

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНО-ДИСКОВОГО АПАРАТА НА РІВНОМІРНІСТЬ ВИСІВУ НАСІННЯ РІПАКУ

Бакум М.В., к.т.н, проф.; Кириченко Р.В., к.т.н., Кривоніс В.В., студент
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведено результати дослідження впливу кута нахилу, амплітуди та частоти коливань висівного диска вібраційно-дискового апарата на рівномірність висіву насіння ріпаку вздовж рядка та визначені їх оптимальні значення.

Постановка задачі. Однією з основних технологічних операцій виробництва сільськогосподарської продукції слід вважати посів, що забезпечується засобами механізації різного конструктивного виконання. Вирішення однієї з задач сільськогосподарського виробництва, а саме – підвищення врожайності дрібнонасіньових культур за рахунок рівномірного розміщення насінневого матеріалу з метою створення оптимальних умов живлення та зростання рослин є актуальною науково-прикладною задачею.

Насіння ріпаку відноситься до дрібнонасіньових сільськогосподарських культур, параметри процесу сівби якого обґрунтовані ще не в повній мірі. Підвищення якості висіву насіння ріпаку на сучасному етапі потребує розробки та впровадження нових високоефективних машин для сівби дрібного насіння. Зернотрав'яні та овочеві сівалки з апаратами котушкового типу, які використовуються для висіву дрібнонасіньових культур, у реальних умовах пошкоджують насіння й мають обмежений рівень точності, а також не можуть забезпечити рівномірне розміщення насіння [1]. Одним із способів підвищення якості технологічного процесу висіву насіння є зміна функціонування дозуючого органа сівалки. На кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. П. Василенка розроблений вібраційно-дисковий висівний апарат [2], який забезпечує формування групової подачі неперервного однонасіньового потоку.

Мета досліджень. Дослідження впливу основних параметрів вібраційно-дискового апарата на рівномірність висіву насіння ріпаку вздовж рядка і визначення їх оптимальних значень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення рівномірності висіву насіння ріпаку розробленим вібраційно-дисковим апаратом забезпечується за рахунок групової подачі насіння з послідовним формуванням неперервного однонасіньового потоку в просторі між зовнішньою поверхнею диска, що коливається у напрямку осі його обертання, і внутрішньою поверхнею банки. Якість висіву розробленого вібраційно-дискового висівного апарата найбільш суттєво залежить від частоти і амплітуди коливань висівного диска та кута його нахилу [3].

Результати досліджень. Факторами для аналізу зміни показників висіву

насіння ріпаку прийняті: частота $\omega_{\text{об}}$ та амплітуда A коливань і кут нахилу α висівного диска.

При визначенні впливу кожного з зазначених факторів на процес висіву насіння ріпаку, та оптимального їх співвідношення використаний метод планування багатofакторного експерименту [4, 5].

Для опису поверхні області оптимуму результатів дії цих факторів було прийняте рототабельне центрально-композиційне планування Бокса для трьохфакторного експерименту другого рівня. В якості критерію оптимізації процесу висіву прийнятий коефіцієнт варіації рівномірності висіву V (%). Матриця планування експериментів, реалізована для прийнятого критерію ефективності у 3-кратній повторності, наведена у таблиці 1. При цьому розмір вибірки для випадкової величини V дорівнює $N = 20$.

Таблиця 1 – Реалізація плану експерименту для визначення оптимальних значень параметрів роботи вібраційно-дискового висівного апарата для сівби насіння ріпаку з найменшим коефіцієнтом варіації рівномірності висіву

