перемещения кронштейна 3 совместно с дисками 5, 7 и плоским диском 9 и фиксируют в нужном положении винтом 4.



1 – почвенный канал; 2 – рельсовая дорожка; 3 – трос; 4 – мотор-редуктор; 5 – цепная передача; 6 – барабаны; 7 – тележка; 8 – секция гребневой сеялки; 9 – лапа-сошник; 10 – рабочие органы с правым и левым плоскими дисками; 11 – каток

Рис. 2 – Лабораторный комплекс для исследования рабочего органа гребневой сеялки

Таким образом, у рабочего органа с плоским диском гребневой сеялки можно изменять параметры, которые оказывают наибольшее влияние на качество работы – угол атаки плоских дисков 9 и глубину их хода в почве. Указанные выше параметры оказывают непосредственное влияние на геометрические параметры образуемого бугорка почвы над строчками высеянных семян.

Новизна предложенного технического решения подтверждена 14 патентами РФ на изобретения и полезные модели: 2475008, 2475009, 2494590, 2477034, 2471327, 2477593, 2464755, 2464756, 2466520, 113110, 113908, 113910, 116001, 116305.

Для лабораторных исследований рабочего органа гребневой сеялки применяли лабораторный комплекс (рис. 2), который включает почвенный канал с установленной рельсовой дорожкой в его верхней части; приводную станцию, тележку и измерительные приборы. На тележку 7 монтировали посевную секцию 8 от гребневой сеялки. На секции сеялки устанавливали лапу-сошник 9 и каток 11, а также рабочие органы 10, на которых в соответствующих случаях устанавливали правый или левый плоские диски.

Тележку 7 перемещали по рельсовой дорожке 2 при помощи троса 3, мотор-редуктора 4, цепной передачи 5 и барабанов 6.

До начала лабораторных исследований почву в канале вскапывали на глубину 25...27 см, разравнивали и поливали. При высыхании поверхности почвы, для приближения лабораторных исследований к полевым условиям, почву разрыхляли на глубину 3...5 см в соответствии с агротехническими требованиями к ее предпосевной обработке зубвыми боронами. Влажность почвы определяли на разной глубине по стандартной методике [15, 16, 17], а рабочие органы с плоскими дисками исследовали в почве при ее влажности 19...23 %.

Контроль параметров поперечного профиля бугорка почвы (рис. 3),

сформированного рабочими органами, измеряли с помощью оригинального устройства (патенты РФ № 148575, № 150391).

Учитывая агротехнические требования и физико-механические свойства почвы, принят эталонный профиль бугорка почвы, образующийся при посеве, который условно можно принять идеальным.

Подбор различных сочетаний варьируемых факторов процесса и взаимодействия плоских дисков рабочих органов сеялки с почвой профиль поперечного сечения образованных бугорков почвы обычно принимает вид (рис. 4).

После воздействия рабочих органов с плоскими дисками с необходимыми конструктивно-режимными параметрами на почву получили профили бугорков, которые сравнивали с эталонным профилем почвы.

Для достоверной оценки качества образуемого почвенного бугорка в соответствии с агротехническими параметрами к посеву и позиции соответствия получаемого почвенного бугорка эталонному использовали оригинальный критерий оптимизации  $k_{сэ}$ :

$$k_{сэ} = 1 - \left| \frac{S_{эТ} - S_{ф}}{S_{эТ}} \right|, \quad (1)$$

где « $S_{эТ}$  – площадь поперечного сечения эталонного почвенного бугорка, размеры которого определены агротехническими требованиями к посеву,  $m^2$ ;  $S_{ф}$  – площадь поперечного сечения почвенного бугорка, образованного рабочими органами с плоскими дисками после прохода сеялки,  $m^2$ » [1].

На площадь  $S_{эТ}$  влияют агротехнические требования к возделыванию той или иной культуры по гребневой технологии, в частности к ширине верхнего основания  $B_6$ , м, бугорка почвы и его высоте  $H_6$ , м:

$$S_{эТ} = 0,5 (B_6 + L_6) H_6, \quad (2)$$

где  $L_6$  – ширина нижнего основания трапеции, в форме которой образуется бугорок почвы, м.

