

ГИБКИЙ ЭЛЕМЕНТ В СОСТАВЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РОТОРНОЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ РЫХЛИТЕЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ

FLEXIBLE ELEMENT IN THE COMPOSITION OF THE WORKING BODIES OF THE ROTARY SOIL-CULTIVATING RIPPING-SEPARATING MACHINE

Ю.Н. СЫРОМЯТНИКОВ¹
Н.С. ХРАМОВ²
С.А. ВОЙНАШ³

¹ Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина

² Институт овощеводства и бахчеводства НААН, г. Николаев, Украина

³ Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», г. Рубцовск, Россия, gara176@meta.ua, khramov88@ukr.net, sergey_voi@mail.ru

YU.N. SYROMYATNIKOV¹
N.S. HRAMOV²
S.A. VOJNASH³

¹ Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

² Institute of Vegetable and Melon Production of Ukraine Academy of Sciences, Nikolaev, Ukraine

³ Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University, Rubtsovsk, Russia, gara176@meta.ua, khramov88@ukr.net, sergey_voi@mail.ru

Поверхностная обработка почвы для выращивания сельскохозяйственных культур проводится с целью крошения пласта ее верхнего слоя, измельчения пожнивных остатков, уничтожения сорных растений и выравнивания поверхности поля. Цель исследований - определить качественные показатели экспериментальной почвообрабатывающей роторной рыхлительно-сепарирующей установки с применением гибкого рабочего органа в виде троса. Изучены в полевых условиях физико-механические свойства почвы после осенней вспашки, раннего весеннего боронования и культивации стрельчатými лапами на глубину 0,12 м. Проанализирован получаемый после прохода установки структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от частоты вращения ротора и наличия гибкого элемента в виде троса. Проведены исследования экспериментальной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей установки на слое почвы, который после обработки расслаивается на два подслоя: верхний надсеменной и нижний слой в зоне заделки семян. В нижнем слое почвы наблюдается значительное преимущество рабочих органов с гибким элементом в виде троса. Увеличение частоты вращения ротора от 1,1 до 2,3 с⁻¹ способствует увеличению коэффициента структурности почвы в нижнем слое примерно на 10 %, в верхнем – не более чем на 2,3 %. С применением гибкого рабочего органа в виде троса в составе рабочих органов экспериментальной почвообрабатывающей роторной рыхлительно-сепарирующей установки коэффициент структурности примерно в 1,5 раза выше по сравнению с рабочим органом без него, что обеспечивает более благоприятные условия для заделки в почву семян. Выявлен, что обработка почвы с использованием экспериментальной почвообрабатывающей роторной рыхлительно-сепарирующей установки в составе рабочих органов, в которой применен гибкий элемент в виде троса, позволяет усовершенствовать методы предпосевной обработки почвы для улучшения ее агротехнических качеств.

Ключевые слова: гибкий рабочий орган, коэффициент структурности, почвообрабатывающая машина, качество обработки, зависимость, частота вращения, почва.

Surface tillage for growing crops is carried out with the purpose of crushing its upper layer, grinding crop residues, destroying weeds and leveling the field surface. The purpose of the research is to determine the quality indicators of an experimental soil-cultivating rotor ripping-separating unit using a flexible working body in the form of a cable. Authors studied in field conditions the physico-mechanical properties of the soil after autumn plowing, early spring harrowing and cultivation with lancet paws to a depth of 0,12 m. There was analyzed the structural-aggregate composition of the soil obtained after the passage of device, depending on the frequency of rotation of the rotor and the presence of a flexible element in the form of a cable. Studies have been carried out on an experimental soil-cultivating loosening and separating plant on a layer of soil, which, after processing, is stratified into two sublayers: the upper superseed, the lower layer in the seed embedding zone. In the lower soil layer there is a significant advantage of the working bodies with a flexible element in the form of a cable. Increasing the rotor speed from 1,1 to 2,3 s⁻¹ contributes to an increase in the coefficient of soil structure in the lower layer by about 10 %, and in the upper layer by no more than 2,3 %. With the use of a flexible working body in the form of a cable in the composition of the working bodies of the experimental soil-cultivating rotary ripping-separating installation, the coefficient of structure is about 1,5 times higher than the working bodies without it, which provides more favorable conditions for embedding seeds in the soil. It was found that tillage using an experimental soil-cultivating rotary tillage-separating installation as part of the working bodies of which a flexible element in the form of a cable was applied allows us to improve the methods of pre-sowing tillage to improve its agrotechnical qualities.

