

Моделирование процесса взаимодействия с почвой рыхлительных пальцев ротационной бороны

Ожерельев В.Н.

Аннотация. Предметом исследования является энергоёмкость процесса обработки почвы приводными ротационными машинами с вертикальной осью вращения роторов. В число задач входило разделение мощности, реализуемой через тяговое усилие и через вал отбора мощности (ВОМ) трактора. Кроме того, сопоставлены энергоёмкость приводных и пассивных рабочих органов. Исследование выполнено путем моделирования процесса на базе принятой исходной энергоёмкости взаимодействия со вспаханной почвой рыхлительного пальца на разных скоростях и в разных фазах поворота ротора. В результате моделирования процесса установлено, что среднее тяговое сопротивление, приходящееся на два ротора общей шириной захвата 0,8 м, не превышает 54 Н. Почвообрабатывающее орудие с пассивными рабочими органами требует в этих же условиях тягового усилия порядка 640 Н. То есть, разница существенная, что создает возможность агрегатировать приводную ротационную борону с более легким трактором. При этом 94,5% его мощности должно реализоваться через ВОМ. Суммарная мощность, потребляемая пассивными рабочими органами, в 1,5 раза меньше, чем требует для привода ротационная борона. Кроме того, орудия с пассивными рабочими органами имеет в 2 раза большую производительность, что в большинстве случаев делает по сравнению с ними приводные почвообрабатывающие машины неконкурентоспособными. В связи с этим практическое использование вертикально-ротационных почвообрабатывающих машин ограничено рядом специфических технологических операций, при которых качество рыхления доминирует над производительностью и себестоимостью работ. К таким операциям можно отнести подготовку почвы под посадку картофеля и уход за прикустовой зоной на плантациях ягодных кустарников.

Ключевые слова: обработка почвы, фреза, ротор, энергоёмкость, мощность.

Для цитирования: Ожерельев В.Н. Моделирование процесса взаимодействия с почвой рыхлительных пальцев ротационной бороны // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 4. С. 46–52.

Simulation of the process of interaction with the soil of the rotary harrow's roofing pins

Ozherelev V.N.

Abstract. The subject of the study is the energy intensity of the process of tillage by driven rotary machines with a vertical axis of rotation of the rotors. The tasks included separating the power realized through the tractive effort and through the power take-off shaft (PTO) of the tractor. In addition, the energy consumption of drive and passive working bodies is compared. The study was carried out by modeling the process on the basis of the accepted initial energy intensity of interaction with the plowed soil of the loosening finger at different speeds and in different phases of the rotor rotation. As a result of modeling the process, it was found that the average traction resistance per two rotors with a total working width of 0.8 m does not exceed 54 N. A tillage tool with passive working bodies requires a traction force of about 640 N under the same conditions. That is, the difference is significant, which makes it possible to aggregate a powered rotary harrow with a lighter tractor. At the same time, 94.5% of its capacity should be realized through the PTO. The total power consumed by passive working bodies is 1.5 times less than what a rotary harrow requires to drive. In addition, tools with passive working bodies have a 2-fold higher productivity, which in most cases makes driven soil-cultivating machines uncompetitive compared to them. In this regard, the practical use of vertical rotary tillage machines is limited by a number of specific technological operations, in which the quality of loosening dominates the productivity and cost of work. Such operations include preparing the soil for planting potatoes and caring for the near-shoulder zone on plantations of berry bushes.

Keywords: tillage, soil tillage cutter, rotor, energy consumption, power.

For citation: Ozherelev V.N. Simulation of the process of interaction with the soil of the rotary harrow's roofing pins. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 4. pp. 46–52. (In Russ.).

