

Нанка О.В.,

Сиром'ятников Ю.М.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка,
м. Харків, Україна,
E-mail: gara176@meta.ua

ВПЛИВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ГРУНТООБРОБНОЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ

УДК 631.31

Нанка О.В., Сиром'ятников Ю.М. «Вплив частоти обертання ротора ґрунтообробної експериментальної установки на показники якості»

Об'єктом дослідження є оброблюємий експериментальною розрихлювально-сепаруючою установкою шар ґрунту. Предметом дослідження є показники якості обробки ґрунту.

Вчені, досліджуючи орний шар, довели, що якщо водостійких грудочок розміром більше 0,25 мм знаходиться не менше 40–45%, то показники щільності, твердості, загальної пористості і пористості аерації знаходяться в оптимальних межах. У чорноземах орний шар таких грудочок містить 55–60%. При такому співвідношенні структурних частинок рослини ефективно використовують вологу і елементи живлення. Крім цього, було встановлено, що максимальний ефект врожайності сільськогосподарських культур було отримано при приблизно рівних розмірах насіння і частинок ґрунту насінневого шару, а верхній шар ґрунту, товщиною до 4 см, повинен мати більші частки ґрунту розміром від 5 до 20 мм. У польових умовах експериментально визначено вплив частоти обертання ротора розрихлювально-сепаруючого пристрою установки на фізико-механічний стан ґрунту після обробки при постійному значенні його кінематичного параметра, швидкості руху агрегату, і глибини обробки. Якісні показники оцінювалися коефіцієнтом структурності ґрунту нижнього і верхнього шарів. Перший шар глибиною 0–0,5 см глибини обробки (поверхневий шар), другий – від 0,5 см глибини обробки до дна борозни (нижній шар). Вхідна інформація для обґрунтування дослідження отримана шляхом аналізу літературних джерел. Визначено, що з ростом частоти обертання ротора коефіцієнт структурності ґрунту збільшується, а динаміка зміни коефіцієнта структурності ґрунту при лінійній зміні частоти обертання ротора експериментальної установки носить однаковий характер. Актуальність полягає в тому, що застосування активного робочого органу (ротора) дозволяє за один прохід агрегату забезпечити високу якість обробки ґрунту, визначення показників якості в залежності від частоти обертання ротора дозволить поліпшити якість кришення шару ґрунту з одночасним зниженням енергетичних витрат.

Ключові слова: ротор, структура, шар, склад, будова, установка, поверхня, обробка, якість, ґрунт.

Нанка А.В., Сыром'ятников Ю. «Влияние частоты вращения ротора почвообрабатывающей экспериментальной установки на показатели качества»

Объектом исследования является обрабатываемый экспериментальной рыхлительно-сепарирующей установкой слой почвы. Предметом исследования являются показатели качества обработки почвы.

Ученые, исследуя пахотный слой, доказали, что если водостойких 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%. При таком соотношении структурных частиц растения эффективно используют влагу и элементы питания. Кроме этого, было установлено, что максимальный эффект урожайности сельскохозяйственных культур было получено при примерно равных размерах семян и частиц почвы семенного слоя, а верхний слой почвы толщиной до 4 см, должен иметь большие частицы ґрунта размером от 5 до 20 мм. В полевых условиях экспериментально определено влияние частоты вращения ротора рыхлительно-сепарирующего устройства установки на физико-механическое состояние почвы после обработки при постоянном значении его кинематической параметра, скорости движения агрегата, и глубины обработки. Качественные показатели оценивались коэффициентом структурности почвы нижнего и верхнего слоев. Первый слой глубиной 0-0,5 см глубины обработки (поверхностный слой), второй - от 0,5 см глубины обработки до дна борозды (нижний слой). Входная информация для обоснования исследования получена путем анализа литературных источников. Определено, что с ростом частоты вращения ротора коэффициент структурности почвы увеличивается, а динамика изменения коэффициента структурности почвы при линейном изменении частоты вращения ротора экспериментальной установки носит одинаковый характер. Актуальность заключается в том, что применение активного рабочего органа (ротора) позволяет за один проход агрегата обеспечить высокое качество обработки почвы, определение показателей качества в зависимости от частоты вращения ротора позволит улучшить качество измельчения слоя почвы с одновременным снижением энергетических затрат.

Ключевые слова: ротор, структура, слой, состав, строение, установка, поверхность, обработка, качество, грунт.

Nanka A.V., Syromyatnikov Yu.N. «The influence of the rotation frequency of the rotor of a tillage machine on the quality its operation»

The subject of the study are the qualitative indicators of the work of the cultivating rotary-separating machine. In the field conditions, the influence of the rotation frequency of the rotor of the tillage ripping-separating machine on the physical and mechanical properties of the soil after its treatment at a constant value of its kinematic parameter, the speed of movement of the aggregate, and the depth of processing was determined experimentally.