Keywords: flexible working body, structural ratio, soil tillage machine, processing quality, dependence, rotation frequency, soil.

Введение

Поверхностная обработка почвы для выращивания сельскохозяйственных культур проводится с целью крошения пласта ее верхнего слоя, измельчения пожнивных остатков, уничтожения сорных растений и выравнивания поверхности поля [1, 2, 3, 4].

В 20-е годы прошлого столетия в условиях засухи проявлялся особый интерес к вопросам так называемого сухого земледелия, обеспечивающего накопление и сбережение почвенной влаги. При наблюдении за работой различных орудий на пару было замечено, что при своевременной обработке почвы даже рабочие органы с тупым лезвием хорошо уничтожали нежные всходы сорных растений. В связи с этим в то время и появилась идея замены рабочих органов с тупым лезвием проволокой, имеющей минимальную поверхность трения [5]. Орудия, в которых использовалась проволока, называли в то время пароочистителями. Для этого на раме конного культиватора или плуга устанавливались три ножевидные стойки – одна впереди и две сзади. Между ними под углом 60° натягивалась металлическая проволока диаметром 3 мм. Глубина обработки почвы проволокой равнялась примерно 10 см. Пароочиститель проходил испытание на Полтавской опытной станции на протяжении всего сезона в засушливых 1924 и 1925 гг. К положительным сторонам орудия были отнесены низкая металлоемкость, простота конструкции, доступность для всех, даже мелких, крестьянских хозяйств, хорошая работа по срезанию сорных растений с глубоко сидящей корневой системой (березка, осот, лебеда и др.) и низкая энергоемкость в работе. К недостаткам орудия были отнесены сложность регулировки глубины хода проволоки, оставление несрезанными мелко растущих сорных растений, забивание стоек растительными остатками и возможность обрыва проволоки.

Однако, несмотря на положительные результаты двухлетних испытаний проволочного рабочего органа на Полтавской опытной станции, широкого применения в условиях производства он не получил. На наш взгляд, это связано с тем, что в те годы не были проведены исследования по изучению возможности повышения его надежности в работе, использования для разноглубинной обработки почвы и в сочетании с другими типами рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Существенное влияние на динамику изменения влажности почвы, эффективность применения гербицидов и равномерность заделки семян оказывают определенная выровненность поверхности поля, наличие определенных микронеровностей [6].

Хороший эффект для сохранения влаги, увеличения (стабилизации) температуры почвы в зимний и в летний периоды, препятствия образования почвенной корки, снижения разрушения почвы под воздействием дождевых капель, воздушной и водной эрозий служит мульчирование поверхности поля растительными остатками [6].

К физико-механическим свойствам мульчи относятся размерные показатели: плотность, влажность, форма и кривизна, однородность, распределение по крупности. К технологическим – сыпучесть, рассеиваемость, слеживаемость, фрикционные свойства, сводообразование, сопротивление деформациям различных видов [7].

По данным А.В. Дружченко [8], при влажности почвы ниже 20–22 % уплотнение способствует сохранению влаги при засухе, если же количество влаги в почве при засухе. Если же количество влаги в почве выше 23–25 %, уплотнение снижает влажность посевного слоя.

По мнению И.У. Палимпсестова, почва для посева должна быть подготовлена таким образом, чтобы после сева она имела определенную плотность. Уплотнение почвы необходимо как для правильного прорастания зерен, так и для правильного роста и развития растений [9].

Агрономически ценной считается структура почвы, которая обеспечивает плодородие. Оптимальные условия водного и воздушного режимов создаются в почвах с мелкокомковатой и зернистой структурами [10, 11].

