

## СТВОРЕННЯ МАШИНИ З ПІДВИЩЕНОЮ РІВНОМІРНІСТЮ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

*Науменко Микола Миколайович д.т.н., професор*  
*Пономаренко Наталія Олександрівна к.т.н., доцент*  
*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*  
*Яропуд Віталій Миколайович к.т.н., асистент*  
*Вінницький національний аграрний університет*  
*Яременко Сергій Сергійович інженер*  
*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет*

*Naumenko N.*  
*Ponomarenko N.*  
*Dnipropetrovsk State Agrarian University of Economics*  
*Yaropud V.*  
*Vinnitsa National Agrarian University*  
*Yaremenko S.*  
*Dnipropetrovsk State Agrarian University of Economics*

**Анотація:** запропоновано роторний робочий орган, конструкційні особливості якого дозволяють покращити рівномірність розсіювання мінеральних добрив. Виведені достатньо прості для інженерного застосування математичні вирази, що дають можливість обґрунтувати параметри конструкції дискового розсіювача добрив, що пропонується, а також розраховувати абсолютну швидкість вильоту гранул з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату робочого органу. Розроблено робочий орган відцентрового типу для машин, що вносять мінеральні добрива, який забезпечить рівномірність внесення до 90%.

**Ключові слова:** мінеральні добрива, розкидач відцентрового типу, лопати, відцентровий робочий орган, диск, рівномірне розміщення гранул.

### **Постановка проблеми**

Мінеральні добрива та хімічні меліоранти, що застосовуються в нашій країні і передових країнах світу, переважно вносять за технологією основного удобрення ґрунту суцільним способом по його поверхні. Аналогічно проводять і підживлення окремих сільськогосподарських культур [2-4].

За останні 15 років ситуація з використанням мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві країн СНГ погіршилась. Однією з причин такої зміни є висока вартість мінеральних добрив та машин для їх внесення. Не меншу роль відіграє і висока вартість паливо-мастильних матеріалів, оскільки питомі витрати палива і матеріальних ресурсів дуже високі.

Світовий і вітчизняний досвід свідчить, що за оптимальних умов частка добрив у формуванні приросту валових зборів продукції становить близько 50 %. Використання добрив дає змогу активно регулювати забезпечення рослин поживними речовинами і програмувати умови одержання запланованого врожаю.

У процесі планування потреби в добривах сільськогосподарські підприємства застосовують розроблені науково-дослідними установами зональні, диференційовані за типами ґрунтів нормативи (норми внесення гною, азотних, фосфорних і калійних добрив на 1 га посівів для одержання врожаю в певних інтервалах, норми витрат добрив на одиницю продукції для культур, норми виносу азоту, фосфору і калію з урожаєм сільськогосподарських культур). Ці норми мають задовольняти потребу рослин у поживних речовинах, високу окупність використання добрив, забезпечити виробництво доброякісної продукції, розширене відтворення родючості ґрунту, запобігати шкідливій дії добрив на довкілля і якість продукції.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Порушення раціональної структури мінеральних добрив має негативні як економічні, так і екологічні наслідки. Вступає в дію закон Лібіха, згідно з яким рослини використовують наявні фактори на рівні того, що є в мінімумі. Тобто азотні добрива за такої структури застосовуються вочевидь неефективно. Крім того, систематичне перевищення внесення азотних добрив над іншими шкідливо впливає на якість продукції, стан довкілля через нагромадження нітратів у продукції, забруднення ґрунтових вод і відкритих водойм нітратами і нітритами, а атмосфери - оксидами азоту.

Основними недоліками відцентрових машин для внесення мінеральних добрив є:

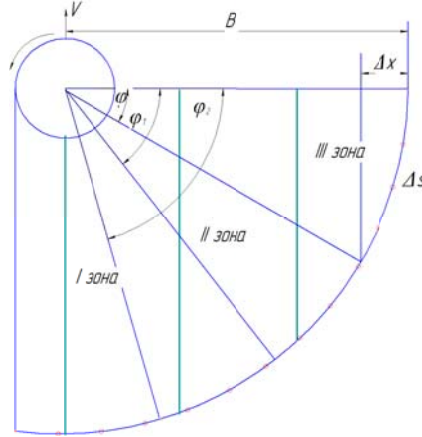


- висока нерівномірність розподілу за шириною захвату;
- перерозподіл по фракціях в межах ширини захвату;
- не стабільність ширини захвату.

