

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРИСТОРОЮ ДЛЯ ВИРЩУВАННЯ ЦИБУЛІ НА ПЕРО

К.т.н. Кушнар'ов С.А., магістр Яковенко В.В., ВП НУБіП
України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Розробка методики проведення експерименту

Для розробки методики проведення експерименту ми пропонуємо наступний алгоритм роботи.

1. Визначення критеріїв оптимізації. Критерії оптимізації характеризуватимуть доцільність нашої роботи.

2. Вибір факторів. Обраними мають бути фактори, що є найвпливовішим та які найповніше розкривають теоретичну суть процесу.

3. Визначення рівнів варіювання обраних факторів. У цьому розділі ми маємо ґрунтуватися на літературних джерелах, попередньому досвіді та теоретичному обґрунтуванні даного процесу.

4. Визначення плану другого порядку для отримання регресійної моделі. План другого порядку має забезпечити мінімально доцільну кількість дослідів (з економічної точки зору) та максимальну достовірність отриманих результатів.

5. Проведення експериментів. У цьому розділі ми визначаємо необхідну нам апаратури та деякі моменти, що стосуються саме роботи по проведенню експерименту.

6. Визначення параметрів критеріїв оптимізації та факторів.

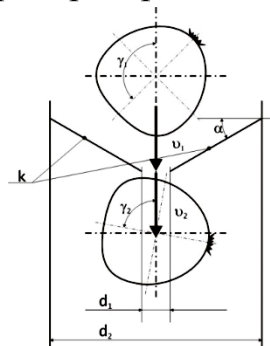


Рис.1- Схема критеріїв оптимізації та факторів, що впливають на них.

Вибір критеріїв оптимізації.

Для того, щоб провести експерименти ми маємо визначити один або декілька критеріїв оптимізації та фактори, що впливають на них.

Пристрій з орієнтування цибулин має характеризуватися якістю орієнтування та продуктивністю, бо при низькій продуктивності пристрою може вийти й так, що ручна, немеханізована праця виявиться більш доцільною. Тому ми обираємо два критерії оптимізації, що описані далі.

Якість роботи пристрою з орієнтації характеризується кутом відхилення цибулі від правильного вертикального положення γ_2 (рисунок 2). Тобто, виходячи із зазначеного, за критерій оптимізації доцільно буде обрати кут відхилення γ_2 , який цибулина має після виходу з воронки (після впливу пружних елементів). Зрозуміло, чим менше значення кута γ_2 , тим якість роботи орієнтуючого пристрою вища.

За другий критерій оптимізації ми приймаємо швидкість цибулини v_2 при її виході з орієнтуючого пристрою (рисунок 2). Швидкість v_2 було обрано, щоб визначити, яким чином орієнтуючий пристрій впливатиме на неї. Швидкість v_2 є тим параметром, який характеризує продуктивність орієнтуючого пристрою.

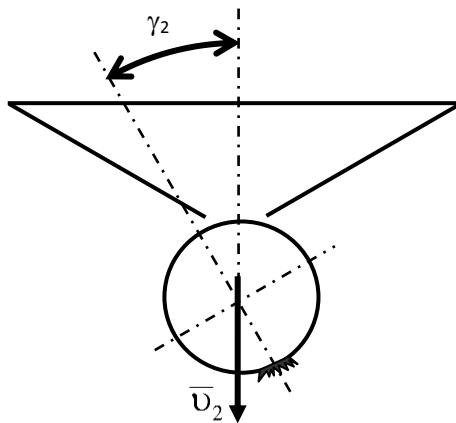


Рис 2- Схема критеріїв оптимізації.

Визначення факторів, що впливають на обрані критерії.

Оскільки принцип роботи пристрою з орієнтації заключається у впливі пружних елементів воронки на цибулю, на її центр ваги, то тут постає питання скільки воронки ми маємо обрати до пристрою та чи

будуть характеристики цих вооронок однаковими. Характеристиками кожної воронки є наступні параметри, що й будуть являти собою фактори, які впливатимуть на критерії оптимізації:

- 1) кут нахилу пружних елементів воронки до горизонтальної площини α ;
- 2) кількість пружних елементів воронки k ;
- 3) діаметр отвору, що утворено вільними кінцями пружних елементів d_1 .

Крім того на критерій оптимізації крім вище зазначених характеристик воронки будуть впливати й інші фактори:

- 1) швидкість падіння цибулини v_1 , що напряму залежить від висоти падіння;
- 2) початковий кут відхилення цибулини від вертикального положення γ_1 .

Таким чином ми визначили, що кількість типів факторів, незалежно від кількості воронок дорівнює п'яти.