Введение

Объектом исследования являются вертикально-ротационные почвообрабатывающие машины для поверхностной и мелкой обработки почвы. Предметом исследования является энергоёмкость процесса в целом и распределение потребляемой мощности между приводом роторов и тяговым сопротивлением машины. Указанное направление исследований мотивировано тем, что предел совершенствования почвообрабатывающих орудий близок к исчерпанию. При этом на почву воздействует ходовая часть трактора, переуплотняя ее и вызывая тем самым негативные последствия как для текущего урожая, так и для плодородия на дальнюю перспективу. Одним из путей решения проблемы является переход на приводные рабочие органы, которые радикально уменьшают тяговое сопротивление, а, следовательно, и вес трактора, являющегося основным разрушителем почвенного плодородия.

Для улучшения качества поверхностной обработки традиционно используют ротационные бесприводные бороны, которые при прямолинейном перемещении внедряют в почву зубья, разрушая корку и разрыхляя ее верхний слой на глубину заделки семян [1, 2]. Однако, это не решает проблему существенного уменьшения тягового сопротивления и веса агрегата. Кроме того, перемешивание слоев почвы не всегда является приемлемым с точки зрения сохранения влаги и по иным агротехническим соображениям [15, 16]. Поэтому сформировался специфический класс почвообрабатывающих машин, рабочими органами которых являются при-

водные роторы, размещенные в поперечный ряд и снабженные приводом от ВОМ трактора [3-5]. Каждый ротор снабжен, как правило, двумя ножами или пальцами. При этом ножи могут быть либо прямыми (вертикальными), либо снабжены горизонтальными или наклонными подрезающими лезвиями [6, 7].

Специфика использования машин накладывает на их конструкцию определенные технологические требования, что материализуется в виде вариантов исполнения. В частности, для обработки малины и смородины используют четыре L-образных ножа, специфическими ножами снабжены роторы для обработки приствольных полос в плодовом саду и на покрытом кочками лугу [6 - 8]. При полосовом подсеве трав используют также особые роторы диаметром 80-90 мм [9].

Разработчики машин разной конструкции подходили специфически и к оценке энергоёмкости процесса. Очевидно, что прямые ножи на тяжелых полупустынных почвах Прикаспийской низменности нельзя сравнить с ножом, снабженным подрезающим лезвием типа «ласточкин хвост», использовавшимся при обработке междурядий ягодников в средней полосе России [3, 10]. Специфичны и условия работы вертикально-ротационной машины при подготовке поля под посадку картофеля [11, 12]. В связи с этим актуальной задачей является разработка методики расчета именно для последнего случая, так как применение вертикально-ротационных почвообрабатывающих машин в картофелеводстве становится массовым явлением. При этом целесообразно оценить, как изменение нагрузки на нож по

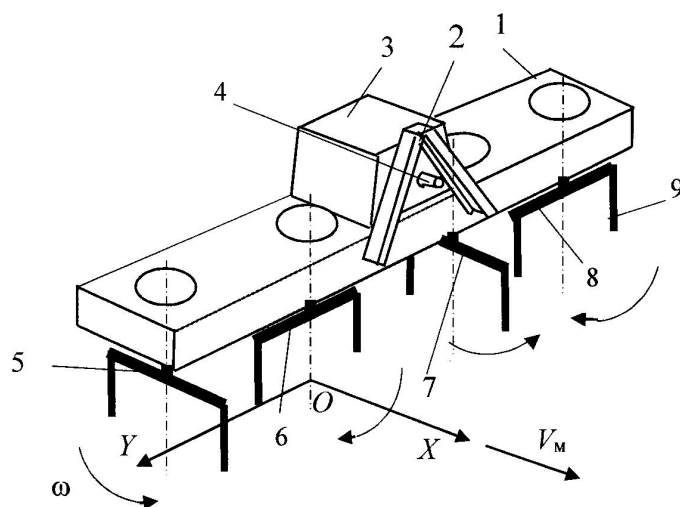


Рис. 1. Принципиальная схема вертикальной фрезы (ротационной бороны):

1 – картер трансмиссии; 2 – навесная система; 3 – редуктор коническо-цилиндрический; 4 – входной вал редуктора; 5 – 8 – роторы; 9 – палец рыхлительный

