

## ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ ПРОФИЛЯ ГРЕБНЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР ПО ГРЕБНЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**Шаронов Иван Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

**Курушин Виктор Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

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

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел. 89278250499,

kurushin.viktor@yandex.ru

**Ключевые слова:** урожайность, гребневая технология, профиль гребня почвы, пропашные культуры, устройства для образования гребня почвы, угол естественного откоса.

Рассмотрен вопрос возделывания пропашных культур по гребневой технологии. Результат достигается путем применения универсального устройства для формирования гребня и его послепосевной обработки. Характерные отличия предлагаемого универсального устройства заключаются в том, что уплотнители выполнены в форме ленточной спирали, поверхность которой является шаровым сегментом. При этом наружный виток спирали замкнут в виде окружности. В центральной части устройства с возможностью смещения установлен уплотнительно-рыхлительный элемент с шипами, форма которого представляет собой цилиндр. При работе он одновременно производит уплотнение почвы в надсеменном пространстве, а также разрушает комки большого диаметра, что способствует лучшему прорастанию высеванных семян. На основании проведенных теоретических и лабораторных исследований выявлены оптимальные режимные параметры универсального устройства. При коэффициенте соответствия эталону 0,94 предлагаемое универсальное устройство образует гребень следующих размеров: высота – 0,115 м (эталон – 0,12 м); ширина нижнего основания – 0,395 м (эталон – 0,4 м); ширина верхнего основания – 0,155 м (эталон – 0,16 м), угол наклона боковых сторон к основанию – 44 град. (эталон – 45 град.). Гребень такой формы образуется при скорости движения агрегата 4,8 км/ч, усилии сжатия пружины 627 Н, угле атаки уплотнителей – 12,9 град. и смещении уплотнительно-рыхлительных элементов на 0,083 м.