№ п/п	Частота коливань висівного диска, $\omega_{\text{об}}$		Амплітуда коливань висівного диска, A		Кут нахилу висівного диска до горизонту, α		Коефіцієнт варіації V , %				
	$x_{1,д}$	$x_{1,к}$	$x_{2,д}$	$x_{2,к}$	$x_{3,д}$	$x_{3,к}$	Експериментальні значення				Теоретичні значення
							1	2	3	Сер.	
1	94,20	1,000	10,0	1,000	30,0	1,000	85,7	78,9	88,8	84,5	84,0
2	75,36	-1,000	10,0	1,000	30,0	1,000	64,0	71,1	72,1	69,1	71,1
3	94,20	1,000	6,0	-1,000	30,0	1,000	62,4	70,8	67,5	66,9	67,0
4	75,36	-1,000	6,0	-1,000	30,0	1,000	56,7	60,9	65,0	60,9	59,1
5	94,20	1,000	10,0	1,000	25,0	-1,000	64,3	69,6	60,8	64,9	66,4
6	75,36	-1,000	10,0	1,000	25,0	-1,000	66,5	58,7	60,3	61,8	61,5
7	94,20	1,000	6,0	-1,000	25,0	-1,000	78,6	75,1	69,2	74,3	72,0
8	75,36	-1,000	6,0	-1,000	25,0	-1,000	73,8	74,8	67,1	71,9	72,1
9	100,48	1,682	8,0	0,000	27,5	0,000	67,9	69,2	75,5	70,9	71,5
10	69,08	-1,682	8,0	0,000	27,5	0,000	62,0	65,1	55,8	61,0	60,7
11	84,78	0,000	11,4	1,682	27,5	0,000	67,5	73,3	75,5	72,1	70,4
12	84,78	0,000	4,6	-1,682	27,5	0,000	65,2	58,1	65,4	62,9	65,0
13	84,78	0,000	8,0	0,000	31,7	1,682	71,9	77,0	69,9	72,9	72,8
14	84,78	0,000	8,0	0,000	23,3	-1,682	70,1	62,8	72,1	68,3	68,8
15	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	59,1	51,6	52,3	54,3	52,6
16	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	46,6	54,0	55,7	52,1	52,6
17	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	57,9	59,1	51,3	56,1	52,6
18	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	45,7	54,2	47,4	49,1	52,6
19	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	51,6	55,2	46,8	51,2	52,6
20	84,78	0,000	8,0	0,000	27,5	0,000	55,4	48,5	54,9	52,9	52,6

Позначення, які наведені в таблиці 1, характеризують дійсні значення факторів, які аналізуються: $x_{1,д}$ – частота коливань висівного диска $\omega_{\text{об}}$ (с^{-1}), $x_{2,д}$ – амплітуда коливання висівного диска A (мм), $x_{3,д}$ – кут нахилу висівного диска до горизонту α (град) та відповідні кодовані значення – $x_{1,к}$, $x_{2,к}$, $x_{3,к}$.

Обробку даних виконували на ЕОМ з використанням математичних пакетів «Statistica-6.0» та «MathCAD-2001» за умов апроксимації відповідних критеріїв ефективності поліномом другого порядку в залежності від трьох зазначених факторів процесу висіву.

Результати розрахунків дозволили отримати рівняння регресії, що характеризує рівномірність висіву насіння ріпаку вібраційно-дисковим апаратом.

Рівняння регресії для визначення параметрів роботи вібраційно-дискового апарата з найменшим коефіцієнтом варіації рівномірності висіву отримано у такому вигляді:

$$y = 52,617 + 3,189 \cdot x_{1,к} + 1,594 \cdot x_{2,к} + 1,179 \cdot x_{3,к} + 4,767 \cdot x_{1,к}^2 + 1,254 \cdot x_{1,к} \cdot x_{2,к} + 1,996 \cdot x_{1,к} \cdot x_{3,к} + 5,327 \cdot x_{2,к}^2 + 5,654 \cdot x_{2,к} \cdot x_{3,к} + 6,435 \cdot x_{3,к}^2. \quad (1)$$

де $x_{1,к}$, $x_{2,к}$, $x_{3,к}$ – фактори у кодованому вигляді.

