

УДК 631.333

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІДЦЕНТРОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Пономаренко Н.О

Дніпропетровський державний аграрний університет

Разработана программа, методика и получены результаты экспериментальных исследований центробежного рабочего органа для внесения минеральных удобрений.

The program, methodology and got results of experimental researches of centrifugal working organ, is worked out for bringing of mineral fertilizers.

Для кожної сільськогосподарської культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах існують оптимальні дози внесення добрив. Способи і строки внесення залежать від біологічних і сортових особливостей культури, попередників, ґрунтових умов, можливостей конкретного господарства. Як правило, застосовують розкидний і локальний способи внесення добрив. Розкидне та локальне внесення добрив може бути основним, припосівним удобренням і підживленням.

Встановлено [1,2], що нерівномірне внесення мінеральних добрив та вапна призводить до суттєвих втрат врожаю та погіршення його якості. До негативних наслідків слід також віднести забруднення навколишнього середовища.

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.

В ході аналітичних досліджень нами була створена математична модель внесення гранульованих добрив відцентровим дисковим апаратом і запропонована конструктивна схема розкидача власної конструкції.

Мета експериментальних досліджень - підтвердження адекватності розробленої моделі та відпрацювання конструктивних і кінематичних параметрів розкидача.

У відповідності до мети нами окреслено коло задач, вирішення яких є необхідною і достатньою умовою досягнення поставленої мети.

1. Розробити методики визначення:

- параметрів розподілу гранул по поверхні ґрунту в лабораторних умовах;
- припустимої швидкості удару гранул на поверхню диска;
- впливу вітру на параметри розподілу гранул по поверхні;
- впливу коливань висоти положення диска та кута нахилу на розподіл.

2. Розробити конструктивну схему дослідної установки та виготовити стенд.
3. Виготовити модель диска, в якій передбачити можливість зміни основних конструктивних параметрів.
4. Провести лабораторні експерименти у відповідності до програми досліджень.
5. Виконати математичну обробку одержаних результатів.
6. Визначити оптимальні параметри дискового розкидача.

Програма експериментальних досліджень

Програмою експериментальних досліджень передбачено проведення лабораторних досліджень. Програмою лабораторних досліджень передбачено:

1. Виготовлення стенду для проведення досліджень.
2. Виготовлення дослідного зразка диска для модельних досліджень.
3. Лабораторними дослідженнями передбачалось:
 - визначення основних механіко-технологічних властивостей добрива, що використовується в дослідках;
 - визначення параметрів розподілу діаметрів гранул;
 - визначення параметрів розподілу по поверхні окремо від кожного каналу та одночасно від всіх каналів для різного фракційного складу добрива;
 - визначення шляхом багатофакторного експерименту конструктивних параметрів диска, при яких розподіл є найбільш наближеним до рівномірного;
 - визначення для диска з оптимальними параметрами впливу на кінцевий розподіл добрива вітру різної направленості і швидкості;
 - визначення впливу на кінцевий розподіл коливань висоти положення диска та кута нахилу відносно поверхні ґрунту.

Характеристика вихідного матеріалу

Параметри розподілу гранулометричного складу

Як відомо [3] фракційний склад гранул не є постійною величиною і одночасно з цим багато в чому визначає їх розподіл по поверхні ґрунту. Задачею наших досліджень є створення робочого органу, в якому вплив цього параметру був би зведений до мінімуму.

Враховуючи те, що розроблена математична модель передбачає використання не загального закону розподілу, а відсоткового вмісту фракцій, нами був використаний метод просіювання крізь решета з визначенням саме вагового співвідношення фракцій.

Відомо [1,2], що виробники мінеральних добрив орієнтуються на розмір гранул 1,0 – 5 мм. Менші за розміром суттєво відрізняються за аеродинамічними властивостями, більші – схильні до руйнування. Тому, для решітного класифікатора нами обраний наступний шаг діаметрів отворів:

$$5 - 4 - 3 - 2 - 1,0 \text{ мм.}$$

Добрива висипалися у верхнє решето решітного класифікатора і почергово просіювався на решетах (рис.1).



