

вания процессов обработки почвы: дис. ... докт. техн. наук. – Харьков, 2005. – 335 с.

12. Калиниченко В.И., Дорофеева В.И., Шкребец С.М. Введение в метод конечных элементов [спец. курс]. – Харьков: ХГУ, 1993. – 40 с.

References

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N. Pochvoobrabatyvayushchaya pristavka k zernovoy seyalkе v tekhnologiyakh «No till» // *Aekonomika: ekonomika i selskoe khozyaystvo*. – 2018. – № 3 (27). – S. 6.

2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N., Khranov N.S. Fizicheskaya sushchnost protsessа vzaimodeystviya s pochvoy rabocheго organа s gibkim elementom // *Selskoe khozyaystvo*. – 2017. – № 3. – S. 33-42. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.3.24563.

3. Syromyatnikov Yu.N. Issledovanie protsessа raboty eksperimentalnogo kultivatora dlya sploshnoy obrabotki pochvy // *Aekonomika: ekonomika i selskoe khozyaystvo*. – 2018. – № 4 (28). – S. 4.

4. Nanka A.V., Syromyatnikov Yu.N. Vliyanie chastoty vrashcheniya rotora pochvoobrabatyvayushchey mashiny na kachestvennyye pokazateli ee raboty. // *Agrotekhnika i energoobespechenie*. – 2018. – № 2 (19). – S. 101-116.

5. Syromyatnikov Yu.N. Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessа dvizheniya pochvy po lemekhu pochvoobrabatyvayushchey rykhlytelno-separiruyushchey mashiny. // *Selskoe khozyaystvo*. –

2017. – № 1. – S. 48-55. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.1.22037.

6. Syromyatnikov Yu.N. Obosnovanie formy naralnika minimalnogo tyagovogo soprotivleniya // *Silskogospodarski mashini*. – 2018. – № 39. – S. 117-132.

7. Syromyatnikov Yu.N. Rezultaty polevykh issledovaniy rotnoy pochvoobrabatyvayushchey rykhlytelno-separiruyushchey mashiny s eksperimentalnymi rabochimi organami // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2018. – № 5 (163). – S. 184-193.

8. Vinogradov V.I., Leontev Yu.S. Vzaimodeystvie rotatsionnykh rabochnik organov s pochvoy // *Traktory i selkhoz mashiny*. – 1968. – № 9. – S. 29-30.

9. Starodinskiy D.Z. Puti snizheniya energoemkosti raboty pochvennykh frez // *Traktory i selkhoz mashiny*. – 1967. – № 4. – S. 8-12.

10. Pashchenko V.F., Kim V.V., Batulin A.A. Teoreticheskie issledovaniya tekhnologicheskogo protsessа pochvoobrabatyvayushchey mashiny // *Inzheneriya prirodokoristuvannya*. – 2015. – № 1. – S. 79-83. – Rezhim dostupa: http://nbuv.gov.ua/UJRN/lprk_2015_1_16.

11. Pashchenko V.F. Mekhaniko-tekhnologicheskie sredstva ekologo-ekonomicheskogo usovershenstvovaniya protsessov obrabotki pochvy: dis. ... d-ra tekhn. nauk – Kharkov, 2005. – 335 s.

12. Kalinichenko V.I., Dorofeeva V.I., Shkrebet S.M. Vvedenie v metod konechnykh elementov [spets. kurs]. – Kharkov: KhGU, 1993. – 40 s.



УДК 631.31

Н.С. Храмов
N.S. Khranov

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБКОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

QUALITATIVE INDICES OF THE OPERATION OF EXPERIMENTAL TILLAGE IMPLEMENT WITH A FLEXIBLE WORKING BODY

Ключевые слова: гибкий рабочий орган, коэффициент структурности, комбинированная машина, качество обработки, зависимость, скорость движения, глубина обработки.

Keywords: flexible working body, structural coefficient, combined machine, tillage quality, dependence, speed, tillage depth.