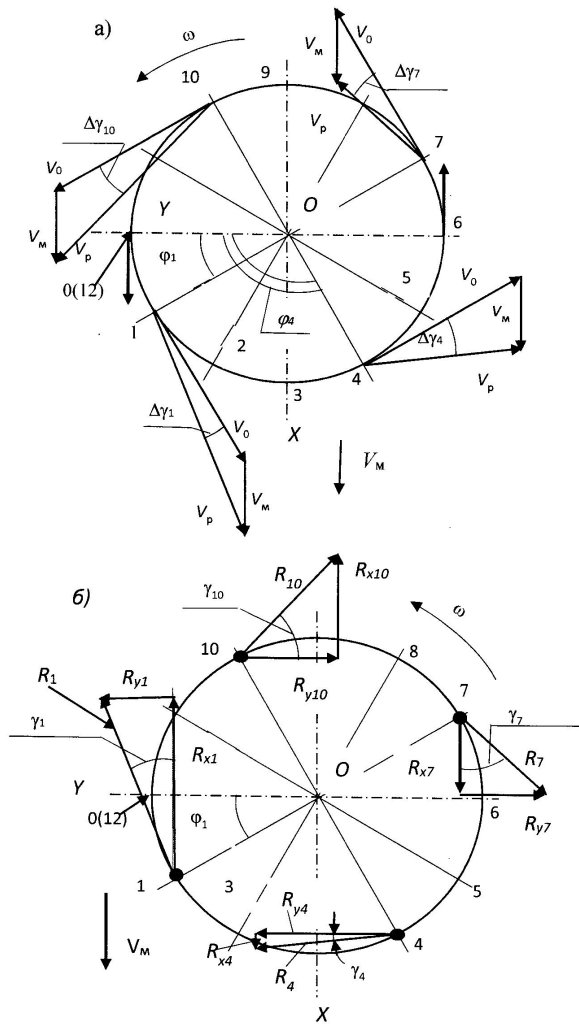


Рис. 2. Схема силового расчета вертикальной фрезы: а) – изменение направления и величины скорости резания по углу поворота ротора; б) – изменение силы резания и тягового усилия

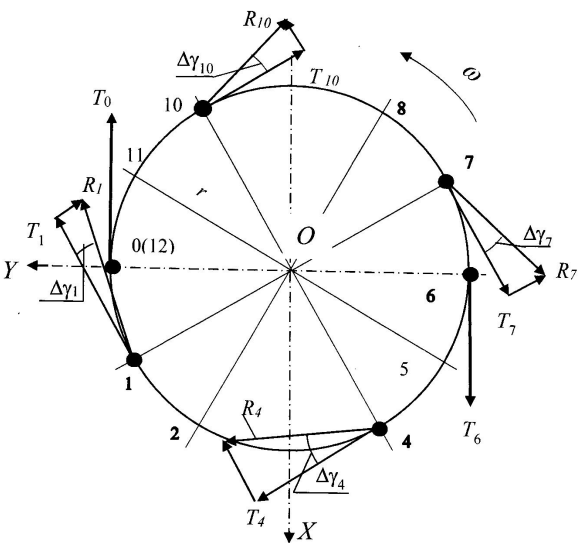


Рис. 3. Схема к расчету крутящего момента

углу поворота ротора, так и спроецировать усилия на направление перемещения агрегата и в перпендикулярном радиусу направлении, чтобы получить возможность дифференцировать мощность на привод рабочих органов от ВОМ трактора и возникающую параллельно с этим тяговую мощность.

Объекты и методы исследований

Кинематический и силовой анализ выполним по отношению к одному из роторов (например, поз. б) вертикальной фрезы, работающей в режиме ротационной бороны (рис. 1). Считаем, что машина работает на поле после вспашки, осуществляя его подготовку к посадке картофеля. В исходном положении ротор 6 ориентирован вдоль вертикальной поперечной плоскости (оси Y прямоугольной системы координат XOY).