*Рис. 1. Решітний класифікатор
механічного складу*

Окремі фракції зважувались і підраховувався їх відсотковий вміст. Додатково обчислювався коефіцієнт структурності

$$K_{\text{СТ}} = \frac{A}{B - A}, \quad (1)$$

де А – маса агрегатів в діапазоні 1,0 – 5 мм;

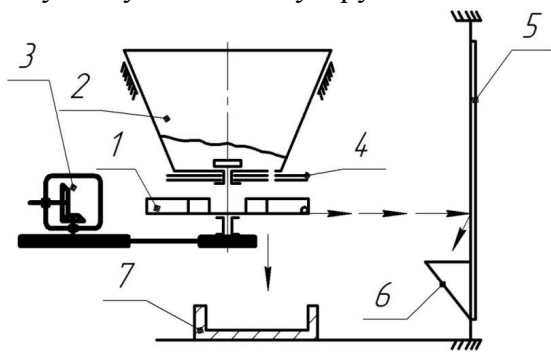
В – загальна маса взятої проби.

Механіко-технологічні властивості

В ході експерименту визначали основні механіко-технологічні властивості добрив, що використовувались для досліджень.

Для визначення вологості, питомої ваги, коефіцієнтів внутрішнього та зовнішнього тертя, коефіцієнту відновлення при ударі використовувались стандартні методики [4]. Оригінальними можна вважати методики визначення припустимої швидкості удару гранул на металеву поверхню та їх аеродинамічних властивостей.

Припустиму швидкість удару визначали за наступною схемою (рис.2).



*Рис. 2. Схема до визначення
припустимої швидкості удару
гранули добрива на металеву
поверхню*

Лабораторна установка складається з лопатевого валу 1 з вертикальною віссю обертання, електродвигуна 3 з тиристорним регулятором частоти обертання, бункера 2, лотка 7, дозатора 4, 5 – матір частого екрану та збірника 6 відпрацьованого матеріалу.

Перед початком роботи відбирається 1,0 – 2 кг досліджуваного добрива і визначається його гранулометричний склад. Фракції менші за 1,0 мм та більші за 5 мм відкидаються. Добрива завантажують у бункер, включають електродвигун і тиристорним регулятором встановлюють початкову швидкість обертання ротора. Відкривають заслінку бункера і спрямовують потік в зону дії лопатей. При потраплянні на лопать добрива відбиваються в напрямку збірника 6. Не відбиті гранули потрапляють у лоток 7. Гранули з збірника 6 і лотка 7 змішують і визначають фракційний склад. Результат порівнюють з вихідним. Експеримент проводять поступово збільшуючи швидкість обертання до фіксування

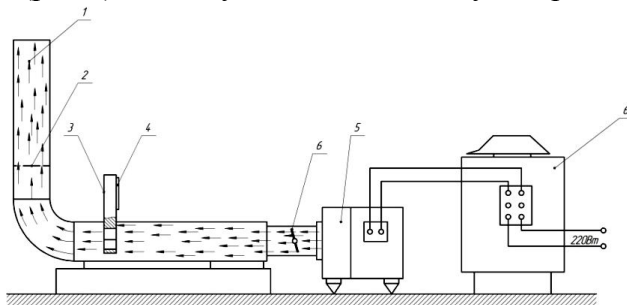
збільшення за вагою мілких фракцій, що свідчить про наявність травмування. Швидкість удару визначається як $V = \omega \cdot R$, де ω – частота обертання, R – відстань від центру обертання до точки контакту.

Коефіцієнт вітривності визначали за формулою

$$K_{\Pi} = g/V^2, \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння; V – критична швидкість.