Агротехническими требованиями к технологиям и технологическим средствам, обеспечивающим улучшение агрофизических свойств черноземных почв среднего и технологического состава, были сформулированы следующие требования:

- в обработанном слое почвы должно быть комочков размером: от 20 до 5 мм – 20...25 %, от 5 до 0,25 мм – 60...65 % и менее 0,25 мм – не более 16 % [12, 14];

- в поверхностном слое почвы (до 4 см) должны преобладать комочки от 5 до 20 мм, в семенном – от 0,25 до 10 мм [13] с содержанием пыли не более 16 %;

- плотность сложения пахотного и подпахотного слоев должна находиться в пределах

1,0...1,3 г/см³, в надсеменном слое необходима уплотненная прослойка 1,1...1,2 г/см³, чтобы сохранить непроизводительный восходящий поток влаги [13].

Качество обработки почвы может быть улучшено за счет оборудования известных рабочих органов (рис. 1) [15, 16, 17, 18, 19] устройством для дополнительного крошения пласта и улучшения процесса сепарации ее структурных частиц.

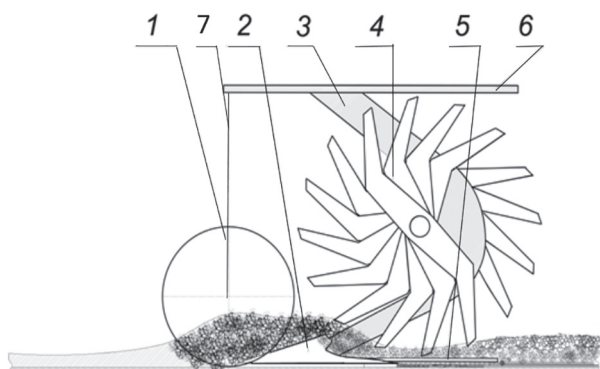


Рис. 1. Принципиальная схема машины:

- 1 – направляющий плоский диск; 2 – лемех;
- 3 – стойка; 4 – роторный рабочий орган;
- 5 – сепарирующая решетка; 6 – рама;
- 7 – кронштейн

Последнее необходимо для извлечения из почвы корневищ корнеотпрысковых сорняков, что является одним из наиболее эффективных приемов борьбы с ними.

Для регулирования агрофизических свойств поверхностного слоя почвы (до 4 см) нами были проведены поисковые исследования по изучению возможности и целесообразности использования проволоки или троса диаметром 2...4 мм, который в дальнейшем будем называть гибким элементом [20].

Визуальные наблюдения за процессом работы гибкого элемента показали, что под его воздействием в почве образуется валок, при движении которого на поверхности поля обеспечивается засыпка микронеровностей почвы. Причем, высота валка существенно превышает размеры поперечного сечения гибкого элемента. Исследования показали, что наилучшее качество выравнивания поверхности поля было получено при движении гибкого элемента вдоль гребней. При этом разница в качестве выравнивания поверхности поля при движении гибкого элемента вдоль и под различными углами к гребням настолько велика, что легко

определяется даже визуальным способом. Это, по-видимому, объясняется более устойчивым движением гибкого элемента вдоль гребней в связи с большей стабильностью по величине силы сопротивления движению его в почве. Последнее создает хорошие предпосылки для использования его в одном агрегате с другими типами почвообрабатывающих рабочих органов.

Кроме того, из анализа схемы воздействия на почву гибкого элемента с круглой формой поперечного сечения видно, что он с рыхлением поверхностного слоя почвы одновременно обеспечивает уплотнение ее нижних слоев.

В связи с вышеизложенным, с учетом результатов известных исследований, возникла необходимость в проведении экспериментов по определению качественных показателей работы роторной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины с применением гибкого рабочего органа в виде троса диаметром 4 мм.

Цель исследований

Проведение испытаний экспериментальной почвообрабатывающей установки в производственных условиях, изучение качественных показателей ее работы с применением гибкого рабочего органа в виде троса.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов в полевых условиях на базе роторной рыхлительно-сепарирующей машины [11] была изготовлена почвообрабатывающая установка, которая производит расслоение почвы путем сепарации комочков по глубине обработки.

Установка агрегатировалась с сельскохозяйственным трактором общего назначения МТЗ-82 (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид установки для поверхностной обработки почвы с тросом

Она представляет собой жесткую раму с навесным устройством. По обе стороны рамы расположены опорные колеса с механизмами регулировки глубины обработки почвы. В задней части рамы находится ротор. Опорами ротора служат подшипники на краях рамы.