Визначення рівнів варіювання обраних факторів.

Рівні варіювання кута нахилу α пружних елементів воронки до горизонтальної площини ми визначаємо, виходячи з літературних джерел [1]. Проведені дослідження вказують на те, що орієнтування цибулі з вішкою пристроєм з ліски відбувається найбільш якісно при куті $\alpha = 30^0$. Оскільки ми досліджуємо пристрій, орієнтуючі елементи якого абсолютно не можливо уявити як ліску, тому значення кута α у 30^0 ми ставимо як середину інтервалу варіювання. Зрозуміло, що при $\alpha = 0^0$ не відбуватиметься стабілізація цибулин, через це за початкове значення інтервалу варіювання ми обираємо кут у 10^0 . А так кінцеве значення інтервалу варіювання буде 50^0 .

Рівні варіювання діаметру отвору d_1 , що утворено вільними кінцями пружних елементів, ми приймаємо на основі геометричних параметрів цибулин. Оскільки мінімальний діаметр посадкового матеріалу дорівнює 35 мм, тому діаметр d_1 має бути меншим 35 мм, щоб відбувся вплив пружних елементів воронки на цибулину. Так ми приймаємо рівні варіювання для d_1 у межах 10 ... 30 мм.

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

Рівні варіювання швидкості падіння v_1 цибулини приймаємо у межах 1 ... 2 м/с. Цей інтервал обрано наступним чином. Ми припустили, нехай пружні елементи зовсім не впливають на швидкість цибулини, тож, виходячи з конструктивних параметрів пристрою, для обраних швидкостей (за відсутністю впливу пристрою) висота пристрою коливатиметься у межах 5 ... 20 см.

Рівні варіювання початкового кута відхилення γ_1 цибулини від вертикального положення обираємо з того, що для цього кута нема обмежень. Тобто попередньо неорієнтована цибуля може мати будь який кут відхилення. Тому межі його зміни наступні $0^\circ \dots 180^\circ$.

Рівні варіювання кількості k пружних елементів воронки можна визначити наступним чином. На максимальну кількість впливатиме діаметр d_2 орієнтуючого пристрою, $d_2 = 10$ см. Щоб запобігти високій складності виготовлення пружного елемента ми припускаємо, що його мінімальна ширина 5 мм. Тому максимальна кількість k дорівнюватиме 20 шт. Мінімальну ми приймаємо у 8 шт.

Визначення складностей при проведенні експерименту

Проведення експерименту та визначення оптимальних параметрів факторів, що впливають на критерій оптимізації, дуже ускладнюється при виборі кількості воронок, відмінної від однієї. Коли пристрій має одну воронку, то кількість факторів, що впливають на критерій оптимізації, дорівнює п'яти. А якщо ми візьмемо n воронок, то кількість факторів також збільшується у n разів, тобто дорівнюватиме $5n$. Це відбувається як раз тому, що воронки не обов'язково повинні мати однакові параметри. Наприклад, при кількості воронок 3 замість одного фактору кута α , що вказує на нахил пружних елементів воронки до горизонтальної площини, буде 3 фактори – $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ (рис. 3.3), і так по кожному типу факторів. Таким чином, в цьому випадку загальна кількість факторів дорівнюватиме $5 \cdot 3 = 15$, але це не є границею, бо воронок може бути і більше, а відповідно і факторів.

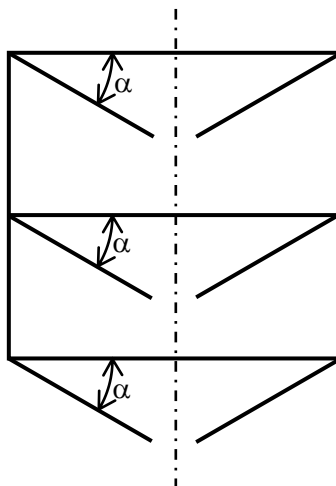


Рис. 3- Схема залежності кількості факторів від кількості воронок.

При проведенні експерименту з відсіювання ми повинні вилучити найменш впливові фактори, зафіксувавши їх значення на оптимальному рівні. Проте при великій кількості факторів нам доведеться вилучити і фактори, що мають значний вплив на критерії, бо якщо ми залишимо багато факторів, то проведення експерименту стане неможливим, чи занадто складним.

Все вищезазначене вказує на те, що при заданих умовах достовірність наших експериментів може зійти до нуля.

Розробка методики проведення експерименту.

Через вищенаведені складності при проведенні експерименту пропонується його наступне спрощення. Для цього необхідно взяти лише одну воронку, так значно зменшиться кількість факторів, і провести один практичний експеримент.