При вращении ротора 6 с угловой скоростью ω и поступательном перемещении машины по направлению скорости V_M каждый рыхлительный палец описывает в абсолютном движении траекторию в виде троихоиды. При этом скорость резания V_P (скорость рыхлительного пальца в абсолютном движении) складывается из его скоростей в относительном и переносном движениях (рис. 2):

$$\bar{V}_p = \bar{V}_o + \bar{V}_m \tag{1}$$

где: $V_o = \omega \cdot r$ - окружная скорость пальца, м/с(2)

$$V_m = V_o / \lambda \tag{3}$$

$$\omega = \pi \cdot n / 30 \tag{4}$$

n – частота вращения ротора, мин⁻¹;

r – радиус ротора, м;

λ - кинематический коэффициент.

Примеры векторного сложения скоростей показаны на рис. 2а. Так, в точке 1 скорость V_P отклонена от вектора окружной скорости V_o на угол $\Delta\gamma_1$. Очевидно, что по мере поворота ротора изменятся как длина вектора скорости в абсолютном движении, так и угол $\Delta\gamma_i$. При этом абсолютная величина указанной скорости может быть определена по формуле (5):

$$V_p = V_o \sqrt{\left(1 + \frac{1}{\lambda^2} + \frac{2}{\lambda} \cos \phi_i\right)} \tag{5}$$

где ϕ_i – угол поворота ротора от исходного положения (точки 0(12)), град.

Величина угла $\Delta\gamma_i$ может быть найдена по формуле (6):

$$\Delta\gamma_i = \arcsin \frac{\sin \phi_i}{\sqrt{\left(1 + \lambda^2 + 2\lambda \cdot \cos \phi_i\right)}} \tag{6}$$

Таблица 1 – Расчет скорости V_p усилия резания R_i и его проекций на оси координат ($R_{x_{\Sigma i}}$, $R_{y_{\Sigma i}}$)

φ_i^0	V_{pi} , м/с	$\Delta\gamma_i^0$	R_r , Н	R_{x_r} , Н	R_{y_r} , Н	$R_{x_{\Sigma i}}$, Н	$R_{y_{\Sigma i}}$, Н	$R_{y_{\Sigma i}}$, Н	$R_{y_{\Sigma i}}$, Н	N_p , Вт
0	6,85	0	105,8	105,8	0	24	67,3	0	-46,4	111
180	3,55	0	81,8	81,8	0					
30	6,67	7,1	104,5	96,2	41	64,4	48,6	12,5	-39,2	80,2
210	3,87	12,3	42	31,8	28,5					
60	6,19	13,2	101	69,2	73,6	59,8	45,7	29,9	-6,5	75,4
240	4,6	17,9	44,7	9,4	43,7					
90	5,45	17,6	95,6	28,9	92	43,3	67,3	46,4	46,4	111
270	5,45	17,6	47,8	14,4	45,6					
120	4,6	17,9	89,5	18,8	88,5	-15,8	48,6	51,7	39,2	80,2
300	6,19	13,2	50,5	34,6	36,8					
150	3,87	12,3	84,2	62,3	56,7	-14,1	45,7	36,4	6,5	75,4
330	6,67	7,07	52,3	48,2	20,3					
Среднее значение							53,9			88,9

Вектор суммарной силы резания в каждой расчетной точке (R_i) направлен в сторону, противоположную абсолютной скорости пальца \vec{V}_{pi} (рис.

2б). При этом величина силы зависит от скорости резания следующим образом:

$$R_i = R_0 \left(1 + 0,3 \frac{(V_{pi} - V_6)}{V_6} \right) \quad (7)$$

где R_0 – сила резания для пальца тяжелой зубовой бороны при скорости $V_6 = 12$ км/ч (3,3 м/с), Н.