Investigating the arachnoid layer, scientists have shown that if water-resistant lumps larger than 0.25 mm are at least 40-45%, then the density, hardness, total porosity and porosity of aeration are within optimal limits. In chernozems, an arable layer of such a lump contains 55-60%. With such a correlation of structural particles of plants, moisture and nutrients are effectively used. In addition, it was found that the maximum effect of crop yields was obtained at roughly equal amounts of seeds and seeds of the soil of the seed layer, and the upper layer of soil, up to 4 cm thick, should have larger particles of soil in the size from 5 to 20 mm. The qualitative performance of the machine was evaluated by the coefficient of soil structure of the lower and upper layers. The first layer is 0-0.5 cm deep (the surface layer), the second layer is at a depth of 0.5 cm from the depth of the treatment to the bottom of the furrow (bottom layer). The object of the study is a layer of soil processed by the soil cultivating ripping-separating machine. As a result of processing, its stratification takes place. The initial information for the study substantiation was obtained by analyzing the literature sources. It is determined that with the growth rate of the rotor the coefficient of soil structure increases, and the dynamics of the soil texture coefficient change with a linear change in the rotor speed of the experimental machine is the same. The actuality is that the use of an active working organ (rotor) on the combined machine allows for a high quality of soil treatment in one pass of the unit, and the interaction of active-passive working organs allows improving the quality of crumbling of the soil layer.

Keywords: rotor, one passage, structure, layer, composition, structure, machine, surface, processing, quality, soil

Актуальність проблеми

Технологічні операції обробітку ґрунту при механічному впливі на нього спрямовані на створення сприятливих умов для накопичення і збереження вологи, посіву, зростання і розвитку рослин [1].

Завданням передпосівної обробки ґрунту є розпушування верхнього шару на глибину загортання насіння, що забезпечує дрібно-грудкувату будову посівного шару, вирівнювання поверхні поля, ущільнення ложа на глибині посіву насіння, закладення внесених добрив, контроль бур'янів і збереження вологи в оброблюваному шарі ґрунту. Обробка ґрунту також спрямована на створення сприятливих умов для роботи сільськогосподарських машин на посіві, при догляді за посівами і збиранні врожаю.

Відома ґрунтообробна розрихлювальне-сепаруюча машина для оптимізації фізико-механічних властивостей оброблюваного шару ґрунту [2, 3, 4].

Працює машина наступним чином. Плоскоріжуча лапа (леміш), підрізає пласт ґрунту і подає його на сепаруючу решітку. Ножі ротора захоплюють ґрунт, переміщують його по сепаруючій решітці з одночасним кришінням. Дрібні грудочки ґрунту проходять через зазори сепаруючої решітки, великі – ножами ротора переміщуються в верхні шари ґрунту. В результаті сепарації оброблюваного шару ґрунту відбувається диференціація його по структурному складу.

Застосування активного робочого органу (ротора) дозволяє за один прохід агрегату забезпечити високу якість обробки ґрунту. А взаємодія активно-пасивних робочих органів дозволяє поліпшити якість кришення шару ґрунту з одночасним зниженням енергетичних витрат. Активні робочі органи кришать пласт ґрунту, переміщують його по сепаруючій решітці, перерозподіляючи за структурою, тим самим забезпечують в зоні загортання насіння дрібно-грудкувату структуру (рис. 1).

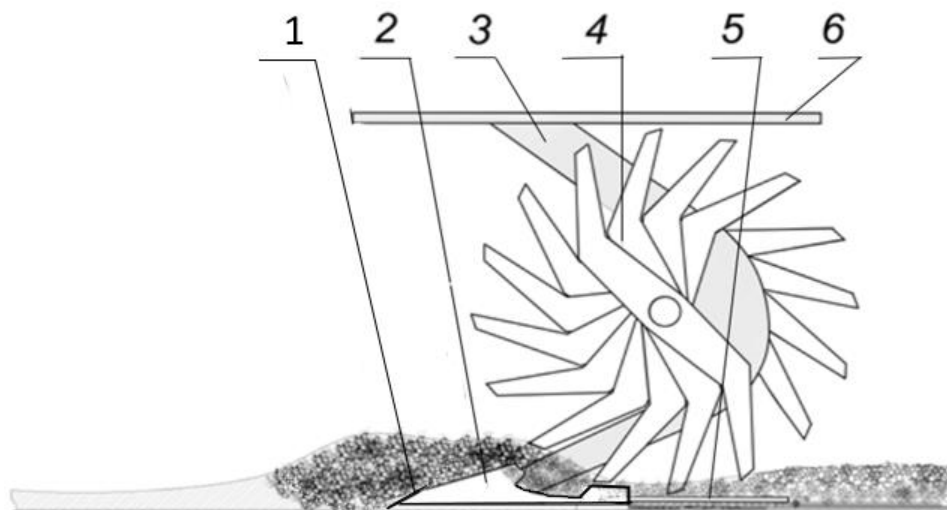


Рис.1. Принципова схема машини: 1 – наральник; 2 – леміш з загнутими кінцями крил; 3 – стійка; 4 – робочий орган ротора; 5 – сепаруюча решітка; 6 – рама