Предметом исследования являются показатели качества работы экспериментальной почвообрабатывающей роторной рыхлительно-сепарирующей установки с использованием гибкого рабочего органа в виде троса. В полевых условиях экспериментально определено, что применение гибкого рабочего органа способствует подрезанию пласта почвы, ее крошению в зависимости от состояния и разновидности. При изменении скорости движения установки в нижнем слое почвы наблюдаются незначительные средние изменения коэффициента структурности почвы по сравнению с контролем. Рост скорости движения экспериментальной установки влечет за собой уменьшение коэффициента структурности в верхнем и нижнем слоях. При скорости движения установки 1,73 м/с разница коэффициентов структурности в верхнем и нижнем слоях составляла 5,2%, а при использовании установки с гибким рабочим элементом в виде троса разница – 23,4%. При скорости 3,55 м/с коэффициент структурности почвы при использовании установки без гибкого рабочего элемента в верхнем и нижнем слое был одинаковым – 0,70, с применением гибкого рабочего элемента в виде троса разница в коэффициенте структурности между верхним и нижним слоем составила 12%. Разница в коэффициенте структурности при глубине обработки 0,03 м – 0,8, при 0,07 м – 0,4, при глубине 0,10 м коэффициент структурности при использовании установки с гибким рабочим органом в виде троса снижается и составляет 0,9, в контрольном варианте – 1,6. Снижение коэффициента структурности с увеличением глубины при работе машины с гибким элементом можно объяснить тем, что при глубине обработки 0,03 м происходит выравнивание поверхности поля, что способствует увеличению коэффициента структурности. Доказано, что наличие гибкого рабочего органа в виде троса в экспериментальной машине обеспечивает более рациональное перераспределение агрономически ценных комочков почвы по глубине обрабатываемого слоя. Актуальность состоит в том, что применение на почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машине гибкого рабочего органа в

виде троса позволяет за один проход агрегата обеспечить высокое качество обработки почвы.

The research area is the operation indices of the experimental tillage rotary ripping-separating implement using a flexible working body in the form of a cable. Under field conditions, it has been experimentally determined that the use of a flexible working body promotes the cutting of the soil layer and its crumbling depending on soil state and type. When the speed of the implement changes, in the lower soil layer, slight mean changes in the coefficient of soil texture are observed in comparison with the control. The increase in the speed of the implement causes a decrease in the structural coefficient in the upper and lower layers. At the speed of 1.73 m s, the difference in the structural coefficients in the upper and lower layers was 5.2%; when the implement was used with a flexible cable-shaped working part, the difference was 23.4%. At a speed of 3.55 m s, the coefficient of soil structure with the implement without a flexible working part in the upper and lower layers was the same and made 0.70; with the use of a flexible cable-shaped working part, the difference in the structural ratio between the upper and lower layers was 12%. The difference in the structural coefficient with tillage depth of 0.03 m was 0.8. With tillage depth of 0.07 m – 0.4, with the depth of 0.10 m – the structural coefficient when using the implement with a flexible working part in the form of a cable was reduced and was 0.9; in the control variant – 1.6. The decrease in the structural ratio with increasing depth during the operation of the implement with a flexible element may be explained by the fact that at the tillage depth of 0.03, the surface of the field is leveled which contributes to an increase in the structural coefficient. It has been proved that the presence of a flexible working part in the form of a cable in the experimental implement provides a more rational redistribution of agronomically valuable soil clumps along the depth of the layer being tilled. The actuality is that the use of a flexible working part in the form of a cable in a tillage ripping-separating machine enables to achieve high quality of tillage for one pass of the implement.

Храмов Никита Сергеевич, аспирант, Институт овощеводства и бахчеводства НААН Украины, Харьковская обл., Украина. E-mail: khramov88@ukr.net.

Khramov Nikita Sergeyevich, post-graduate student, Institute of Vegetable and Melon Growing, Kharkov Region, Ukraine. E-mail: khramov88@ukr.net.

Введение

Поверхностная обработка почвы проводится с целью крошения пласта ее верхнего слоя, измельчения пожнивных остатков, уничтожения сорных растений и выравнивания поверхности поля. Механический состав почвы определяется количественным соотношением в ней четырех основных фракций: песчаной (размер частиц 2,00-0,05 мм); пылеватой (размер частиц менее 0,002 мм); с размером частиц от 2 до 25 мм представляет собой крупнозернистую супесь, а фракция с размером частиц более 25 мм – комки [1].

При незначительной засоренности поля сорняками, хорошем состоянии почвы не для всех культур необходимо применять традиционные системы обработки, которые включают в себя лущение стерни, вспашку, предпосевную обработку. Эти методы можно заменить на обработку почвы с одновременным посевом [2]. Такая комбинированная обработка производится быстрее с наименьшими энергетическими затратами и экономией времени [3, 4].