Привод ротора осуществляется от вала отбора мощности трактора, который настраивается на частоту вращения 540 об/мин.

Ротор представляет собой трубу [21], на которую приварены ножи-сепараторы с шагом в 50 мм.

В передней части рамы расположены подрезающе-подъемные рабочие органы [17]. Они представляют собой плоскорежущую стрельчатую лапу с углом крошения 15° с установленными с обеих сторон пассивными свободно вращающимися плоскими дисками. К крылу плоскорежущей стрельчатой лапы приварены прутья сепарирующей решетки.

По краям задней части рамы установлены стойки с односторонними плоскорежущими лапами с обрезанными боковыми крыльями, между которыми в нижней части натягивается гибкий элемент в виде троса с диаметром поперечного сечения 4 мм (рис. 3).



Рис. 3. Крепление гибкого элемента в виде троса на экспериментальной рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей установке

Экспериментальная полевая установка работает следующим образом. Рабочие органы подрезают почву на заданной глубине обработки и поднимают ее. При этом обеспечивается предварительное крошение почвы, которая дальше подается на сепарирующую решетку роторным рабочим органом. Ножи ротора, вращающегося с относительно малой частотой вращения (140 об/мин), подхватыва-

ют слой почвы и перемещают его далее по решетке. При этом обеспечиваются активное крошение и сепарация подрезанного слоя почвы. Комочки почвы мелкой фракции просыпаются за крылом подрезающей лапы через решетку и оказываются на глубине подрезающего слоя. Более крупные комочки крошатся ножами ротора и просыпаются через решетку, занимая положение над мелкой фракцией. Комочки, линейные размеры которых больше, чем шаг сепарирующей решетки, сходят с нее и занимают положение на поверхности обработанной почвы. Здесь оказываются и подрезанные пожнивные остатки и корневища растений. При этом ножи ротора не достают до дна борозды, оставляя его плотным. Трос после серийного рабочего органа дополнительно измельчает, распределяя фракции по глубине. При этом качественно выравнивается семенное ложе, полностью уничтожаются сорняки в фазе нитки и всходов, а регулировка натяжения троса обеспечивает его качественную самоочистку. Гибкий элемент в виде троса способствует рыхлению почвы и удалению сорняков без ее распыления и выноса нижних слоев на поверхность.

При предпосевной подготовке почвы данный рабочий орган создает гладкую и ровную поверхность подошвы обработанного слоя, что обеспечивает равномерную заделку семян при посеве.

Для проведения экспериментов по определению качественных показателей работы роторной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей установки с применением гибкого рабочего органа в виде троса диаметром 4 мм участок с осени был вспахан, весной были проведены раннее весеннее боронование и культивация стрельчатыми лапами на глубину 0,12 м. Эксперимент проводился при влажности почвы 23 %, твердости 130 Н/м^2 глубине обработки 0,08 м и ходе гибкого элемента 0,035 м.

Для определения сепарирующей способности экспериментальной полевой установки пробы брались из двух уровней по глубине обработки почвы. Слой обработанной почвы после прохода экспериментальной установки был разделен на два горизонта по глубине. Первый горизонт – глубиной 0–0,5 глубины обработки (поверхностный слой); второй – на глубине от 0,5 глубины обработки до дна борозды (нижний слой).

По слоям пробы почвы брались в одном месте одна за другой: снимался верхний слой и, после проведения с ним операций просева и взвешивания – нижний слой. Для определения влияния наличия гибкого элемента в виде троса на качественные показатели обработки пробы почвы брались по ходу движения экспериментальной полевой установки в зоне наличия или отсутствия гибкого элемента в виде троса.

Условиями проведения эксперимента по определению влияния изменения скорости движения агрегата на коэффициент структурности почвы было обеспечение постоянной глубины обработки почвы и одинаковой частоты вращения ротора экспериментальной полевой установки независимо от скорости движения последней. Чтобы обеспечить постоянство частоты вращения ротора экспериментальной машины, нужно было создать постоянство частоты вращения коленчатого вала двигателя трактора во всех точках эксперимента; оно обеспечивалось с помощью электронного тахометра трактора МТЗ-80. Проведение экспериментальных исследований показано на рис. 4.