Дія ножів ротора на поданий до сепаруючої решітки пласт ґрунту неоднозначно впливає на вихід агрономічне цінних агрегатів (порівняно з найгіршими показниками кришіння). До певної міри для оптимізації кришіння досить навіть мінімальної частоти обертання ротора. Визначення показників якості в залежності від частоти обертання ротора дозволить поліпшити якість кришіння шару ґрунту з одночасним зниженням енергетичних витрат.

Аналіз останніх досліджень

Строки і вибір відповідної технології обробки залежать не тільки від культури, а й від складу ґрунту. У Лісостепу України, наприклад, переважають чорноземні ґрунти середнього і важко-суглинистого складу, які можуть накопичувати велику кількість вологи, але багато її втрачають при випаровуванні [5, 6].

На думку Н.А. Качинського, структура ґрунту в агрономічному відношенні вважається найціннішою, якщо вона представлена механічно міцними, водостійкими і пористими грудочками розміром від 0,25 до 10 мм [7].

Вчені, досліджуючи орний шар, довели, що якщо водостійких грудочок розміром більше 0,25 мм знаходиться не менше 40–45%, то показники щільності, твердості, загальної пористості і пористості аерації знаходяться в оптимальних межах. У чорноземах орний шар таких грудочок містить 55–60% [8]. При такому співвідношенні структурних частинок рослини ефективно використовують вологу і елементи живлення. Крім цього, було встановлено, що максимальний ефект врожайності сільськогосподарських культур було отримано при приблизно рівних розмірах насіння і частинок ґрунту насінневого шару, а верхній шар ґрунту, товщиною до 4 см, повинен мати більші частки ґрунту розміром від 5 до 20 мм [9, 10, 11, 12].

Дослідження багатьох вчених доводять, що якщо в орному шарі ґрунту 40–45% агрономічне цінних грудочок, то його щільність, твердість і пористість знаходяться в оптимальних межах.

У зоні лісостепу України переважають важкі суглинні чорноземи, які здатні накопичувати велику кількість вологи. У складі таких ґрунтів знаходиться 55–65% агрономічне цінних грудочок.

У лісостеповій зоні України в період вирощування сільськогосподарських культур спостерігається значна нерівномірність випадання атмосферних опадів. У

період посушливого сезону щільність ґрунту стає вище, ґрунт тріскається і утворюються брили значних розмірів, що вимагає додаткової обробки ґрунту, спрямованої на його подрібнення. У такий період мінімальне випаровування вологи може бути забезпечено при достатньому кришеним ґрунту, коли поверхневий його шар складається з частинок розміром 0,5–5 мм [13]. Але частки такого розміру можуть легко видувати вітрами, що призводить до ерозії ґрунту. Тому слід враховувати, що для забезпечення стійкості ґрунту до ерозії поверхневий шар повинен мати грудочок діаметром більше 1 мм понад 50% [14, 15].

В умовах вологого року в орному шарі ґрунту знаходиться максимальна кількість агрономічне цінних грудочок. Однак внаслідок дії атмосферних опадів, поверхневий шар також втрачає більші грудочки. В цей період виникає необхідність в механічній сепарації ґрунту, спрямованої на структурний перерозподіл часток по її верствам [10].

Вивченням впливу на врожайність сільськогосподарських культур співвідношення структурних частинок і допустимих норм їх утримання займалися В.Р. Вільямс, П.А. Некрасов, П.А. Пігуевській та ін. В наступних дослідках, які проводив В.В. Медведєв, було встановлено найбільш сприятливий механічний склад ґрунту, який забезпечує рослини поживними речовинами і вологою. При цьому грудочок ґрунту розміром 5–20 мм має перебувати приблизно 20–25%, агрономічне цінних грудочок розміром 0,25–5,0 мм - 60–65% і не більше 15% грудочок менше 0,25 мм [10].

Формулювання мети дослідження

Визначити якісні показники роботи ґрунтообробної установки в залежності від частоти обертання ротора при постійному значенні його кінематичного параметра, швидкості руху агрегату на двох рівнях глибини обробки.

