

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНО-ДИСКОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА ДЛЯ СІВБИ НАСІННЯ РІПАКУ

Кириченко Р.В., к.т.н.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Плануванням багатофакторного експерименту з критерієм оптимізації – коефіцієнт варіації рівномірності висіву насіння ріпаку, отримано рівняння регресії, яке дозволяє аналізувати вплив параметрів на процес висіву і визначити раціональні значення основних конструктивно-кінематичних параметрів вібраційно-дискового висівного апарата*

Постановка задачі. Одним із факторів збільшення врожайності насіння ріпаку є підвищення рівномірності висіву з заданою нормою шляхом використання нових конструкцій висівних апаратів сівалок [1].

Перспективним напрямком підвищення рівномірності сівби дрібного насіння є способи і висівні апарати, які забезпечують за рахунок групової подачі насіння послідовне формування неперервного однонасінневого потоку. Робочим органом розробленого на кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. П. Василенка вібраційно-дискового висівного апарата [2] є диск, який встановлений під кутом до горизонту і коливається в напрямку осі його обертання. Зовнішня крайка диска утворює з внутрішньою поверхнею банки клиноподібний робочий канал, який під час роботи апарата формує неперервний однонасінневий потік.

Мета досліджень. Обґрунтування параметрів вібраційно-дискового апарата для висіву насіння ріпаку шляхом використання багатофакторного експерименту з критерієм оптимізації – коефіцієнт варіації рівномірності висіву.

Результати досліджень. На рівномірність висіву насіння ріпаку вібраційно-дисковим апаратом найбільш суттєво впливають наступні параметри: частота  $\omega_{об}$ , амплітуда  $A$  коливань висівного диска та кут  $\alpha$  нахилу висівного апарата [3].

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

Для опису поверхні області оптимуму результатів дії цих факторів було прийнято 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  $N = 20$ .

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.

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

№ п/п	Частота коливань висівного диска, $\omega_{\text{вб}}$		Амплітуда коливань висівного диска, $A$		Кут нахилу висівного диска до горизонту, $\alpha$		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

Коефіцієнт множинної кореляції для рівняння регресії дорівнює  $R_k$

=0,98391. При цьому коефіцієнт детермінації –  $R_k^2=96,807\%$ .

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 –  $G_{розр} = 0,068$ . 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  $G_{табл} = 0,270$ . Оскільки  $G_{розр} = 0,068 < G_{табл} = 0,270$ , то однорідність дисперсій для зазначених випадкових величин забезпечується, тобто різниця між значеннями спостережень перебуває в межах необхідної точності дослідів 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]:

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

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

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

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

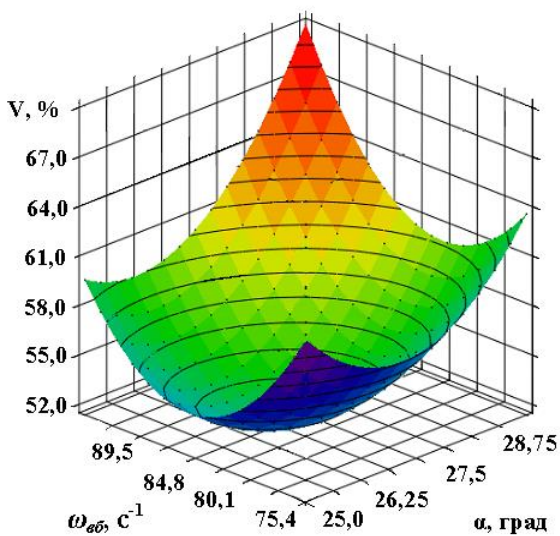
Адекватність одержаного рівняння регресії перевіряли за допомогою  $F$ -критерію Фішера [5 – 7]. На підставі обробки результатів вимірів та обчислень, встановлено, що з 95%-ною імовірністю нульова гіпотеза про невідповідність теоретичних залежностей результатам експериментальних досліджень відхиляється, тобто адекватність опису рівняння (4) результатів вимірів забезпечується, оскільки:  $F_{\text{розр}} = 0,842 < F_{\text{табл}} = 2,661$ .