Рис. 4. Проведение эксперимента по определению качественных показателей работы машины

Для определения структурно-агрегатного состава почвы использовался метод просеивания ее на ситах с круглыми отверстиями. При этом проба бралась в трехкратной повторности массой не менее 2,5 кг, доводилась до воздушно-сухого состояния и просеивалась через сита путем их покачивания. Распределенная на ситах почва взвешивалась, и вычислялась относительная масса каждой фракции по формуле:

$$\Phi = \frac{m}{M} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где m – масса фракции, кг; M – масса поступившего на анализ образца, кг.

Коэффициент структурности почвы вычисляли по формуле:

$$K_{\text{стр}} = \frac{K_{10-0,25}}{K_{>10} + K_{<0,25}}, \quad (2)$$

где $K_{10-0,25}$ – процент содержания агрономически ценных фракций почвы в пробе; $K_{>10}$, $K_{<0,25}$ – процент содержания фракций почвы в пробе, соответственно, больше 0,25 мм и меньше 10 мм.

Для определения коэффициентов структурности было проведено четыре повторности опыта при разных частотах вращения ротора экспериментальной установки: 1,58; 2,07; 2,53; 3,00 с⁻¹. При этом поступательная скорость движения подбиралась таким образом, чтобы кинематический параметр работы ротора был близким к постоянной величине. В пределах каждой повторности было взято по три пробы почвы в зоне рабочих органов без гибкого элемента в виде троса (для контроля) и по три пробы в зоне рабочих органов с ним. Пробы почвы брались в двух слоях обработанной почвы, которая разделялась по глубине на две равные части.

Результаты и обсуждение

После составления таблиц и обработки данных были подсчитаны средние значения коэффициентов структурности почвы, которые приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что с ростом частоты вращения коэффициент структурности почвы увеличивается во всех контрольных точках эксперимента. Однако в верхнем слое почвы величины коэффициентов структурности близки между собой, за небольшим преимуществом в случае с гибким элементом в виде троса. С увеличением частоты вращения ротора до уровня более 2,05 с⁻¹ увеличивается разрыв в качестве обработки почвы, более того, в варианте с установленным гибким элементом в виде троса коэффициент структурности почвы повышается на 88 %.

В нижнем слое почвы наблюдается значительное преимущество рабочих органов с гибким элементом в виде троса. Коэффициент структурности почвы при использовании рабочих органов с гибким элементом в виде троса в

Таблица 1

**Зависимость коэффициента структурности почвы от частоты вращения ротора
и наличия гибкого элемента в виде троса**

Частота вращения ротора, с ⁻¹	Номер повторности	Коэффициенты структурности				В % к работе установки без гибкого элемента в виде троса	
		Рабочие органы без гибкого элемента в виде троса		Рабочие органы с гибким элементом в виде троса		Верхний слой	Нижний слой
		Верхний слой	Нижний слой	Верхний слой	Нижний слой		
1,58	1	0,50	0,60	0,80	1,10		
	2	0,50	0,90	0,70	1,20		
	3	0,60	0,80	0,80	1,23		
	Сред.	0,53	0,76	0,77	1,18	155,8	163,6
2,07	1	0,50	0,60	0,70	1,40		
	2	0,50	0,60	0,70	1,40		
	3	0,50	0,60	0,70	1,40		
	Сред.	0,50	0,60	0,70	1,40	162	185
2,53	1	0,60	0,97	0,90	1,20		
	2	0,70	0,90	0,70	1,36		
	3	0,60	0,90	0,90	1,20		
	Сред.	0,63	0,92	0,83	1,25	137	133
3,00	1	0,80	0,90	1,00	1,27		
	2	0,70	0,90	0,90	1,60		
	3	0,83	0,90	0,80	1,27		
	Сред.	0,78	0,90	0,90	1,38	117,6	160

1,5 раза выше по сравнению с рабочим органом без него, что обеспечивает более благоприятные условия для заделки в почву семян.

Эксперимент показал, что наличие гибкого элемента в виде троса в составе рабочих органов экспериментальной установки положительно влияет на качественные показатели обработки почвы, хотя от наличия гибкого элемента в виде троса в меньшей степени зависит коэффициент структурности почвы поверхностного слоя. При изменении частоты вращения ротора установки в нижнем слое почвы, при наличии гибкого элемента в виде троса, наблюдаются незначительные изменения коэффициента структурности почвы, что сравнительно с рабочими органами без гибкого элемента. Однако при наличии гибкого элемента в виде троса коэффициент структурности почвы в среднем на 60 % выше, чем без него.