Зрозуміло, що якість розкидання вітчизняними машинами треба підвищити, але це вимагає суттєвих витрат. Тому, при удосконаленні технічного рівня машин треба орієнтуватись на економічно обґрунтовані межі. Все це вказує на необхідність подальших досліджень технологічного процесу внесення добрив.

### Основна частина

Одна із суттєвих причин нерівномірності розсіву пояснюється схемою представленою на рисунку 1.



**Рис. 1. Схема до аналізу нерівномірності розсіву добрива по ширині захвату за рівномірного обертання диска**

Якщо припустити, що всі гранули при розвантажуванні диска закидаються на одну і ту ж саму відстань  $B$  від центра за умови, що агрегат не рухається, то за рівномірного розміщення гранул на колу радіуса  $B$  під час руху стає очевидним ущільнене засівання по краю ширини захвату.

На підставі прийнятого припущення можна стверджувати, що кількість гранул, яка припадає на ділянку  $\Delta x$  по ширині захвату, пропорційна довжині відповідної дуги  $\Delta s$  (рис.1.). Це дає можливість характеризувати інтенсивність засівання площі, що обробляється, співвідношенням  $\Delta s/\Delta x$ . Як видно на рис. 2.



**Рис. 2. Ілюстрація до нерівномірності розподілення**

Найбільш інтенсивно засівається зона, ширина якої визначається третиною від половини ширини захвату і відповідає значенню кута  $\varphi_1 = 0,841$  рад ( $48,19^\circ$ ). Якщо розбити половину площі захвату на три рівновеликі ділянки (рис.1.), то, як показують розрахунки, на третю зону припадає 53,56 % об'єму добрив, на другу, що визначається кутами  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  ( $\varphi_2 = 70,53^\circ$ ) – 24,82 % від об'єму добрив, і на першу – 21,64 % від об'єму половини ширини захвату.

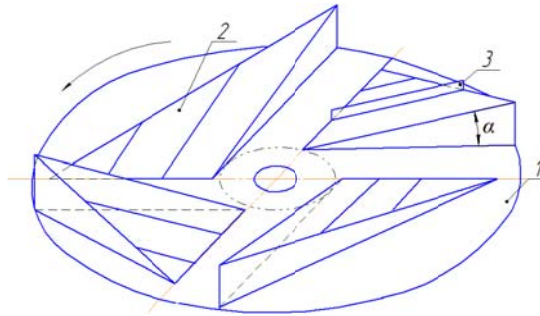
Очевидно, що реальна схема розподілення буде відрізнятися від розглянутого ідеалізованого варіанта, проте загальна картина ущільненого розсіву ширини захвату на краях полоси спостерігається і в реальних умовах.

Конструкція диска, що пропонується для вирішення проблеми (рис. 3), передбачає можливість додаткового одночасного розсіву зон II і I до досягнення середньої щільності, яка



реалізується в зоні III (рис.1).

Диск 1 оснащений чотирма лопатями 2, нахиленими до горизонтальної поверхні диска під деяким кутом  $\alpha$ ; на робочій поверхні кожної лопаті закріплені по три вертикальні напрямні ребра 3, поздовжні осі яких перпендикулярні до лінії перетину лопаті і площини диска. Добрива подаються в центр диска і під дією відцентрових сил надходять на лопаті. На кожній лопаті потік добрив розділяється на три незалежні потоки, які при сходженні з поверхні лопаті матимуть різні швидкості, причому на найдовшому ребрі тукам надається найбільша відносна, а отже, найбільша абсолютна швидкість сходу; найменша швидкість буде розвиватися на короткому ребрі.