Сразу после обработки черноземные почвы в максимально взрыхленном состоянии характеризуются высокой водопроницаемостью (среднее за

6 ч наблюдений 120-142 мм/ч); в состоянии равновесной плотности водопроницаемость снижается более чем в 2 раза (50-62 мм/ч). На целинных участках водопроницаемость относительно стабильна (65-93 мм/ч) [5].

Структурная почва хорошо усваивает влагу прошедшего интенсивного ливня без образования водной эрозии. Почва, которая имеет эти показатели, способна экономно расходовать влагу, минимализируя непродуктивные испарения почвенной влаги, формируя транспирацию растений за счет размещения влаги в внутриагрегатных порах [6, 7].

Ученые, исследуя пахотный слой, показали, что если водоустойчивых комочков размером более 0,25 мм находится не менее 40-45%, то показатели плотности, твердости, общей пористости и пористости аэрации находятся в оптимальных пределах. В черноземах пахотный слой таких комочков содержит 55-60%.

Перенасыщение состава почвы большими комочками и глыбами приводит к увеличению степени аэрации, а перенасыщение пылью способствует ветровой эрозии. И то, и другое ведет к иссушению почвы и потере гумуса.

Изучением влияния на урожайность сельскохозяйственных культур соотношения структурных частиц и допустимых норм их содержания занимались В.Р. Вильямс, П.А. Некрасов, П.А. Пигуевский и др. [8-11]. В последующих опытах, проведенные В.В. Медведевым, был установлен наиболее благоприятный механический состав почвы, который обеспечивает растения питательными веществами и влагой. При этом комочков почвы размером 5-20 мм должно находиться приблизительно 20-25%, агрономически ценных комочков размером 0,25-5,0 мм – 60-65% и не больше 15% комочков – меньше 0,25 мм [12].

При таком соотношении структурных частиц растения эффективно используют влагу и элементы питания. Кроме этого было установлено, что максимальный эффект урожайности сельскохозяйственных культур был получен при приблизительно равных размерах семян и частиц почвы семенного слоя, а верхний слой почвы толщиной до 4 см должен иметь более крупные частицы почвы размером от 5 до 20 мм [12].

На развитие растений в вегетационный период влияет плотность сложения поверхностного слоя почвы, которая отклоняется от оптимальных пределов в засушливые годы на 0,08 г/см³ в сторону увеличения и во влажные годы – примерно на

0,05 г/см³ в сторону уменьшения. Поэтому для поддержания оптимальной плотности почвы в поверхностном слое целесообразно проводить уплотнение или рыхление [12].

Исследования многих ученых доказывают, что если в пахотном слое почвы 40-45% агрономически ценных комочков, то его плотность, твердость и пористость находятся в оптимальных пределах.

Опираясь на результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что наиболее благоприятные условия для растений создаются при дифференциации обрабатываемого слоя почвы по структурному составу. При этом в поверхностном слое почвы должны преобладать комочки размером от 5 до 20 мм, а в зоне заделки семян – от 0,25 до 10 мм [13, 14].

В 20-е годы прошлого столетия в условиях засухи 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 [15]. 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 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 испытаний проволочного рабочего органа, 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.

Постановка проблемы

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. Схема предполагаемого воздействия гибкого элемента на почву представлена на рисунке 1.

Визуальные наблюдения за процессом работы гибкого элемента показали [16], 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.

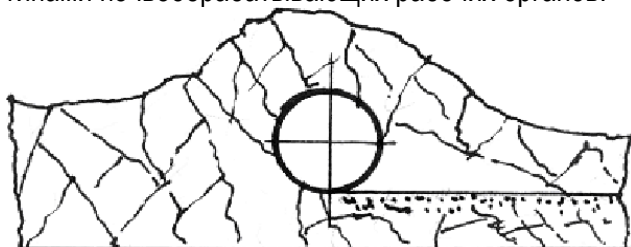


Рис. 1. Схема предполагаемого воздействия гибкого элемента на почву

Кроме того, из анализа схемы воздействия на почву гибкого элемента с круглой формой поперечного сечения видно, что он с одновременным рыхлением поверхностного слоя почвы обеспечивает уплотнение ее нижних слоев. Качество обработки почвы может быть улучшено за счет оборудования известных рыхлительно-сепарирующих рабочих органов устройством для дополнительного крошения пласта и усиления процесса сепарации ее структурных частиц и корневищ растений [17-21]. Последнее необходимо для извлечения из почвы корневищ корнеотпрысковых сорняков, что является одним из наиболее эффективных приемов борьбы с ними.