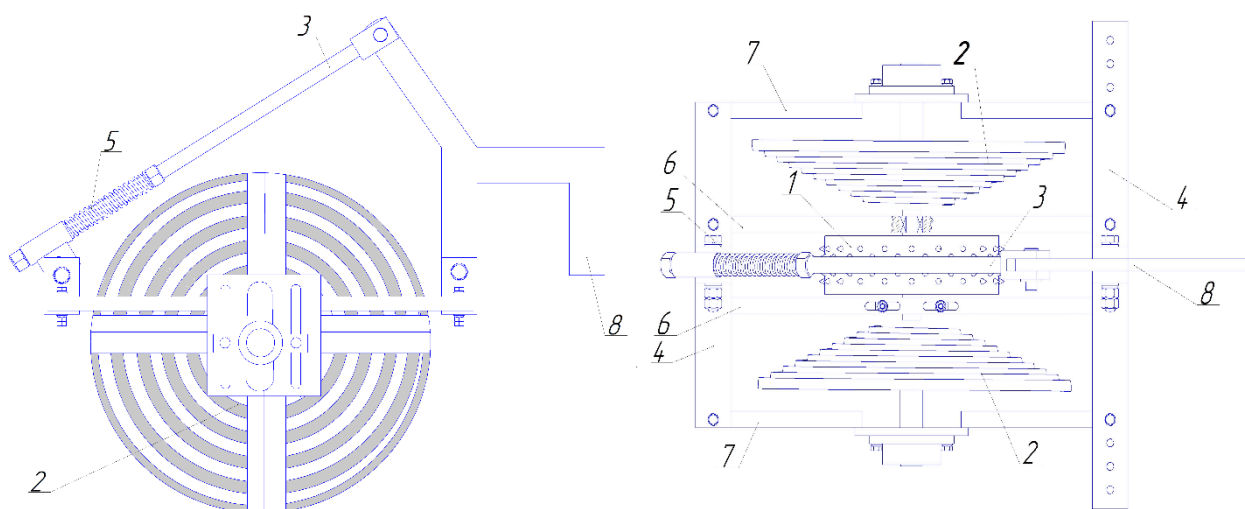
### Введение

Рентабельность отрасли растениеводства агропромышленного комплекса напрямую зависит от грамотно подобранных агротехнических приемов выбранной технологии возделывания. На современной стадии развития растениеводства ключевые позиции как на отечественном, так и зарубежных рынках занимают зерновые и пропашные культуры. Ежегодно спрос на них возрастает, что, соответственно, требует увеличения объема производимой продукции. Это возможно посредством увеличения посевных площадей или повышения получаемых урожаев. Однако, учитывая то, что в настоящее время большая часть земель сельскохозяйственного назначения освоена, следовательно, увеличение производимой продукции зависит в первую очередь от увеличения урожайности. Стабильная и высокая урожайность главным образом зависит от создания растениям благоприятных условий, которые можно обеспечить посредством внедрения технологий и технических средств, удовлетворяющих требованиям современного производства.

Как известно, одним из альтернативных способов возделывания большинства пропашных культур является гребневой [1]. Развитие растений в гребне происходит значительно интенсивнее, чем на гладкой поверхности почвы. Однако, технологический процесс посева растений в гребень сложен и требует дополнительных технических устройств, которые должны формировать гребень почвы, обеспечивать соответствующую плотность в надсеменном пространстве, одновременно разрушая крупные фракции почвы, а также производить послепосевную обработку посевов.

На основании проведенного анализа посевных машин для гребневой технологии установлено, что они не способны удовлетворять всем требованиям, указанным выше. Это, прежде всего, касается послепосевной обработки почвы, что в последующем требует использования дополнительных машин.

С целью решения данной проблемы нами предлагается универсальное устройство для формирования и послепосевной обработки гребня (рис. 1).



1 – уплотнительно-рыхлительный элемент с шипами; 2 – уплотнители; 3 – штанга; 4 – поперечные балки; 5 – пружина; 6 – продольные балки; 7 – боковые балки; 8 – кронштейн

**Рис. 1 – Устройство для формирования и обработки гребня почвы**

Характерные отличия предлагаемого универсального устройства для образования гребня почвы и его послеполевой обработки [1, 2, 3] состоят в том, что уплотнители 2 выполняют в форме ленточной спирали, поверхность которой является шаровым сегментом. При этом наружный виток спирали замкнут в виде окружности. В центральной части устройства с возможностью смещения установлен уплотнительно-рыхлительный элемент с шипами 1, форма которого представляет собой цилиндр. При работе он одновременно производит уплотнение почвы в надсеменном пространстве, а также разрушает комки большого диаметра. Это способствует скорейшему прорастанию культурных растений.

Оптимальное развитие культурных растений в гребне зависит от многочисленных факторов, ряд которых закладывается при высеве семян. Одними из таких являются размер и форма гребня. Их следует оптимизировать, учитывая технологические особенности возделывания при обеспечении требуемых показателей качества посева, которые обусловлены климатическими особенностями зоны возделывания конкретной культуры. Поэтому ширина междурядий служит важным параметром, который является определяющим при оптимизации формы и размеров гребня почвы.

Согласно справочным данным, сечение гребня почвы должно быть трапецеидальным. Таким образом, его контур можно описать следующим выражением [5]:

$$z = 0,5b_r \cos y, \quad (1)$$

где  $z$  – ордината точек линии контура, м;  $y$  – абсцисса линии, образующей профиль гребня

почвы, м;  $b_r$  – высота почвенного гребня, м.

С учетом того, что ось ординат – это ось симметрии борозды, для получения разных углов наклона боковых сторон трапеции к горизонтальной плоскости, проходящей через нижнее основание трапеции, введем коэффициент  $k_{мб}$ , который учитывает ширину междурядий. Перепишем выражение (1) в следующем виде:

$$z = 0,5b_r [\cos(k_{мб}y)], \quad (2)$$

где  $k_{мб} = 2\pi/l_m$  – коэффициент масштабирования кривой линии функции, описывающей форму профиля гребня [6, 7, 8], рад/м.