Критичну швидкість визначали на парусному класификаторі дещо зміненої конструкції (рис.3), в якому швидкість потоку заміряли безпосередньо анемометром 3.

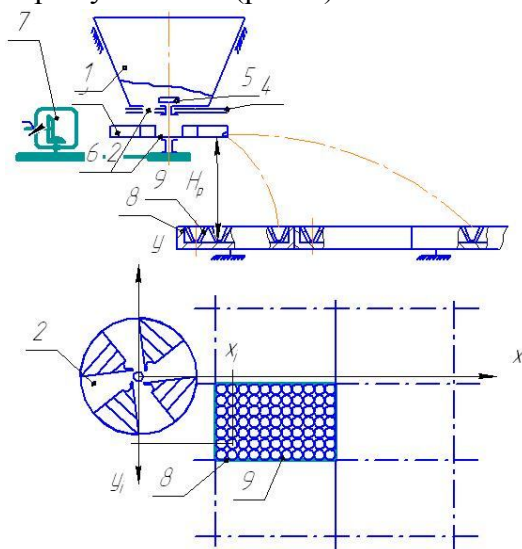


**Рис.3. Схема
модифікованого
парусного
класификатора**

В пристрої повітряний потік утворюється вентилятором 5, який живиться від трансформатора 4. Швидкість потоку регулюється заслінкою 6. Застосування анемометра 3 на відміну від трубки Піто дозволяє безпосередньо заміряти швидкість без виконання допоміжних розрахунків. До того ж конструкція анемометра сприяє вирівнюванню потоку, тобто робить його більш ламінарним.

Лабораторні дослідження **Конструкція лабораторної установки**

Для виконання програми лабораторних досліджень нами була виготовлена лабораторна установка (рис.4.).



**Рис. 4. Схема лабораторної
установки:**
**1 – бункер; 2 – диск; 3 – лопать; 4 –
дозатор; 5 – активатор;
6 – вікно активатора; 7 – редуктор; 8
– лоток; 9 – стакан**

Установка складається з рами (умовно не показана), на якій у підшипниковій опорі з можливістю вільного обертання встановлено досліджуваний диск 2 зі змінними лопатями 3 (рис.5.). До диска пасовою передачею доведений обертаючий момент від редуктора 7. Редуктор живиться від колекторного електродвигуна змінного струму, що дозволяє

регулювати частоту його обертання. Над диском встановлений бункер 1 з дозатором 4, який подає гранули добрива на диск. Для запобігання сводоутворення в бункері встановлений гумовий активатор 5. Для визначення параметрів розподілу нами використані спеціальні лотки 8 (рис.6.).



Рис. 5. Досліджуваний зразок диска

Особливістю лотка є те, що в ньому встановлені стакани (звичайні побутові одноразові), які приймають падаючі гранули. Це надає можливості покоординатно (X_i , Y_i , рис.5.) підсліджувати розподіл гранул. В лабораторній установці також задіяні електронні ваги FEH Series (на схемі не показано).



Рис. 6. Лоток для збору розкиданих гранул

Порядок виконання досліджень

Лабораторні дослідження виконувались в два етапи: без впливу та з впливом вітру на результати розподілу. На першому етапі (без впливу вітру) визначались оптимальні параметри розкидача, на другому – перевірялась адекватність розробленої математичної моделі.

Особливістю досліджень полягала в великій кількості повторів, що вимагало постійного контролю механіко-технологічних властивостей добрива і особливо гранулометричного складу. В разі відхилень параметри вихідного матеріалу корегувались додаванням гранул певного гранулометричного діапазону.

У всіх експериментах використовувалась однакова вага технологічного матеріалу – 5 кг.