Коефіцієнт множинної кореляції для рівняння регресії дорівнює $R_k = 0,98391$. При цьому коефіцієнт детермінації – $R_k^2 = 96,807\%$.

В таблиці 1 додатково наведені результати визначення середніх експериментальних значень критеріїв ефективності та відповідних теоретичних значень, обчислених за отриманими рівняннями регресії.

Необхідною передумовою статистичного аналізу рівнянь регресії є приналежність відповідної вихідної величини нормальному закону розподілу та однорідність дисперсій дослідів для них.

Відповідність гіпотези про нормальність закону розподілення критерію ефективності (вихідної величини) V , є випадковою величиною, яка перевіряється методом порівняння критеріїв асиметрії та ексцесу (оскільки в даному випадку вибірка $N = 20 < 50$) за відповідними їх похибками [6].

За розрахунками, виконаними за допомогою математичного пакету «Statistica-6.0», модуль асиметрії розподілу та ексцесу кожної випадкової величини менші за відповідні стандартні похибки (граничні значення середнього квадратичного відхилення S_{As} і S_{Ec}) асиметрії As та ексцесу Ec , тобто:

$$\begin{aligned} |As| &= 0,180196 < 3 \cdot |S_{As}| = 0,512103 ; \\ |Ec| &= 0,436611 < 5 \cdot |S_{Ec}| = 0,992384 . \end{aligned} \quad (2)$$

Тому розподіл випадкової величини для критерію ефективності (коефіцієнт варіації V), визначений для висіву насіння ріпаку, вважається таким, що відповідає нормальному закону розподілення.

Перевірка однорідності дисперсій експериментів, за умови, що кількість спостережень (повторень) у кожному досліді є сталою величиною, виконували з використанням G -критерію Кохрена [4].

Як показали результати цієї перевірки, розрахункове значення критерію

Кохрена для коефіцієнта варіації рівномірності висіву насіння ріпаку – $G_{\text{розр}} = 0,068$. Згідно довідникових даних [4], для достовірної імовірності $p = 0,95$ (рівень значущості $q = 0,05$), кількості незалежних значень дисперсій $N = 20$ шт. та степені вільності вибірки експериментальних даних $f_N = 2$, табличне (граничне) значення критерію Кохрена становить $G_{\text{табл}} = 0,270$. Оскільки $G_{\text{розр}} = 0,068 < G_{\text{табл}} = 0,270$, то однорідність дисперсій для зазначених випадкових величин забезпечується, тобто різниця між значеннями спостережень перебуває в межах необхідної точності дослідження і не перевищує 5 %.

Отримані нерівності також засвідчують можливість повторного відтворення результатів дослідів і, як наслідок цього, отримання аналогічних рівнянь регресії, що обумовлюється другою перевіркою статистичного аналізу.

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії виконувалась з використанням критерію Ст'юдента [5, 6].

Результати перевірки засвідчують, що при довірчій імовірності $p = 0,95$, жодне зі значень коефіцієнтів рівняння регресії (1) не виходить за межі відповідних допустимих довірчих інтервалів та граничних значень рівнів значущості, а тому всі десять коефіцієнтів рівняння є значущими.

Враховуючи співвідношення між дійсними та кодованими значеннями факторів [7]:

$$x_{1,к} = \frac{\omega_{\text{вб}} - 84,78}{9,4}; \quad x_{2,к} = \frac{A - 8,0}{2,0}; \quad x_{3,к} = \frac{\alpha - 27,5}{2,5} \quad (3)$$

та результати попередньої перевірки на значущість коефіцієнтів, рівняння регресії (1) записується у декодованому вигляді:

$$V = 1746,068 - 11,634 \cdot \omega_{\text{вб}} - 57,253 \cdot A - 72,384 \cdot \alpha + 0,054 \cdot \omega_{\text{вб}}^2 + 0,067 \cdot \omega_{\text{вб}} \cdot A + 0,085 \cdot \omega_{\text{вб}} \cdot \alpha + 1,332 \cdot A^2 + 1,131 \cdot A \cdot \alpha + 1,030 \cdot \alpha^2; \quad (4)$$

де: $\omega_{\text{вб}}$ – частота коливань висівного диска, с^{-1} ;
 A – амплітуда коливання висівного диска, мм;
 α – кут нахилу висівного диска до горизонталі, град.