Для придания выражению (2) возможности охарактеризовать различные формы гребня примем, что

$$z = b_r \{1 - [\cos(k_{мб}y)]^n\}, \quad (3)$$

где  $n$  – показатель степени.

С использованием формулы (3), задав параметры  $b_r$ ,  $k_{мб}$  и  $n$ , в общем виде можно описать изменение поверхности поля до и после формирования гребня. Это дает возможность теоретически воссоздать процесс гребнеобразования и поверхность сформированного гребня почвы. Зависимости  $z = f(y)$  при разных значениях коэффициента  $k_{мб}$  и показателя степени  $n$  представлены на рис. 2.

Для максимального приближения к действительному процессу образования почвенного гребня введем в зависимость (3) ограничение, связанное с тем, что в реальности угла естественного откоса почвы  $\gamma_{eo}$  должен быть меньше или равен углу наклона боковых сторон трапеции к горизонтали:

$$\operatorname{tg} \gamma_{eo} \geq w, \quad (4)$$

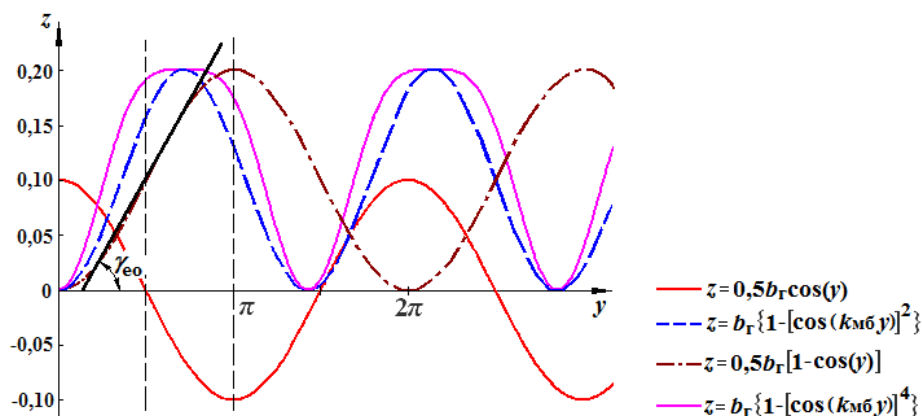


Рис. 2 – Зависимость профиля почвы от физико-механических свойств почвы

где  $w$  – угловой коэффициент касательной к линии, описываемой функцией  $z = f(y)$ .

Выразим угловой коэффициент касательной [9]:

$$w = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} (\Delta z / \Delta y) = \dot{z}, \quad (5)$$

где  $\Delta z$  – приращение функции;  $\Delta y$  – приращение аргумента.

Определим первую производную  $z$  с использованием выражения (3):

$$\dot{z} = b_r n k_{mb} \sin(k_{mb} y) [\sin(k_{mb} y)]^{n-1}. \quad (6)$$

с учетом того, что показатель степени  $n$  максимален в точке перегиба  $y = y_0$ , которую можно найти при условии, что  $\ddot{z} = 0$ .

Тогда вторая производная будем иметь вид:

$$\ddot{z} = b_r n k_{mb}^2 [\cos(k_{mb} y)]^{n-2} \{1 - n [\sin(k_{mb} y)]^2\}. \quad (7)$$

Для формируемого гребня характерно, что  $b_r \neq 0$ ,  $n \neq 0$ ,  $k_{mb} \neq 0$ , тогда  $\ddot{z} = 0$  в случае:

$$1) [\cos(k_{mb} y)]^{n-2} = 0 \Rightarrow y_{01} = \pi / 2k_{mb};$$

$$2) 2 - n [\sin(k_{mb} y)]^2 = 0 \Rightarrow y_{02} = (1/k_{mb}) \arcsin(1/\sqrt{n}).$$

На основе анализа полученных корней уравнения выявлено, что абсцисса  $x_{02}$  является точкой перегиба. В таком случае периодичность не указана, так как расчёт выполнен для одного гребня. Подставив  $x_{02}$  в выражения (5) и (6), а в последующем (5) в (4), получим:

$$\operatorname{tg} \gamma_{\epsilon 0} \geq b_r k_{mb} \sqrt{n [n(n-1)/n]}^{n-1}. \quad (8)$$