Требуемая высота образуемого почвой бугорка зависит от глубины посева  $h_c$ , м:

$$H_6 = 2(h_c - h'_c), \quad (3)$$

где  $h'_c$  – глубина посева, м,  $h'_c = 0,02...0,03$  м.

Подставив выражение (3) в (2) и учитывая, что ширина нижнего основания почвенного бугорка зависит от физико-механических свойств почвы, получим:

$$S_{эТ} = (B_6 + L_6) (h_c - h'_c). \quad (4)$$

При образовании бугорка почвы над строчками высеванных семян скорость рабочих органов сеялки, угол атаки плоских дисков и их диаметр варьировали в соответствии с данными, приведенными в табл. 1.

Критерием оптимизации выбрали коэффициент соответствия эталону  $k_{сэ}$ .

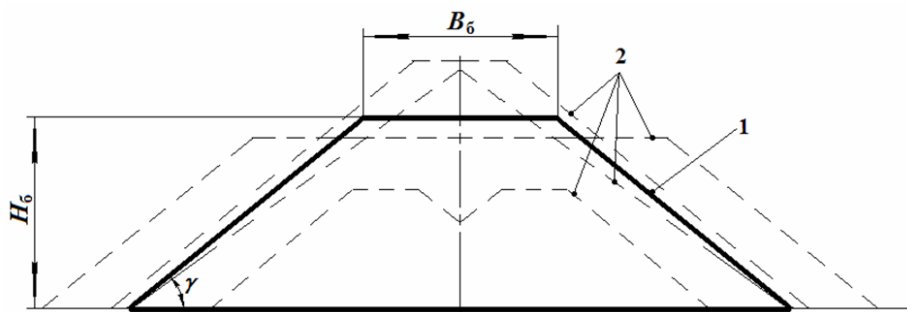
#### Результаты исследований

После практической реализации формирования бугорков почвы рабочими органами с плоскими дисками и статистической обработки результатов исследований были получены соответствующие уравнения, в которых независимые факторы процесса были выражены как в натуральных, так и в кодированных значениях.

Уравнения, которые описывают полу-



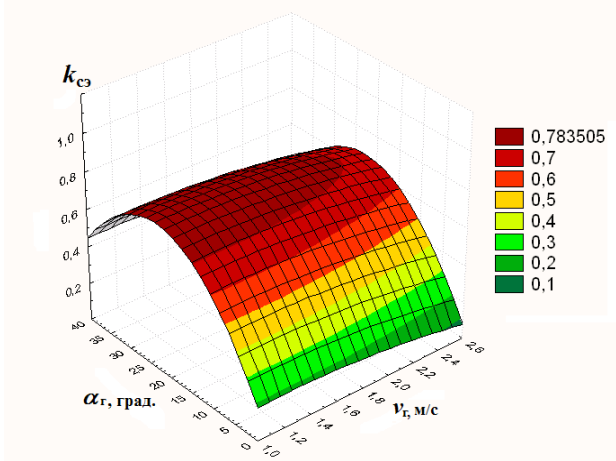
Рис. 3 – Поперечное сечение бугорка почвы, сформированного рабочими органами с плоскими дисками



1 – эталонный; 2 – возможные;  $B_6$  – ширина верхнего основания бугорка почвы;  $H_6$  – высота бугорка почвы;  $\gamma$  – угол естественного откоса почвы