Для нахождения тягового сопротивления машины и поперечных (раскачивающих) нагрузок следует спроецировать силу резания R на направление ее перемещения (R_x) и на перпендикулярное направление (R_y). Для пары точек (1; 7), в которых при повороте ротора от исходного положения на угол $\varphi_1=30^0$ находятся рыхлительные пальцы, указанные проекции могут быть вычислены по формулам:

$$\begin{cases} R_x = R \cdot \cos \gamma_1 \\ R_y = R \cdot \sin \gamma_7 \end{cases} \quad (8)$$

Для пары точек (4; 10) расчетные формулы трансформируются следующим образом:

$$\begin{cases} R_x = R \cdot \sin \gamma_4 \\ R_y = R \cdot \cos \gamma_{10} \end{cases} \quad (9)$$

Для остальных (четырёх) пар точек рассматривать вариант вычисления индивидуально, исходя из характера соответствующего векторного треугольника.

Для нахождения тягового и поперечного усилия в определенной точке поворота ротора необходимо суммировать соответствующие силы,

действующие в данной фазе поворота ротора на оба рыхлительных пальца. Так, при повороте ротора на угол $\varphi_1=30^0$

$$R_{x_{\Sigma 1}} = R_{x1} - R_{x7} \quad (10)$$

Для угла $\varphi_4=120^0$ формула принимает вид:

$$R_{x_{\Sigma 4}} = R_{x10} - R_{x4} \quad (11)$$

Мощность, расходуемая на преодоление тягового усилия в каждой фазе поворота ротора, вычисляется по формуле:

$$N_i = R_{x_{\Sigma i}} \cdot V_m \quad (12)$$

Аналогичным образом следует суммировать (с учетом знаков) поперечные составляющие сил резания R_y .

Расчеты окружного усилия, крутящего момента и мощности на привод могут быть выполнены следующим образом. Усилия резания R_i рассчитаны выше. Некоторые из них (для двух пар точек, принадлежащих ротору в определенной фазе его поворота) отложены на рис. 2б. Попарное размещение расчетных точек в диаметральной плоскости обусловлено наличием на роторе двух рыхлительных пальцев. Очевидно, что корректный расчет предполагает выявление всех сил, действующих на ротор одновременно. В связи с этим, необходимо вести расчеты, суммируя результаты по двум точкам (пальцам).

Прежде чем найти мощность и крутящий момент, необходимо разложить каждую силу R_i на соответствующую радиальную составляющую (T) и перпендикулярное радиусу направление (рис. 3).

В результате получаем окружные усилия T_i . Очевидно, что в точках 0(12) и 6 окружные силы равны соответствующим силам резания. То есть,

$$T_0 = R_0; T_6 = R_6 \quad (13)$$

Таблица 2 – Окружное усилие T_o , крутящий момент M и мощность N , расходуемая на привод роторов

φ^0	$T_{ор}$, Н	$T_{одр}$, Н	M_r , Н*м	N_r , Вт
0	105,8	187,6	37,52	1699
180	81,8			
30	103,7	144,7	28,94	1462
210	41			
60	98,4	141	28,2	1442
240	42,6			
90	91,1	136,7	27,34	1699
270	45,6			
120	85,2	134,4	26,88	1462
300	49,2			
150	82,3	134,2	26,84	1442
330	51,9			
Среднее значение		146,4	29,3	1534

Что касается остальных точек, то окружное усилие в них определяется таким образом:

$$T_i = R_i \cdot \cos \Delta\gamma_i \quad (14)$$

Крутящий момент для каждой фазы поворота ротора (в Н*м) равен:

$$M_{кри} = (T_i + T_{(i+6)}) \cdot r \quad (15)$$

где r – радиус ротора, м.

Мощность, необходимая для привода ротора, определяется по формуле:

$$N_{кри} = M_{кри} \cdot \omega \quad (16)$$

Результаты

Для подтверждения теоретической гипотезы выполнен расчет силовых характеристик одного из роторов ротационной бороны с параметрами: радиус ротора $r=0,2$ м; частота его вращения $n=250$ мин⁻¹; кинематический коэффициент $\lambda=3,15$; усилие на рыхлительном пальце при глубине обработки 0,14 м и скорости движения (в режиме культиватора с пассивными рабочими органами) $R_0 = 80$ Н. Усилия резания и их проекции на оси координат сначала рассчитаем для каждой из шести позиций одного ротора, а затем просуммируем с результатами, для второго ротора, с учетом его сдвига по фазе поворота на 90°. Результаты расчета приведены в таблице 1. При этом считаем, что в задней половине траектории относительного движения рыхлительный палец перемещается по частично разрыхленной почве, поэтому усилия резания в точках 7 – 11 (рис. 2) должны быть уменьшены в два раза по сравнению величиной этого параметра в передней части траектории движения [13].