**Рис. 3. Конструктивна схема розкидача мінеральних добрив:  
1 – диск; 2 – лопаті; 3 – напрямне ребро**

Враховуючи те, що і кути сходження з кожного ребра будуть різними, можна стверджувати, що окремі потоки туків будуть рознесені у просторі і перехрещення траєкторій не відбудеться. Кут нахилу кожної лопаті  $\alpha$  підбирається за умови забезпечення максимальної дальності польоту туків. Положення другого за довжиною ребра і його довжина підбираються в такий спосіб, щоб дальність польоту туків, що злітають з нього, становила  $2/3B$  (від половини ширини захвату). Друге ребро призначене для додаткового засівання II і I зон. Очевидно, що середня щільність засівання II зони (рис. 1) буде забезпечуватися такою ж, як і зона III в тому випадку, коли з другого ребра в цю зону додатково потрапляють 28,74 % від об'єму добрив, що розкидається довгим ребром. Отже, якщо об'єм добрив на першому ребрі прийняти за 100 % і схема розподілення другим ребром така сама, як і для першого, то об'єм добрив, що розподіляється першим ребром 28,74 %, для другого ребра становитиме 53,56% від об'єму, що ним розкидається.

Якщо 28,74 % добрив, що розсіюються довгим ребром, складають 53,56 % від об'єму, що повинен потрапляти на середнє ребро, то повний обсяг цього об'єму «х» можна визначити з пропорції  $28,74 / 53,56 = x / 100$ . Звідки  $x = (28,74 \cdot 100) / 53,56 = 53,66$ .

Це означає, що на середнє ребро необхідно забезпечувати подачу добрив за об'ємом приблизно вдвічі меншим, ніж на ребро довге. При виконанні цієї умови середня щільність засівання буде однаковою за шириною полоси, яка визначиться як сума ширини зони III ( $B/3$ ), середня щільність якої забезпечується довгим ребром, і ширини аналогічної зони для середнього ребра ( $1/3(2/3B) = 2/9B$ ), на якій середня щільність забезпечується довгим і середнім ребрами, тобто ця сумарна ширина дорівнюватиме

$$1/3B + 2/9B = 5/9B.$$

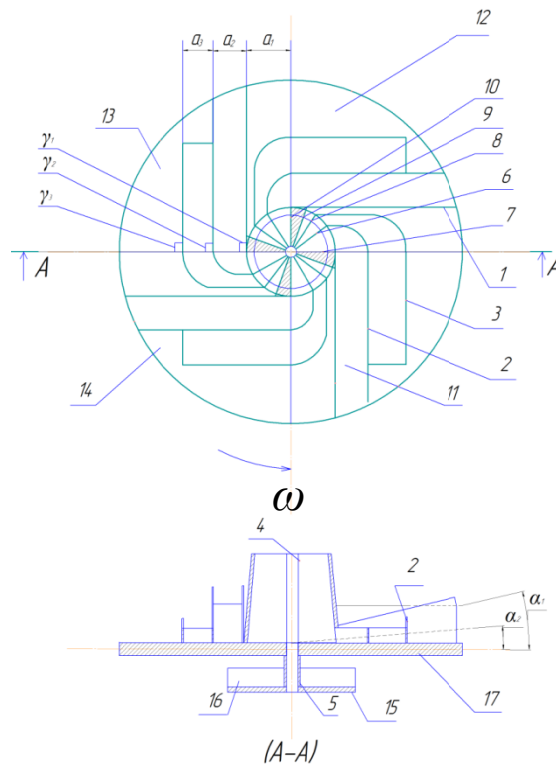
Відзначимо, що на зону, яка залишилася (шириною  $4/9B$ ) від довгого ребра припало приблизно 22 % об'єму, який воно забезпечило, а від другого – ще 22 % від 53,56 %, тобто 11,32 %, що в сумі дає 32,32 %. Тоді в зону, що залишилася, необхідно висіяти ще  $53,56 - 32,32 = 11,24$  % від об'єму добрив, який припадає на перше довге ребро. Таким чином, на коротке ребро необхідно забезпечувати подачу добрив за об'ємом, що становить 11,24 % від об'єму, що припадає на ребро довге. Положення короткого ребра і його довжина підбирається так, щоб дальність польоту туків, що злітають з нього, дорівнювала  $1/3B$ .

Виведені достатньо прості для інженерного застосування математичні вирази, що дають можливість обґрунтувати параметри конструкції дискового розсіювача добрив, що пропонується, а також розраховувати абсолютну швидкість вильоту гранул з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату робочого органа [1, 2, 5-8].