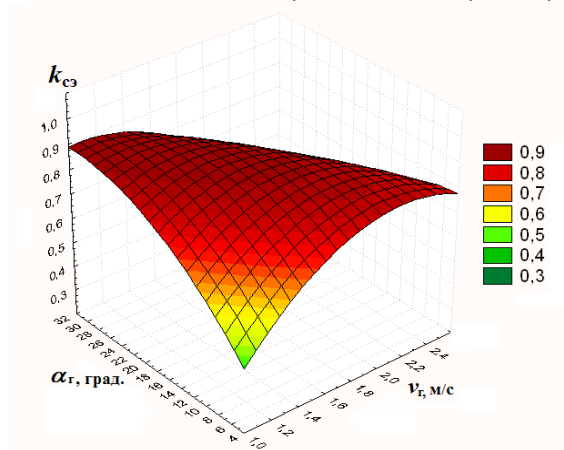
Рис. 4 – Профили бугорков почвы, формируемые рабочими органами с плоскими дисками при посеве

3D Surface Plot (посев Д 200 нат - истина - источник 7v\*168с)  
 $K_{сэ} = 0,0994 + 0,1358v_r + 0,0527\alpha_r - 0,0558v_r^2 - 0,0002v_r\alpha_r - 0,0011\alpha_r^2$



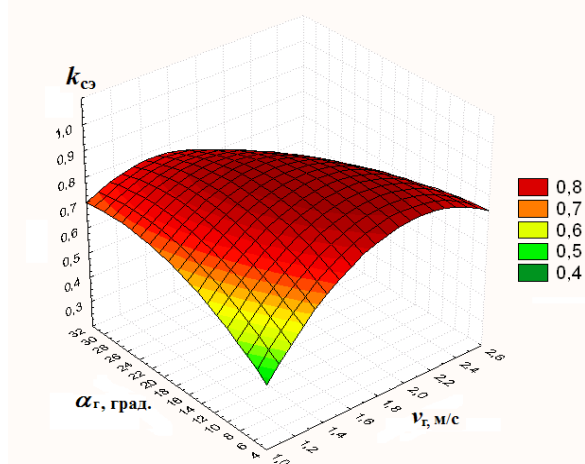
а

3D Surface Plot (посев Д 250 - нат 4v\*144с)  
 $K_{сэ} = -0,655 + 1,2591v_r + 0,0568\alpha_r - 0,2724v_r^2 - 0,021v_r\alpha_r - 0,0006\alpha_r^2$



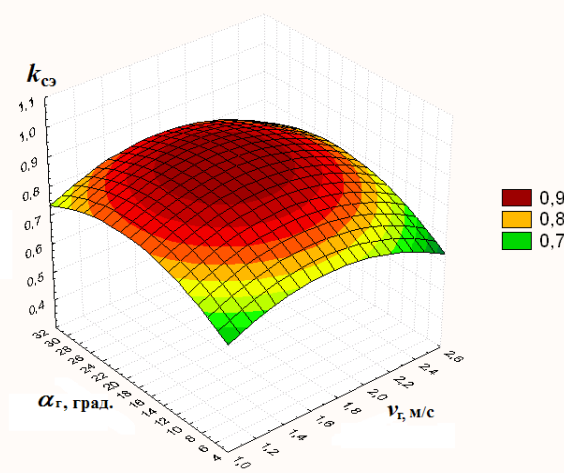
б

3D Surface Plot (посев Д 300 4v\*144с)  
 $K_{сэ} = -0,7615 + 1,4606v_r + 0,041\alpha_r - 0,34v_r^2 - 0,0146v_r\alpha_r - 0,0005\alpha_r^2$



в

3D Surface Plot (посев Д 350 - нат + 4v\*144с)  
 $K_{сэ} = 0,1922 + 0,5632v_r + 0,0212\alpha_r - 0,1635v_r^2 + 0,0005v_r\alpha_r - 0,0005\alpha_r^2$



г

Рис. 5 – Поверхности отклика от взаимодействия скорости перемещения рабочих органов и угла атаки плоских дисков: а – d = 0,2 м; б - d = 0,25 м; в - d = 0,3 м; г - d = 0,35.