Адекватність одержаного рівняння регресії перевіряли за допомогою F -критерію Фішера [5 – 7]. Результати перевірки зведені у таблицю 2.

На підставі обробки результатів вимірів та обчислень, встановлено, що з 95%-ною імовірністю нульова гіпотеза про невідповідність теоретичних залежностей результатам експериментальних досліджень відхиляється, тобто адекватність опису рівняння (4) результатів вимірів забезпечується, оскільки: $F_{\text{розр}} = 0,842 < F_{\text{табл}} = 2,661$. Отримане рівняння дозволяє проаналізувати вплив параметрів вібраційно-дискового апарата на якість висіву насіння ріпаку.

Дослідження впливу окремих параметрів (кута нахилу, частоти та амплітуди коливань висівного диска) на величину критерію ефективності

(коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка) наведенні на рисунках 1 – 3.

Таблиця 2 – Результати перевірки адекватності рівняння регресії з визначення коефіцієнта варіації рівномірності висіву насіння ріпаку

Дисперсія	Відновлення дослідів D_y	18,934
	Адекватності рівняння регресії D_a	15,939
Достовірна імовірність p		0,95
Кількість дослідів N		20
Кількість повторів для кожного дослідів ms		3
Кількість значущих коефіцієнтів рівняння регресії b_k		10
Число степенів вільності	Дисперсії відновлення (дослідів) f_y	40
	Дисперсії адекватності $f_{ад}$	10
F -критерій Фішера	Табличне значення $F_{табл}$	2,661
	Розрахункове значення $F_{розр}$	0,842

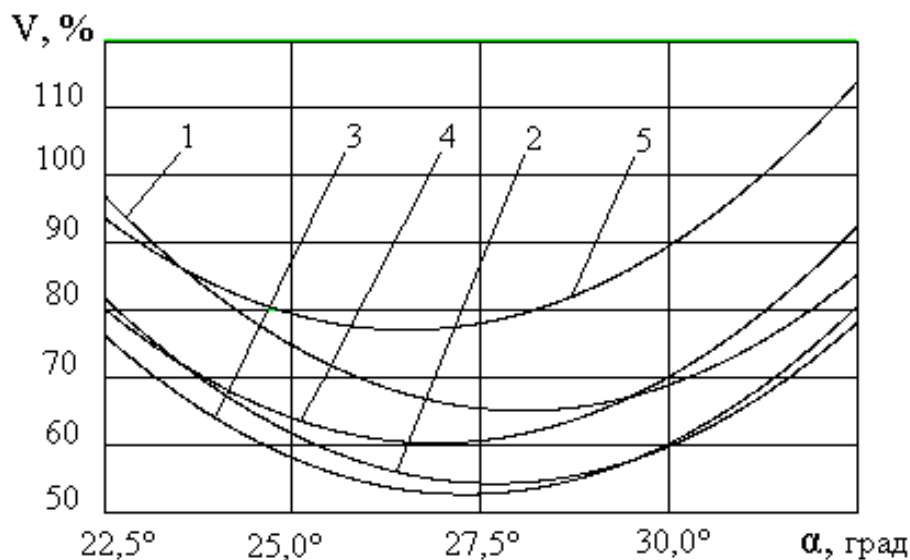


Рис. 1. Вплив кута нахилу α висівного диска при різних значеннях частоти коливань $\omega_{\delta\delta}$ і фіксованому значенню амплітуди коливань $A=8$ мм на коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка V :