При сравнении коэффициентов структурности почвы в нижнем слое при работе установки без гибкого элемента в виде троса и с ним разница между коэффициентами структурности составляет от 1,2 до двух раз.

Вывод

Использование гибкого элемента в виде троса в составе рабочих органов роторной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей установки способствует повышению качества обработки.

Литературы

1. Сыромятников Ю.Н. Исследование процесса работы экспериментального культиватора для сплошной обработки почвы // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2018. № 4 (28). С. 4.
2. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н. Почвообрабатывающая приставка к зерновой сеялке в технологиях «No till» // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2018. № 3 (27). С. 6.
3. Сыромятников Ю.Н. Повышение устойчивости движения секции комбинированной машины для подготовки почвы и посева // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (162). С. 177–186.
4. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.М. Обґрунтування доцільності державної підтримки вітчизняного сільгоспмашинобудування // *Вісник Харківського національного технічного університету*

- сільського господарства імені Петра Василенка. 2016. № 173. С. 53–68.
5. Сошалский П.Н. Проволочный пароочиститель. Полтава, 1926. С. 15.
 6. Пабат І.А. Грунтозахисна система землеробства, Київ: Урожай, 1992. 158 с.
 7. L.A. Stepuk, A.A. Zheshka, W. Tanas Comparative Characteristicks of chosen mulching substances in horticultural and orcharding production. Journal of research and applications in agricultural engineering. 2007. Vol. 52 (2). P. 35.
 8. Дружченко А.В. Влияние плотности посевного слоя почвы на ее физические свойства, рост растений и урожай полевых культур на мощном тяжелосуглинистом черноземе Харьковской области: автореф. канд. дисс. Харьков. 1968. – 21 с.
 9. Бахтин П.У. Проблемы обработки почвы. М.: Знание 1969. 62 с.
 10. Морозов И.В., Морозов В.И. Обоснование модели формирования почвенного посевного слоя для семян Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ» серія технічні науки випуск 162, Сімферополь: 2014. С. 59–64.
 11. Сыромятников Ю.Н. Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 3. С. 38–44.
 12. Медведев В.В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. Киев: Урожай, 1991. 173 с.
 13. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция география, мониторинг, охрана). Х.: Изд. 13 типография. 2008. 406 с.
 14. Сыромятников Ю.Н. Результаты полевых исследований роторной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины с экспериментальными рабочими органами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 184–193.
 15. Сыромятников Ю.М. Вдосконалення робочих органів для підрізання та підйому ґрунту розрихлювально-сепаруючою машиною // Інженерія природокористування. 2017. № 2 (8). С. 74–77.
 16. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля лемеха с направляющими дисками почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. 2017. № 2. С. 18–29.
 17. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. 2017. № 1. С. 48–55.
 18. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления // Сільськогосподарські машини. 2018. № 39. С. 117–132.
 19. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей машины обеспечивающих минимальные затраты энергии на его работу // Інженерія природокористування. 2018. №. 1 (9). С. 91–95.
 20. Пашченко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // Сельское хозяйство. 2017. №. 3. С. 33–42.
 21. Нанка А.В., Сыромятников Ю.Н. Влияние частоты вращения ротора почвообрабатывающей машины на качественные показатели ее работы // Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 2 (19). С. 101–116.