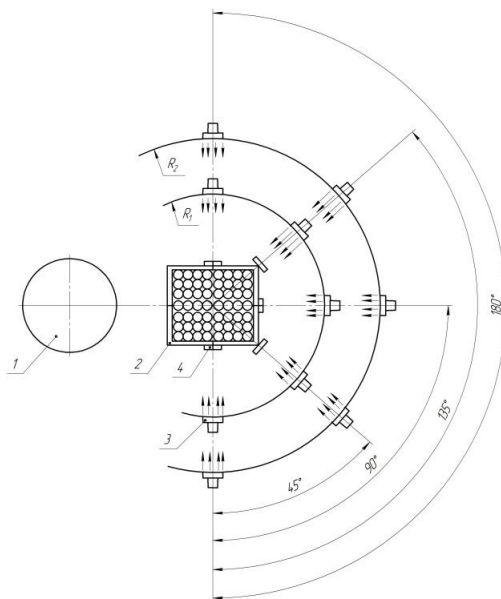
Перед початком експерименту лотки з встановленими стаканами встановлювались на поверхні таким чином, щоб максимально перекрити ширину захвату. Бункер 1 (рис.4.) заповнювався технологічним матеріалом. За допомогою попередньо відградуйованого регулятора встановлювалась необхідна частота обертання і лабораторна установка приводилася в дію до повної витрати технологічного матеріалу. По закінченню

експерименту стакани 9 виймалися з лотка, фіксувались координати їх положення відносно осі диска і відбувалось зважування.



Рис. 7. Зовнішній вигляд механізму приводу диска

Дію вітру моделювали шляхом встановлення лопатевого вентилятора. В зв'язку з тим, що параметри розподілу без дії вітру нами були попередньо покоординатно встановлені, в досліді використовувався тільки один лоток. Швидкість і напрямок повітряного потоку регулювались зміною положення вентилятора 3 відносно лотка 2 (рис.8.). Швидкість потоку замірялась анемометром 4.



*Рис. 8. Схема досліджень дії повітряного потоку:
1 – диск розкидача;
2 – лоток з стаканами;
3 – вентилятор;
4 – анемометр.*

Методика статистичної обробки результатів досліджень

Після проведення кожного етапу експерименту гранули в кожному стакані зважувались і знаходилося середнє

$$X_{CP} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{I=1}^n X_I \quad (3)$$

де X_I – вага гранул в окремо взятому стакані;

n – кількість стаканів.

Знаходимо середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{I=1}^n (X_I - X_{CP})^2} \quad (4)$$

Знаходимо коефіцієнт варіації, який тотожно дорівнює нерівномірності внесення у відсотковому представленні

$$v = \frac{\sigma}{X_{CP}}, \quad (5)$$

$$P = 100 \cdot v,$$

де P – нерівномірність внесення.

Результати

Механіко-технологічні властивості використаних в експерименті добрив

Лабораторні дослідження проводились з використанням найбільш розповсюджених гранульованих добрив, а саме: комбінованих, аміачної селітри, суперфосфату, суміші NPK. Враховуючи великий вплив механіко-технологічних властивостей задіяних в експерименті матеріалів на кінцевий розподіл по поверхні ґрунту, перед початком робіт нами визначались їх основні властивості. Результати представлені у вигляді таблиць 1 та 2.

Таблиця 1.

Фізико-механічні властивості використаних в експерименті добрив

Вид добрива	Вологість, %	Об'ємна маса, т/м ³	Кут тертя по металу, град	Кут внутрішнього тертя, град	Максимально припустима швидкість удару на металу, м/с
Комбіноване	4,1 – 4,8	1,05 – 1,11	27 - 32	25 – 29	8,3
Аміачна селітра	1,5 – 2,1	0,79 – 0,83	31 - 35	39 – 43	10,2
Суперфосфат	4,4 – 4,9	1,13 – 1,19	26 - 34	31 – 35	12,3
Суміш NPK	5,8 – 6,7	1,03 – 1,12	30 - 35	40 - 44	9,7

Таблиця 2.