1 – $\omega_{\delta\delta}=65,94 \text{ c}^{-1}$; 2 – $\omega_{\delta\delta}=75,36 \text{ c}^{-1}$; 3 – $\omega_{\delta\delta}=84,78 \text{ c}^{-1}$; 4 – $\omega_{\delta\delta}=94,20 \text{ c}^{-1}$; 5 – $\omega_{\delta\delta}=103,62 \text{ c}^{-1}$

Вплив кута нахилу α висівного диска на коефіцієнт варіації рівномірності розподілу насіння ріпаку вздовж рядка наведений на рис. 1. Значення кута нахилу $\alpha \leq 25^\circ$ не повній мірі забезпечує формування одношарового потоку насіння у клиноподібному каналі висівного апарата, за рахунок чого зменшується рівномірність висіву. Більш інтенсивне порушення одношарового потоку відбувається при малих значеннях частоти коливань висівного диска. Так, наприклад, при куті нахилу диска $\alpha=22,5^\circ$ і частоті коливань $\omega_{\delta\delta}=65,94 \text{ c}^{-1}$ коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка $V=97 \%$, а при $\omega_{\delta\delta}=84,78 \text{ c}^{-1}$ $V=76 \%$. Збільшення кута нахилу висівного

диска до $\alpha=26^\circ \dots 28^\circ$ сприяє формуванню одношарового потоку насіння у клиноподібному каналі висівного апарата. Подальше збільшення кута нахилу $\alpha \geq 30^\circ$ приводить до порушення неперервності однонасінневого потоку за рахунок викидання насіння у робочому каналі. Наприклад, при $\alpha=32,5^\circ$ і $\omega_{\text{об}}=103,62 \text{ с}^{-1}$ коефіцієнт варіації V дорівнює 115 %, а при $\omega_{\text{об}}=75,36 \text{ с}^{-1}$ тільки 78 %.

Результати досліджень частоти коливань $\omega_{\text{об}}$ висівного диска на коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка наведений на рис. 2.

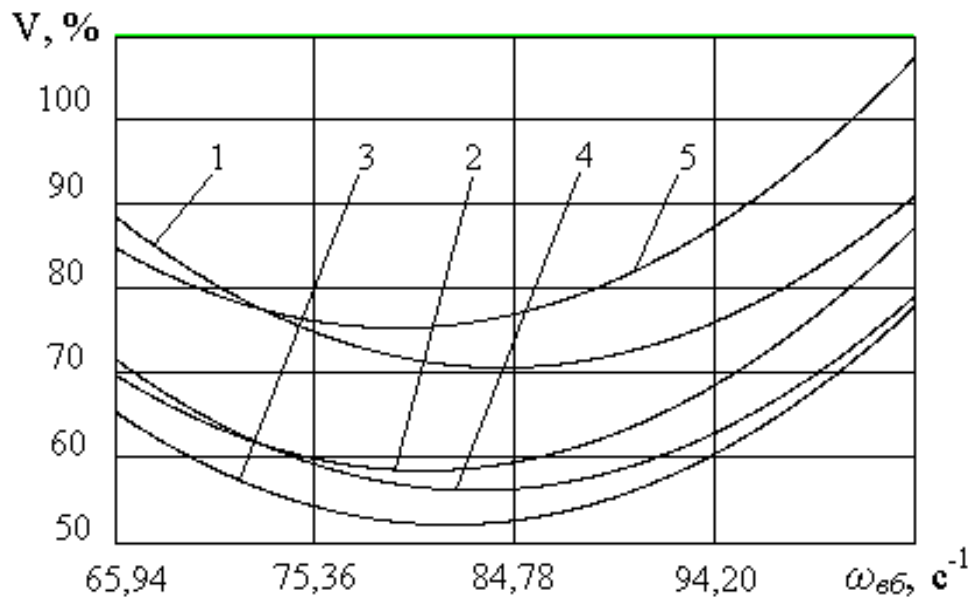


Рис. 2. Вплив частоти коливань $\omega_{\text{об}}$ при різних значеннях амплітуди коливань A і фіксованому значенню кута нахилу висівного диска $\alpha=27,5^\circ$ на коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка V :