Рівняння регресії (4) дозволяє проаналізувати вплив одночасної зміни двох параметрів: частоти коливань  $\omega_{\delta\delta}$  та кута  $\alpha$  нахилу висівного диска (рис. 1 а, б), амплітуди коливань  $A$  та кута  $\alpha$  нахилу висівного диска (рис. 2 а, б), амплітуди  $A$  та частоти коливань  $\omega_{\delta\delta}$  висівного диска (рис. 3 а, б) на величину коефіцієнта варіації  $V$  розподілу насіння ріпаку вздовж рядка.

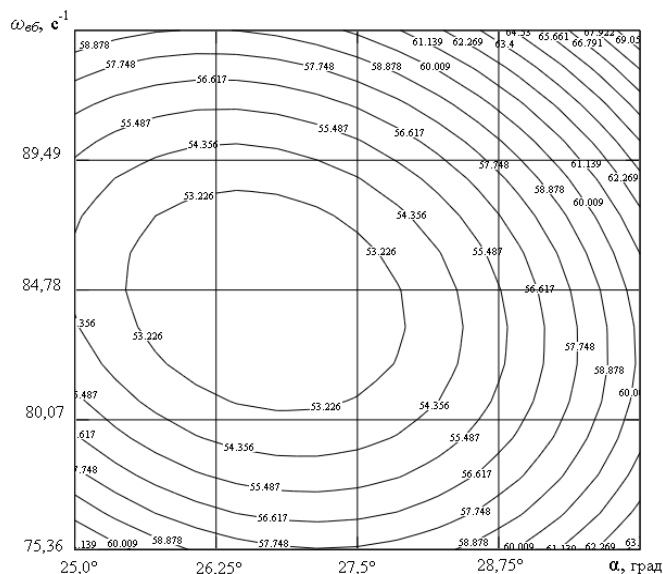
Оптимальних значень рівномірності висіву насіння ріпаку можна досягти при середніх значеннях кута нахилу та частоти коливань висівного диска (рис. 1). Одночасне зменшення частоти та кута нахилу диска порушує формування одношарового потоку насіння у просторі клиноподібного каналу, що знижує рівномірність висіву насіння. Одночасне збільшення кута нахилу та частоти коливань при постійній амплітуді коливань висівного диска приводить до розриву потоку насіння у каналі, що збільшує коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка. Збільшення кута при одночасному зменшенні частоти коливань, або збільшення частоти коливань при зменшенні кута нахилу висівного диска, теж зменшує рівномірність висіву, але дещо менш інтенсивно.

Дослідження одночасного впливу амплітуди та кута нахилу висівного диска на коефіцієнт варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка при фіксованій  $\omega_{\delta\delta} = 84,78 \text{ с}^{-1}$  показали, що мінімального значення критерію оптимізації можна досягти в широкому діапазоні зміни параметрів, що досліджувалися (рис. 2). Цей діапазон забезпечується пропорційним збільшенням амплітуди коливань від 7,5 мм до 9 мм і зменшенням кута його нахилу від  $28,75^0$  до  $26,25^0$ . Одночасне збільшення обох параметрів, або їх зменшення погіршує умови роботи висівного апарата, що приводить до зниження рівномірності розподілу насіння ріпаку вздовж рядка, причому одночасне збільшення величин цих параметрів більш інтенсивно збільшує

коефіцієнт варіації.