Анализ выражения (8) позволил установить, что при определенных значениях угла  $\gamma_{\epsilon 0}$  можно получить гребень высотой  $b_r$  при различных параметрах  $k_{mb}$  и  $n$ . Поэтому выражение (8) отражает зависимость геометрических параметров гребня в действительных условиях его образования от физических и механических

свойств почвы, а также агротехнических требований к возделыванию конкретной культуры гребневым способом.

Применяя выражение (3), можно найти площадь профиля гребня [6, 10, 11]:

$$S_r = \int_0^{a_M} z dy = \int_0^{a_M} b_r \{1 - [\cos(k_{mb} y)]^n\} dy. \quad (9)$$

После математических преобразований выражение (9) примет вид:

$$S_r = b_r \{a_M - [(n-1)/n] \int_0^{a_M} [\cos(k_{mb} y)]^{n-1} dy\}. \quad (10)$$

Выражение (10) справедливо для  $n > 1$ . В случае, когда  $n = 1$

$$S_r = \int_0^{a_M} 0,5b_r [1 - \cos(k_{mb} y)] dy = 0,5b_r a_M. \quad (11)$$

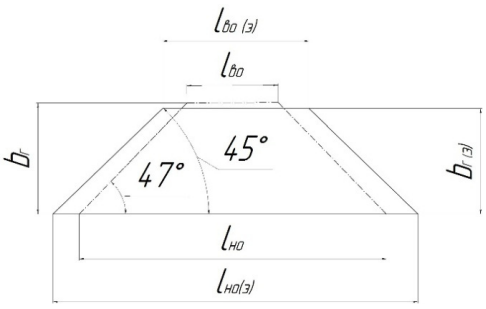
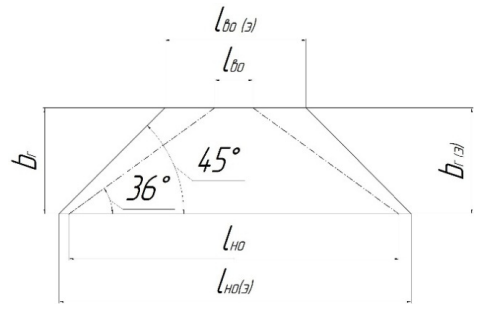
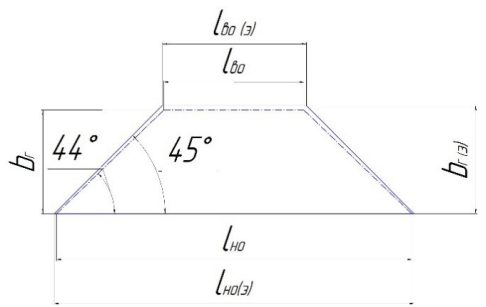
Следовательно, с помощью формул (10) и (11) можно найти площадь сечения гребня в зависимости от заданных агротребованиями высоты сформированного гребня почвы и ширины междурядий.

Для оптимизации параметров предлагаемого устройства оно было исследовано в лабораторных условиях. После каждого прохода устройства при помощи профиломера почвы выявляли геометрические параметры образованного гребня почвы. Для этого после копирования профиля гребня почвы очерчивали его контур на миллиметровой бумаге, после чего измеряли геометрические параметры, в том числе и угол естественного откоса почвы. Полученный профиль гребня в масштабе строили и сравнивали с эталонным (табл. 1).

На рисунках и в таблице 1 сплошными линиями показан профиль эталонного гребня, а штрих-пунктирными – профиль гребня, формируемого в процессе работы устройства. Для достоверности получаемых результатов на каждом режиме работы была обеспечена трехкратная повторность.