References

1. Syromyatnikov YU.N. Study of the work of an experimental cultivator for continuous tillage. Aekonomika: ehkonomika i sel'skoe hozyajstvo, 2018. No 4 (28), pp. 4 (in Russ.).
2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N. Soil-cultivating device to a grain seeder in technologies «No till». Aekonomika: ehkonomika i sel'skoe hozyajstvo, 2018. No 3 (27), pp. 6 (in Russ.).
3. Syromyatnikov YU.N. Increasing stability of the movement of the section of the combined machine for soil preparation and planting. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No 4 (162), pp. 177–186 (in Russ.).
4. Pashchenko V.F., Siromyatnikov YU.M. Justification of the expediency of state support for domestic agricultural machinery. Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu sil'skogo gospodarstva imeni Petra Vasilenka. 2016. No. 173, pp. 53–68 (in Russ.).
5. Soshal'skij P.N. Provolochnyj paroochistitel' [Wire steam cleaner]. Poltava, 1926, pp. 15.
6. Pabat I.A. Gruntozahisna sistema zemlerobstva [Soil protection system of agriculture], Kiivo: Urozhaj Publ., 1992. 158 p.
7. L.A. Stepuk, A.A. Zheshka, W. Tanas Comparative Characteristicks of chosen mulching substances in horticultural and orcharding production. Journal of research and applications in agricultural engineering. 2007. Vol. 52 (2). P. 35.
8. Druzhchenko A.V. Vliyanie plotnosti posevnogo sloya pochvy na ee fizicheskie svojstva, rost rastenij i urozhaj polevyh kul'tur na moshchnom tyazhelosug-

- linistom chernozeme Har'kovskoj oblasti. Avtoreferat kandidatskoj dissertacii [The influence of the density of the sowing layer of soil on its physical properties, plant growth and crop yield of field crops on the powerful heavy argillaceous of the Kharkiv region. Abstract for Dissertatin for Degree of Candidate of Technical Sciences]. Har'kov. 1968. 21 p.
9. Bahtin P.U. Problemy obrabotki pochvy [Soil treatment problems]. Moscow: Znanie Publ., 1969. 62 p.
 10. Morozov I.V., Morozov V.I. Obosnovanie modeli formirovaniya pochvennogo posevnogo sloya dlya semyan Naukovi praci PF NUBiP Ukraïni «KATU» seriya tekhnichni nauki vipusk 162, Simferopol': 2014, pp. 59–64.
 11. Syromyatnikov YU.N. Indicators of the quality of work of the soil-cultivating loosening-separating machine. Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2018. Vol. 12. No 3, pp. 38–44 (in Russ.).
 12. Medvedev V.V. Pochvenno-ekologicheskie usloviya vozdelivaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Soil and environmental conditions for the cultivation of crops]. Kiev: Urozhaj Publ., 1991. 173 p.
 13. Medvedev V.V. Struktura pochvy (metody, genesis, klassifikaciya, ehvolyuciya geografiya, monitoring, ohrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution of geography, monitoring, protection)]. Har'kov: Izd. 13 tipografiya Publ.. 2008. 406 p.
 14. Syromyatnikov YU.N. The results of field studies of rotary tillage loosening and separating machine with experimental working bodies. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No 5(163), pp. 184–193 (in Russ.).
 15. Siromyatnikov YU. M. Improvement of working bodies for trimming and raising of soil by a spray-separating machine. Inzheneriya prirodokoristuvannya. 2017. No. 2(8), pp. 74–77 (in Russ.).
 16. Syromyatnikov YU.N. Substantiation of a leech profile with guiding discs of a soil cultivating cutting-separating machine. Sel'skoe hozyajstvo. 2017. No 2, pp. 18–29 (in Russ.).
 17. Syromyatnikov YU.N. Improving the efficiency of the technological process of movement of the soil on the plowshare of a soil-cultivating loosening and separating machine. Sel'skoe hozyajstvo. 2017. No 1, pp. 48–55 (in Russ.).
 18. Syromyatnikov YU.N. Justification of the shape of the arm of the minimum traction resistance. Sil's'kogospodars'ki mashini. 2018. No 39, pp. 117–132 (in Russ.).
 19. Syromyatnikov YU.N. Improvement of the working bodies of the rotor of the loosening and separating soil-cultivating machine ensuring the minimum energy consumption for its work. Inzheneriya prirodokoristuvannya. 2018. No 1(9), pp. 91–95 (in Russ.).
 20. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N., Hramov N.S. The physical essence of the process of interaction with the soil of the working body with a flexible element. Sel'skoe hozyajstvo. 2017. No 3, pp. 33–42 (in Russ.).
 21. Nanka A.V., Syromyatnikov YU.N. The effect of the rotor speed of the tillage machine on the quality indicators of its work. Agrotekhnika i ehnergoobespechenie. 2018. No 2 (19), pp. 101–116 (in Russ.).