1 – $A=4,0$ мм; 2 – $A=6,0$ мм; 3 – $A=8,0$ мм; 4 – $A=10,0$ мм; 5 – $A=12,0$ мм

Аналіз отриманих результатів показує, що залежності мають оптимуми. При значеннях частоти коливань $\omega_{\text{об}} \leq 65,94 \text{ с}^{-1}$ коефіцієнт варіації V розподілу насіння ріпаку завищений. Це пояснюється недостатньою швидкістю руху насіння для формування неперервного потоку насіння на виході з клиноподібного каналу висівного апарата. Із збільшенням частоти коливань зростає швидкість транспортування і зростає ступінь формування неперервного потоку насіння, що знижує нерівномірність висіву (коефіцієнт варіації розподілу насіння вздовж рядка зменшується). Зростання частоти коливань $\omega_{\text{об}} \geq 103,62 \text{ с}^{-1}$ призводить до зменшення рівномірності висіву за рахунок розриву неперервного потоку насіння після досягнення верхньої точки висівного апарата на низсходячій ділянці клиноподібного каналу апарата. Крім того слід відмітити, що амплітуда коливань також впливає на рівномірність висіву. При малих значеннях амплітуди мінімальні значення критерію оптимізації досягаються при більших значеннях частоти коливань. За великих значень амплітуди коливань ($A > 10$ мм) навіть при малих значеннях частоти

коливань не вдається досягти сталого неперервного потоку насіння, що знижує рівномірність висіву. Аналіз досліджень у вибраному діапазоні значень амплітуди $4 \leq A \leq 8$ мм і частоти коливань $75,36 \leq \omega_{\text{об}} \leq 94,20$ с⁻¹ показав, що найбільш рівномірного висіву насіння ріпаку ($V=52\%$) можна досягти при: $A=8$ мм, $\omega_{\text{об}}=84,78$ с⁻¹, $\alpha=27,5^\circ$.

Величина амплітуди коливань висівного диска суттєво впливає на рівномірність висіву насіння ріпаку вздовж рядка (рис. 3).

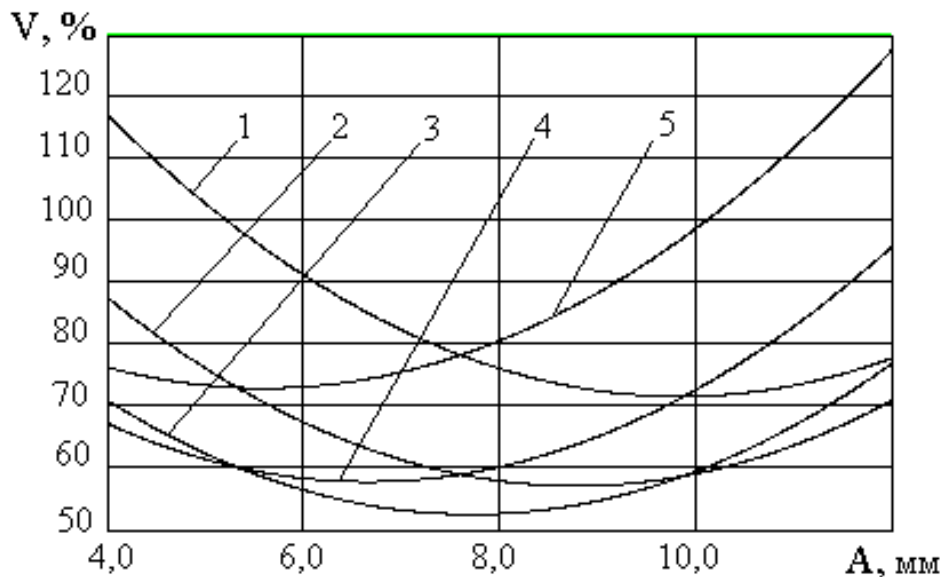


Рис. 3. Вплив амплітуди коливань A при різних значеннях кута нахилу α і фіксованої частоти коливань висівного диска $\omega_{\text{об}}=84,78$ с⁻¹ на коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка V :