Таблица 1

## Геометрические параметры почвенного гребня

Режимные параметры устройства для формирования и обработки гребня				Коэффициент соответствия эталону ( $k_{сэ}$ )	Размеры гребня почвы			Сравнение образованного профиля гребня с эталонным
Скорость движения, км/ч	Усилие сжатия пружины, Н	Угол атаки уплотнителей, град.	Смещение уплотнительно-рыхлительного элемента, м		Ширина верхнего основания почвы ( $l_{во}$ ), м	Ширина нижнего основания почвы ( $l_{но}$ ), м	Высота гребня почвы ( $b_r$ ), м	
6,86	500	5	0	0,82	0,101	0,336	0,127	
8,1	700	15	0,08	0,82	0,045	0,375	0,12	
Исследование гребня почвы при оптимальных конструктивных и режимных параметрах устройства для формирования и обработки гребня почвы								
4,8	627	12,9	0,083	0,94	0,155	0,395	0,115	

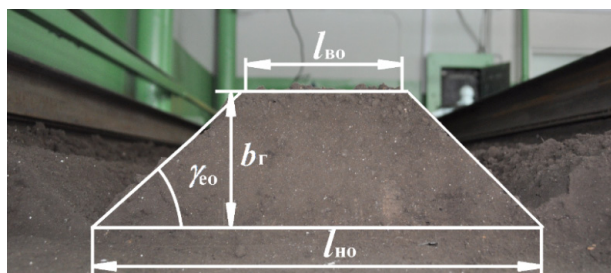


Рис. 3 – Профиль гребня после прохода универсального устройства для формирования и обработки гребней почвы

Согласно полученным результатам коэффициент соответствия эталону ( $k_{сэ}$ ) равен 0,94 при следующих оптимальных значениях, указанных ниже параметров: скорость движения агрегата – 4,8 км/ч; усилие сжатия пружины – 627 Н; угол атаки уплотнителей – 12,9 град.; смещение уплотнительно-рыхлительного элемента – 0,083 м.

Форма гребня почвы, полученная в результате лабораторных исследований, показана на рис. 3.



Рисунок 3 свидетельствует о том, что форма полученного гребня почвы удовлетворяет агротехническим требованиям возделывания пропашных культур по гребневой технологии. Следует отметить, что формирование гребня правильной формы способствует не только созданию благоприятных условий для высевных семян пропашных культур, но и дает возможность проведения последующей борьбы с сорняками механическим способом и одновременным осуществлением «сухого полива» [12]. Это снижает испарение влаги примерно в 2 раза по сравнению с гладким посевом.

#### Результаты исследований

На основании проведенных теоретических и лабораторных исследований выявлены оптимальные и режимные параметры работы универсального устройства. При коэффициенте соответствия эталону 0,94 предлагаемое универсальное устройство образует гребень следующих размеров: высота – 0,115 м (эталон – 0,12 м); ширина нижнего основания – 0,395 м (эталон – 0,4 м); ширина верхнего основания – 0,155 м (эталон – 0,16 м), угол наклона боковых сторон к основанию – 44 град. (эталон – 45 град.). Гребень такой формы образуется при скорости движения агрегата 4,8 км/ч, усилия сжатия пружины 627 Н, угле атаки уплотнителей – 12,9 град. и смещении уплотнительно-рыхлительных элементов на 0,083 м.

#### Выводы

В результате теоретических исследований получены математические зависимости, позволяющие найти площадь поперечного сечения почвенного гребня с учетом ширины междурядий, а также высоты гребня, которая определяется агротехническими требованиями. Достоверность полученных математических зависимостей подтверждена лабораторными исследованиями. Оптимизированные параметры универсального устройства для формирования гребня почвы и его обработки позволяют получить гребень, форма которого на 94 % соответствует эталону.