Передбачено спеціальний пристрій, що забезпечує окреме живлення кожного з трьох вилітаючих з диска потоків гранул. Аналіз можливих варіантів конструкції відцентрового робочого органа для внесення мінеральних добрив дозволив прийняти конструкцію розкидача, яка передбачає



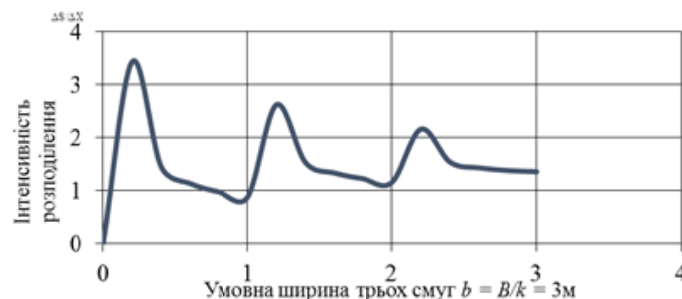
формування потоків гранул при завантажуванні. Для виконання поставленої задачі запропонована схема робочого органу – рис.4.



**Рис. 4. Конструктивно-технологічна схема відцентрового робочого органу для внесення мінеральних добрив: 1-3 – ребра; 4 – живильник конічної форми, 5 – втулка; 6-10 – радіальні вертикальні пластини; 11-14 – чотири лопаті; 15 – нижній диск; 16 – напрямні ребра нижнього диска; 17 – основа верхнього диска**

Запропонована конструкція розкидача, який може покращити рівномірність розсіювання гранул, завдяки тому, що вони злітають з диска трьома потоками з різними кінематичними характеристиками.

Якість розподілення гранул за одночасного розсівання трьома ребрами. Площі обмежені кривою інтенсивності розподілення, на кожній з трьох одиниць ширини смуги захвату приблизно рівні, тобто на кожну смугу випадає приблизно одна і та ж сама кількість гранул. Відносно нерівномірності розподілення гранул у межах однієї смуги можна зауважити, що наведена картина розподілення ідеалізована і передбачає, що усі гранули «залітають», при роботі одного з ребер на однакову відстань. Реальність полягає в тому, що гранули різні за формою і об'ємом. Вони мають відмінні аеродинамічні характеристики, що забезпечує різну дальність польоту і покращує рівномірність розподілення, яка може бути перевірена дослідним шляхом [2, 3].



**Рис. 5. Розподілення трьох потоків**

Розроблено програму, методику та отримані результати експериментальних досліджень відцентрового робочого органу для внесення мінеральних добрив. Проведеними лабораторними дослідженнями підтверджена правильність обраних методик дослідження. Експериментально



доведено, що допустима швидкість удару становить від 8 до 12 м/с, залежно від вологості. Оптимальною потрібно вважати вологість 9-12 %, за якої спостерігається максимальна стійкість гранул до удару [2, 5, 6].

Надана пропозиція щодо розробки та застосування запропонованого відцентрового апарата на серійних машинах для внесення добрив, який підвищить якісні показники їх роботи за високої продуктивності [4].

### Висновки

У роботі вирішена науково-прикладна задача підвищення ефективності механізованого внесення твердих мінеральних добрив шляхом поліпшення якості їх розподілення по поверхні ґрунту і підвищення продуктивності машин.

1. Розроблена математична модель руху гранул по поверхні робочого органу. Отримані формули дозволяють визначати абсолютну швидкість вильоту туків з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату розсіювача.

2. Виведені достатньо прості для інженерного застосування формули, які ґрунтуються на теоремі про зміну кінетичної енергії, що дають можливість обґрунтувати конструкцію дискового розсіювача добрив, який гарантовано покращує розсіювання.

3. Запропонована конструкція розкидача, який може реалізувати більш рівномірне розсіювання за умови забезпечення окремого живлення кожного з трьох вилітаючих з диска потоків гранул.

4. Розроблено робочий орган відцентрового типу для машин, що вносять мінеральні добрива, який забезпечить рівномірність внесення 90%.

### Список літератури

1. Кобець А.С. Обґрунтування конструкції чотирилопатевого відцентрового розкидача мінеральних добрив / М.М. Науменко, Н.О.Пономаренко. // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2013. – С. 65–67.

2. Кобець А.С. Результати досліджень робочого органу машини для внесення добрив/ М.М.Науменко, Н.О.Пономаренко. //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Вип. «Проблеми технічної експлуатації машин», Харків 2015. С. 31-35.