С учетом результатов проведенных исследований возникла необходимость в проведении экспериментов по определению качественных показателей работы роторной почвообрабатывающей машины для полосовой обработки почвы с при-

менением гибкого рабочего органа в виде троса диаметром 4 мм, при совмещении операций крошения почвы и фракционного её распределения по глубине обработки.

Цель работы – исследование в полевых условиях рабочего органа в виде троса на роторной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей установке, повышающего качество обработки почвы.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов в полевых условиях на базе роторного культиватора КПП-1 (рис. 2), который производит расслоение почвы путем сепарации комочков по глубине обработки [18], была изготовлена почвообрабатывающая полевая установка.



Рис. 2. Почвообрабатывающая полевая установка на базе роторного культиватора КПП-1

Установка агрегатировалась с сельскохозяйственным трактором общего назначения МТЗ-80 (рис. 3).

Установка для поверхностной обработки почвы 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.

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. Общий вид установки для поверхностной обработки почвы с тросом

При предпосевной подготовке почвы, в частности под посев овощных культур, 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 установки с применением гибкого рабочего органа в виде троса диаметром 4 мм участок с осени был вспахан, весной проведены раннее весеннее боронование и культивация стрельчатыми лапами на глубину 0,12 м. Эксперимент проводился при влажности почвы 23%, твердости 130 Н/м², глубине обработки 0,08 м и хода гибкого элемента 0,035 м.

В пределах каждого опыта было взято по три пробы почвы на расстоянии около 15 м одна от другой в зоне прохода рабочих органов. Каждую пробу брали из двух слоев обработанной почвы, которую разделяли по глубине на две равных части [22].

Коэффициент структурности почвы определялся в зависимости от поступательной скорости трактора на III и IV передачах трансмиссии исходя из скорости движения установки.

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 [22]. 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.

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

$$\Phi = \frac{m}{M} \cdot 100\%,$$

где m – масса фракции, кг;

M – масса поступившего на анализ образца, кг.

Коэффициент структурности почвы вычисляли по формуле

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

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 обработанной почвы провели шесть опытов при разных скоростях движения экспериментальной полевой установки и разной частоте вращения ротора комбинированной почвообрабатывающей машины, 444с⁻¹ – три повторности на режимах трансмиссии 1:1, 1:3, 2:1 трактора. Проведение экспериментальных исследований показано на рисунке 4.



Рис. 4. Проведение исследований экспериментальной полевой установки

Результаты и обсуждение

Эксперименты проводились в соответствии с принятой методикой определения параметров почвообрабатывающих машин на качественные показатели их работы [23, 24].

Значения коэффициента структурности по слоям в зависимости от скорости движения экспериментальной установки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента структурности почвы от скорости движения

Поступательная скорость, м/с	Номер повторности	Коэффициенты структурности почвы			
		контроль		с гибким рабочим органом	
		верхний слой	нижний слой	верхний слой	нижний слой
1,73	1	1,00	1,10	1,10	1,30
	2	1,00	1,25	1,10	1,38
	3	0,93	1,20	1,25	1,58
	Сред.	0,97	1,18	1,15	1,42
2,30	1	0,95	1,00	1,15	1,42
	2	0,80	1,10	1,00	1,25
	3	0,80	1,00	1,00	1,15
	Сред.	0,85	1,03	1,05	1,27
2,83	1	0,80	1,10	0,95	1,18
	2	0,73	0,98	1,00	1,10
	3	0,70	1,00	0,95	1,15
	Сред.	0,74	1,02	0,96	1,14
3,55	1	0,70	0,65	0,90	1,00
	2	0,65	0,72	0,75	1,00
	3	0,75	0,75	0,80	0,95
	Сред.	0,70	0,70	0,81	0,98

Проверка достоверности полученных данных с использованием критерия Фишера показала, что доля влияния гибкого рабочего органа в виде троса составляет 22,56%, скорости – 43,89%, коэффициента структурности – 20,70%, взаимодействия факторов – 1,31%. Проверка достоверности полученных данных с использованием критерия Фишера показала, что они достоверны с вероятностью 95%. Наименьшая существенная разница (НСР) составляет 0,125.