#### Библиографический список

1. Патент № 2612440 Российская Федерация, МПК А01В 79/02, А01Г 1/00. Способ гребневого возделывания пропашных культур / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Ерошкин А.В., Долгов С.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА. - Заявка № 2016101304 от 18.01.16; опубл. 09.03.17, Бюл. № 7. (1 стр.).
2. Патент № 2601222 Российская Федера-

ция, МПК А01В 39/14, А01В 29/04. Каток-гребнеобразователь / Курдюмов В.И., Курушин В.В., Шаронов И.А., Шленкин А.К.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА. - Заявка № 2015140174/13 от 21.09.15; опубл. 27.10.16, Бюл. № 30. (1 стр.).

3. Патент № 2601224 Российская Федерация, МПК А01В 39/14, А01В 29/04. Каток-гребнеобразователь / Курдюмов В.И., Курушин В.В., Шленкин А.К.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА. - Заявка № 2015140176/13 от 21.09.15; опубл. 27.10.16, Бюл. № 30. (1 стр.).

4. Патент № 161605 Российская Федерация, МПК А01В 29/04. Каток-гребнеобразователь / Курдюмов В.И., Курушин В.В., Шаронов И.А., Шленкин А.К.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА. - Заявка № 2015140160/13 от 21.09.15; опубл. 27.04.16, Бюл. № 12. (1 стр.).

5. Ячменёв, Л.Т. Высшая математика / Л.Т. Ячменёв. – Москва : ИЦ РИОР; НИЦ Инфра-М, 2013. - 752 с. – ISBN 978-5-369-01032-7.

6. Чаткин, М.Н. Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми элементами / М.Н. Чаткин; научный редактор В.И. Медведев, П.П. Лезин. - Саранск: Издательство Мордовского университета, 2008. – 316 с. - ISBN 978-5-7103-1688-7.

7. Гареев, Р.Р. Разработка культиватора-гребнеобразователя / Р.Р. Гареев, С.Г. Мударисов, Л.Н. Зорина // Наука молодых - инновационному развитию АПК: сборник научных трудов. – 2013. Уфа: Издательство Башкирского ГАУ. – С. 160-162.

8. Modeling the technological process of tillage / S.G. Mudarisov, I.I. Gabitov, Y.P. Lobachevsky, N.K. Mazitov, R.S. Rakhimov, R.R. Khamaletdinov, I.R. Rakhimov, I.M. Farkhutdinov, A.M. Mukhametdinov, R.T. Gareev // Soil&TillageResearch. – 2019. - Т. 190. – Р. 70-77.

9. Шипачев, В.С. Высшая математика / В.С. Шипачев. – Москва: Высшая школа, 2010. - 479 с. - ISBN 978-5-06-006195-6.

10. Theoretical substantiation of ridger-seeder roll draught / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. - № 9(1S). - Р. 1945-1955.

11. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // International journal of Pharmacy & Technology. – 2016. – Vol. 8, № 3. - Р. 14965-14972.

12. Милюткин, В.А. Снижение последствий засух технологий «сухого земледелия» И. Овсинского / В.А. Милюткин, С.А. Толпекин

// Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов – 2018. Кинель: Издательство Самарской ГСХА. – С. 641-644.

## SUBSTANTIATION OF THE RIDGE PROFILE FORM FOR CULTIVATION OF TILLED CROPS WITH APPLICATION OF RIDGE TECHNOLOGY

**Sharonov I.A., Kurushin V.V., Kurdyumov V.I.**  
**FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University**  
**432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; tel. 89278250499,**  
**kurushin.viktor@yandex.ru**

*Key words: productivity, ridge technology, soil ridge profile, tilled crops, devices for soil ridge formation, natural slope angle.*

The question of cultivating tilled crops using ridge technology is considered. The result is achieved by using a universal device for ridge formation and its post-sowing treatment. The distinctive differences of the proposed universal device are that compactors are made in the form of a tape spiral, the surface of which is a spherical segment. At the same time, the outer whorl of the spiral is closed in the form of a circle. A compacting-ripping element in the shape of a cylinder with spikes is installed in the central part of the device with the possibility of displacement. During work, it simultaneously compacts the soil in the above seed space, and also destroys lumps of large diameter, which contributes to better germination of the seeds. Based on the theoretical and laboratory studies, appropriate operating parameters of the universal device have been identified. With a compliance coefficient with the standard of 0.94, the proposed universal device forms a ridge of the following sizes: height - 0.115 m (standard - 0.12 m); the width of the lower base - 0.395 m (standard - 0.4 m); the width of the upper base is 0.155 m (standard is 0.16 m), the angle of inclination of the sides to the base is 44 degrees. (standard - 45 degrees.). A ridge of this shape is formed when the speed of the unit is 4.8 km / h, the spring compression force is 627 N, the angle of attack of the compactors is 12.9 degrees and displacement of the compacting-ripping elements by 0.083 m.