3. Кобець А.С. Обґрунтування конструктивних особливостей робочого органу розкидача мінеральних добрив відцентрового типу / М.М.Науменко, Н.О.Пономаренко. // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК» Випуск 226. Київ, 2015. – С. 95-102.

4. Автореферат Пономаренко Н.О. Обґрунтування параметрів удосконаленого відцентрового розкидача мінеральних добрив. Автореф. канд. техн. наук.- М.: ТДАТУ, 2014. - 28 с.

5. Wiemann K. Richtiy Verteiet wirkt Dunger besser / K. Wiemann // Ubersicht. – 1973. – G. 24. – № 10. – S. 765–769.

6. Адамчук В.В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений: монография. – К.: Аграр.наука, 2010. – 178 с.

7. Яблонський А.А. "Теоретическая механика", том 1 - Статика и кинематика, 1967 г. - 512 с.

8. Фихтенгольц. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Фихтенгольц. Том 2 «Наука». М., 1970. - 800 с.

### References

1. Kobets A.S. Obgruntuvannya konstruktsiyi chotyrylopatevoho vidtsentrovoho rozkydacha mineralnykh dobriv / M.M. Naumenko, N.O.Ponomarenko. // Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu. – 2013. – S. 65–67.

2. Kobets A.S. Rezultaty doslidzhen robochoho orhanu mashyny dlya vnesennya dobriv/ M.M.Naumenko, N.O.Ponomarenko. //Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P.Vasylenka. Vyp. «Problemy tekhnichnoyi ekspluatatsiyi mashyn», Kharkiv 2015. S. 31-35.

3. Kobets A.S. Obgruntuvannya konstruktivnykh osoblyvostey robochoho orhana rozkydacha mineralnykh dobriv vidtsentrovoho typu / M.M.Naumenko, N.O.Ponomarenko. // Naukovyy visnyk natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya «Tekhnika ta enerhetyka APK» Vypusk 226. Kyiv, 2015. – S. 95-102.

4. Avtoferat Ponomarenko N.O. Obgruntuvannya parametriv udoskonalenoho vidtsentrovoho rozkydacha mineralnykh dobriv. Avtofer. kand. tekhn. nauk.- M.: TDAU, 2014. - 28 s.

5. Wiemann K. Richtiy Verteiet wirkt Dunger besser / K. Wiemann // Ubersicht. – 1973. – G. 24. – № 10. – S. 765–769.

6. Adamchuk V.V. Teoryya tsentrobezhnykh rabochykh orhanov mashyn dlya vnesenyya myneralnykh udobrennyu: monohrafiya. – K.: Ahrar.nauka, 2010. – 178 s.



7. Yablonskiy A.A. "Teoretycheskaya mekhanika", tom 1 - Statyka y kynematyka, 1967 h. - 512 s.

8. Fykhthenolts. Kurs dyfferentsyalnoho y yntehralnoho yscheslenyya / Fykhthenolts. Tom 2 «Nauka». M., 1970. - 800 s.

### СОЗДАНИЕ МАШИНЫ С ПОВЫШЕННОЙ РАВНОМЕРНОСТЬЮ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

**Аннотация:** предложен роторный рабочий орган, конструкционные особенности которого позволяют улучшить равномерность рассеивания минеральных удобрений. Выведены достаточно простые для инженерного применения математические выражения, позволяющие обосновать параметры конструкции дискового рассеивателя удобрений, а также рассчитывать абсолютную скорость вылета гранул с диска и угол вылета, которые необходимы для определения ширины захвата рабочего органа. Разработан рабочий орган центробежного типа для машины, которая вносит минеральные удобрения, который обеспечит равномерность внесения до 90%.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, разбрасыватель центробежного типа, лопасти, центробежный рабочий орган, диск, равномерное размещение гранул.

### GENERATING MACHINE WITH INCREASED UNIFORMITY OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

**Summari:** a rotor body design features which allow you to improve the uniformity of dispersion of mineral fertilizers. Derived simple enough for engineering use mathematical expressions that make it possible to justify the design parameters of disk protector fertilizers offered, as well as calculate the absolute speed of disk granules departure and departure angle, which are necessary to determine the width of the working body. Developed working body type for centrifugal machines, which makes fertilizers, which will provide uniformity to the introduction of 90%.

**Keywords:** mineral fertilizer spreader centrifugal-type blades, centrifugal working body, disc, even placing pellets.