Зависимость коэффициента структурности почвы от скорости движения показана на рисунке 5.

Анализ данных показывает, что с увеличением поступательной скорости коэффициент структурности в верхнем и нижнем слоях снижается.

При скорости установки 1,73 м/с разница коэффициентов структурности верхнего и нижнего слоев составила 5,2%, при использовании установки с гибким рабочим элементом в виде троса – 23,4%.

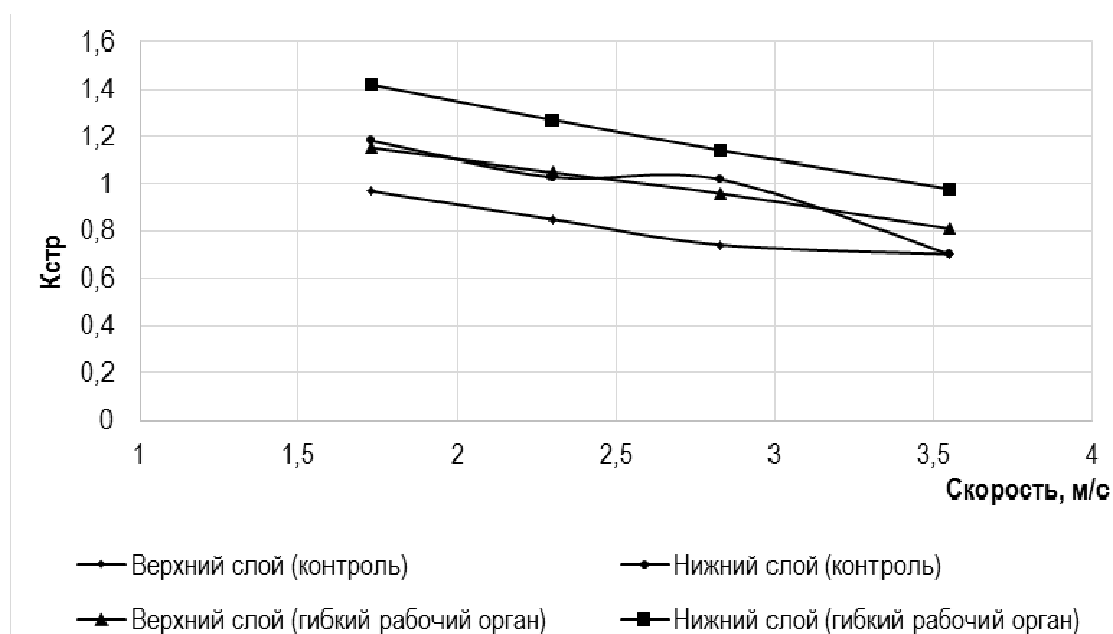


Рис. 5. Зависимость коэффициента структурности почвы от скорости движения

При скорости 3,55 м/с коэффициент структурности почвы при использовании установки без гибкого рабочего элемента в верхнем и нижнем слоях был одинаковым – 0,70, при использовании гибкого рабочего элемента в виде троса разница в коэффициенте структурности между верхним и нижним слоем равна 12%.

Результаты эксперимента по изучению влияния глубины обработки почвы на качество её крошения приведены в таблице 2. При использовании гибкого элемента в виде троса коэффициент структурности в слое 0,03 м составлял в среднем 2,7, в дальнейшем коэффициент снижается и в слое 0,10 м – в среднем 1,4. Это объясняется тем, что при использовании гибкого элемента поверхность поля выравнивается, что способствует увеличению коэффициента структурности в среднем на 12,9.

Использовался гибкий рабочий орган с толщиной 0,04 м.

Проверка достоверности полученных данных с использованием критерия Фишера показала, что доля влияния гибкого рабочего органа в виде тро-

са составляет 3,96%, глубины обработки – 42,74%, коэффициента структурности – 1,34%, взаимодействия факторов – 2,19%. Проверка достоверности полученных данных с использованием критерия Фишера показала, что они достоверны с вероятностью 95%. Наименьшая существенная разница (НСР) составляет 0,125.

На рисунке 6 показана зависимость коэффициента структурности почвы от глубины обработки.