1 – $\alpha=22,5^\circ$; 2 – $\alpha=25,0^\circ$; 3 – $\alpha=27,5^\circ$; 4 – $\alpha=30,0^\circ$; 5 – $\alpha=32,5^\circ$

При малих значеннях амплітуди коливань $A \leq 6$ мм не забезпечується одношаровий потік насіння у клиноподібному каналі висівного апарата, що зменшує рівномірність висіву насіння. Слід відмітити, що за малих значень амплітуди коливань зменшення кута нахилу висівного диска до горизонталі підвищує формування багатшарового руху насіння у просторі клиноподібного каналу, що підвищує кількість висіяного насіння, але збільшується коефіцієнт варіації. Велика амплітуда коливань $A \geq 10$ мм висівного диска призводить до викидання окремих насінин з клиноподібного простору, що призводить до порушення неперервності потоку насіння і зменшення рівномірності висіву насіння. Особливо інтенсивним такий процес спостерігається при збільшенні кута нахилу висівного диска $\alpha \geq 32,5^\circ$.

Висновки. Збільшення кута нахилу висівного апарата, амплітуди та частоти його коливань зменшує рівномірність висіву насіння ріпаку. Зменшення кута нахилу висівного апарата, амплітуди та частоти коливань висівного диска збільшує коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж

рядка. Якісного висіву насіння ріпаку (коефіцієнт варіації розподілу насіння вздовж рядка $V=53,0\%$) можна досягти при амплітуді коливань $A=7,5$ мм, куті нахилу $\alpha=27,5^\circ$ і $\omega_{\text{об}}=84,78$ с⁻¹.

Список літератури:

1. Сисолін П.В. Висівні апарати сівалок / П.В. Сисолін, М.О. Свірень. – Кіровоград, 2004. – 160 с.
2. Пат. 37998 Україна, МПК А 01 С7/00. Висівний вібраційно-дисковий апарат / П.М. Заїка, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко. - № 200802501; заявл. 18.02.2008; опубл. 15.12.2008, Бюл. № 24.
3. Заїка П.М. Результати лабораторних досліджень роботи вібраційно-дискового апарату при висіві дрібнонасінневих сільськогосподарських культур / П.М. Заїка, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75, Т. 1. – С. 237-245.
4. Пилипчик М.І. Математичне планування багатофакторного експерименту: Навч. посібник / М.І. Пилипчик, М.Д. Кірик, А.С. Григор'єв та ін. – Л.: УкрДЛТУ, 2004. – 54 с.
5. Налимов В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов – М.: Наука, 1976. – 208 с.
6. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень: Підручник / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
7. Нечаєв В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005. – 232 с.

Аннотація

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННО-ДИСКОВОГО АППАРАТА НА РАВНОМЕРНОСТЬ ПОСЕВА СЕМЯН РАПСА

Бакум Н.В., Кириченко Р.В., Кривонос В.В.

Наведені результати досліджень впливу кута нахилу, амплітуди та частоти коливань висівального диска вібраційно-дискового апарату на рівномірність посіву насіння ріпаку та визначені їх оптимальні значення.

Abstract

RESEARCH OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF OSCILLATION-DISK VEHICLE ON EVENNESS OF SOWING OF SEED OF RAPE

M. Bakum, R. Kyrychenko, V. Kryvonis

The results of researches of influence of angle of slope, amplitudes and frequencies of vibrations of sowing disk of oscillation-disk vehicle, are pointed on evenness of sowing of seed of rape and their optimum values are certain.