### *Bibliography*

1. Patent No. 2612440 Russian Federation, IPC A01B 79/02, A01G 1/00. The method of ridge cultivation of tilled crops / Kurdyumov V.I., Zykin E.S., Eroshkin A.V., Dolgov S.A. ; applicant and patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - Application No. 2016101304 of 18.01.16; publ. 09.03.17, Bull. No 7. (1 p.).
2. Patent No. 2601222 Russian Federation, IPC A01B 39/14, A01B 29/04. Ridger-roller / Kurdyumov V.I., Kurushin V.V., Sharonov I.A., Shlenkin A.K. ; Applicant and patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - Application No. 2015140174/13 of 21.09.15; publ. 27.10.16, Bull. No. 30. (1 p.).
3. Patent No. 2601224 Russian Federation, IPC A01B 39/14, A01B 29/04. Ridger-roller / Kurdyumov V.I., Kurushin V.V., Shlenkin A.K. ; Applicant and patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - Application No. 2015140176/13 of 21.09.15; publ. 27.10.16, Bull. No. 30. (1 p.).
4. Patent No. 161605 Russian Federation, IPC A01B 29/04. Ridger-roller / Kurdyumov V.I., Kurushin V.V., Sharonov I.A., Shlenkin A.K. ; Applicant and patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. -Application No. 2015140160/13 of 21.09.15; publ. 27.04.16, Bull. No. 12. (1 p.).
5. Yachmenev, L.T. Higher Mathematics / L.T. Yachmenev - Moscow: PC RIOR; SRC Infra-M, 2013. -- 752 p. - ISBN 978-5-369-01032-7.
6. Chatkin, M.N. Kinematics and dynamics of rotary tillage working bodies with screw elements / M.N. Chatkin; scientific editor V.I. Medvedev, P.P. Lezin. - Saransk: Publishing House of Mordovian University, 2008. - 316 p.-ISBN 978-5-7103-1688-7.
7. Gareev, R.R. Development of a ripper-ridger / R.R. Gareev, S.G. Mudarisov, L.N. Zorina // Science of the young - innovative development of AIC: a collection of scientific works. - 2013. Ufa: Publishing house of Bashkir State Agrarian University. - P. 160-162.
8. Modeling the technological process of tillage / S.G. Mudarisov, I.I. Gabitov, Y.P. Lobachevsky, N.K. Mazitov, R.S. Rakhimov, R.R. Khamaletdinov, I.R. Rakhimov, I.M. Farkhutdinov, A.M. Mukhametdinov, R.T. Gareev // Soil&TillageResearch. – 2019. - V. 190. – P. 70-77.
9. Shipachev, V.S. Higher mathematics / V.S. Shipachev. - Moscow: Higher School, 2010. - 479 p. - ISBN 978-5-06-006195-6.
10. Theoretical substantiation of ridger-seeder roll draught / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. -№ 9(15). - P. 1945-1955.
11. Quality control indicators of soil ridges at sowing cultivated crops / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // International journal of Pharmacy & Technology. – 2016. – Vol. 8, № 3. - P. 14965-14972.
12. Milyutkin, V.A. Reducing the effects of drought by "dry farming" technology by I. Ovsinsky / V.A. Milyutkin, S.A. Tolpekin // Innovative achievements of science and technology of the AIC: a collection of scientific works - 2018. Kinel: Publishing House of Samara State Agricultural Academy. - P. 641-644.