Анализ данных показывает, что разница в коэффициенте структурности при глубине 0,03 м обработки составляет 0,8, при глубине обработки 0,07 м – 0,4. При глубине 0,10 м коэффициент структурности при использовании установки с гибким рабочим органом в виде троса снижается и составляет 0,9, в контрольном варианте – 1,6. Снижение коэффициента структурности с увеличением глубины при работе машины с гибким элементом можно объяснить тем, что при глубине обработки 0,03 происходит выравнивание поверхности поля, что способствует увеличению коэффициенту структурности.

Таблица 2

Зависимость коэффициента структурности почвы от глубины обработки

Глубина обработки, м	Слои почвы, м	Номер пробы	Полученные коэффициенты структурности		К % к контролю
			контроль	с использованием гибкого рабочего органа	
0,03	0-0,015	1	1,0	2,3	
		2	1,8	2,2	
		3	2,0	2,7	
		Среднее	1,6	2,4	150,0
	0,015-0,03	1	2,0	2,7	
		2	2,2	3,0	
		3	2,4	3,3	
		Среднее	2,2	3,0	136,4
0,07	0-0,035	1	2,4	2,3	
		2	2,7	2,9	
		3	2,8	3,0	
		Среднее	2,6	3,1	119,2
	0,035-0,07	1	2,5	2,2	
		2	2,1	2,9	
		3	1,8	2,2	
		Среднее	2,1	2,4	114,2
0,10	0-0,05	1	1,9	2,0	
		2	1,6	1,9	
		3	2,1	1,8	
		Среднее	1,9	1,9	100,0
	0,05-0,10	1	1,7	1,0	
		2	1,4	1,0	
		3	1,6	0,9	
		Среднее	1,6	0,9	56,2

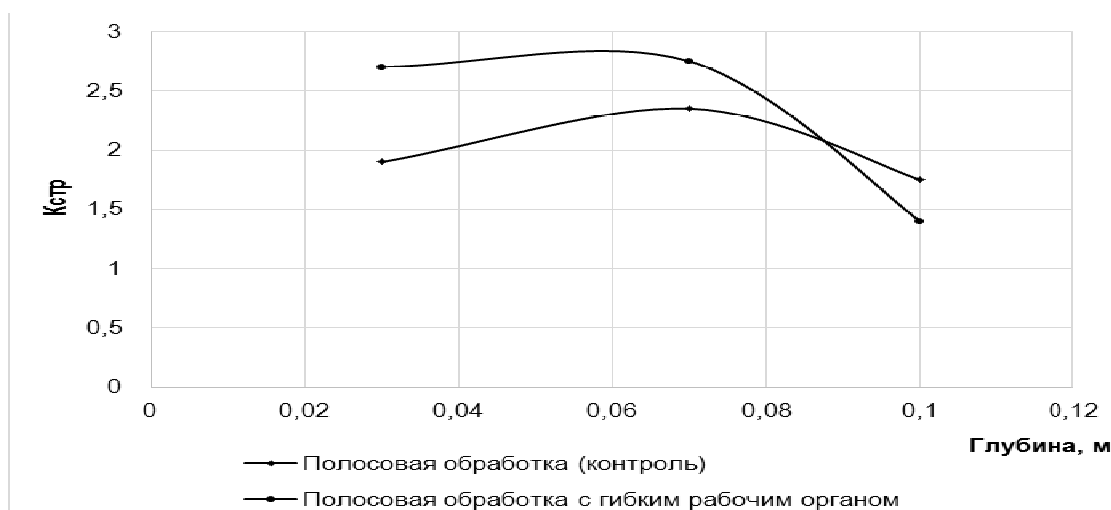


Рис. 6. Зависимость коэффициента структурности почвы от глубины обработки

Вывод

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 сравнении коэффициентов структурности почвы в нижнем слое при работе машины без гибкого элемента в виде троса и с ним разница между коэффициентами структурности составляет от 1,2 до 2 раз. Сравнение качества работы машины без гибкого элемента в виде троса и с ним свидетельствует о преимуществе использования машины по второму варианту.

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

Библиографический список

1. Качинский Н.А. Структура почвы. – М.: МГУ, 1963. – 100 с.
2. Круть В.М., Пабат И.А., Рашко Н.Н. Влаго-сберегающие приемы обработки почвы и ухода за черным паром // Земледелие. – 1987. – № 10. – С. 40-42.
3. Пащенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н. Почво-обрабатывающая приставка к зерновой сеялке в технологиях «No-till» // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2018. – № 3 (27). – С. 6.
4. Сыромятников Ю.Н. Повышение устойчивости движения секции комбинированной машины для подготовки почвы и посева // Вестник Алтай-

ского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 177-186.

5. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. – Киев: Феникс, 2008. – 266 с.

6. Дояренко Л.Г. Избранные сочинения. – М.: Изд-во с.-х. литературы журналов и плакатов, 1963. – 496 с.

7. Буров Д.Н. Влияние количественного содержания пылеватых элементов в пахотном слое на условия плодородия черноземных почв За-волжья // Почвоведение. – 1954. – № 12. – С. 11-19.

8. Новиков Ю.Ф. Основы теории и механико-технологические исследования процесса вспашки: автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Ростов н/Д, 1970. – 54 с.

9. Пабат И.А. Грунтозахисна система землеробства. – Киев: Урожай, 1992. – 158 с.

10. Пигулевский М.Х. Пути и методы изучения физико-механических свойств почвы в целях правильного конструктивного оформления и рациональной эксплуатации средств механизации почвообработки // Физика почв в СССР. – М.: Сельхозгиз, 1936. – С. 209-233.

11. Пигулевский М.Х. Результаты воздействия на почву сохи, плуга и фрезы. – М.: Сельхозгиз, 1930. – 46 с.

12. Медведев В.В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. – Киев: Урожай, 1991. – 173 с.

13. Сыромятников Ю.Н. Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. – № 3. – С. 38-44. – DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-38-44.

14. Нанка А.В., Сыромятников Ю.Н. Влияние частоты вращения ротора почвообрабатывающей машины на качественные показатели её работы // Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – № 2 (19). – С. 101-116.

15. Сошальский П.Н. Проволочный пароочиститель. – Полтава, 1926. – С. 15.

16. Пащенко 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. – DOI: 10.7256/2453-8809.2017.3.24563.

17. Сыромятников Ю.М. Вдосконалення робочих органів для підрізання та підйому ґрунтурозрихлювально-сепаруючою машиною // Інженерія природокористування. – 2017. – № 2 (8). – С. 74-77.

18. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля лемеха с направляющими дисками почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 18-29. – DOI: 10.7256/2453-8809.2017.2.23150.

19. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 48-55. – DOI: 10.7256/2453-8809.2017.1.22037.

20. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления // Сільськогосподарські машини. – 2018. – № 39. – С. 117-132.

21. 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.

22. 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.

23. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – Изд. второе перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

24. ОСТ-70.215-73. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Союзсельхозтехника, 1977.

References

1. Kachinskiy N.A. *Struktura pochvy*. – M.: MGU, 1963. – 100 s.

2. Krut V.M., Pabat I.A., Rashko N.N. *Vlagoberegayushchie priemy obrabotki pochvy i ukhoda za chernym parom* // *Zemledelie*. – 1987. – № 10. – S. 40-42.

3. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N. *Pochvoobrabatyvayushchaya pristavka k zernovoy seyalkе v tekhnologiyakh «No-till»* // *Aekonomika: ekonomika i selskoe khozyaystvo* – 2018. – № 3 (27). – S. 6.

4. Syromyatnikov Yu.N. *Povyshenie ustoychivosti dvizheniya seksii kombinirovannoy mashiny dlya podgotovki pochvy i poseva*. // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2018. – № 4 (162). – S. 177-186.

5. Panov I.M., Vetokhin V.I. *Fizicheskie osnovy mekhaniki pochv*. – Kiev: Feniks, 2008. – 266 s.: ill.

6. Doyarenko L.G. *Izbrannye sochineniya*. – M.: Izd. s.-kh. literatury zhurnalov i plakatov, 1963. – 496 s.

7. Burov D.N. *Vliyanie kolichestvennogo soderzhaniya pylevatykh elementov v pakhotnom sloe na usloviya plodorodiya chernozemnykh pochv Zavolzhya* // *Pochvovedenie*. – 1954. – № 12. – S. 11-19.

8. Novikov Yu.F. *Osnovy teorii i mekhaniko-tekhnologicheskie issledovaniya protsessa vspashki: avtoref. dis ... d-ra tekhn. nauk*. – Rostov-na-Donu, 1970. – 54 s.