Таблица 1

Пределы и интервалы варьирования независимыми факторами процесса формирования почвенного гребня

Уровни варьирования	Варьируемые факторы		
	скорость перемещения рабочих органов $v_r$ , м/с	угол атаки плоских дисков $\alpha_r$ , град.	диаметр плоских дисков $d_r$ , м
верхний (+ 1)	2,4	30	0,35
нижний (- 1)	1,2	5	0,20
основной (0)	1,8	17,5	0,275
интервал варьирования, $x_i$	0,4	5	0,05
кодвые обозначения	$x_1$	$x_2$	$x_3$

ченные поверхности отклика при натуральных значениях факторов и использовании плоских дисков с диаметрами, м: d=0,2; d=0,25; d=0,3 и d=0,35 (уравнения 5, 6, 7 и 8 соответственно), имеют следующий вид:

$$k_{сэ} = 0,0994 + 0,1358v_r + 0,0527\alpha_r - 0,0558v_r^2 - 0,0002v_r\alpha_r - 0,0011\alpha_r^2, \quad (5)$$

$$k_{сэ} = -0,655 + 1,2591v_r + 0,0568\alpha_r - 0,2724v_r^2 - 0,021v_r\alpha_r - 0,0006\alpha_r^2, \quad (6)$$

$$k_{сэ} = -0,7615 + 1,4606v_r + 0,041\alpha_r - 0,34v_r^2 - 0,0146v_r\alpha_r - 0,0005\alpha_r^2, \quad (7)$$

$$k_{сэ} = 0,1922 + 0,5632v_r + 0,0212\alpha_r - 0,1635v_r^2 + 0,0005v_r\alpha_r - 0,0005\alpha_r^2. \quad (8)$$

где  $v_r$  – скорость рабочих органов, м/с;  $\alpha_r$  – угол атаки плоского диска, град.

В таблице 2 приведены результаты оценки уравнений 5, 6, 7 и 8, по критериям Стьюдента, Фишера и Кохрена.

Графические изображения поверхностей отклика от взаимодействия скорости перемещения рабочих органов и углов атаки плоских дис-

ков представлены на рис. 5.

Из рисунка 5 видно, что все поверхности отклика от взаимодействия скорости перемещения рабочих органов и угла атаки их плоских дисков имеют выпуклые вершины и, соответственно, максимальное значение в области эксперимента.

С изменением скорости перемещения  $v_r$  рабочих органов в пределах 1,2...1,6 м/с, при фиксированном угле атаки плоского диска, увеличилась дальность отбрасывания почвы и геометрические параметры образуемого бугорка, т.е.  $k_{cs} \rightarrow \max$ . Дальнейшее повышение скорости перемещения рабочих органов с плоскими дисками в пределах 2,0...2,4 м/с способствует перебрасыванию почвы плоскими дисками за строчку высевных семян, из-за чего геометрические параметры образуемого бугорка почвы уменьшаются ( $k_{cs} \rightarrow \min$ ).

Увеличение угла атаки  $\alpha_r$  плоских дисков в интервале от  $5^\circ$  до  $20^\circ$ ... $25^\circ$ , при фиксированном значении скорости  $v_r$  перемещения рабочих органов, также способствует увеличению геометрических параметров бугорков почвы над высевными семенами и соответственно  $k_{cs}$ . При увеличении углов атаки плоских дисков до  $25^\circ$  и  $30^\circ$  бугорок почвы образуется с большими геометрическими параметрами.

После анализа уравнений (5 – 8) можно заключить, что коэффициент  $k_{cs}=0,92$  максимален в случае, когда используется плоский диск диаметром 0,35 м.

Уравнения регрессии 5, 6, 7, 8 в кодированных значениях факторов:

$$Y = 0,7526 - 0,0413x_1 + 0,0987x_2 - 0,0201x_1^2 + 0,0016x_1x_2 - 0,2578x_2^2, \quad (9)$$

$$Y = 0,8933 - 0,0536x_1 - 0,0115x_2 - 0,098x_1^2 - 0,1455x_1x_2 - 0,0963x_2^2, \quad (10)$$

$$Y = 0,8785 - 0,0117x_1 - 0,0327x_2 - 0,1224x_1^2 - 0,1053x_1x_2 - 0,0805x_2^2, \quad (11)$$

$$Y = 0,9032 - 0,0103x_1 + 0,0329x_2 - 0,0588x_1^2 + 0,0019x_1x_2 - 0,0877x_2^2. \quad (12)$$

где  $Y$  – коэффициент соответствия эталону;  $x_1$  – скорость перемещения рабочих органов с плоскими дисками;  $x_2$  – угол атаки плоского диска.