С помощью формул (13) – (16) был выполнен расчет окружного усилия, момента и мощности, расходуемой на привод роторов в тех же фазах угла

их поворота. Мощность по двум роторам суммировалась с учетом сдвига по фазе между ними на угол 90°. Результаты приведены в таблице 2.

Обсуждение

Для того, чтобы добиться аналогичного качества рыхления почвы пассивными рабочими органами, заменяющими ширину захвата двух роторов, необходимо использовать восемь пальцев. Тогда тяговое усилие будет равно 640Н. При использовании ротационных рабочих органов среднее тяговое усилие не превышает 54 Н (табл. 1). Таким образом, переход на активные рабочие органы позволяет уменьшить потребность в тяговом усилии трактора в 11 раз. Соответствующим образом может быть уменьшен вес трактора и его уплотняющее воздействие на почву.

Что касается мощности, расходуемой на привод роторов, то она равна 1534 Вт, что составляет 94,5% от всей расходуемой трактором мощности (не считая перекачивания). При этом, если бы орудие аналогичной ширины захвата с пассивными рабочими органами перемещалось с той же скоростью (1,65 м/с), то потребляемая им мощность была бы равно 1056 Вт. То есть, энергоемкость процесса ротационного рыхления почвы в 1,5 раза выше, чем у пассивных рабочих органов. Если же сопоставлять орудия по степени измельчения почвы, то их удельные энергозатраты становятся сопоставимыми [13].

Однако, следует также иметь в виду, что пассивные рабочие органы могут работать при скорости до 3,3 м/с, что позволяет им превысить в два раза производительность ротационной бороны той же ширины захвата. Указанные проблемы негативно отражаются на экономических параметрах технологических процессов, поэтому ротационные рабочие органы предпочитают использовать только в тех случаях, когда лимитирующим фактором однозначно становится качество рыхления (предпосадочная обработка почвы под картофель [11, 12]). Что касается экологических проблем, связанных с переуплотнением почвы, то пока они не стали приоритетными в реальном производстве, что сдерживает применение приводных ротационных почвообрабатывающих машин. В частности, их применение оказалось эффективным и незаменимым при обработке прикустовых полос на плантациях ягодных кустарников [6, 14].

Выводы

Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что при использовании для обработки почвы приводной ротационной бороны с вертикальными осями вращения роторов более 90% мощности трактора реализуется через ВОМ, что создает хорошие предпосылки для уменьшения веса агрегата и снижения его негативного воздействия на почву. В свя-

зи с тем, что ротационные почвообрабатывающие машины уступают по производительности и иным экономическим параметрам орудиям с пассивными рабочими органами их практическое использова-

ние ограничено специфическими технологическими нишами, когда качество выполнения процесса становится безусловной экономической значимой величиной.