Гранулометричний склад та аеродинамічні властивості використаних в експерименті добрив

№	Вид добрива	Гранулометричний склад у % за вагою						Заміряна критична швидкість, м/с			Розрахований коефіцієнт вітрильності		
		> 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1,0	Розміри фракції, мм			Розміри фракції, мм		
								1 - 2	2 - 3	3 - 5	1 - 2	2 - 3	3 - 5
1	Комбіноване	4,5	11,2	17,1	19,5	24,7	23,0	7,4	9,1	10,7	0,179	0,118	0,85
2	Аміачна селітра	1,5	12,3	39,7	24,9	21,4	0,2	7,9	9,4	11,0	0,157	0,111	0,081
3	Суперфосфат	0,7	2,6	22,8	49,9	20,6	3,4	8,2	9,9	11,6	0,146	0,100	0,073
4	Суміш NPK	2,3	38,4	31,0	21,9	5,3	1,1	7,8	9,6	12,3	0,161	0,106	0,064

Коефіцієнт структурності по видам добрив:

- комбіноване - 0,725
- аміачна селітра - 0,983
- суперфосфат - 0,959
- суміш NPK - 0,966

Лабораторні дослідження впливу конструктивних параметрів та повітряного потоку на якість розкидання

Виконані аналітичні дослідження запропонованого нами розкидача показують, що найбільший вплив на якісні показники розподілу гранул по поверхні мають наступні параметри (рис.9):

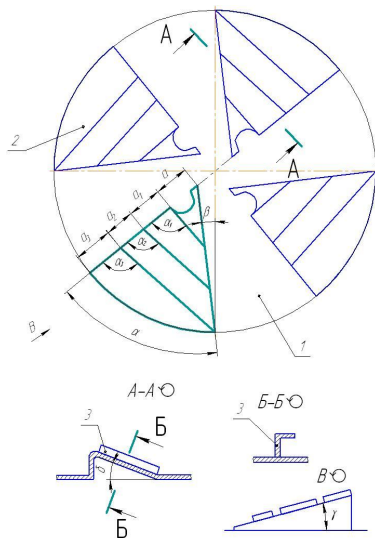


Рис. 9. Конструктивна схема диска розкидача мінеральних добрив

- частота обертання n диска;
- кут $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ постановки направляючих потоку;
- кут γ нахилу лопатей до площини обертання диска.

Зупинились на даному варіанті диска, бо, як показують досліди, кінцевий результат, тобто закон розподілу гранул по поверхні, має вид близький до нормального, але не симетричний. Якщо потік один, то розподіл буде приблизно стрічкоподібний, якщо потоків два, які дещо зміщені один відносно одного, можна отримати ділянку з більш рівномірним розподілом, а якщо потоків 3, то ті ще більш наближені до прямолінійного і так далі. З точки зору теорії імовірності при певній кількості потоків можна досягти ідеально рівномірного закону розподілу.

Вплив повітряного потоку на розподіл гранул

Дослідження виконані у відповідності до методик, викладених вище, обробка результатів відповідно також. Отримані результати представлені у вигляді графіків (рис.10.). Дослідження проводились на швидкостях повітряного потоку до 2,0 м/с. На більших швидкостях нерівномірність різко зростає і виходить за межі агротехнічно припустимої.

Аналіз наведених графіків показує, що повітряний потік негативно впливає на рівномірність. Напрямок дії потоку теж є значимим фактором. Так найменша дія спостерігається при напрямку дії перпендикулярному до руху агрегату в основному за

рахунок зменшення отриманих доз крайніми лотками. Найбільша дія – під кутами 45 та 135 градусів. Проте, загальний рівень рівномірності при наявності повітряного потоку в цілому знаходиться в межах припустимого.