Викладення основного матеріалу

Із літературних джерел відомо, що витрати енергії на привід ротора будуть мінімальними при найменших значеннях його радіусу та кутової швидкості обертання, які допускаються поступальною швидкістю руху машини та агротехнічними вимогами.

У нашій ґрунтообробній установці дрібно-грудкова будова ґрунту у зоні загорання насіння забезпечується шляхом перерозподілу його частинок за глибиною посівного шару, що виключає необхідність інтенсивно кришити ґрунт.

Ніж ротора у момент входу у ґрунт не повинен перешкоджати руху його по сепаруючій решітці (рис. 2).

Для цього повинна дотримуватися умова:

$$V'_0 \geq V_{II}, \quad (1)$$

де V'_0 – проекція обводової швидкості руху ножа ротора на поверхню рухомої сепаруючої решітки, м/с;

V_{II} – швидкість руху ґрунту щодо сепаруючої решітки, м/с.

Виходячи з умови безперервності руху ґрунту по сепаруючій решітці, можна записати

$$V_{II} = \frac{V_M}{\cos \psi_P} \quad (2)$$

При цьому:

$$V'_0 = V_o \cdot \cos(\alpha_{ex} + \psi_P),$$

де V_o – обвідна швидкість руху ножа ротора, м/с;

ψ_p – кут нахилу сепаруючої решітки;
 $\alpha_{вх}$ – кут входу ножа ротора у ґрунт;
 V_M – поступальна швидкість ґрунтообробної машини.

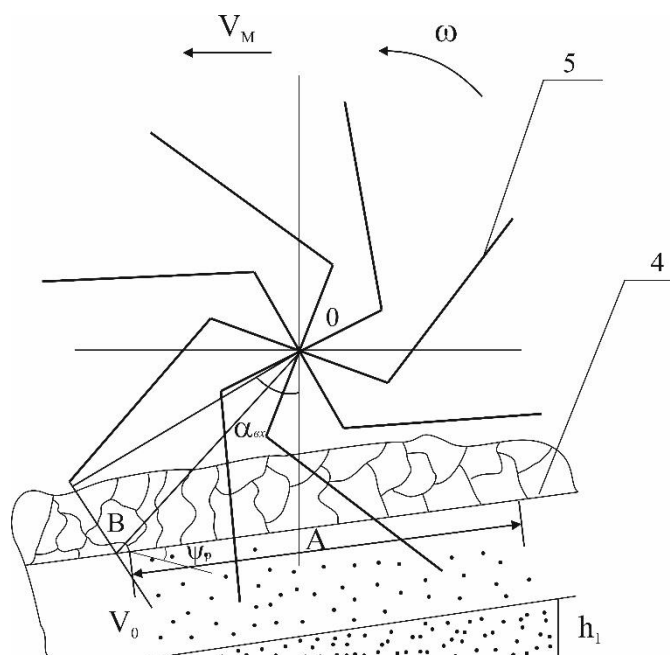


Рис.2. Схема для визначення параметрів розрихлювально-сепаруючих робочих органів

Для проведення експериментів у польових умовах було виготовлено установку, яка проводить розшарування ґрунту шляхом сепарації грудок за глибиною обробки [20]. Установка агрегувалась з сільськогосподарським трактором загального призначення Т-150К-08 (рис. 3). Вона являє собою жорстку раму з навісним пристроєм. По обидва боки рами розташовані металеві опорні колеса з механізмами регуляції глибини обробки ґрунту. У задній частині рами знаходиться ротор, що складається із чотирьох частин. Опорами ротора служать підшипникові опори на краях рами та редуктора у її центрі.



Рис.3. Загальний вигляд експериментальної польової роторної розрихлювально-сепаруючої установки

Привід ротора здійснюється від вала відбору потужності трактора, який налаштовується на частоту обертання 540 об/хв. При цьому частота обертання ротора змінюється за допомогою двоступеневого редуктора та регулюванням частоти обертання колінчатого вала двигуна в межах від 1000 до 2100 об/хв. Крутильний момент від вала відбору потужності до ротора розрихлювально-сепаруючого пристрою передається через запобіжну фрикційну муфту (рис. 4) та конічний-циліндровий двоступеневий редуктор (рис. 5). Передатне відношення редуктора може встановлюватись 4:1 або 5:1.