### Выводы

Анализ уравнений регрессии (9 – 12) показал, что основным линейным членом уравнения, от которого больше всего зависит качество формирования почвенного гребня, является скорость рабочих органов. К нелинейным членам уравнения, которые максимально влияют на качество процесса при использовании плоских дисков диаметром 0,2 м и 0,35 м, относится их угол атаки.

Из нелинейных членов уравнений регрес-

**Таблица 2 – Критериальная оценка уравнений регрессии**

Номер уравнения	Критерии						
	R	$t_r$	$t_p$	$F_r$	$F_p$	$G_r$	$G_p$
5	0,927	2,07	10,58	2,77	2,31	0,155	0,08
6	0,962		17,304		2,275		0,101
7	0,988		14,478		1,658		0,095
8	0,974		16,698		2,061		0,115

сии примерно одинаковое влияние на параметр  $Y$  от применения плоского диска диаметром 0,25 м оказывает скорость  $x_1$  перемещения рабочих органов, меньшее – угол атаки  $x_2$  плоского диска (уравнение 10).

Из нелинейных членов уравнений регрессии наибольшее влияние на параметр  $Y$  в случае применения плоских дисков диаметром 0,3 м оказывает скорость перемещения рабочих органов ( $x_1$ ), а наименьшее – угол атаки ( $x_2$ ) плоского диска (уравнение 11).

### Библиографический список

- Зыкин, Е. С. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур : спец. 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Зыкин Евгений Сергеевич. - Уфа, 2017. – 46 с.
- Милюткин, В. А. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius – TX (Amazonen-Werke, JSC «Evrotekhnika») technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XIV Международной научной конференции. - 2017. – С. 488-493.
- Милюткин, В. А. Возможности повышения продуктивности сельхозугодий влагосберегающими технологиями высокоэффективной техникой «AMAZONEN-WERKE» / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев // Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса : материалы Международной научно-практической конференции. – Курган : Курганская ГСХА им. Т. С. Мальцева, 2016. – С. 220-224.
- Милюткин, В. А. Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, В. В. Орлов // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях : мате-

риалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2016. – С. 232-236.

5. Милюткин, В. А. «Strip-Till» - энерго-ресурсо-влажносберегающая технология подготовки почвы для пропашных культур / В. А. Милюткин, В. В. Орлов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск : Ульяновская ГСХА им. П. А. Столыпина, 2016. – С. 259-264.

6. Милюткин, В. А. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур / В. А. Милюткин, Н. В. Долгоруков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 3. – С. 37-44.

7. Рембалович, Георгий Константинович. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов : монография / Г. К. Рембалович. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2014. – 301 с. (ISBN: 978-5-98660-212-1)

8. Блочно-модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А. В. Балашов, А. Н. Омаров, Ж. Ж. Зайнушев, А. И. Завражнов, С. В. Соловьев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2. – С. 163-170.

9. Возделывание сои в Ульяновской области : практические рекомендации / А. В. Дозоров, А. Ю. Наумов, Ю. В. Ермошкин, М. Н. Гаранин, А. В. Воронин, Ю. М. Рахимова. – Ульяновск : УГСХА им. П. А. Столыпина, 2014. – 59 с.