Литература

- [1] Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 176с.
- [2] Матяшин Ю.И., Сиразиев Л.Ф., Валиев А.Р., Федулкина К.В. Совершенствование бесприводных ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2012. Т. 7. № 1 (23). С. 93-97.
- [3] Садыков Р.О. Обоснование режимов работы и параметров ротора ротационной бороны с вертикальной осью вращения. автореферат дис. ... кандидата технических наук / Янгиюль, 2000. 17с.
- [4] Садыков Р.О. Результаты сравнительных испытаний экспериментального и базового роторов: В сборнике: Современные тенденции развития аграрного комплекса. материалы международной научно-практической конференции. ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», Региональный Фонд «Аграрный университетский комплекс». 2016. С. 1243-1245.
- [5] Садыков Р.О. Результаты сравнительных испытаний роторов ротационной бороны с вертикальной осью вращения: В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», 2017. С. 301-304.
- [6] Ожерельев В.Н. Исследование и конструирование фрезерных машин: монография / В.Н. Ожерельев. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. 196с.
- [7] Саньков С.М., Цымбал В.И. Фреза с вертикальной осью вращения для обработки приствольных полос в саду // Садоводство и виноградарство. 2003. № 4. С. 9-10.
- [8] Гоголев М.М. Силовые характеристики рабочего органа вертикальной фрезы // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 4. С. 33-35.
- [9] Ладутько С.Н., Заяц Э.В., Эбертс А.А. К определению мощности, потребной для привода вертикальной почвенной фрезы/ В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства. материалы международной научно-практической конференции, посвященной

References

- [1] Matyashin Yu.I., Grinchuk I.M., Egorov G.M. Raschet i proektirovanie rotacionny`x pochvoobrabaty`vayushhix mashin. M.: VO «Agropromizdat», 1988. 176 p.
- [2] Matyashin Yu.I., Siraziev L.F., Valiev A.R., Fedulkina K.V. Sovershenstvovanie besprivodny`x rotacionny`x rabochix organov dlya poverxnostnoj obrabotki pochvy` // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. T. 7. № 1 (23). pp. 93-97.
- [3] Sady`kov R.O. Obosnovanie rezhimov raboty` i parametrov rotora rotacionnoj borony` s vertikal`noj os`yu vrashheniya. avtoreferat dis. ... kandidata texnicheskix nauk / Yangiyul`, 2000. 17 p.
- [4] Sady`kov R.O. Rezul`taty` cravnitel`ny`x ispy`taniy e`ksperimental`nogo i bazovogo rotorov: V sbornike: Sovremenny`e tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa. materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. FGBNU «Prikaspijskij nauchno-issledovatel`skij institut aridnogo zemledeliya», Regional`ny`j Fond «Agrarny`j universitetskij kompleks». 2016. pp. 1243-1245.
- [5] Sady`kov R.O. Rezul`taty` sravnitel`ny`x ispy`taniy rotorov rotacionnoj borony` s vertikal`noj os`yu vrashheniya: V sbornike: Principy` i texnologii e`kologizacii proizvodstva v sel`skom, lesnom i ry`bnom xozyajstve. Materialy` 68-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj Godu e`kologii v Rossii. Ministerstvo sel`skogo xozyajstva Rossijskoj Federacii; FGBOU VO «Ryazanskij gosudarstvenny`j agrotexnologicheskij universitet imeni P.A. Kosty`cheva», 2017. pp. 301-304.
- [6] Ozherel`ev V.N. Issledovanie i konstruirovaniye frezerny`x mashin: monografiya / V.N. Ozherel`ev. Bryansk: Izd-vo Bryanskij GAU, 2019. 196 p.
- [7] San`kov S.M., Cymbal V.I. Freza s vertikal`noj os`yu vrashheniya dlya obrabotki pristvol`ny`x polos v sadu // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2003. № 4. pp. 9-10.
- [8] Gogolev M.M. Silovy`e karakteristiki rabocheho organa vertikal`noj frezy` // Traktory` i sel`xozmashiny`. 2011. № 4. pp. 33-35.
- [9] Ladut`ko S.N., Zayacz E`.V., E`berts A.A. K opredeleniyu moshhnosti, potrebnoy dlya privoda vertikal`noj pochvennoj frezy`/ V sbornike: Innovacionny`e napravleniya razvitiya texnologij i texnicheskix sredstv mexanizacii sel`skogo xozyajstva. materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhennoj 100-letiyu kafedry` sel`skoxozyajstvenny`x mashin agroinzhenernogo fakul`teta Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni imperatora Petra I. Voronezhskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet im. Imperatora