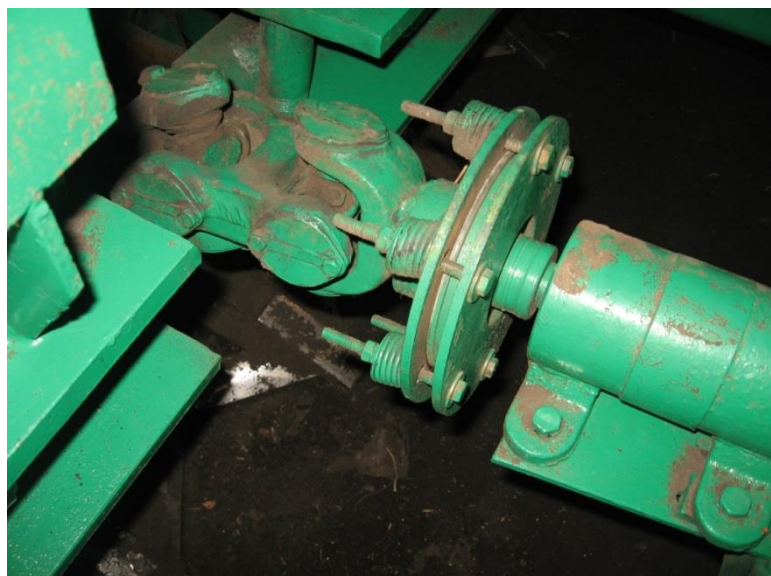


Рис.4. Запобіжна фрикційна муфта



Рис.5. Конічно-циліндровий двоступеневий редуктор

Ротор являє собою трубу, на яку приварено ножі-сепаратори з кроком у 50 мм (рис. 6). У передній частині рами розташовані підрізаюче-підйомні робочі органи. Вони являють собою плоскоріжучу стріласту лапу з кутом кришіння 15° з загнутими кінцями крил, які використалися на сівалці прямої сівби. Зазначені крила приварено до кронштейну з наральником. Кронштейн надітий на чизельну стійку та зафіксований на

ній одним гвинтом для запобігання спадання робочого органу. До крила плоскоріжучої стрілочастої лапи приварено пруті сепаруючої решітки з таким кроком, щоб ножі-сепаратори ротора входили між прутами сепаруючої решітки.



Рис.6. Ротор експериментальної ґрунтообробної машини

Фізико-механічні властивості ґрунту при проведенні експериментів визначалися відповідно до ОСТ 70.2.15-73, вологість ґрунту – методом термічного сушіння у п'ятикратній повторності. Зразки ґрунту масою 0,03–0,04 кг вкладалися у алюмінієві стаканчики, зважувалися та сушилися у шафі при температурі 105°C протягом восьми годин. Після сушіння зразки ґрунту знову зважувалися і вологість ґрунту визначалася за формулою

$$W_a = \frac{m_g - m_c}{m_c} \cdot 100\% , \quad (3)$$

де m_g m_c – відповідно маса вологого та сухого ґрунту, кг.

Твердість ґрунту визначалася за допомогою твердоміра ВІСХОМа у п'ятикратній повторності, щільність – у трикратній повторності методом ріжучого кільця, за Н.А. Качинським [7].

Для визначення структурно-агрегатного складу ґрунту використовувався метод просіювання його на ситах з круглими отворами. При цьому проба бралася у трикратній повторності масою не менше 2,5 кг, доводилася до повітряно-сухого стану і просіювалася через сита шляхом їх похитування. Розподілений на ситах ґрунт зважувався та обчислювалася відносна маса кожної фракції за формулою

$$\Phi = \frac{m}{M} \cdot 100\% , \quad (4)$$

де m – маса фракції, кг;

M – маса надійшовшого на аналіз зразка, кг.

Коефіцієнт структурності ґрунту обчислювали за формулою

$$K_{cmp} = \frac{K_{10-0,25}}{K_{>10} + K_{<0,25}} , \quad (5)$$

де $K_{10-0,25}$ – відсоток вмісту агрономічно цінних фракцій ґрунту у пробі;

$K_{>10}$, $K_{<0,25}$ – відсоток вмісту фракцій ґрунту у пробі, відповідно більше 0,25 мм і менше 10 мм.

Якісні показники роботи ґрунтообробної установки вивчалися в залежності від частоти обертання ротора при постійному значенні його кінематичного параметра, швидкості руху агрегату на двох рівнях частоти обертання ротора та глибини обробки. Якісні показники роботи машини оцінювалися коефіцієнтом структурності ґрунту на глибині обробки нижнього та верхнього шарів.

Для експерименту ми вибрали ділянку поля, не оброблену після збору зернових культур, відносно рівну, зі слідами зернозбирального комбайна по поверхні ґрунту. Валок соломи, утворений комбайном, був незначних розмірів, а стерня, залишена після проходу комбайна, мала висоту близько 15 см. Для вирівнювання умов в експерименті розбивали ділянки вздовж руху комбайна між слідами колії.