10. Емельянов, П. А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины : монография / П. А. Емельянов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов. – Пенза : Пензенская ГСХА, 2015. – 174 с. (ISBN : 978-5-94338-449-4)

11. Сыдык, Д. А. Рекомендация по ресурсосберегающей технологии возделывания зер-

новых колосовых культур в условиях богарного земледелия южного Казахстана / Д. А. Сыдык, А. Д. Карабалаева, М. А. Сыдыков. – Шымкент : Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, 2014. – 19 с. (ISBN 9965-32-4922-2)

12. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET. – URL : <http://www.cacilm.org/articles/detail/493> (Дата обращения 20.10.2019 г.).

13. Ерзамаев, М. П. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов / М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов, Е. О. Саломатов // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Кинель : Самарская ГСХА, 2017. - С. 689-692.

14. Дозоров, А. В. Разработка технологических приемов возделывания сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья : монография / А. В. Дозоров, Ю. В. Ермошкин. – Ульяновск : УГСХА им. П. А. Столыпина, 2014. – 163 с. (ISBN 978-5-905970-42-9)

15. Зазуля, А. Н. Решение проектно-конструкторских задач по созданию посевных комплексов с использованием прикладного программного обеспечения / А. Н. Зазуля, К. В. Немтинов // Наука в центральной России. – 2016. - № 1 (19). – С. 5-14.

16. ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Введен 2011-12-13. – Москва : Издательство стандартов, 2011. – 23 с. (Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 995-ст, г. Москва).

17. ГОСТ Р 54784-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров. Введен 2012-03-01. – Москва : Издательство стандартов, 2012. – 23 с. (Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 996-ст, г. Москва).

## STUDY OF THE WORKING BODY OF A RIDGE-SEEDER IN LABORATORY CONDITIONS

Kurdyumov V. R. I., Zykin E. S., Albutov S. P.  
FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University  
432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; tel. : 8 (8422) 55-95-95;  
e-mail: evg-zykin@yandex.ru

*Key words: energy saving, energy, technology, soil, crop production, cultivation*

The state of the issue and its analysis showed that the existing methods for tilling the field surface before sowing and the ridge method of sowing tilled crops are implemented by various tillage and sowing units, in particular, seeders equipped with working bodies in the form of flat rotating disks. However, there is still a problem of forming a soil ridge over seeds laid in the soil with the help of flat disks, which will satisfy the quality criteria. Therefore, the need arose for theoretical and experimental substantiation of the appropriate structural and operational parameters of the working body of the ridge seeder, the main element of which is a flat disk. We suggested using an innovative seeder for ridge cultivation of tilled crops, which combines the operations of cutting weeds, loosening the soil, sowing seeds, as well as forming soil ridges above them with specified sizes and the required density. The article discusses the process of soil ridge formation by working bodies with flat disks in laboratory conditions. Considering the agrotechnical requirements and the physical and mechanical properties of the soil, a model profile of the soil hill formed during sowing, which conditionally can be accepted as ideal, has been adopted. For reliable quality assessment of the formed soil hill, original optimization criterion  $k_{\text{с}}$  was used in accordance with agrotechnical parameters for sowing and position of the soil hill to the standard one. After practical implementation of soil hill formation by working bodies with flat disks and statistical processing of the research results, the corresponding equations were obtained in which the independent process factors were expressed both in natural and in coded values. After analyzing the equations, it was found that the coefficient  $k_{\text{с max}}=0,92$  is maximum when a flat disk with a diameter of 0.35 m is used.