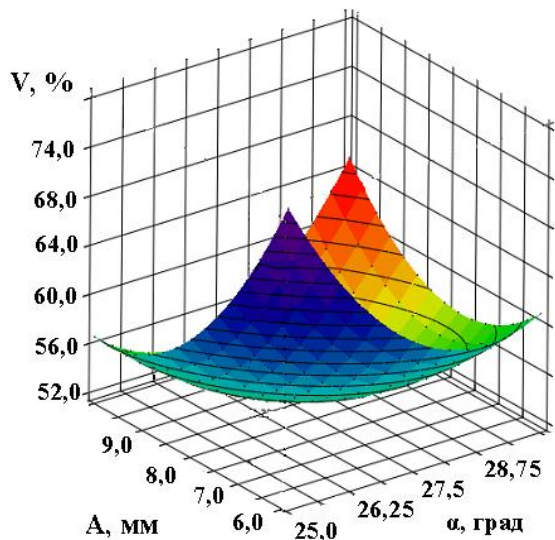


а)

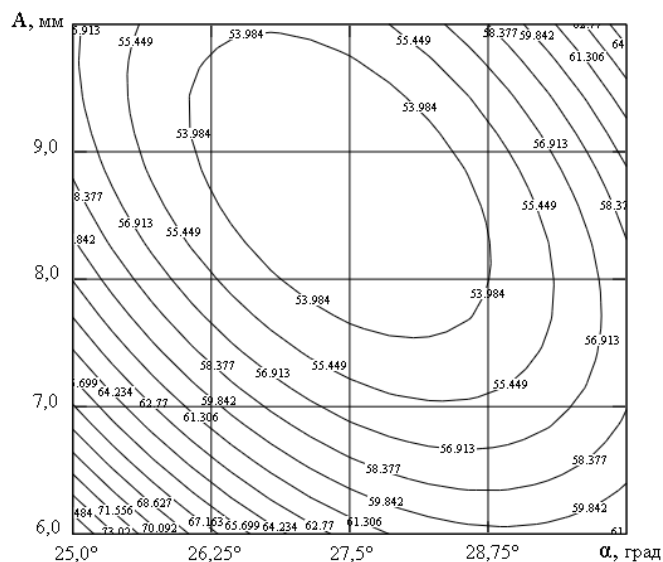


б)

Рис. 1 – Поверхня відгуку коефіцієнта варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка  $V$  (а) та двомірні перетини (б) в залежності від кута нахилу  $\alpha$  та частоти коливань  $\omega_{0b}$  при фіксованому значенні амплітуди коливань висівного диска  $A=8$  мм



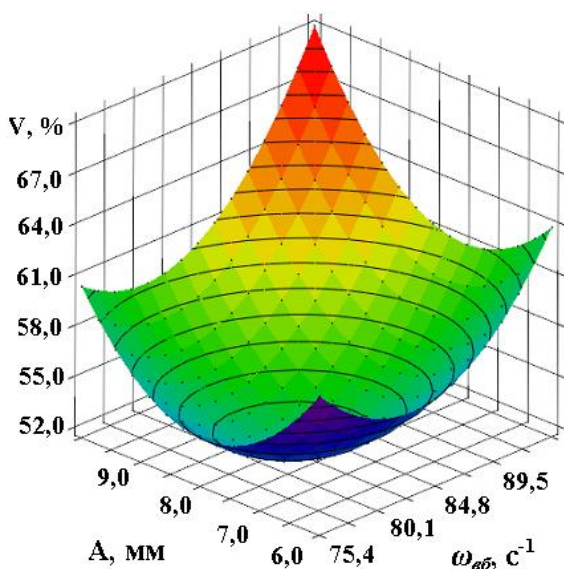
а)



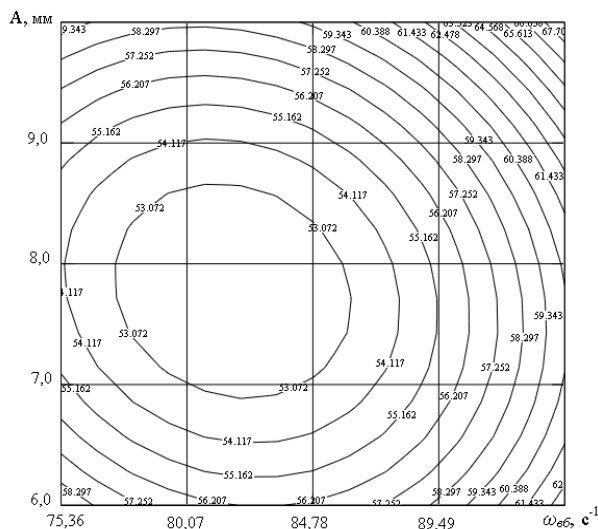
б)