Щоб визначити сепаруючу здатність експериментальної польової установки, проби ґрунту брали на двох рівнях по глибині обробки ґрунту. Для цього шар обробленого ґрунту після проходу експериментальної установки був розділений на два горизонти за глибиною. Перший горизонт глибиною 0–0,5 см глибини обробки (поверхневий шар), другий – на глибині від 0,5 глибини обробки до дна борозни (нижній шар). Проби ґрунту брали в одному місці одна за одною по прошкам: знімали спочатку верхній шар, потім нижній.

Умовою для визначення впливу зміни частоти обертання ротора експериментальної установки на показники якості обробки ґрунту було збереження постійного значення кінематичного параметра експериментальної польової установки при постійній глибині обробки ґрунту та при зміні частоти обертання ротора.

Для забезпечення постійного значення кінематичного параметра пропорційно змінювали величини частоти обертання ротора експериментальної установки та її лінійної швидкості. Для цього в умовах незалежного приводу вала відбору потужності трактора Т-150К-09 був проведений експеримент на фіксованій передачі трансмісії трактора зі зміною при цьому частоти обертання колінчастого вала двигуна. Були обрані фіксовані значення частоти обертання колінчастого вала двигуна трактора, рівномірно розподілені по діапазону частоти обертання від холостого ходу до номінальної частоти обертання. У відповідності до значення цих величин перераховані значення кутової швидкості ротора експериментальної польової установки та її лінійної швидкості. Після цього були визначені значення кінематичного параметра для кожного конкретного випадку. Результати розрахунків наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Значення кінематичного параметра при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна трактора

| Частота обертання колінвала $n_{об}$, c^{-1} | Частота обертання ротора n , c^{-1} | Відповідні швидкості, м/с | | Кінематичний параметр $\frac{V_0}{V_M} = \lambda_K$ |
|---|---|---|------------------------------------|---|
| | | окружна швидкість обертання ротора, V_0 | лінійна швидкість установки, V_M | |
| 16,7 | 1,58 | 3,60 | 0,440 | 8,18 |
| 21,7 | 2,07 | 4,70 | 0,573 | 8,20 |
| 26,7 | 2,53 | 5,77 | 0,705 | 8,18 |
| 31,7 | 3,02 | 6,87 | 0,830 | 8,28 |

Із таблиці видно, що кінематичні параметри ротора експериментальної установки залишаються практично незмінними у всьому діапазоні частоти його обертання. Незначні коливання кінцевого результату пов'язані з неточностями при розрахунках та впливом таких сторонніх чинників при виконанні дослідів, як пробуксовка коліс трактора та ін.

Критерієм оцінки впливу частоти обертання ротора експериментальної установки на якісні показники обробітку ґрунту був коефіцієнт структурності. Для визначення коефіцієнтів структурності було проведено чотири повторності експерименту при різних частотах обертання ротора: 1,58; 2,07; 2,53; 3,00 c^{-1} . При цьому поступальна швидкість руху підбиралася таким чином, щоб кінематичний параметр роботи ротора був близьким до постійної величини. У межах кожної повторності було взято по три проби ґрунту в зоні робочих органів. Проби ґрунту бралися у двох шарах обробленого ґрунту, що поділявся за глибиною на дві рівні частини.

Після складання таблиць та обробки даних підраховані середні значення коефіцієнтів структурності ґрунту, які наведені у табл. 2. Результати експерименту підтверджують висунуту раніше на підставі досліджень гіпотезу про недоцільність підвищення частоти обертання ротора для поліпшення якості кришення ґрунту. Результати експерименту достовірні з імовірністю 95%, найменша суттєва різниця не перевищує 0,102.

Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора

| Частота обертання ротора n, c^{-1} | Номер повторності | Коефіцієнти структурності | |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------------|------------|
| | | Верхній шар | Нижній шар |
| 1,58 | 1 | 0,70 | 1,00 |
| | 2 | 0,60 | 1,10 |
| | 3 | 0,70 | 1,13 |
| | Серед. | 0,67 | 1,08 |
| 2,07 | 1 | 0,60 | 1,30 |
| | 2 | | 1,30 |
| | 3 | 0,70 | 1,30 |
| | Серед. | 0,65 | 1,30 |
| 2,53 | 1 | 0,80 | 1,10 |
| | 2 | 0,60 | 1,26 |
| | 3 | 0,80 | 1,10 |
| | Серед. | 0,73 | 1,15 |
| 3,00 | 1 | 0,90 | 1,17 |
| | 2 | | 1,50 |
| | 3 | 0,70 | 1,17 |
| | Серед. | 0,80 | 1,28 |

За отриманими результатами дослідів були побудовані графіки (рис. 7, 8) впливу частоти обертання ротора експериментальної установки на коефіцієнт структурності ґрунту.