9. Pabat I.A. *Gruntozakhisna sistema zemlerobstva*. – Kiev: Urozhay, 1992. – 158 s.

10. Pigulevskiy M.Kh. *Puti i metody izucheniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv pochvy v tselyakh pravilnogo konstruktivnogo oformleniya i ratsionalnoy ekspluatatsii sredstv mekhanizatsii pochvoobrabotki* // *Fizika pochv v SSSR*. – M.: Selkhozgiz, 1936. – S. 209-233.

11. Pigulevskiy M.Kh. *Rezultaty vozdeystviya na pochvu sokhi, pluga i frezy*. – M.: Selkhozgiz, 1930. – 46 s.

12. Medvedev V.V. *Pochvenno-ekologicheskie usloviya vzdelyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur*. – Kiev: Urozhay, 1991. – 173 s.

13. Syromyatnikov Yu.N. *Pokazateli kachestva raboty pochvoobrabatyvayushchey rykhlytelno-separiruyushchey mashiny* // *Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. – 2018. – Т. 12. – № 3. – S. 38-44. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-38-44.

14. Nanka A.V., Syromyatnikov Yu.N. *Vliyanie chastoty vrashcheniya rotora pochvoobra-*

batyvayushchey mashiny na kachestvennye pokazateli ee raboty // Agrotehnika i energoobespechenie. – 2018. – № 2 (19). – S. 101-116.

15. Soshalskiy P.N. Provolochnyy paroochistitel. – Poltava, 1926. – S. 15.

16. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N., Khramov N.S. Fizicheskaya sushchnost protsessa vzaimodeystviya s pochvoy rabocheho organa s gibkim elementom // Selskoe khozyaystvo. – 2017. – №. 3. – S. 33-42. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.3.24563.

17. Siromyatnikov Yu.M. Vdoskonalennyya robochikh organiv dlya pidrizannya ta pidyomu grunturozrikhlyvalno-separuyuchoyu mashinoyu // Inzheneriya prirodokoristuvannya. – 2017. – №. 2 (8). – S. 74-77.

18. Syromyatnikov Yu.N. Obosnovanie profilya lemekha s napravlyayushchimi diskami pochvoobrabatyvayushchey rykhlitelno-separiruyushchey mashiny // Selskoe khozyaystvo. – 2017. – № 2. – S. 18-29. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.2.23150.

19. Syromyatnikov Yu.N. Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa dvizheniya pochvy po lemekhu pochvoobrabatyvayushchey rykhlitelno-separiruyushchey mashiny // Selskoe

khozyaystvo. – 2017. – № 1. – S. 48-55. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.1.22037.

20. Syromyatnikov Yu.N. Obosnovanie formy naralnika minimalnogo tyagovogo soprotivleniya // Silskogospodarski mashini. – 2018. – № 39. – S. 117-132.

21. Syromyatnikov Yu.N. Sovershenstvovanie robochikh organov rotora rykhlitelno-separiruyushchey pochvoobrabatyvayushchey mashiny obespechivayushchikh minimalnye zatraty energii na ego rabotu // Inzheneriya prirodokoristuvannya. – 2018. – № 1 (9). – S. 91-95.

22. Syromyatnikov Yu.N. Rezultaty polevykh issledovaniy rotnoy pochvoobrabatyvayushchey rykhlitelno-separiruyushchey mashiny s eksperimentalnymi robochimi organami // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 5 (163). – S. 184-193.

23. Adler Yu.P., Markova Ye.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy. – Izd. vtoroe pererab. i dop. – M.: Nauka, 1976. – 280 s.

24. OST-70.215-73. Ispytanie selskokhozyaystvennoy tekhniki. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy. – M.: Soyuzselkhoztehnika, 1977.



УДК 621.365.5

А.А. Багаев, С.О. Бобровский
A.A. Bagayev, S.O. Bobrovskiy

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА НА ВЕЛИЧИНУ ТОКА В ИНДУКТОРЕ ТВЧ УСТАНОВКИ

THE INFLUENCE OF SURFACE EFFECT ON THE CURRENT MAGNITUDE IN THE INDUCTOR OF HIGH FREQUENCY CURRENT INSTALLATION

Ключевые слова: ТВЧ установка, индукционный нагрев, ток в индукторе, поверхностный эффект.

Keywords: high frequency current (HFC) installation, induction heating, inductor current, surface effect.