### Bibliography

1. Zykin, E. S. Development and justification of technology and means of mechanization of ridge cultivation of tilled crops: special. 05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization: abstract of dissertation of Doctor of Technical Sciences / Zykin Evgeny Sergeevich. - Ufa, 2017. -- 46 p.
2. Milyutkin, V. A. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application extender with cultivator Cenius - TX (Amazonen-Werke, JSC "Evrotekhnika") No-Till technology, Mini-Till and the Crest-Ridge / V. A. Milyutkin, V. E. Buksman // Agroecological aspects of sustainable development of AIC: materials of the XIV International Scientific Conference. - 2017. -- P. 488-493.
3. Milyutkin, V. A. Opportunities for increasing farmland productivity with moisture-saving technologies by highly efficient AMAZONEN-WERKE machinery / V. A. Milyutkin, A. P. Tsurulev // Current status and prospects of development of the agro-industrial complex: materials of the International Scientific and Practical Conference. - Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2016. -- P. 220-224.
4. Milyutkin, V. A. Energy-resource-moisture-saving technologies in agriculture and recommended machine complexes / V. A. Milyutkin, S. A. Tolpekin, V. V. Orlov // Strategic guidelines for the innovative development of the agro-industrial complex in modern economic conditions: Materials of the International scientific-practical conference. - Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2016. -- P. 232-236.
5. Milyutkin, V. A. "Strip-Till" - energy-resource-moisture-saving soil preparation technology for tilled crops / V. A. Milyutkin, V. V. Orlov // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin, 2016. -- P. 259-264.
6. Milyutkin, V. A. Soil-protective agricultural technologies and equipment for cultivating crops / V. A. Milyutkin, N. V. Dolgorukov // Izvestiya of Samara State Agricultural Academy. - 2014. - No. 3. - P. 37-44.
7. Rembalovich, Georgy Konstantinovich. Improvement of the efficiency of harvesting potatoes on heavy loamy soils by improving the separating organs of combines: monograph / G. K. Rembalovich. - Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2014. -- 301 p. (ISBN: 978-5-98660-212-1)
8. Block-modular unit for cultivating tilled crops / A. V. Balashov, A. N. Omarov, Zh.Zh. Zainushev, A. I. Zavrzhnov, S. V. Soloviev // Vestnik of Michurinsky State Agrarian University. - 2015. - No. 2. - P. 163-170.
9. Soybean cultivation in Ulyanovsk region: practical recommendations / A. V. Dozorov, A. Yu. Naumov, Yu. V. Ermoshkin, M.N. Garanin, A. V. Voronin, Yu. M. Rakhimova. - Ulyanovsk: USAA named after P.A. Stolypin, 2014. -- 59 p.
10. Emelyanov, P. A. Theoretical and experimental studies of disk closing organ of onion planting machine: monograph / P. A. Emelyanov, A. V. Sibirev, A. G. Aksenov. - Penza: Penza State Agricultural Academy, 2015. -- 174 p. (ISBN: 978-5-94338-449-4)
11. Sydyk, D. A. Recommendation on resource-saving technology for cultivation of grain crops in the conditions of dry land farming in the southern Kazakhstan / D. A. Sydyk, A. D. Karabalaeva, M. A. Sydykov. - Shymkent: Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2014. - 19 p. (ISBN 9965-32-4922-2)
12. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET. -- URL : <http://www.cacilm.org/articles/detail/493> (access date 20.10.2019).
13. Erzamaev, M. P. Improving the efficiency of arable units / M. P. Erzamaev, D. S. Sazonov, E. O. Salomatov // Innovative Achievements of Science and Technology of the AIC: a collection of scientific papers of the international scientific and practical conference. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. -- P. 689-692.
14. Dozorov, A. V. Development of technological methods for soybean cultivation in the forest-steppe of the Middle Volga region: monograph / A. V. Dozorov, Yu. V. Ermoshkin. - Ulyanovsk: USAA named after P.A. Stolypin, 2014. -- 163 p. (ISBN 978-5-905970-42-9)
15. Zazulya, A. N. The solution of design tasks for creating sowing complexes using applied software / A. N. Zazulya, K. V. Nemtinov // Science in Central Russia. - 2016. - No. 1 (19). - P. 5-14.
16. State Standard R 54783-2011. Tests of agricultural machinery. Introduced 2011-12-13. - Moscow: Publishing house of standards, 2011. - 23 p. (Approved and enforced by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 13, 2011 No. 995, Moscow).
17. State Standard R 54784-2011. Tests of agricultural machinery. Methods for evaluating technical parameters. Introduced 2012-03-01. - Moscow: Publishing house of standards, 2012. - 23 p. (Approved and enforced by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 13, 2011 No. 996, Moscow).