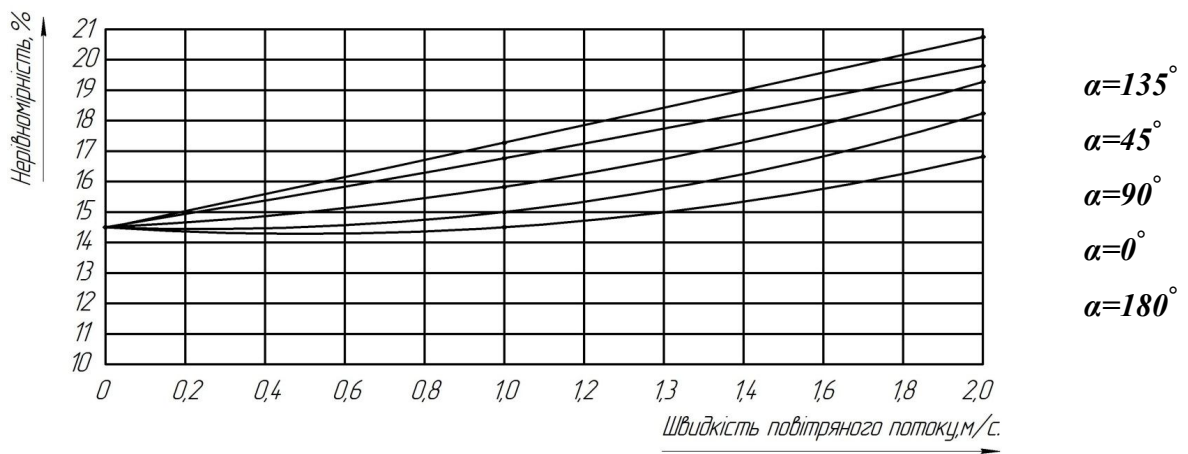


Рис. 10. Вплив швидкості повітряного потоку на нерівномірність розподілу.

Висновки

1. Прийнята програма досліджень дозволяє в повному обсязі визначити параметри, необхідні для оцінки адекватності розробленої математичної моделі.

2. Як показали проведені експерименти використання даних методик є виправданим. Лабораторними дослідженнями доводиться адекватність розробленої математичної моделі. Встановлено, що вплив вітру носить вибірковий характер, тобто повітряний потік спрямований під кутом від 45 до 135 градусів найбільш негативно впливає на рівномірність розподілу добрив по поверхні. При швидкості вітру більше за 2,0 м/с якісні показники внесення різко погіршуються. Проведеними дослідженнями встановлені оптимальні параметри дискового відцентрового розкидача, а саме:

- частота обертання диска – 800 об/хв.;
- кути постановки направляючих до потоку: $\alpha_1 = 100^\circ$; $\alpha_2 = 90^\circ$; $\alpha_3 = 90^\circ$
- кут нахилу лопатей до площі обертання диска - 10° .

3. Нерівномірність внесення мінеральних добрив модернізованим диском знаходиться в межах 14,5 – 21%, при впливі швидкості вітру 2м/с.

Література

1. Перегудов В. Н., Овчинников Н. Г. Действия на урожай неравномерного распределения туков / В. Н. Перегудов, Н. Г. Овчинников. // Вест. сельскохозяйств. наук. 1970. - № 1. - С. 11 -17.
2. Филиппов Э. Ф. Влияние размеров гранул и примеси пыли на равномерность внесения удобрений и урожай ячменя / Э. Ф. Филиппов. // Вест. сельскохозяйств. науки. 1967.- № 9. - С. 139 - 142.
3. Лысенко А.Т. Факторы, влияющие на дробление гранулированных удобрений при высеве их разбрасывателями / А.Т.Лысенко, В.А.Михайленко.// Вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства: Тр.Харьковского СХИ. 1971.- Т.150. - С.105 – 109.
4. Губарев Е. А. К определению дальности полета удобрений и ширины захвата разбрасывателей / Е. А. Губарев. // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства . Сб. науч. тр. Зерноград. 1977.- Вып. 26.- С.130- 136.