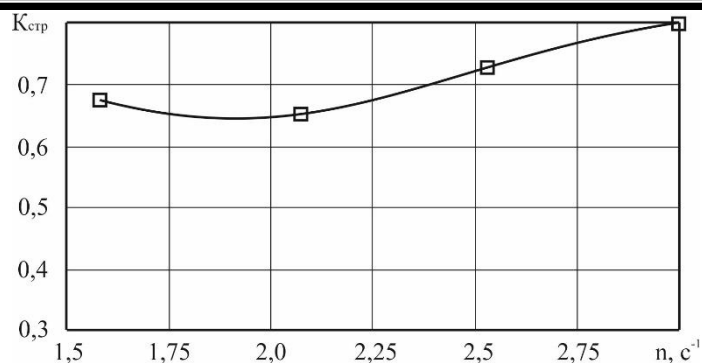


Рис.7. Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора у верхньому шарі

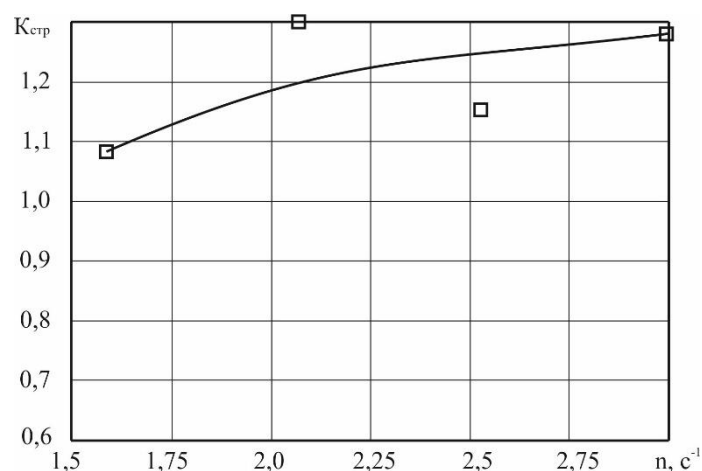


Рис.8. Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора у нижньому шарі

Висновки

Збільшення частоти обертання ротора експериментальної установки сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту, а динаміка зміни коефіцієнтів структурності ґрунту за шарами при зміні частоти обертання ротора експериментальної установки носить однаковий характер. Отже, результати експерименту вказують на недоцільність підвищення частоти обертання ротора для поліпшення якості кришіння ґрунту.

Список використаних джерел

1. Мельник В.И. Эволюция систем земледелия – взгляд в будущее // Земледелие. 2015. №1. С. 8-12.
2. 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
3. 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.

4. Сыромятников Ю.Н. Совершенствование рабочих органов ротора рыхлительно-сепарирующей почвообрабатывающей машины обеспечивающих минимальные затраты энергии на его работу. // Инженерія природокористування. – 2018. – №. 1 (9). – С. 91-95.
5. Моисеев К. Г. Определение удельной поверхности почв на основе величины гигроскопической влажности //Почвоведение. – 2008. – №. 7. – С. 845-849.
6. Медведев В. В. Агро-и экофизика почв //Харьков: ООО «Полосатая типография. – 2015.
7. Качинский Н.А. Структура почвы / Н.А. Качинский. – М.: МГУ, 1963. – 100 с.
8. Кузнецов Н. Г. Сохранение плодородия почвы при воздействии на нее ходовых систем тракторов и рабочих органов машин //Вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. – №. 7-12.
9. Пащенко В.Ф. Предпосевная обработка почвы и выравнивание поверхности поля / В.Ф. Пащенко, П.И. Слободюк, К.И. Баглай // Информ. листок № 112–90 / ХЦНТИ.
10. Медведев В.В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев. – К.: Урожай, 1991. – 173 с.
11. Титовская А. И. Изменение структурного состояния почвы в зависимости от систем обработки // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №. 7.
12. Навольнева Е. В., Соловиченко В. Д., Ступаков А. Г. Изменение структуры почвы и её биологических свойств под влиянием агроприёмов // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Материалы XIX Международной научно-производственной конференции (Белгород, 24–26 мая 2015 г.). Том 1. Белгород: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2015.–243 с. – 2015. – С. 27.
13. Лазарев А. П., Митриковский А. Я. Структурное состояние и плотность чернозёма обыкновенного в зависимости от способов основной обработки и предшественников // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №. 4. – С. 545-545.
14. Глухих М. А. Влага черноземов Зауралья и пути ее эффективного использования. – Directmedia, 2015.
15. Зайцева А. А. Борьба с ветровой эрозией почв // М.: Колос. – 1970. – С. 138.
16. Гильштейн П. М., Стародинский Д. З., Циммерман М. З. Почвообрабатывающие машины и агрегаты // М.: Машиностроение. – 1969.
17. Лімонт А. С. Зусилля, що діють на робочі органи, та споживана потужність машин з активним приводом // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2006. – №. 2 (37). – С. 9-15.
18. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1968. – 375 с.
19. Безруков А. В. и др. Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – Т. 110. – С. 100.
20. 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.