Описати процес впливу (орієнтування) пружних елементів пристрою на цибулину математичною залежністю не є можливим внаслідок складності цього процесу. Через це й проведення експерименту є необхідним. Але постає питання яким чином ми можемо визначити значення критеріїв оптимізації? Це питання є доволі суттєвим, оскільки час виходу цибулини з воронки є дуже малим. То ж за такий проміжок часу визначити швидкість v_2 та кут відхилення γ_2 за допомогою лише простих вимірювальних приладів без додаткового обладнання не представляється можливим.

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

Щоб забезпечити точність отриманих значень критеріїв оптимізації нам слід провести відеозйомку. Записавши всі експерименти на плівку, ми будемо мати змогу уповільнити огляд чи взагалі зробити стоп-кадр. На стоп кадрі, звісно, не виникне проблем із визначенням кута γ_2 . Уповільнений огляд дозволить визначити швидкість v_2 цибулі після її виходу з воронки.

Обравши план другого порядку для проведення експерименту, ми будемо змінювати значення факторів у визначеному діапазоні та отримаємо результати по значенням критеріїв оптимізації. Таким чином ми матимемо змогу визначити рівняння регресій, які будуть вказувати на залежність між факторами та даним критерієм. План проведення практичного експерименту представлено в таблиці 1.

Іншими словами доцільно провести лише один практичний експеримент, використавши лише одну воронку. Отримані рівняння регресій дадуть можливість варіювати значеннями факторів та визначати відповідні ним значення критеріїв, чи навпаки, задаючись значенням певного критерію або відразу обох, можна буде підібрати і значення самих факторів. Таким чином рівняння регресій дозволять нам проводити теоретичні дослід, тобто дослід без використання самого пристрою.

Завдяки теоретичним дослідом ми матимемо можливість імітувати з однієї воронки цілий трубопровід орієнтуючого пристрою. При використанні залежностей між факторами та критеріями нам треба буде враховувати отримані у попередньому досліді значення критеріїв (γ_2, v_2) для визначення факторів (γ_1, v_1) наступного досліді. Так дана воронка буде представляти собою наступну і т.д. Наприклад, після виходу з воронки n (при проведенні n досліді) цибулина має кут відхилення $\gamma_{2(n)}$ та швидкість $v_{2(n)}$, отримані значення критеріїв треба врахувати для наступного досліді $n+1$, тобто і для наступної воронки, оскільки тепер $\gamma_{1(n+1)} = \gamma_{2(n)}$, а $v_{1(n+1)} = v_{2(n)} + gt$. Завдяки рівнянню $v_{1(n+1)} = v_{2(n)} + gt$ ми зможемо визначити відстань між сусідніми воронками.

План проведення теоретичного експерименту наведено в таблиці 3.2.

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

По виконанню таких теоретичних дослідів ми будемо знати їх кількість, яка вказуватиме на необхідну кількість воронок. Вихідні параметри критеріїв оптимізації кожного теоретично проведеного експерименту будуть відповідати обраним параметрам кожної воронки (α, k, d_1) та цибулини (υ_1, γ_1) до потрапляння останньої у воронку.

Таблиця 1 – План проведення практичного експерименту.

№ експерименту	Вхідні параметри (діапазони)	Дії	Вихідні параметри (регресійні моделі)
1	$\alpha_{(1)},$ $k_{(1)},$ $d_{1(1)},$ $\upsilon_{1(1)}$ $\gamma_{1(1)}$	відеозйомка експерименту \Rightarrow комп'ютерна обробка даних	$\gamma_{2(n)} = f_{\gamma}(\alpha, k, d_1, \upsilon_1, \gamma_1)$ $\upsilon_{2(n)} = f_{\upsilon}(\alpha, k, d_1, \upsilon_1, \gamma_1)$

Таблиця 2 – План проведення аналітичного (теоретичного) експерименту.

№ экс-ту	Вхідні параметри (значення)					Дії	Вихідні параметри (значення критеріїв)	
1	$\alpha_{(1)}$	$k_{(1)}$	$d_{1(1)}$	$\upsilon_{1(1)}$	$\gamma_{1(1)}$	\Leftarrow аналітичне визначення значень факторів чи критеріїв для кожної воронки при використанні регресійних моделей: $\gamma_{2(n)} = f_{\gamma}$ $\upsilon_{2(n)} = f_{\upsilon}$ \Rightarrow	$\upsilon_{2(1)}$	$\gamma_{2(1)}$
2	$\alpha_{(2)}$	$k_{(2)}$	$d_{1(2)}$	$\upsilon_{1(2)}$	$\gamma_{1(2)}$		$\upsilon_{2(2)}$	$\gamma_{2(2)}$
...						
n	$\alpha_{(n)}$	$k_{(n)}$	$d_{1(n)}$	$\upsilon_{1(n)}$	$\gamma_{1(n)}$		$\upsilon_{2(n)}$	$\gamma_{2(n)}$
...						
m	$\alpha_{(m)}$	$k_{(m)}$	$d_{1(m)}$	$\upsilon_{1(m)}$	$\gamma_{1(m)}$		$\upsilon_{2(m)}$	$\gamma_{2(m)}$