Рис. 2 – Поверхня відгуку коефіцієнта варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка  $V$  (а) та двомірні перетини (б) в залежності від кута нахилу  $\alpha$  та амплітуди коливань  $A$  при фіксованому значенні частоти коливань висівного диска  $\omega_{0b}=84,78$   $c^{-1}$

Визначення зони оптимальних значень зміни амплітуди та частоти коливань для рівномірного висіву насіння ріпаку вібраційно-дискового апарата наведені на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3 – Поверхня відгуку коефіцієнта варіації розподілу насіння ріпаку вздовж рядка  $V$  (а) та двомірні перетини (б) в залежності від частоти коливань  $\omega_{\delta\delta}$  та амплітуди коливань  $A$  при фіксованому значенні кута нахилу висівного диска  $\alpha = 27,5$

При фіксованому куті нахилу висівного диска ( $\alpha = 27,5^\circ$ ) найменші значення коефіцієнта варіації можна досягти при середніх значеннях частоти коливань ( $77,5 \leq \omega_{\delta\delta} \leq 86,0 \text{ c}^{-1}$ ) і амплітуди коливань ( $6,8 \leq A \leq 8,7 \text{ мм}$ ). Одночасне збільшення або зменшення значень обох параметрів призводить до більш інтенсивного зниження коефіцієнта варіації ніж при одночасному зменшенні значень одного параметру та збільшенні другого.

За допомогою градієнтного методу [4] визначали оптимальні параметри режиму роботи вібраційно-дискового висівного апарата для сівби насіння ріпаку з найменшим коефіцієнтом варіації рівномірності висіву  $V$  (%).

**Висновки.** Раціональними значеннями регульовальних параметрів розробленого вібраційно-дискового апарата на висіві насіння ріпаку з нормами 3...6 кг/га, при найменшому коефіцієнті варіації  $V=52,2 \%$ , є: частота коливань висівного диска –  $81,8 \text{ c}^{-1}$ ; амплітуда коливань висівного диска –  $7,8 \text{ мм}$ ; кут нахилу висівного апарата –  $27,5^\circ$ .

### Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини / [Бакум М.В., Бобрусь І.С., Морозов І.В., Нікітін С.П. та ін.]; за ред. М.В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с.

2. Пат. 20913 Україна, МПК А 01 С7/08. Дисківібраційний висівний апарат / П.М. Заїка, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко. - № 200609582; заявл. 05.09.2006; опубл. 15.02.2007, Бюл. № 2.
3. Заїка П.М. Результати лабораторних досліджень роботи вібраційно-дисківібраційного апарату при висіві дрібнонасіненних 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. Теорія експеримента / 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**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННО-ДИСКОВОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН РАПСА**

Кириченко Р.В.

*Планированием многофакторного эксперимента с критерием оптимизации – коэффициент вариации равномерности посева семян рапса, получено уравнение регрессии, которое позволяет анализировать влияние параметров на процесс посева и определить рациональные значения основных конструктивно-кинематических параметров вибрационно-дисксового высевающего аппарата*

#### **Abstract**

### **OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF VIBRATION-DISK VEHICLE FOR SOWING OF SEED OF RAPE**

R. Kyrychenko

*Planning of multivariable experiment with the criterion of optimization is a coefficient of variation of evenness of sowing of seed of rape, equalization of regression, which allows to analyse influence of parameters on the process of sowing and define the rational values of basic structural-kinematics parameters of oscillation-disk seedmeter, is got*