- 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I; Редакционная коллегия: Василенко В.В., Гиевский А.М., Казаров К.Р., Солнцев В.Н., Тарасенко А.П., Чернышов А.В., Шатохин И.В.; Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского, И.В. Баскакова. 2015. С. 57-62.
- [10] Блохин В.Н., Орехова Г.В., Случевский А.М., Климович Р.А. Методика определения крутящего момента ротора фрезы с вертикальной осью вращения // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (60). С. 35-40.
- [11] Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля М.: Агроспас, 2010. 316с.
- [12] Кувшинов Н.М. Эффективность применения орудий с активными рабочими органами в качестве приемов предпосевной обработки серых лесных почв нечерноземной зоны России // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1 (59). С. 23-31.
- [13] Чудак С.В. Исследование и разработка вертикальной фрезы для поверхностной обработки почвы в виноградниках: дисс. ... канд. техн. наук / С.В. Чудак. Кишинев, 1973. 149с.
- [14] Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Управление перераспределением почвы по ширине междурядья малины // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. №4. С. 13 – 15.
- [15] Ларюшин, А. М. Совершенствование технологии уборки лука / А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования : В 2-х томах, Москва, 04–07 декабря 2007 года / под редакцией В. В. Вишневого. – Москва: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17-18. – EDN UGAVCZ.
- [16] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4(1). – С. 30-35. – EDN TKIWUZ.
- Petra I; Redakcionnaya kollegiya: Vasilenko V.V., Gievskij A.M., Kazarov K.R., Solncev V.N., Tarasenko A.P., Cherny'shov A.V., Shatoxin I.V.; Pod obshhej redakciej N.I. Buxtoyarova, V.I. Orobinskogo, I.V. Baskakova. 2015. pp. 57-62.
- [10] Bloxin V.N., Orexova G.V., Sluchevskij A.M., Klimovich R.A. Metodika opredeleniya krutyashhego momenta rotora frezy` s vertikal'noj os'yu vrashheniya // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2017. № 2 (60). pp. 35-40.
- [11] Tubolev S.S., Shelomencev S.I., Pshechenkov K.A., Zejruk V.N. Mashinny'e texnologii i texnika dlya proizvodstva kartofelya M.: Agrosapas, 2010. 316 p.
- [12] Kuvshinov N.M. E'ffektivnost` primeneniya orudij s aktivny'mi rabochimi organami v kachestve priemov predposevnoj obrabotki seryx lesnyx pochv nechernozemnoj zony` Rossii // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2017. № 1 (59). pp. 23-31.
- [13] Chudak S.V. Issledovanie i razrabotka vertikal'noj frezy` dlya poverxnostnoj obrabotki pochvy` v vinogradnikax: diss. ... kand. texn. nauk / S.V. Chudak. Kishinev, 1973. 149 p.
- [14] Ozherel'ev V.N., Nikitin V.V. Upravlenie pereraspredeleniem pochvy` po shirine mezhduryad`ya maliny` // Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. 2011. №4. pp. 13 – 15.
- [15] Laryushin, A. M. Improving the technology of onion harvesting / A. M. Laryushin, N. P. Laryushin, D. I. Frolov // Proceedings of the International Forum on Problems of Science, Technology and Education: In 2 volumes, Moscow , December 04–07, 2007 / edited by V. V. Vishnevsky. - Moscow: Academy of Sciences of the Earth, 2007. - pp. 17-18. – EDN UGAVCZ.
- [16] Frolov, D. I. Analysis of the work of the haulm-removing working body with optimization of the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technique and technology. - 2014. - No. 4(1). - pp. 30-35. – EDN TKIWUZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Ожерельев Виктор Николаевич доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры "Технические системы в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве" ФГБОУ ВО "Брянский государственный аграрный университет" 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а Тел.: +7(906) 502-68-70 E-mail: vicoz@bk.ru</p>	<p>Ozherelev Viktor Nikolaevich D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of Technical systems in agribusiness, environmental management and road construction Bryansk State Agrarian University Phone: +7(906) 502-68-70 E-mail: vicoz@bk.ru</p>
---	--