Визначення плану другого порядку для отримання регресійної моделі

Існує доволі велика кількість планів другого порядку. Наслідком цього є складність вибору того плану, що підходить би краще за все. При виборі плану другого порядку ми маємо керуватися наступними відомостями:

- кількість точок плану (його насиченість);
- число рівней варіювання, що використовуються у даному плані;
- симетричність;
- рототабельність;
- ортогональність;
- властивості даного плану з позицій А-; G-; D-; E- оптимальності;
- область планування (гіперкуб чи гіпершар).

Критерії оптимальності. Якість планів за критеріями А-; G-; D-; E- оптимальності є найважливішою ознакою плану, оскільки ці критерії вказують на якість рівнянь, що будуть отримані. Тобто від цих критеріїв залежить величина помилки даних, що будуть отримуватися за допомогою рівнянь, отриманих після проведення експерименту за обраним планом.

Кількість точок плану. Кількість точок плану вказує на економічність експерименту. Зрозуміло, чим точок менше, тим експеримент є більш кращим з економічної точки зору, проте економічність не є найважливішою ознакою плану.

Виходячи з поставлених умов, ми обрали наступний план другого порядку – симетричний композиційний план типу V_n , де n – кількість факторів. Даний план має ядро ДФЕ 2^{n-p} , де p вказує кількість реплік в експерименті. В нашому випадку кількість факторів $n = 5$, а реплік $p = 1$. Тобто обраний нами план можна записати так $V_5; N_c = 2^{5-1}$. План $V_5; N_c = 2^{5-1}$ має кількість опитів 26 та суму рангів за критеріями А-; G-; D-; E- оптимальності 12. Таке поєднання економічності та якості плану є найоптимальнішим серед усіх можливих планів [19].

Обраний план V_5 має ядро ДФЕ 2^{5-1} та $2n$ „зоряних точок”. Це означає, що ядро приходитьсья 16 опитів, а на „зоряні точки” 10 опитів, що і становить загальну кількість опитів 26 [20]. План типу V_n при $n = 5$ представлено в таблиці 3.

Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України

Таблиця 3 – План типу B_n при $n = 5$.

№ опыту	ФАКТОРИ					Примітка
	X1	X2	X3	X4	X5	
1	1	1	1	1	-1	Ядро плану
2	1	1	1	-1	1	
3	1	1	-1	1	1	
4	1	1	-1	-1	-1	
5	1	-1	1	1	1	
6	1	-1	1	-1	-1	
7	1	-1	-1	1	-1	
8	1	-1	-1	-1	1	
9	-1	1	1	1	1	
10	-1	1	1	-1	-1	
11	-1	1	-1	1	-1	
12	-1	1	-1	-1	1	
13	-1	-1	1	1	-1	
14	-1	-1	1	-1	1	
15	-1	-1	-1	1	1	
16	-1	-1	-1	-1	-1	
17	-1	0	0	0	0	„Зоряні” точки
18	1	0	0	0	0	
19	0	-1	0	0	0	
20	0	1	0	0	0	
21	0	0	-1	0	0	
22	0	0	1	0	0	
23	0	0	0	-1	0	
24	0	0	0	1	0	
25	0	0	0	0	-1	
26	0	0	0	0	1	

Висновки

В статті обосновано методика проведення експерименту. Тут нами обґрунтована доцільність проведення лише одного практичного експерименту при використанні лише однієї воронки, базуючись на розробленій методиці проведення експерименту на основі імітаційної моделі. Крім того ми зазначили необхідність використання при практичному експерименті відеозйомки. Цей розділ містить схему проведення як практичного, так і теоретичного експериментів. Для реалізації експериментів ми обрали план В₅.

Література

1. Ткаченко Ф.А. Цибуля і часник (3-є доп. вд.) К., „Урожай”, 1967, 128 с.
2. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов /С.В. Мельников, В.Р. Роцин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с., ил.
3. ГОСТ 24729-79. Методы экономической оценки специализированных машин. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 10 с.