References

1. Melnik V.I. Evolyuciya sistem zemledeliya – vzglyad v budushee // Zemledelie. 2015. №1. S. 8-12.
2. Syromyatnikov Yu.N. Pokazateli kachestva raboty pochvoobrabatyvayushej ryhlitelno-separiruyushej mashiny // Selskohozyajstvennye mashiny i tehnologii. 2018. T. 12. N3. S. 38-44. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-38-44
3. Syromyatnikov Yu.N. Povyshenie effektivnosti tehnologicheskogo processa dvizheniya pochvy po lemehu pochvoobrabatyvayushej ryhlitelno-separiruyushej mashiny. // Selskoe hozyajstvo. – 2017. – № 1. – S.48–55. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.1.22037.
4. Syromyatnikov Yu.N. Sovershenstvovanie rabochih organov rotora ryhlitelno-separiruyushej pochvoobrabatyvayushej mashiny obespechivayushih minimalnye zatraty energii na ego rabotu. // Inzheneriya prirodokoristuvannya. – 2018. – №. 1 (9). – S. 91-95.
5. Moiseev K. G. Opredelenie udelnoj poverhnosti pochv na osnove velichiny gigroskopicheskoy vlazhnosti // Pochvovedenie. – 2008. – №. 7. – S. 845-849.
6. Medvedev V. V. Agro-i ekofizika pochv // Harkov: OOO «Polosataya tipografiya. – 2015.
7. Kachinskij N.A. Struktura pochvy / N.A. Kachinskij. – M.: MGU, 1963. – 100 s.
8. Kuznecov N. G. Sohranenie plodorodiya pochvy pri vozdejstvii na nee hodovyh sistem traktorov i rabochih organov mashin // Vestnik selskohozyajstvennoj nauki. – 1978. – №. 7-12.
9. Pashenko V.F. Predposevnaya obrabotka pochvy i vyravnivanie poverhnosti polya / V.F. Pashenko, P.I. Slobodyuk, K.I. Baglaj // Inform. listok № 112–90 / HCNTI.
10. Medvedev V.V. Pochvenno-ekologicheskie usloviya vzdelyvaniya selskohozyajstvennyh kultur / V.V. Medvedev. – K.: Urozhaj, 1991. – 173 s.
11. Titovskaya A. I. Izmenenie strukturnogo sostoyaniya pochvy v zavisimosti ot sistem obrabotki // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskohozyajstvennoj akademii. – 2014. – №. 7.
12. Navolneva E. V., Solovichenko V. D., Stupakov A. G. Izmenenie struktury pochvy i eyo biologicheskikh svojstv pod vliyaniem agropriyomov // Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya agrotehnologij: Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii (Belgorod, 24–26 maya 2015 g.). Tom 1. Belgorod: FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2015.–243 s. – 2015. – S. 27.
13. Lazarev A. P., Mitrikovskij A. Ya. Strukturnoe sostoyanie i plotnost chernozyoma obyknovennogo v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki i pedshestvennikov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – №. 4. – S. 545-545.
14. Gluhih M. A. Vlaga chernozemov Zauralya i puti ee effektivnogo ispolzovaniya. – Directmedia, 2015.
15. Zajceva A. A. Borba s vetrovoj eroziej pochv // M.: Kolos. – 1970. – S. 138.
16. Gilshtejn P. M., Starodinskij D. Z., Cimmerman M. Z. Pochvoobrabatyvayushie mashiny i agregaty // M.: Mashinostroenie. – 1969.
17. Limont A. S. Zusillya, sho diyut na robochi organi, ta spozhivana potuzhnist mashin z aktivnim privodom // Visnik Zhitomirskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seriya: Tehnichni nauki. – 2006. – №. 2 (37). – S. 9-15.
18. Zelenin A.N. Osnovy razrusheniya gruntov mehanicheskimi sposobami. 2-e izd. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 375 s.
19. Bezrukov A. V. i dr. Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya samohodnoj malogabaritnoj pochvoobrabatyvayushej frezy // Trudy GOSNITI. – 2012. – T. 110. – S. 100.

20. Syromyatnikov Yu.N. Rezultaty polevyh issledovanij rotnoj pochvoobrabatyvayushej ryhlitelno-separiruyushej mashiny s eksperimentalnymi rabochimi organami. // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 5 (163). – S.184–193.